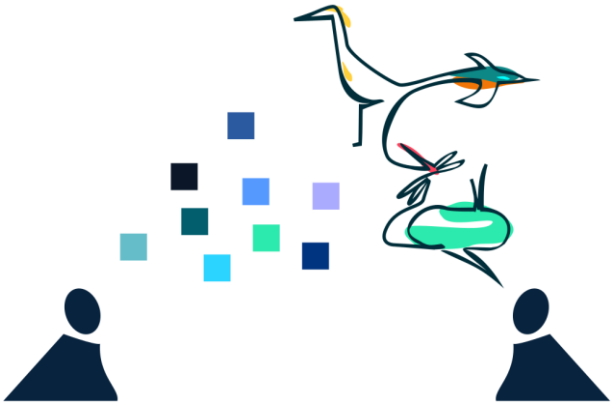
Université Bordeaux Montaigne

École Doctorale Montaigne Humanités (ED 480)

THÈSE DE DOCTORAT EN « GÉOGRAPHIE »

Bulles de dialogue et cellules raster

Spatialiser les fonctions et le fonctionnement des zones humides par SIG dans le bassin Rhône-Méditerranée Corse



Soutenue le 15 décembre 2023 par

Suzanne CATTEAU

Sous la direction de Laurent COUDERCHET

Encadrement Cifre

François Chambaud, Agence de l'Eau RMC

Patrick Grillas et Anis Guelmami, Tour du Valat

Membres du jury

Brice Trouillet, Professeur de géographie, Université de Nantes

Thierry Joliveau, Professeur de géographie, Université de Saint-Étienne

Nathalie Lewis, Professeure de sociologie, Université du Québec à Rimouski

Marylise Cottet, Chargée de recherche CNRS en géographie, ENS de Lyon

Matthieu Noucher, Chargé de recherche HDR CNRS en géographie, UMR Passages, Bordeaux

Image de couverture : réalisation personnelle, inspirée de la représentation des discussions dans les dessins de Saul Steinberg

Remerciements

Plus qu'un déplacement intellectuel, cette thèse est le résultat de nombreux déplacements géographiques, et de belles rencontres à chaque escale.

D'abord dans les bureaux du siège de l'Agence de l'Eau à Lyon sur les bords du Rhône, avec François Chambaud qui a suivi le projet depuis ses débuts et Jean-Louis Simonnot dont les remarques continuent de m'accompagner. Puis, le groupe s'est élargi, je veux remercier tout particulièrement Cécile Zys, Émilie Lunaud et Nadine Bosc, toujours attentives à mes recherches et à leur intégration.

Puis, suivant le fleuve vers l'aval, la thèse m'amène à la Tour du Valat, lieu fantastique, tant pour le décor que pour les personnes qui le fréquentent. La lumière, les flamants roses, la passion de la recherche, les moments festifs : une belle carte postale ! Un merci tout particulier à Lisa et Damien, pour m'avoir emmené explorer les recoins de la réserve. Un autre à l'équipe des randonneuses : Marie, Anne-So, Delphine et Laura, de beaux souvenirs de pâquerettes ! Merci aussi à Marine et Élie pour les discussions passionnées et passionnantes et à tous les autres : quelle chance d'avoir pu vous accompagner sur le terrain et partager de beaux moments ! Je n'oublie pas Roberta, la documentaliste de la Tour et du champ des oiseaux ! Je salue aussi Jean-Claude pour sa patience et sa compréhension. Enfin, la Tour du Valat c'est aussi Patrick Grillas, Ilse Geijzendorffer et Anis Guelmami qui m'ont énormément apporté pour la méthode et le partage de leurs points de vue.

L'escale arlésienne, c'est aussi Croc-croc, avec Éléonore, Marie, Jean, Geneviève et Blanche qui ont, avec tous les autres, assuré des moments hauts en couleurs. À cette liste, j'ajoute Patrick pour le spectacle, Mika et Maëlys pour notre belle amitié.

À l'autre bout de l'Intercités, Bordeaux et l'UMR Passages. Je souhaite d'abord remercier Laurent Couderchet, pour son accompagnement et sa réactivité en toutes circonstances. Le manuscrit doit beaucoup à ses relectures avisées et à son enthousiasme communicatif. Nos échanges sont portés par une résonnance entre nos deux thèses qui traitent de l'information géographique et des zones humides à 30 ans d'intervalle. Partages réciproques d'expériences, de références et de contacts. Merci aussi à toute l'équipe de Passages, pour les beaux moments scientifiques et conviviaux. Un grand merci à Djemila pour les ateliers d'écriture et à mon comité de suivi, avec Julie, Sonia et Carlos, un vrai soutien !

Bordeaux c'est surtout Pessac et la Maison des Suds avec la formidable équipe de doctorants : Léa, Mirwaïs, Marie, Valentin, Carole, Zoé et Marine. Sans oublier Emmeline et Olivier. Emmeline, partenaire indéfectible dans le travail et l'amitié. Des souvenirs d'écriture invraisemblables : le petit Gustave dans les bras de l'une, l'ordinateur dans les bras de l'autre, et plein de bons moments ! Olivier, l'autre binôme, pour les partages de poésie, les discussions sans fin et notre 'hotline doctorants' quelle que soit la distance. J'en profite pour remercier Jérôme, Julie, Violette et Émilie pour leur accueil. Et en dehors du labo, merci à l'improbable colloc' de physiciens : Antonine et Quentin, ou l'interdisciplinarité au quotidien !

Entre ces points de chute récurrents, la thèse m'a amené à rencontrer de nombreux chargés de missions, experts des zones humides à différents niveaux, merci à eux, pour le temps et la confiance qu'ils m'ont accordés. Merci également aux élus rencontrés, pour leur temps et leur enthousiasme.

Dans le déroulement de la thèse, le changement de posture n'aurait pas été possible sans les conseils de mon comité scientifique, c'est pourquoi je souhaite remercier Lionel Laslaz, Matthieu Noucher, Grégoire Feyt et Laurent Godet.

Avant de finir ce voyage, dernière escale à Nantes, pour un poste d'ATER, une équipe formidable pour m'encourager dans ce finish !

Dans ces déplacements, il est bon d'avoir des ancrages, je veux ici remercier ceux sur qui on peut toujours compter. Un grand merci à Henri et Delphine, pour m'avoir transmis le goût des lettres et de la géographie et pour avoir relu ce manuscrit et confirmé son accessibilité aux lecteurs non-experts. Merci également à Alice qui m'a accompagnée depuis les bancs de la licence jusqu'à la relecture. Un grand merci enfin à Alexis, mon point de repère dans ces incessants déplacements intellectuels et géographiques.

Ce grand voyage se termine face au jury, que je remercie d'avance pour leur attention et leurs précieux conseils dans la poursuite de cette recherche.

Liste des sigles et des abréviations

AERMC : l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse

ANRT : Association Nationale Recherche et Technologie

CIFRE : Convention Industrielle de Formation par la Recherche

COPIL : comité de pilotage

COTECH : comité technique

EBF : Espace de Bon Fonctionnement

EPCI : Établissement public de coopération intercommunale

GEMAPI : Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations

GIP : Groupement d'intérêt public

Gth : Groupe thématique

GTZH : Groupe de travail du réseau zones humides, il réunit les agents du siège et des délégations concernés par la thématique

PDM : Programme de Mesures

PGSZH : Plan de Gestion Stratégique de Zones Humides

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SCOT : Schéma de Cohérence Territoriale

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistiques et Floristiques

Table des matières

Remerciements 3
Liste des sigles et des abréviations 5
Introduction 9
Mieux définir pour mieux protéger 9
Expertise scientifique sous pression politique 11
Délimitations sous tension : une préoccupation de l'Agence de l'Eau RMC 12
L'espoir d'un nouvel instrument technique 14
Une mise en application et des problèmes inattendus 17
Chapitre 1. Demande technique et émergence de questions scientifiques 21
Introduction 22
1. La demande de l'Agence de l'Eau RMC, point de départ de la recherche 23
1.1. Un seul instrument technique pour des zones humides hétérogènes 23
1.2. Les SIG, l'espoir d'une information spatiale homogène 32
1.3. La concertation, nouvel enjeu des productions SIG 37
2. La Cifre : quelle posture entre plusieurs épistémologies dans le champ de l'environnement ? 42
2.1. Une recherche en position intermédiaire 42
2.2. Trouver sa place en contexte interdisciplinaire 48
3. La position d'opératrice SIG au carrefour des sciences 53
3.1. Faire du SIG en contexte interdisciplinaire 53
3.2. Le SIG, une boîte noire pour nos interlocuteurs 54
3.3. Le SIG critique, une aide dans notre pratique 56
3.4. Opératrice SIG, une géographe sans terrain ? 59
Conclusion du chapitre 60
Chapitre 2. Un cheminement méthodologique construit autour de la pratique 62
Introduction 63
1. Un outil technique structurant 65
1.1. Peu importe la forme, un recours incontournable aux SIG 65
1.2. Une démarche itérative autour d'un prototype 67
1.3. De l'objet technique aux groupes sociaux 69
2. Renouveler la méthode par la théorisation ancrée 70
2.1. Une démarche itérative pour modifier en profondeur le prototype 70

2.2. Une méthode structurée autour de trois itérations 72
2.3. Combiner différents types de données 78
3. Recherche-action, maintenir la tension entre deux objectifs 81
3.1. Perturber autant que se laisser perturber 81
3.2. Temps de la recherche et temps de l'action, temps consécutifs ou synchrones ? 83
Conclusion du chapitre 85
Chapitre 3. Première itération. Les fonctions des zones humides par SIG ou la quête du factuel pour apaiser le dialogue territorial 87
Introduction 88
1. À la recherche d'appuis scientifiques et techniques 90
1.1. Des dispositifs scientifico-juridiques gages d'objectivité 90
1.2. Des méthodes locales produites par les experts de zones humides 97
1.3. Une demande d'adaptation et de standardisation des méthodes existantes ... 103
2. Du guide technique à l'« espace humide de référence » : un cadre spatial pour la qualification des fonctions 107
2.1. Traduire les recommandations d'un guide technique 108
2.2. Validation, entre ressemblances et distinctions 122
2.3. Valorisation. Qu'est-ce qui fait sens, qu'est-ce qui fait science ? 134
3. La qualification des fonctions par SIG, une méthode grossière à affiner *a posteriori* 141
3.1. Une exploitation des dispositifs existants pour rester dans les temps 141
3.2. L'impasse : quand la démarche technique atteint ses limites 152
3.3. Valorisation : effets des livrables sur la recherche et la pratique 158
Conclusion du chapitre. 163
Chapitre 4. Deuxième itération. Stratégies et tactiques derrière les SIG : l'adieu au factuel ? 165
Introduction 166
1. Un renouvellement de la méthode dû à la rencontre de nouveaux acteurs 167
1.1. La pratique professionnelle comme ouverture au terrain 168
1.2. Portrait de mes interlocuteurs 172
2. Résultats et discussions. Une confrontation de deux visions de la protection des zones humides 175
2.1. L'espace humide de référence, objet d'enthousiasme et de rejet 176
2.2. Cartes de fonctions, reflets de différentes positions 191

2.3. Le SIG dans les dispositifs concertés, entre recherche d'adhésion et négociation 216
Conclusion du chapitre 229
Chapitre 5. Troisième itération. Construction du problème avec les destinataires 232
Introduction. 233
1. Une nouvelle méthode enrichie des expériences antérieures 235
1.1. Expérimenter un nouveau cadre de production de connaissances 235
1.2. Un terrain plus restreint 236
1.3. Déroulement des ateliers 238
1.4. Observer l'intégration des résultats de la recherche 240
2. Des ateliers porteurs d'innovation 240
Atelier 1 | Poser les jalons d'un travail collectif avec les élus locaux 240
Atelier 2 | Apprivoiser la dialectique entre les discussions et le SIG 248
Atelier 3 | Intégrer les nouvelles propositions SIG dans des dispositifs de planification 262
3. Intégration des résultats dans la réflexion globale de l'Agence 271
Conclusion du chapitre 279
Conclusion. Les solutions techniques ne doivent plus être pensées sans considération pour leur réception 282
La subjectivité des dispositifs techniques 282
Approches critiques du SIG : fil rouge et fil d'Ariane 285
Recherche-action, revendiquer une posture intermédiaire 287
Des instruments techniques, pour quels objectifs ? 288
Perspectives 290
Références 292
Liste des figures 313
Liste des tableaux 318
Annexes 319

Introduction

C'est la sphère scientifique naturaliste qui met à l'agenda politique la protection des zones humides, constatant dès le milieu du XX^{ème} siècle les effets de leur dégradation, en particulier sur les populations d'oiseaux (Barnaud, 2000; National Research Council, 1995a). De nombreux travaux scientifiques et techniques démontrent ensuite, qu'outre leur intérêt pour la biodiversité, les zones humides jouent un rôle central dans le cycle de l'eau et l'anticipation des changements climatiques. Ils soulignent les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et écologiques de ces écosystèmes, correspondant aux propriétés indispensables à leur fonctionnement et leur maintien (Adamus *et al.*, 1991; Adamus, Dorney, 2018; Barnaud, Fustec, 2007; Fustec et Lefeuvre, 2000; Maltby, 2009; Rapin *et al.*, 2021).

Ainsi, différentes organisations produisent des plaidoyers à partir de résultats scientifiques pour engager des évolutions politiques ; parmi elles, Wetlands International, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), World Wildlife Fund (WWF) ou encore la Tour du Valat. Ces organisations ont eu pour point commun l'investissement de Luc Hoffmann, à l'initiative de la « Convention de Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau » du 2 février 1971. Il fonde dans les années 1950 la station biologique de la Tour du Valat, localisée au cœur de la Camargue, qui devient un « institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes ». Le terme « conservation » se réfère à la biologie de la conservation (Soulé, 1985), discipline scientifique formalisée dans les années 1980 pour répondre à la crise environnementale. Contrairement à ce que peut laisser penser le langage courant en français, la conservation ne renvoie pas à une mise sous cloche mais à une intégration de l'humain dans les politiques de protection (Depraz, 2013) prônant une utilisation rationnelle des ressources. En 2018 je rejoins avec enthousiasme cette structure pour développer un outil géomatique devant servir à améliorer la protection des zones humides. Je découvre ce lieu emblématique, au milieu d'une réserve, et cette structure engagée dans la protection des écosystèmes dont la devise est « comprendre, gérer, transmettre, convaincre ». De l'intérieur, j'observe la science en train de se faire ainsi que les efforts de plaidoyer pour porter les résultats scientifiques auprès des décideurs, au niveau national et international.

Pour introduire ce travail, je propose donc dans un premier temps de revenir sur les effets de cette prise en charge scientifique des zones humides, notamment dans leur mise en données spatiales. Cela pose d'emblée les problèmes auxquels est confronté le commanditaire de la recherche, l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse. Il s'agit également d'exposer la manière dont celle-ci envisage, dès le départ, des solutions dans lesquelles les systèmes d'information géographique (SIG) occupent une place centrale. Pourtant, le déroulement de cette recherche fait face à des imprévus, détaillés dans le dernier temps de cette introduction afin d'expliquer la structuration du plan.

Mieux définir pour mieux protéger

Les recherches scientifiques de la seconde moitié du XX^{ème} siècle participent largement au changement de regard de la société sur les zones humides (Sajaloli, 1996). Auparavant, l'action en direction de ces écosystèmes consistait en des opérations de drainage et d'assèchement, notamment appuyée par la législation et l'octroi d'aides financières. L'objectif était alors d'accroître les espaces agricoles ou piscicoles et de

répondre à des normes sanitaires. D'abord de faible ampleur au XII^{ème} et XIII^{ème} siècle, les projets ont progressivement changé de dimension. Le rythme de la dégradation s'est accéléré du XVII^{ème} au XIX^{ème} siècle avec une peur croissante vis-à-vis de ces milieux, puis avec l'arrivée du courant hygiéniste. À la fin de la seconde guerre mondiale, avec la modernisation de l'agriculture, les projets de drainage s'intensifient encore davantage : l'ampleur de ces travaux est considérable. En France, les derniers textes promulgués en faveur de ces politiques datent des années 1970. Néanmoins l'abrogation de certains textes en ce sens ne date que d'une quinzaine d'années (Cizel, Groupe d'histoire des zones humides, 2010). Ainsi, la dégradation de ces écosystèmes correspond à l'intervention humaine impactant la circulation de l'eau, donc le fonctionnement des zones humides, par drainage, remblaiement ou imperméabilisation.

La protection de l'environnement consiste à « assurer la conservation de la biodiversité (écosystémique, spécifique et génétique) face aux menaces liées aux activités humaines » (Bioret *et al.*, 2009). L'inscription de la conservation des zones humides dans la loi implique que tout secteur répondant à la définition juridique fasse l'objet de mesures pour arrêter leur dégradation et reconquérir les surfaces dégradées.

Ainsi, l'expertise scientifique est sollicitée pour en préciser la définition afin que l'administration puisse identifier les secteurs à protéger (National Research Council, 1995a). Le premier article de la convention Ramsar apporte à ces écosystèmes une définition juridique de portée internationale : « les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres » (Convention de Ramsar, 1971). Il s'agit d'un cadre général pour les définitions adoptées à l'échelle nationale. En France, une définition est proposée dans la loi sur l'Eau de 1992. Il s'agit des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Sur le terrain, la présence d'eau est appréhendée à partir des caractéristiques pédologiques. Ainsi, l'engorgement du terrain et la végétation sont les deux composantes permettant de définir les zones humides.

Dans les périmètres concernés par la définition, des mesures de restrictions d'usages sont mises en œuvre en cas de projet d'Installations, d'Ouvrages, de Travaux et d'Activités (IOTA). Les zones humides dégradées peuvent faire l'objet d'actions spécifiques : suppression de drains, enlèvement de remblais, débroussaillage ou arrachage de plantations telles que les peupleraies visant à assécher la zone humide. Selon les objectifs, ces actions ont différentes appellations, certains auteurs (Aronson, *et al.*, 1993) distinguent :

- la *restauration* quand il s'agit de revenir à un état préexistant, notamment concernant la biodiversité, l'objectif est le gain de surface de zones humides, de manière connexe on peut trouver également les termes *renaturation* ou *renaturalisation* insistant sur l'effacement des activités anthropiques ;

- et la *réhabilitation* dont l'objectif est de regagner une ou plusieurs fonctions dégradées. Cela nécessite davantage d'intervention humaine que la restauration, notamment au début du processus (Bioret *et al.*, 2009).

Derrière ces termes qui partagent le préfixe « re », on peut voir différentes facettes d'un processus de requalification qui vise, selon Delphine Gramond (2013), à la fois à « remettre en état » et à « valoriser ». Cette expression traduit également un regard vers le passé et une nécessité de s'intéresser aux trajectoires de ces lieux particuliers, dont les dynamiques naturelles et anthropiques sont parfois étroitement liées.

Expertise scientifique sous pression politique

La formule mobilisée pour le titre de ce passage s'inspire d'un article de Laurent Mermet et Geneviève Barnaud (1997) dans lequel les auteurs posent la question « Faut-il ou non cartographier les zones humides ? ». Elle illustre la tension immédiatement exercée sur la production des cartes des zones humides. La protection légale demande des outils de connaissance et de localisation. Des inventaires existent, ils sont mobilisés : les zonages de connaissances deviennent soudainement zonages réglementaires. Ils font autorité. Cela n'est pas spécifique aux zones humides, Clémence Guimont et Rémy Petitimbert (2017) notent que : « depuis les années 1980, les inventaires naturalistes ne sont plus seulement des outils de connaissance scientifique. Ils sont des instruments de l'action publique au sens où ils deviennent des dispositifs prescriptifs pour l'action publique ».

Ce changement de statut conduit à des oppositions : au niveau national, la définition juridique des zones humides est le théâtre d'affrontements puisqu'elle définit les critères sur lesquels se fondent les délimitations. Des groupes d'intérêts consommateurs de foncier cherchent à ce que la définition réduise l'étendue des surfaces concernées en faisant jurisprudence tandis que les protecteurs de l'environnement s'emploient à maintenir de façon pérenne une définition réglementaire plus stricte, intégrant des espaces de dimension plus importante, notamment en mobilisant des arguments scientifiques.

Dans ce bras de fer, l'attention se fixe d'abord sur les catégories de sols à partir desquels le degré d'humidité est déterminant, ainsi des précisions techniques sont apportées dans un arrêté en 2008, mais celui-ci sera modifié l'année suivante : certaines classes sont sorties de la définition afin de réduire les espaces concernés (arrêté du 1er octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 en précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L.214-7-1 et R211-108 du code de l'environnement). Puis, le point-virgule de la définition de 1992 fait débat : pour identifier une zone humide, est-il nécessaire que les critères relatifs à l'engorgement du terrain et à la végétation soient tous les deux présents ou l'un des deux peut-il suffire ? Une décision du conseil d'État du 22 février 2017 signifie que les deux conditions doivent être réunies. S'ensuit une période de flottement, où les avis sur l'interprétation de la définition s'opposent. En 2019, sous la pression des protecteurs des zones humides, la loi sur la création de l'Office français de la biodiversité (OFB) réaffirme le critère alternatif. L'ajout de « ou dont » clarifie la définition initiale : les zones humides correspondent aux « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, **ou dont** la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année » (Loi du 24 juillet 2019 portant création de l'Office Français de la Biodiversité, article 23). Ces changements réguliers d'interprétation de la définition se traduisent localement par des modifications des délimitations.

La science est sollicitée dans le débat pour fournir des éléments neutres d'autorité : « les sciences sont convoquées pour éclairer, justifier ou fonder au moins partiellement une décision politique : c'est

l'articulation à la décision qui confère à la science valeur d'expertise » (Roqueplo, 1991). Cela explique que Laurent Mermet et Geneviève Barnaud alertent très tôt sur les effets délétères du rapprochement entre science et juridique. Ils constatent qu'aux États-Unis, la quête d'une définition scientifique des zones humides amène les opposants à exploiter les incertitudes et les limites des dispositifs scientifiques, disqualifiant la science (Mermet et Barnaud, 1997). La rationalité scientifique se heurte à la dimension plurielle des zones humides. Ces écosystèmes sont difficiles à définir dans l'espace, puisque leurs limites correspondent à des continuums, et dans le temps, puisque par essence, ils sont dynamiques.

Les délimitations sont pourtant reprises dans les documents d'urbanisme locaux et deviennent des zonages qui excluent ces espaces de tout projet d'aménagement. Ainsi, localement, des arrangements informels ont lieu pour restreindre ou maximiser ces périmètres, lors des inventaires ou de leur intégration dans les documents d'urbanisme.

Si les zones humides sont d'abord tracées sur des cartes papiers, ces délimitations sont progressivement reportées par SIG dans les administrations lorsqu'elles s'équipent de ces outils dès les années 1990. Dans ce format numérique, les délimitations peuvent facilement circuler entre services, notamment entre ceux chargés de la protection de l'environnement et ceux chargés de l'aménagement du territoire. Dès la fin des années 1990, certains auteurs signalent néanmoins l'impossibilité de produire une base de données homogène des zones humides en raison des connaissances et intérêts variés des producteurs de données, mais aussi de l'utilisation qui en est faite par les différentes institutions (Chrisman, 1999 ; Harvey et Chrisman, 1998). Pourtant, le ministère français en charge de l'environnement cherche, dès les années 1990, à donner une traduction nationale régulière et continue de ces espaces, c'est pourquoi il initie un programme de recherche visant à leur modélisation. Ce projet et les cartes produites sont accueillis par la défiance. À la même époque, différents zonages environnementaux deviennent soudainement réglementaires lors de la traduction des directives européennes, telles que la Directive Habitats de mai 1992 ou la Directive Cadre sur l'Eau d'octobre 2000. Les inventaires de zones humides, à l'origine zonages de connaissances, ont pris en 1992 une dimension juridique ; localement s'installe la crainte que la modélisation initiée au niveau national, présentée comme un document de connaissance, puisse changer de statut et se substituer aux inventaires. Les surfaces considérées pour l'application de la loi sur l'eau seraient alors bien plus larges. Ces déboires sont peu documentés mais laissent des souvenirs vifs dans la mémoire de certains acteurs de la gestion de l'eau en raison de la difficulté occasionnée lors de la mise en œuvre d'actions en faveur des zones humides. L'État propose d'utiliser l'expression *milieux humides* pour marquer une différence avec *zones humides* et désamorcer les contestations. Le simple changement de vocabulaire doit permettre d'apaiser les tensions. Néanmoins, le territoire reste marqué. Le sujet des zones humides devient tabou. Seule la délimitation fait l'objet de débats, cristallisant les oppositions, elle focalise toute l'attention.

Délimitations sous tension : une préoccupation de l'Agence de l'Eau RMC

Suivant les dispositions européennes et nationales, les agences de l'eau, établissements publics à caractère administratif, financent des actions pour la préservation de l'eau et des milieux aquatiques. La protection des zones humides fait partie de leurs préoccupations et de leurs stratégies. Pour l'Agence Rhône-

Méditerranée Corse (RMC), la focalisation sur les délimitations occasionne plusieurs difficultés dans l'atteinte de ses objectifs :

1. Il est difficile pour les acteurs de la protection de l'environnement d'évoquer l'enjeu zone humide sans raviver les crispations des délimitations. Les périmètres de zones humides sont vus comme une contrainte pour les projets d'aménagement locaux. Pourtant, l'aménagement correspond à « toute forme ou procédure d'organisation de l'espace destinée à en ordonner et à en disposer les différents éléments » (Bioret *et al.*, 2009). Il n'est pas nécessairement contradictoire des enjeux environnementaux, malgré l'opposition souvent formulée entre « l'écologue et l'aménageur » (Lussault et Thibault, 2013). D'une certaine manière, l'intégration des zones humides dans l'aménagement par le zonage les déterritorialise, en les soustrayant à la réflexion sur l'aménagement. À ce propos, Richard Laganier et Magalie Franchomme (2008) notent que « L'absence ou la faible prise en compte du caractère multi-usages de ces zones déclenche […] l'hostilité des acteurs et usagers locaux (agriculteurs, sylviculteurs, propriétaires fonciers, pêcheurs, chasseurs…) qui perçoivent l'inventaire cartographique comme une limitation voire une interdiction de leurs pratiques ». Le dialogue est rompu.
2. Les délimitations ayant fait l'objet de négociations parfois informelles présentent davantage le résultat d'un consensus que la réalité physique d'un territoire. En cherchant à extraire les zones humides agricoles des inventaires pour échapper aux contraintes réglementaires, les zonages montrent davantage les zones humides qui pourraient être qualifiées de « naturelles » ou de « sauvages » en raison de l'absence d'activités économiques et d'aménagement humain, caractérisé par une biodiversité dite remarquable. Comment décentrer l'intérêt de ces espaces rares et vulnérables pour concevoir la protection d'une « nature ordinaire », dont l'humain fait partie (Godet, 2010, 2012) ?
3. Lorsque des zones humides sont absentes des bases de données, elles ne sont pas (re)connues par les acteurs techniques et politiques de l'aménagement. Elles peuvent donc être détruites dans l'indifférence. Pour Gabrielle Bouleau (2019), la reconnaissance de motifs environnementaux dans le paysage est également un motif, au sens de motivation pour agir. Le dialogue est restreint à la partie des zones humides présente dans les bases de données qui correspondent souvent aux plus remarquables. D'où l'enjeu de mise en visibilité de ces objets pour les rendre perceptibles. Par contraste, cela pose la question des blancs des cartes ou des déserts de données (Noucher, 2023).
4. D'autant plus que ces données sont performatives : l'action est conditionnée par ces délimitations qui permettent aux acteurs locaux de la protection de solliciter des aides, financières notamment, pour protéger des zones humides. Deux effets peuvent être observés : d'une part, cela retarde l'action, puisqu'il faut « bien connaître pour mieux gérer » comme l'exprime cette formule des années 1980 toujours d'actualité (Bioret *et al.*, 2009) et d'autre part, cela masque la dépendance vis-à-vis des espaces périphériques. Le fonctionnement des zones humides est particulièrement influencé par les apports d'eau, leur quantité et leur qualité, et donc par ce qui se passe à l'extérieur de leurs périmètres (Hollis *et al.*, 1988; Maltby *et al.*, 2009). Pourtant l'action est pensée uniquement à l'intérieur des zonages, comme s'il s'agissait de systèmes clos.

5. Enfin, l'information géographique qui remonte au niveau du siège de l'Agence apparaît très hétérogène. Or, avec l'arrivée du *New Public Management*, les politiques publiques environnementales demandent de plus en plus d'indicateurs chiffrés (Bouleau et Deuffic, 2016; Granjou *et al.*, 2010). L'impossible mise en cartes et mise en chiffres des zones humides nuit à la production d'un état des lieux ou de bilans chiffrés permettant de suivre les effets des actions mises en œuvre. Comment faire une synthèse de l'état de ces écosystèmes pour proposer un programme d'action adapté ? Le dialogue entre l'Agence et ses partenaires manque de fluidité.

L'Agence se demande donc comment décentrer le débat sur les délimitations pour favoriser des stratégies volontaristes pouvant intervenir à l'extérieur des périmètres. Cette ambition se traduit par la conception d'un nouvel outil technique dont l'objectif est de mettre en évidence des éléments factuels pour aborder les zones humides dans un cadre concerté.

L'espoir d'un nouvel instrument technique

L'Agence de l'Eau RMC est convaincue qu'il faut remettre en place un dialogue avec les acteurs de l'aménagement pour qu'ils s'approprient l'enjeu zones humides, non comme une contrainte mais comme un atout pour leur territoire. Elle souhaite qu'ils se saisissent de l'enjeu et qu'ils participent à la définition de la stratégie d'action. L'absence de représentations spatiales factuelles, c'est-à-dire indépendantes des arrangements politiques et des changements réguliers de définition, apparaît comme un obstacle. Témoin des difficultés de la réception des modélisations antérieures des milieux humides produites par le ministère, l'Agence accorde beaucoup d'importance à l'accompagnement de l'outil technique. Cela dépasse le besoin de répondre au principe de participation et au droit à l'information des politiques de l'environnement (Veyret *et al.*, 2017). La réception auprès de la sphère non-scientifique et technique est un enjeu majeur.

Le changement proposé par l'Agence passe par le recours à un nouvel instrument d'action publique pouvant être défini comme « un dispositif à la fois technique et social qui organise des rapports sociaux spécifiques entre la puissance publique et ses destinataires en fonction des représentations et des significations dont il est porteur » (Lascoumes et Le Galès, 2005). Cet instrument doit marquer une rupture avec les politiques antérieures basées sur des inventaires réglementaires en proposant davantage de dialogue avec les acteurs non spécialistes des zones humides. L'Agence tient à conserver le dispositif cartographique qui structure la vision stratégique, mais la portée change, dans le prolongement d'une tendance générale amorcée quelques années plus tôt : « De support technique élaboré par des ingénieurs pour des objectifs admis par tous de drainage ou d'éradication du risque d'inondation, la carte deviendrait aujourd'hui support voire même objet de médiation dans une perspective de conciliation d'intérêts socio-économiques et d'enjeux environnementaux » (Laganier et Franchomme, 2008).

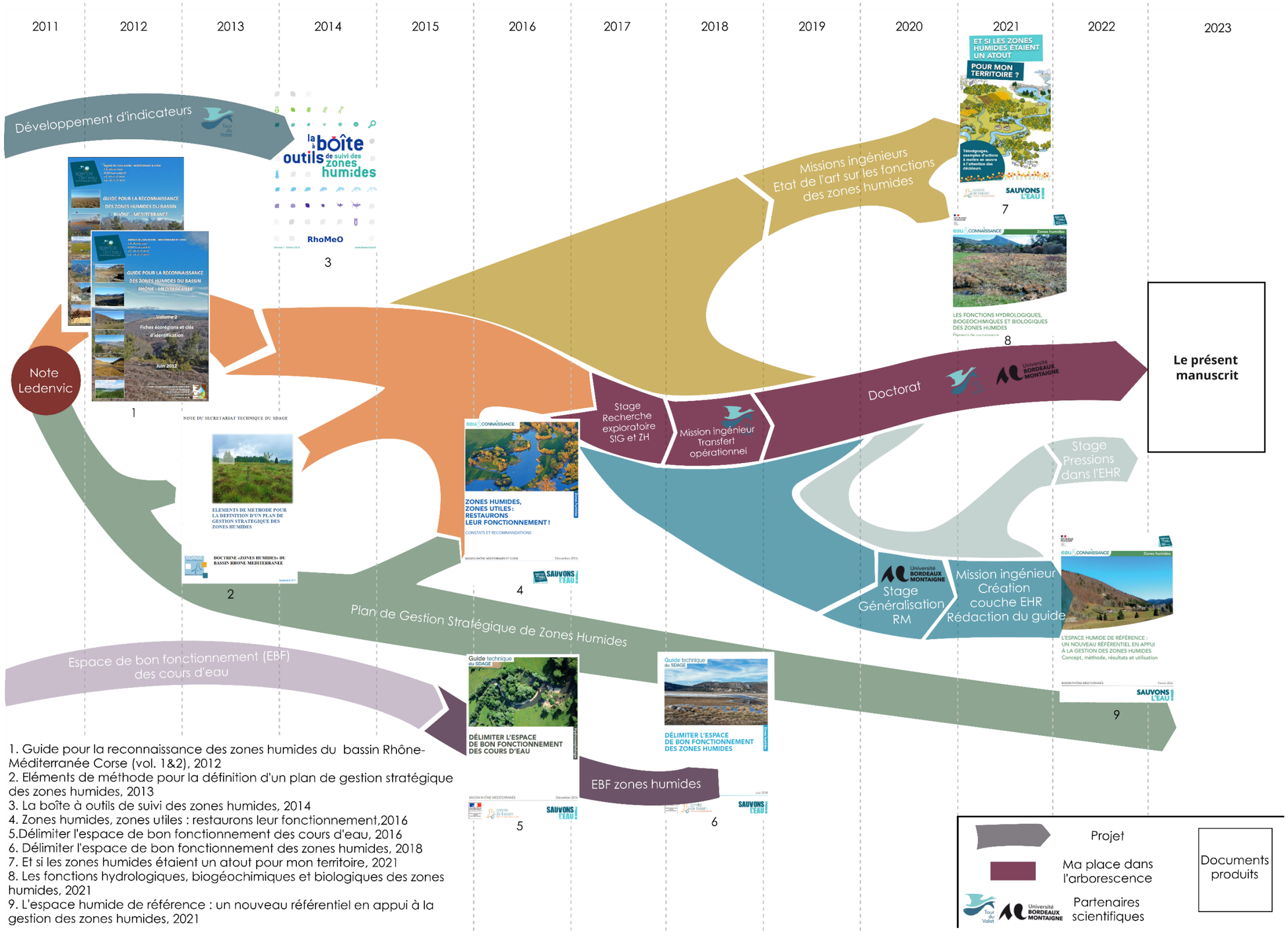
L'instrument cartographique doit être neutre et proposer des éléments indiscutables sur les zones humides pour que le dialogue porte uniquement sur la stratégie à mettre en place. La technique doit faire autorité en amenant des éléments factuels pour orienter l'attention sur l'action. Plusieurs expériences antérieures amènent l'Agence à concevoir le SIG comme un outil puissant pour appréhender les zones humides (Couderchet *et al.*, à paraître).

Par ailleurs, depuis la note Ledenvic (2011), l'Agence souhaite inciter au développement de stratégies locales pour les zones humides, à articuler avec les documents d'urbanisme. Elle propose pour cela d'identifier les « fonctions » des zones humides qu'elle distingue attentivement du concept de « services », lequel correspond aux bénéfices pour la société (Costanza *et al.*, 1997). Ce choix est stratégique, il s'agit de montrer l'indépendance de ce système vis-à-vis des activités anthropiques. Le terme fonction est repris de l'écologie fonctionnelle : il s'agit de dépasser la description (taxonomique) pour prendre en compte les relations entre les parties du système (Calow, 1987) et réintégrer les espaces périphériques ignorés des stratégies portant exclusivement sur les périmètres d'inventaires. De manière générale, la protection de l'environnement tend vers des dispositifs intégrés, dans lesquels l'humain n'est plus exclu et la protection n'est plus restreinte aux aires protégées (Mathevet et Godet, 2015). Cela se traduit dans la politique de l'Agence par une rupture avec la prise en compte traditionnelle des zones humides dominée par des approches patrimoniales. Il y a un changement de paradigme puisqu'il s'agit désormais de s'intéresser aux forces qui expliquent la présence et le fonctionnement des zones humides dont les formes sont multiples dans le paysage (Gramond, 2014). Les stratégies zones humides élargissent leurs objectifs : au-delà de l'enjeu biodiversité, les enjeux hydrologiques et biogéochimiques doivent être intégrés. Plus que le maintien de systèmes pionniers, il s'agit de restaurer le fonctionnement des zones humides en leur rendant leur caractère dynamique. L'Agence propose donc de concevoir des modélisations qui ne représenteraient plus les seules limites par des polygones vectoriels, mais le caractère fonctionnel à l'aide de représentations raster, devant servir de support à la concertation territoriale. Pour développer cet outil SIG, l'Agence me propose d'abord un stage de master de 6 mois qui se poursuit par un contrat de 9 mois à la Tour du Valat, toujours encadré par l'Agence. À cette occasion nous préparons un projet de thèse auquel l'Unité Mixte de Recherche Passages est associée. Les attentes de la thèse, formalisées dans une liste de livrables, nécessitent de créer des indicateurs de fonctions qui puissent être mis en place dans l'ensemble du bassin et servir localement de supports dans des dispositifs concertés. La concertation est vue comme une manière de susciter l'adhésion pour amplifier les projets de restauration de zones humides. Il y a donc une tension entre la volonté de construire un cadre plus démocratique et une volonté de passer à l'action, donc de convaincre de mener des mesures de conservation. En plus de l'outil technique, des éléments de langage sont attendus pour s'assurer de la compréhension des modèles dans les territoires.

La recherche s'inscrit dans une arborescence de projets dont l'objectif est d'améliorer les politiques zones humides (figure 1), il s'agit de :

- concevoir des indicateurs de fonctions pour un suivi temporel (fig. 1, document 3) ;
- promouvoir un espace de bon fonctionnement des zones humides pour penser des stratégies d'action en dehors des limites d'inventaires (fig. 1, document 4 et 6) ;
- inciter à la réalisation de Plans de Gestion Stratégique de Zones Humides (fig. 1, document 2, 7 et 9), traduction opérationnelle de la doctrine du bassin pour la mise en place d'un dispositif concerté à partir d'éléments sur les fonctions.

L'outil technique attendu doit renouveler la politique zones humides tout en s'assurant de sa complémentarité avec les autres dispositifs existants. La représentation graphique montre que dans ces projets, la Tour du Valat et l'UMR Passages sont régulièrement associés.



1. Guide pour la reconnaissance des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée Corse (vol. 1&2), 2012
2. Eléments de méthode pour la définition d'un plan de gestion stratégique des zones humides, 2013
3. La boîte à outils de suivi des zones humides, 2014
4. Zones humides, zones utiles : restaurons leur fonctionnement,2016
5.Délimiter l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau, 2016
6. Délimiter l'espace de bon fonctionnement des zones humides, 2018
7. Et si les zones humides étaient un atout pour mon territoire, 2021
8. Les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et biologiques des zones humides, 2021
9. L'espace humide de référence : un nouveau référentiel en appui à la gestion des zones humides, 2021

Figure 1. L'investissement de l'Agence de l'Eau RMC pour une approche fonctionnelle des zones humides

Une mise en application et des problèmes inattendus

Mes missions sont bien définies : des indicateurs à produire et des contraintes formulées par l'Agence, mon commanditaire. *A priori*, je suis plutôt bien équipée pour y répondre. J'arrive dans ce stage avec pour bagage une licence de Géographie et Aménagement ainsi qu'un master en Gestion des Écosystèmes Continentaux et Côtiers, spécialisé dans la gestion de l'eau, des sols et de l'environnement. J'adopte donc facilement le vocable et la vision de l'Agence. Si je ne me considère pas moi-même naturaliste, mon cursus universitaire et mon investissement dans des associations qui en ont l'objet, m'amènent à fréquenter cette sphère au quotidien dans mon entourage personnel et à arpenter les zones humides. J'ai conscience que ces fréquentations et ma formation conditionnent mon regard sur les zones humides : un regard marqué par la science écologique et les enjeux de conservation qui correspond à une esthétique académique élitaire au sens d'Yves Luginbühl (1989) qui l'inscrit en opposition avec celle des acteurs dont « le paysage est un cadre quotidien transformé par leurs activités économiques, sociales, et culturelles ». Dans mon cursus universitaire je développe également un attrait pour les SIG et la compréhension de la mécanique derrière le clic. Je trouve stimulant de chercher des solutions pour répondre aux questions posées, comme une succession de défis techniques. Mon arrivée à l'Agence en 2017 est donc marquée par un grand intérêt à l'idée de participer à cette mission : créer un dispositif SIG pour aider à la protection des zones humides.

Suivant un modèle diffusionniste (Callon, 1999), l'Agence me demande de concevoir dans un premier temps le dispositif SIG, puis de le présenter aux acteurs locaux spécialistes des zones humides pour validation avant de tester leur partage auprès d'un public non expert des zones humides.

Le premier prototype, initié en stage et achevé lors de mon contrat à la Tour du Valat, est très apprécié par l'Agence. Les documents produits au terme de cette mission sont diffusés auprès d'experts locaux. La présentation suscite de l'intérêt chez certains mais est vivement critiquée par d'autres qui y voient un nouvel outil technocratique les éloignant du terrain, une entrave administrative supplémentaire dans l'accomplissement de leurs missions de protection des zones humides. L'hostilité de certains partenaires est à peine voilée, l'un d'entre eux me demande par exemple, à l'occasion de notre première rencontre si je n'ai pas les oreilles qui sifflent depuis que l'Agence a diffusé ces documents. Cela me déstabilise, j'étais prête à entendre des critiques mais je ne m'attendais pas à un tel contraste avec l'enthousiasme exprimé par l'Agence, d'autant que les oppositions me sont adressées personnellement. Je suis tenue pour responsable. Des questions d'ordre éthique interviennent : si je gêne les protecteurs des zones humides, est-ce que je nuis à la cause environnementale ? Dès lors, quelle posture adopter ? Je me retrouve dans une posture d'inconfort entre les deux éthiques définies par Max Weber (1919). Suivre l'éthique de responsabilité implique de ne pas perdre de vue les livrables pour lesquels l'Agence me finance ; *a*

contrario, suivre l'éthique de la conviction, signifie ne pas entraver l'action des experts locaux qui participent à la protection des zones humides. Ces deux objectifs me paraissent inconciliables.

Ce désarroi implique une bifurcation, je me demande comment concilier les attentes de tous ces acteurs, comment ne pas prendre parti pour les uns ou les autres. Là où je pensais répondre à des questions techniques, la dimension sociale et politique du problème surgit. Parmi les experts de zones humides, il n'y a pas de consensus sur la manière de mener les actions en faveur de ces écosystèmes.

De la même manière, l'entrée en thèse implique un triple encadrement entre l'Agence, la Tour du Valat et l'UMR Passages. Entre science et action, sciences naturelles et sciences sociales, je constate que chacun possède un point de vue différent sur la manière de mobiliser les SIG et de mener les politiques de protection des zones humides. Comment produire un outil neutre et factuel dans ce système d'acteurs aux postures multiples, parfois contradictoires ? Le postulat d'unicité de la science et de sa capacité à fournir des éléments factuels est mis à mal.

Les oppositions ne se manifestent pas qu'entre les défenseurs des zones humides et les destructeurs, comme mes représentations me le suggéraient jusqu'alors. Des jeux de pouvoirs et des tensions s'exercent entre les structures chargées de la protection de l'environnement. Je me saisis du SIG critique (Mahmoudi et Shelton, 2022; O'Sullivan, 2006), cette approche propose de considérer le SIG comme une construction sociale et de montrer la subjectivité induite par ses producteurs et les jeux de pouvoir durant sa conception. Ces lectures me permettent d'analyser les rapports de force entre les acteurs techniques des zones humides, à travers leur utilisation de cet outil et d'identifier de nouvelles pistes pour produire un nouveau prototype qui puisse concilier les différents points de vue. Néanmoins, l'empathie envers mes partenaires institutionnels me conduit à une forme d'autocensure, je crains de trahir la confiance qui nous lie en décrivant leurs pratiques, marquées par un regard positiviste des SIG, duquel je m'éloigne à mesure que j'adopte cette posture critique.

Il me semble d'autant plus intéressant de rendre compte de ces jeux de pouvoirs qu'ils sont masqués par la mécanique austère des SIG. L'une des particularités de mon objet est qu'il ne peut pas être vu par tous. Il nécessite de comprendre les principes des SIG et la manière dont sont conçues et appliquées les politiques zones humides. Le SIG s'avère être un bon révélateur des tensions, autant scientifiques qu'aménageuses ; les instruments étant des balises pour observer les changements et inerties de l'action publique (Lascoumes et Le Galès, 2005). Il s'agit donc d'interroger la place de l'auxiliaire technique dans la chaîne reliant la connaissance à l'action. En effet l'attention au SIG permet d'observer si le changement d'instrument voulu par l'Agence pour accompagner les nouvelles politiques zones humides est approprié localement.

Si l'objectif de produire un outil technique ne change pas, le mémoire est le récit d'un déplacement, d'un changement de regard sur le problème initial. Il retrace un itinéraire entre des mondes : entre recherche et pratique, entre sciences naturelles et sciences sociales. Autant qu'un exercice académique, la phase d'écriture devient une étape émancipatrice vis-à-vis de mes commanditaires et de leurs attentes.

Pour restituer ce déplacement, je propose un plan en 5 chapitres dans lequel l'entrelacement entre recherche et action apparaît de manière transversale (fig. 2).

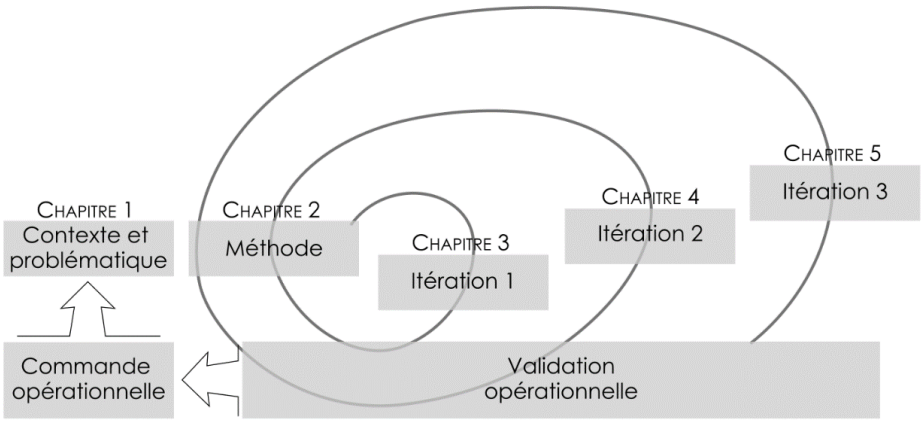


Figure 2. Un plan de thèse qui se construit depuis une commande opérationnelle

Le chapitre 1 montre comment une problématisation progressive se met en place depuis la commande initiale de l'Agence et les contraintes à respecter. Il permet de comprendre le contexte et les attentes de l'Agence, ainsi que les tensions éthiques qui émergent du contexte interdisciplinaire et la singularité de la posture d'opératrice SIG.

Puis le chapitre 2 présente le cheminement méthodologique tout au long du doctorat pour satisfaire les attentes opérationnelles. J'y explique le recours à la théorisation ancrée (Paillé, 2011). Cette méthode d'analyse propose, dans un processus itératif, de partir des observations de terrain pour en dégager des théories. Ici, elle permet de rendre compte des observations sur l'utilisation des prototypes SIG qui émergent de la recherche pour améliorer le processus de production cartographique et son accompagnement. Les bulles de dialogue avec les différents partenaires conduisent à plusieurs propositions SIG qui elles-mêmes alimentent les discussions, dans un mouvement circulaire. La première itération, par exemple, implique un changement dans la méthode en raison des réactions de la sphère opérationnelle. Cela conduit à une seconde itération qui elle-même impose un réajustement de la méthode pour intégrer les nouvelles réactions qui apparaissent. Ce qui amène à la troisième itération se terminant par un bilan sur l'intégration des résultats de la recherche par la sphère opérationnelle. L'objectif du chapitre 2 est donc double : présenter les différentes méthodes mobilisées et mettre en évidence, dans une perspective plus

générale, la non-linéarité de l'exercice de recherche. Il permet de mieux saisir comment les livrables et le contexte de recherche-action influencent la manière de conduire ce projet.

Les résultats sont donc présentés en trois itérations faisant chacune l'objet d'un chapitre. Cela permet d'investiguer individuellement l'opérationnalité des propositions et de comparer les apports de chacune d'entre elles.

Le troisième chapitre présente les résultats obtenus par les sciences de l'ingénieur à l'entrée dans le dispositif. Il est au centre du schéma (fig. 2) puisque cette première expérience est déterminante pour comprendre les chapitres suivants. Il présente les méthodes existantes et les pratiques habituelles des acteurs de l'environnement pour produire l'innovation en SIG. Il détaille le développement du premier prototype répondant à la demande de l'Agence. L'ouverture de la boîte noire permet de révéler les enjeux éthiques derrière les choix techniques opérés.

Le quatrième chapitre dévoile l'importance des entretiens avec les spécialistes locaux de zones humides qui testent le premier prototype. Cela remet en perspective les résultats produits dans le chapitre précédant et amène à expérimenter de nouvelles propositions méthodologiques. Le chapitre porte l'attention sur les échelles d'action et les représentations portées par les différents niveaux institutionnels de la gestion des zones humides. Il présente les craintes exprimées localement de la réémergence de tensions locales avec cette proposition SIG. Ainsi, ce chapitre met en lumière les différentes positions parmi les acteurs techniques ainsi que leurs stratégies et tactiques pour se faire entendre.

Cette expérience ouvre un cinquième chapitre dont l'objet est la réception et l'appropriation des couches SIG par les acteurs de l'aménagement du territoire, dont font partie les élus locaux. Dans cette exploration, nous avons cherché à progresser avec ce public sur la compréhension du fonctionnement des zones humides et leurs traductions spatiales afin d'explorer des méthodes alternatives à celles qui cantonnent la conservation des zones humides au respect des zonages. Ce chapitre montre que le changement d'approche ouvre de nouvelles possibilités d'innovation.

Chapitre 1. Demande technique et émergence de questions scientifiques

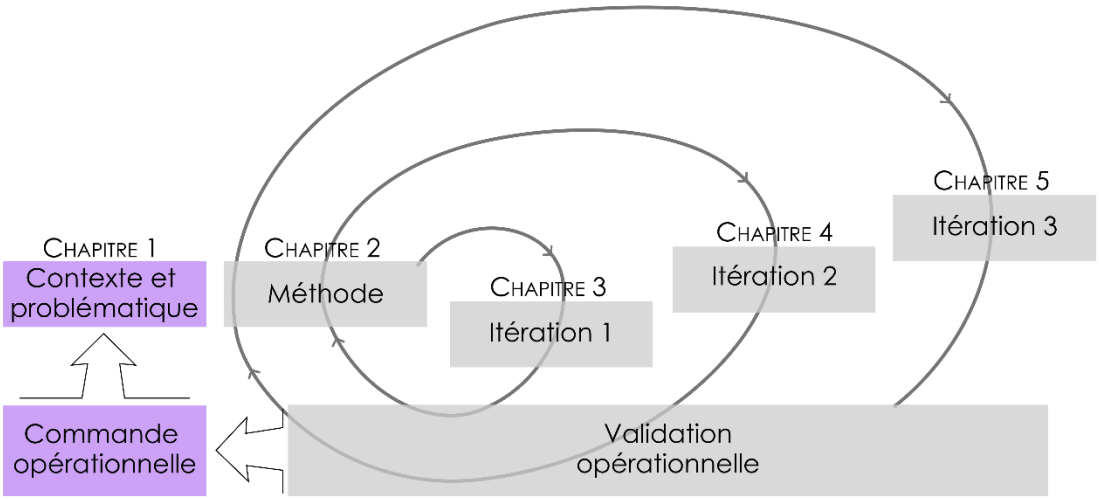


Figure 3. Un premier chapitre qui part de la commande opérationnelle

Introduction

La recherche est mise en place administrativement autour d'une Convention Industrielle de Formation par la Recherche (Cifre). Cela implique d'emblée un dispositif de recherche-action. Jacques Rhéaume en propose une définition à partir des travaux de Kurt Lewin de 1946, la recherche-action correspond à « la production d'un savoir qui se développe dans et par l'action réalisée par les groupes sociaux » (Rhéaume, 2008). Tout au long du doctorat, recherche et action s'entremêlent. Il ne s'agit donc pas d'une recherche dite appliquée, avec un transfert au terme de la démarche scientifique, de la science vers la pratique. Les échanges sont constants entre recherche et action. Ils font évoluer la problématisation du sujet de recherche. Ils cadrent les pistes de recherche puisque celles-ci doivent tenir compte des marges de manœuvre et des contraintes des commanditaires.

La demande de recherche est impulsée par des praticiens qui posent le problème initial. Celui-ci est repris pour être appréhendé à travers une démarche scientifique. Néanmoins, cette Cifre a pour particularité de rassembler des partenaires dont les bagages scientifiques sont divers, ce qui crée un cadre interdisciplinaire. Elle impose donc une rencontre entre différentes postures scientifiques autour du problème initiale.

Ce chapitre montre comment le contexte de la recherche influence la problématisation depuis la question opérationnelle. En quoi cela participe-t-il à des réajustements de la manière de concevoir le problème et la démarche de recherche ?

L'Agence de l'Eau RMC est à l'initiative du projet et mobilise pour cela la Tour du Valat et l'UMR CNRS 5319 Passages. Il s'agit donc dans un premier temps de présenter les problèmes auxquels est confronté ce commanditaire et ce qui l'amène à recourir à un tel dispositif. Puis dans un deuxième temps, en retraçant la mise en place du projet, nous analysons l'impact du rassemblement de trois organismes aux approches différentes, sur la complexification de la problématique initiale. Enfin, dans un dernier temps, la position de l'opérateur SIG entre recherche et action est présentée comme un facteur supplémentaire de problématisation. Ce chapitre s'articule autour de trois particularités de la thèse qui en font l'originalité :

1. le dispositif Cifre avec une commande opérationnelle
2. le partenariat pluridisciplinaire dans lequel il s'inscrit
3. la position d'opératrice des SIG.

Ainsi, l'objet de la recherche, le prototype SIG, s'appréhende selon différentes facettes, formant une imbrication de problèmes qui se combinent progressivement, chacune offrant un prisme singulier sur l'objet de recherche. La thèse est ainsi construite comme un moyen pour chaque partenaire de retrouver ses questionnements et les éléments de réponse qui en sont issus, tout en mettant en évidence les apports des autres regards.

1. La demande de l'Agence de l'Eau RMC, point de départ de la recherche

Le dispositif Cifre demande dans un premier temps de s'imprégner du problème tel que le formule le commanditaire. Les paragraphes suivants présentent donc la manière dont l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse définit ses besoins, ses attentes vis-à-vis de l'expertise scientifique et la stratégie qu'elle met en place pour s'assurer d'obtenir des éléments opérationnels. Pour cela, un premier temps s'attache à présenter le fonctionnement de cette institution, avant d'expliciter la manière dont elle pose le problème de la représentation spatiale des zones humides au regard de ses expériences antérieures.

1.1. Un seul instrument technique pour des zones humides hétérogènes

Pour comprendre les difficultés à produire des politiques zones humides, il convient de donner un éclairage sur le fonctionnement des agences de l'eau.

1.1.1. L'Agence, une structure pour une gestion centralisée des politiques de l'eau

Les agences de l'eau sont des établissements publics administratifs (EPA) de l'État. Elles prélèvent des redevances auprès des usagers de l'eau pour le financement d'actions de préservation quantitative et qualitative de la ressource. Cela leur confère une mission d'intérêt général avec une autonomie administrative et financière et oriente l'attribution des financements, indépendamment de l'État, selon un système de planification élaboré et voté par bassin (Evrard, 2006). Bien qu'elles disposent d'une autonomie financière, elles sont rattachées au ministère en charge de l'environnement, actuellement le ministère de la transition écologique. Cette institution produit des Plans Nationaux d'Action en faveur des Zones Humides (PNAZH). Le premier est lancé en 1995 pour une période de 5 ans, le second entre 2010 et 2012, le troisième entre 2014 et 2018, le dernier en date est le plan national d'action milieux humides 2022-2026. Ces plans permettent d'améliorer la coordination entre les six agences de l'eau qui se partagent le territoire métropolitain. Il s'agit de convenir d'objectifs communs sur lesquels s'engage l'État, de mutualiser des connaissances et des moyens dans le but d'harmoniser des pratiques ou le recours à certains outils.

L'Agence de l'Eau RMC, dont le territoire couvre près d'un quart de la France métropolitaine, gère deux entités hydrographiques : le bassin Rhône-Méditerranée et celui de la Corse (fig. 4). Ces bassins sont des constructions administratives. Pour chacun d'entre eux, elle produit un schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) et organise la distribution des aides financières selon un programme d'intervention.

L'Agence de l'Eau RMC a la particularité de disposer de liens privilégiés avec le ministère sur les enjeux de cartographie des zones humides au niveau national, puisqu'elle s'est très tôt engagée dans la réflexion en initiant dans son territoire des travaux de recherche exploratoire sur ces questions (Couderchet *et al.*, à paraître).

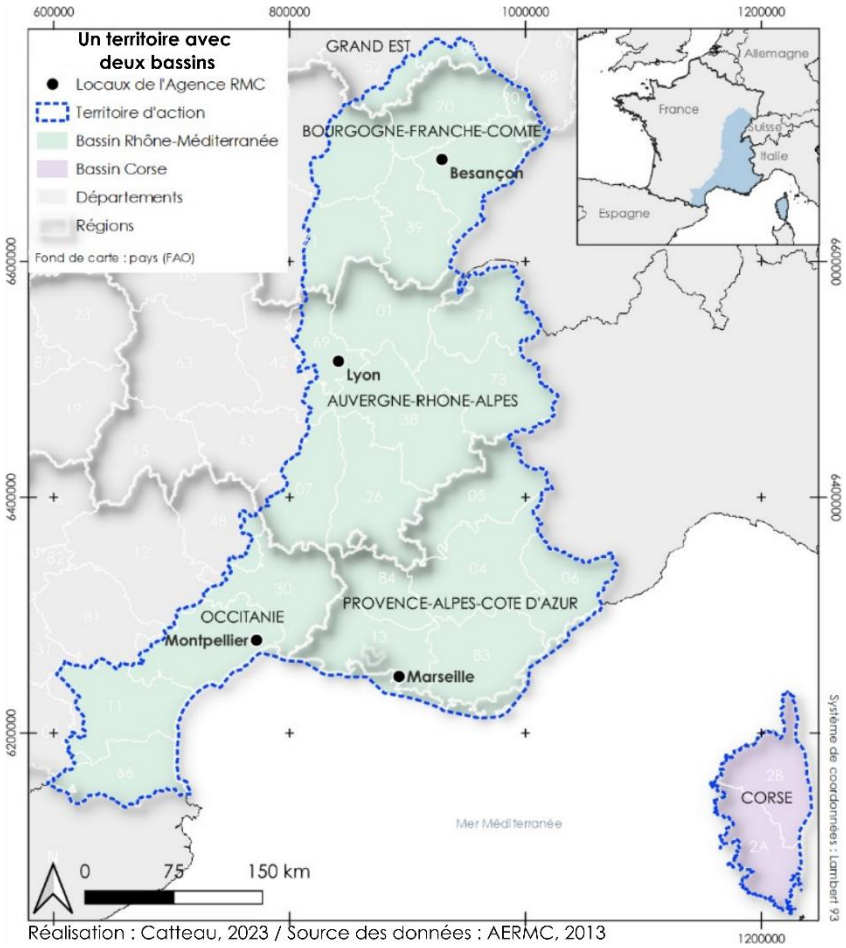


Figure 4. Le territoire d'action de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse, deux bassins hydrographiques indépendants des découpages administratifs français

Une organisation hiérarchique des acteurs spécialistes des zones humides

Pour administrer ses politiques zones humides dans ce territoire vaste et diversifié, l'Agence s'organise de manière hiérarchique autour de deux niveaux : le siège et ses quatre délégations régionales (fig. 5). Le siège produit et met à jour les SDAGE et les programmes d'intervention dont les cycles s'enchevêtrent sur des durées de 6 ans. Deux services y collaborent pour l'élaboration et le suivi des politiques zones humides : le département des actions et interventions de bassin (DIAB) et le département de la connaissance et de la planification (DCP), appelé département de la planification et de la programmation (DPP) au début du partenariat avec l'Agence. Ce dernier est chargé de l'élaboration et de la diffusion de supports techniques que la présente recherche doctorale doit alimenter. Dans chaque délégation, un référent sur la thématique zones humides est désigné. Les référents se réunissent avec les services du siège à un rythme semestriel pour faire le point sur l'avancement des indicateurs du SDAGE concernant les zones humides, clarifier les méthodes développées au niveau du siège et faire remonter les retours

d'expérience des pratiques locales des partenaires techniques. Ces réunions sont appelées : Groupe de Travail Zones Humides (GTZH).

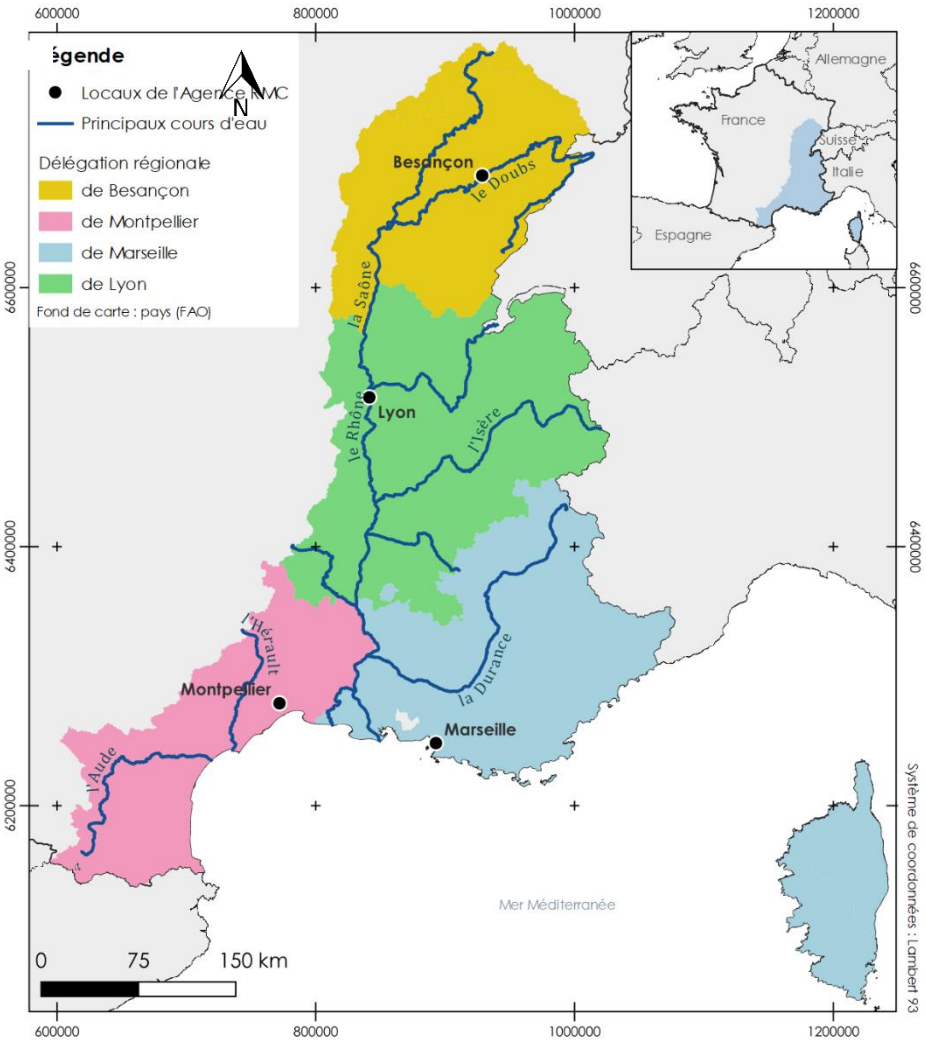


Figure 5. Un vaste territoire subdivisé en quatre délégations

Le siège et les délégations se distinguent également par leurs interlocuteurs et leurs échelles de raisonnement. Chaque acteur est pris dans des contraintes et temporalités qui lui sont propres et doit composer avec les exigences et attentes de ses interlocuteurs politiques, institutionnels ou scientifiques (fig. 6).

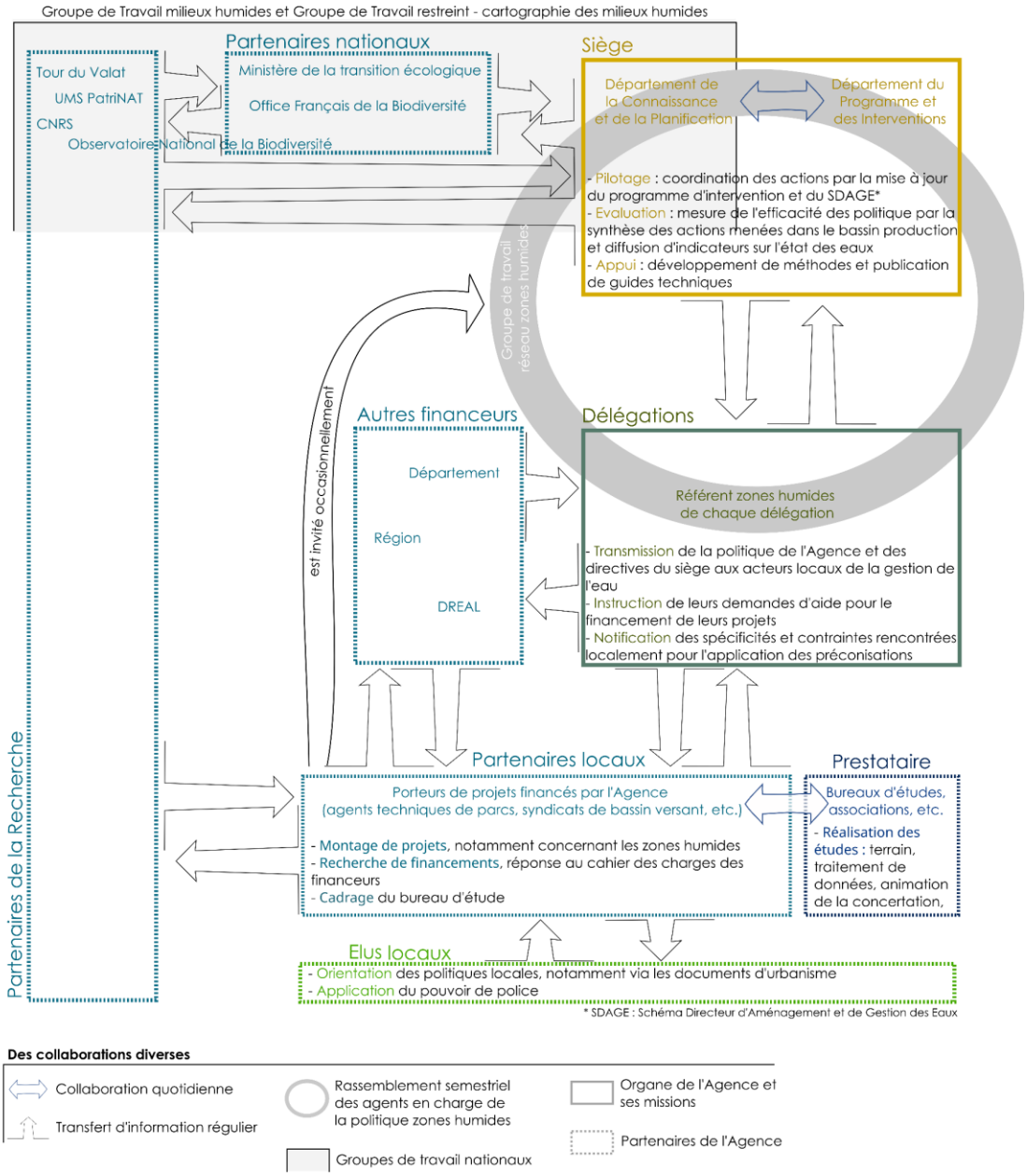


Figure 6. L'Agence de l'Eau au cœur d'un réseau de partenaires agissant à différents niveaux pour les zones humides

Les activités du siège sont rythmées par les échéances imposées par les cycles de mise à jour du programme d'intervention et du SDAGE. Dans ce cadre, ses agents ont pour mission de synthétiser l'information qui remonte des délégations et de les traduire en diagnostics pour établir un état des lieux (fig. 7).

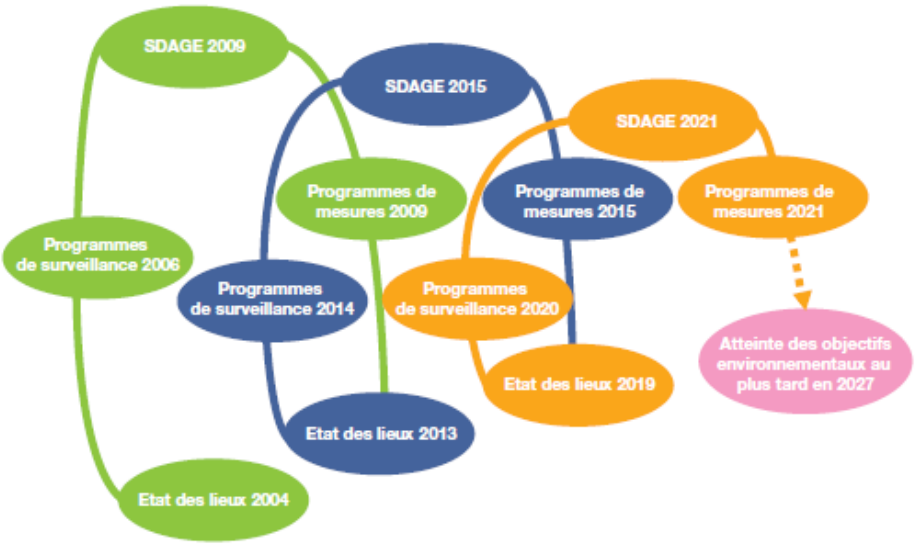


Figure 7. Une succession cyclique des SDAGE (source : https://www.gesteau.fr/presentation/sdage)

Pour anticiper la remontée de l'information, le siège cadre les méthodes pour une application homogène et une synthèse facilitée. La conception des outils techniques s'organise donc de manière descendante, depuis le siège vers les délégations. Elle tient néanmoins compte de la satisfaction des structures locales, c'est pourquoi les délégations orientent les services du siège vers les interlocuteurs pouvant tester les méthodes qu'ils développent.

Le siège, dans ses missions quotidiennes, entretient des relations régulières avec des partenaires de la recherche pour développer des méthodes ou des indicateurs visant à suivre l'impact des actions que l'Agence finance. Il participe également au groupe national pour les milieux humides (GNMH) dont les réunions annuelles doivent assurer le suivi des plans nationaux (PNAZH/MH) et certains groupes qui en sont des déclinaisons thématiques (Gth). Les membres du siège de l'AERMC assistent régulièrement au « Gth Connaissance » qui traite notamment des programmes de recherche sur la modélisation des milieux humides et de leurs fonctions en France.

Parallèlement, le regard des référents zones humides des délégations est plus proche de l'action locale en raison de leur proximité avec les porteurs de projets concernés par les zones humides qu'ils financent. Ces porteurs de projet sont divers : collectivités, structures de bassins versants, parcs naturels, conservatoires ou organisme de recherche. Ils partagent « un positionnement sur le registre de l'expertise scientifique et technique, de la connaissance des milieux et des êtres naturels, et des modes d'action contribuant à leur conservation » (Granjou, 2013). Une majorité d'entre eux dispose d'un ancrage particulier au territoire dans lequel ils mènent des actions de protection ou de restauration des zones humides. Leurs projets les amènent à

parcourir le territoire et le connaître, notamment dans sa dimension historique. Il s'agit souvent d'agents techniques appartenant à des structures publiques, placés sous la responsabilité d'élus locaux, qu'ils fréquentent et sensibilisent aux enjeux environnementaux. Ces acteurs mènent leurs projets en répondant aux exigences de leurs élus et de leurs financeurs, dont l'Agence fait partie. Les autres financeurs imposent parfois des requêtes qui peuvent différer des directives du SDAGE RMC, notamment lorsqu'il s'agit d'entités administratives situées entre deux bassins et répondent à plusieurs SDAGE.

1.1.2. Les inventaires, un premier outil pour considérer les zones humides dans leur diversité

L'intérêt pour les zones humides est ancien puisque dès le premier SDAGE Rhône-Méditerranée approuvé en 1996, leur préservation et leur gestion est définie comme un objectif majeur. Dans les suivants, les zones humides font l'objet d'une orientation fondamentale intitulée « Préserver, restaurer et gérer les zones humides » (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse, 2015).

Dans le territoire de l'Agence, l'expression zones humides recouvre des espaces très divers entre la sansouïre dans le delta du Rhône, les zones humides de bas-fonds et les tourbières dans les massifs montagneux en amont, les grandes plaines alluviales et les régions d'étangs ainsi que les zones périlagunaires (fig. 8). Cette diversité se traduit par des difficultés pour déployer des politiques de manière homogène dans l'ensemble du territoire et élaborer des indicateurs communs pour leur suivi au cours des SDAGE successifs. Cet aspect composite s'explique par la diversité des conditions physiques (relief, géologie, climat) et de l'inégale répartition des activités humaines dans ce territoire. Pour s'assurer de la prise en compte de tous ces milieux, plusieurs typologies sont proposées, dont une est adoptée spécifiquement pour les SDAGE en 1996 et est régulièrement reprise. Elle distingue dans les bassins RMC :

- les marais et lagunes côtiers,
- les marais saumâtres aménagés,
- les zones humides liées aux cours d'eau,
- celles des bas-fonds en tête de bassin,
- celles spécifiques aux régions d'étangs et aux bordures de plan d'eau,
- les marais et landes humides de plaines et plateaux,
- les zones humides ponctuelles,
- les marais aménagés dans un but agricole
- et enfin les zones humides artificielles, telles que les lacs de barrage par exemple.

Figure 8. Exemple de la diversité de formes que peuvent prendre les zones humides dans les bassins Rhône-Méditerranée et Corse

Cette diversité est une des difficultés dans l'objectif de gestion centralisée des zones humides, elle justifie le recours à l'instrument géomatique.

En France, les zones humides obtiennent une première reconnaissance juridique avec la loi sur l'eau de 1992. Toutes les formes citées ci-dessus peuvent donc a priori être définies comme des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année » (Loi portant création de l'Office Français de la Biodiversité, article 23). Cette loi prévoit des mesures d'interdiction ou de restriction

d'aménagement dans les secteurs qui répondent à cette définition. Localement, les collectivités ont l'obligation de mise en conformité de leurs documents d'urbanisme avec le SDAGE et donc de prendre en compte les zones humides de leur territoire. Dans certains cas, l'adoption de la compétence GEMAPI (Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations) à partir de 2018 par des collectivités doit renforcer l'attention locale portée à ces écosystèmes.

Pour déterminer où s'applique la loi sur l'eau, des inventaires sont sollicités localement par des collectivités territoriales. L'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse se place, dès l'élaboration de ses premiers Schéma Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (1996-2009), comme un acteur structurant pour les inventaires de zones humides puisqu'elle finance les projets, avec l'État et les collectivités territoriales qui en sont à l'initiative. Elle apporte également un appui technique pour la réalisation d'inventaires, notamment par la conception et la diffusion de notes et de guides techniques. En 2002, le comité de bassin Rhône-Méditerranée Corse ambitionne une couverture de l'ensemble du territoire par des inventaires à l'horizon 2005 (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse, 2002) ; les premiers résultats confirment que l'objectif est réalisable (fig. 9).

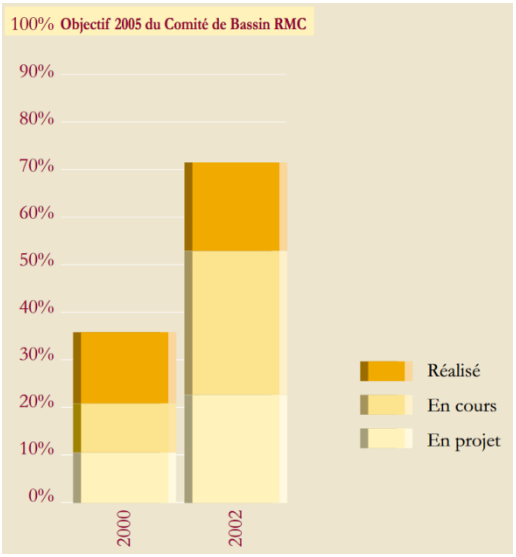


Figure 9. Extrait du panoramique RMC 2002 (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse, 2002)

Pourtant, la couverture exhaustive du territoire se heurte à plusieurs difficultés liées précisément au mode ascendant de construction qui les caractérise : la maîtrise d'ouvrage des inventaires est locale, ce qui occasionne à l'échelle du bassin de grandes disparités qui semblent ne pas se résorber.

Une hétérogénéité persistante

La juxtaposition des inventaires actuels montre des discontinuités au niveau des limites administratives qui ne sont pas liées à des caractéristiques physiques (fig. 10). Plusieurs raisons peuvent expliquer ce phénomène tels que la date de mise à jour, l'interprétation de la définition de zones humides en vigueur, les critères considérés ou encore des manœuvres politiques.

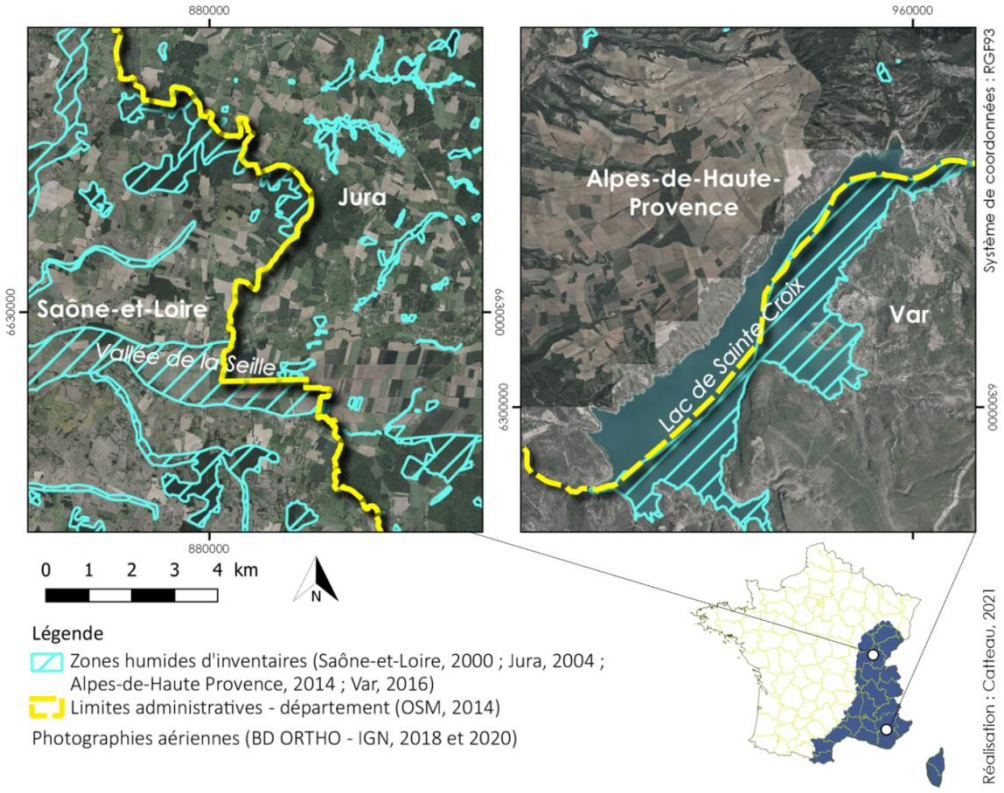


Figure 10. Discontinuité des inventaires au niveau des limites administratives

Les délimitations des zones humides s'appuient sur la définition de la loi sur l'eau qui fournit deux critères permettant d'attester la présence de zones humides sur le terrain : la présence d'eau au moins de façon temporaire et la végétation. Le caractère hydromorphe des sols, absent de la définition, donne une traduction de l'engorgement en eau. Ainsi, la délimitation des zones humides exige de porter l'attention sur les caractéristiques du sol et de la végétation.

Comme expliqué en introduction, l'interprétation de cette définition fait l'objet d'un rapport de force entre ceux qui essaient de protéger les zones humides en maximisant les espaces concernés par la définition juridique et ceux qui cherchent à s'affranchir des contraintes juridiques entravant leurs activités économiques en réduisant les espaces concernés par la définition. Ces changements impliquent des cycles d'alternance entre agrandissement et rétrécissement de l'étendue des espaces qualifiés de zones humides. Cela a pour conséquence des difficultés pour mettre en œuvre des comparaisons temporelles entre des inventaires produits à différentes périodes, et *de facto* pour assurer le suivi de la perte ou de la reconquête des zones humides. De plus, dans la majorité des cas, excepté un changement dans la définition, les inventaires n'ont pas vocation à être mis à jour à pas de temps réguliers. Ces données relèvent donc d'une approche fixiste, par opposition à une approche évolutive, en dépit des dynamiques intrinsèques de ces écosystèmes. Cette illusion du caractère immuable des zones humides s'inscrit dans un processus global dans lequel « depuis les années 1980, les inventaires naturalistes ne sont plus seulement des outils de connaissance scientifique. Ils sont des instruments de l'action publique au sens où ils deviennent des dispositifs

prescriptifs pour l'action publique. » (Guimont et Petitimbert, 2017). Dans cette perspective, le vivant, réduit à des indicateurs chiffrés perd de sa complexité (*ibid.*). Cela renvoie également au paradoxe des politiques mobilisant des périmètres d'aires protégées et plus particulièrement à l'antagonisme entre « la dimension fixiste des aires protégées et le mouvement naturel de la biodiversité, […] souligné dès les années 80 par Robert Peters et ses collaborateurs » (Godet, 2015).

Entre les différences d'interprétation et les évolutions successives de la définition de référence, l'hétérogénéité des inventaires persiste. Cela met à mal la vision unifiée du territoire que doit produire le SDAGE et contrarie l'Agence. Le recours aux SIG est envisagé comme moyen d'harmonisation pour une représentation unificatrice.

1.2. Les SIG, l'espoir d'une information spatiale homogène

Dès les années 1990, l'Agence cherche des solutions techniques pour harmoniser les méthodes d'inventaires dans ses sous-bassins. L'objectif est la production de synthèses globales en vue de la mise à jour des SDAGE.

1.2.1. Les inventaires, de la carte papier au système d'information

Les inventaires de zones humides sont d'abord tracés sur des cartes papier. L'avènement de la micro-informatique dans les années 1990 se traduit par la démultiplication des données à composante spatiale et la diffusion des SIG dans les institutions territoriales (Feyt, 2011). La numérisation apparaît comme une mutation majeure pour les inventaires naturalistes, qui ne sont plus uniquement sur des « supports fragiles et éphémères » (Arpin *et al.*, 2015). Cela est quasiment concomitant à la reconnaissance juridique des zones humides avec la loi sur l'eau de 1992. Chaque collectivité se dote progressivement d'infrastructures numériques pour produire ses propres données (Noucher et Gautreau, 2013). L'intégration des inventaires dans des bases de données spatiales s'opère de manière hétérogène à l'échelon national selon l'investissement des territoires dans les projets de digitalisation des inventaires. Au fur et à mesure de la numérisation des fonds cartographiques en papier, les données spatiales sont extraites des cartes figées ; elles peuvent être transmises et réutilisées. Les données circulent et sont parfois extraites de leur contexte par un processus de « désencastrement, qui vise à délocaliser et dépersonnaliser » (Alphandéry et Fortier, 2015). Dans les années 2000, la mise en réseau des données spatiales de l'environnement devient en enjeu croissant (Noucher et Gautreau, 2013), notamment pour les organismes centralisateurs tels que les ministères ou les agences de l'eau. L'ambition est de les rassembler de manière à disposer d'une information complète et continue des territoires d'action : « l'existence d'une couverture cartographique continue, homogène et actualisée du territoire […] est un impératif fonctionnel et symbolique majeur » (Feyt, 2002). Néanmoins, la juxtaposition de données locales peine à répondre à cette attente, de la même manière que pour les Zones Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique

et Floristique (Couderchet et Amelot, 2010), la concaténation des inventaires locaux a du mal à donner une image homogène et continue des inventaires de zones humides.

Sur le plan technique, des logiciels tels que GWERN, développé en 2008-2009 par le Forum des Marais Atlantiques, visent à homogénéiser la structuration de ces bases de données et faciliter la compilation d'inventaires de zones humides en imposant un cadre normatif. D'abord diffusé dans le département du Finistère, son utilisation s'est étendue progressivement par bassin versant hydrographique et conditionne désormais l'attribution de certaines aides financières pour la réalisation d'inventaires.

La digitalisation a un autre effet : contrairement aux cartes papier, les représentations numériques offrent la possibilité de zoomer pour voir où passe le trait qui délimite la zone humide. Mes interlocuteurs de l'Agence constatent que l'échelle de digitalisation à laquelle a été produite la limite est souvent oubliée : la position du trait prend une importance croissante.

Par ailleurs, la circulation des données, facilitée par leur numérisation, rend possible la reprise dans les zonages des documents d'urbanisme des délimitations de zones humides produites dans le cadre des inventaires. Les inventaires, initialement éléments de connaissances, deviennent donc des zonages réglementaires, pour lesquels des prescriptions s'imposent. Dès lors, plus qu'un enjeu scientifique, la délimitation des zones humides est également politique. Localement, certaines négociations informelles tentent de réduire l'étendue de ces espaces, notamment sur les secteurs concernés par des usages agricoles ou des projets de construction. Ainsi, les inventaires couvrent majoritairement des zones humides remarquables et laissent parfois de côté des zones humides plus ordinaires, marquées par des usages anthropiques. Le qualificatif « ordinaire » a d'abord été attribué à certains paysages du quotidien pour les distinguer de ceux renvoyant à une esthétique élitaire (Luginbühl, 1989). La notion de « nature ordinaire », apparue presque consécutivement, renvoie à une nature du quotidien pouvant être définie par plusieurs approches : écologique, les espèces qui la compose sont communes ; anthropogénique, les forçages sont anthropiques et environnementaux ou encore anthropocentrique, en considérant la zone de transition entre un espace artificiel et un espace naturel ou sauvage (Godet, 2010). Les zones humides ordinaires correspondent donc à celles qui ne disposent pas forcément d'espèces remarquables, dont le fonctionnement résulte en partie de forçage anthropique et qui sont en dehors des espaces considérés comme naturels. Elles peuvent correspondre aux zones humides aux abords des villes ou aux zones humides qui sont aménagées pour être cultivées.

Pour l'Agence, l'absence de ces zones humides des représentations cartographiques conduit à leur drainage ou à leur imperméabilisation dans l'indifférence. Cela revient à oublier leur présence dans la mémoire collective. Seuls les événements extrêmes, tels que les inondations, rappellent leur dégradation. L'Agence souhaite donc représenter les caractéristiques physiques du territoire de manière factuelle, indépendamment des usages anthropiques, le SIG et les modèles

physiques offrant les moyens d'accéder à des représentations objectivées, ou du moins, sans influence des politiques locales.

1.2.2. La modélisation des milieux humides dans de vastes espaces

La production d'une cartographie des milieux humides dans de vastes territoires est une ambition qui revient régulièrement dans les programmes de recherche. Annoncée dans le programme national de recherche sur les zones humides du ministère de l'environnement dès 1997, elle motive un nouveau projet pour une cartographie d'envergure nationale en 2021 et rassemble plusieurs instituts de recherche, dont la Tour du Valat. Cette cartographie doit servir au « pilotage des politiques publiques de préservation, de gestion et de restauration des zones humides » (Ministère de la Transition Ecologique, 2021). Les SIG sont donc mis au service de politiques centralisées dans lesquelles les solutions numériques apparaissent comme « l'éden d'une vision partagée du territoire » (Feyt, 2002).

Une expérience préalable : la carte des milieux potentiellement humides de 2014

En 2014, une première carte des Milieux Potentiellement Humides de France métropolitaine est publiée. Sa construction s'appuie sur des données topographiques, météorologiques et pédologiques (Berthier *et al.*, 2014).

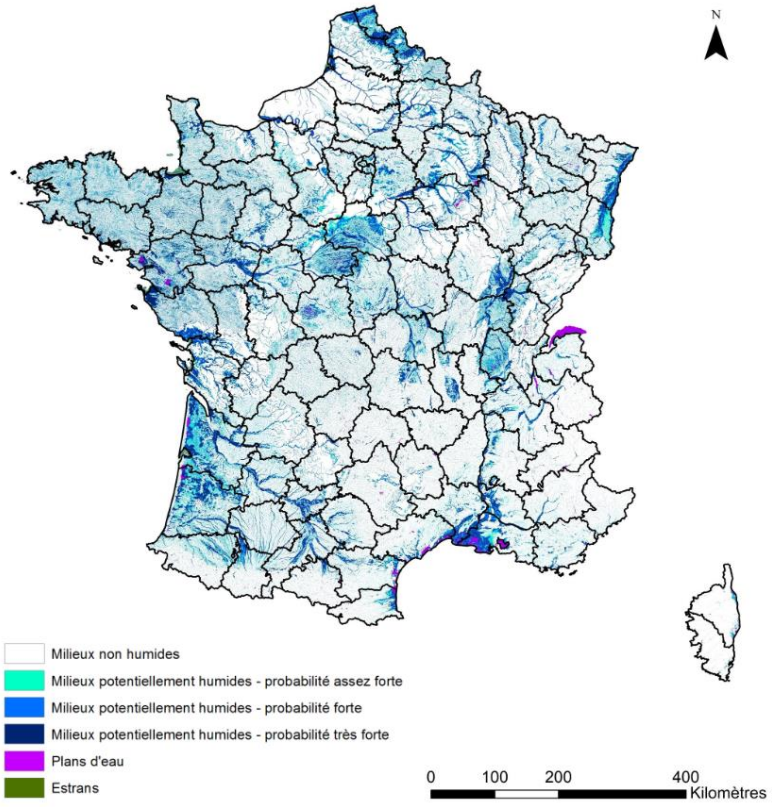


Figure 11. Carte nationale des milieux potentiellement humides

Ce projet d'envergure profite de l'évolution des capacités de calcul pour mobiliser des grands jeux de données. Il bénéficie également de l'amélioration de l'interopérabilité et de la mise à disposition croissante des données spatiales relatives à l'environnement en raison des ajustements successifs de la législation internationale, notamment par la convention d'Aarhus en 1998 (Feyt, 2011; Noucher et Gautreau, 2013).

Néanmoins, mes interlocuteurs de l'Agence se souviennent de l'effet de la carte de 2014 et des discussions préalables. Cette représentation cartographique a parfois été comprise comme un nouveau zonage produit de manière déconnectée du terrain. Des oppositions se sont rapidement manifestées par peur de voir des prescriptions dans les zones concernées. D'autre part, mes commanditaires notent que la représentation de l'incertitude par une gradation de couleurs, doublée de la crainte de voir apparaître une dimension réglementaire, a souvent conduit à une prise en compte locale des secteurs avec la plus forte probabilité de présence de zones humides, délaissant les autres secteurs, pouvant correspondre à des zones humides dégradées ou simplement moins facilement identifiables.

Le statut des zones humides agricoles reste une grande difficulté. C'est d'ailleurs pour cette raison que Mérot et ses collaborateurs (2006) suggèrent quelques années auparavant de parler de zones humides *potentielles*. Ce qualificatif désigne les secteurs dont la géomorphologie est favorable mais pour lesquels les pressions agricoles, notamment dues au drainage, empêchent leur expression. Néanmoins, pour l'Agence ce terme est peu adéquat dans une perspective opérationnelle puisqu'il est compris comme un secteur qui n'est potentiellement pas une zone humide. De plus, pour l'Agence, une zone humide, bien que soumise à une pression agricole, peut conserver des traits pédologiques hydromorphes, ce qui en fait une zone humide au sens de la loi bien qu'elle s'éloigne de l'image de sauvage véhiculée par le terme zone humide. C'est pourquoi l'Agence affirme une volonté de se détacher du concept de zone humide *potentielle* et de ces cartes. Elle en tire aussi la conclusion que l'arrivée de nouveaux supports cartographiques doit être accompagnée pour que les objectifs soient compris et appropriés localement.

Dans le champ scientifique, la réception de ces cartes fait l'objet de peu d'intérêt puisqu'elles sont conçues, dans une approche positiviste, comme le résultat du traitement de données factuelles. Les enjeux sont dès lors présentés uniquement à travers le prisme des défis techniques.

Des défis techniques masquant les enjeux conceptuels

La question de la délimitation des zones humides est à mi-chemin entre la science et le réglementaire. Ainsi, la question « Faut-il cartographier les zones humides ? » est posée explicitement par Laurent Mermet et Geneviève Barnaud dès 1997. Ils observent à l'époque deux courants de pensée émergents à la suite de la loi sur l'eau de 1992 qui propose une première

définition de zones humides. Pour certains, il apparaît nécessaire de fournir à l'administration des cartes délimitant les espaces concernés par cette définition, dans lesquels la loi prévoit des contraintes spécifiques pour certains usages conduisant à une transformation du milieu. Cette demande, formulée notamment par les services de l'État, se révèle stimulante pour les projets de recherche concernant le développement d'outils techniques (imagerie spatiale, analyse et traitements de données) que l'on retrouve dans les projets actuels. D'autres, en revanche, appellent à la vigilance vis-à-vis des « réponses fixées *a priori* par une carte » en soulignant le besoin de souplesse et en mettant en évidence que les limites méthodologiques des outils techniques sont souvent saisies par les opposants à la protection des zones humides, comme ils l'observent aux États-Unis. Le groupe « zones humides », constitué en 1991 pour conseiller la Direction de la Nature et des Paysages, juge d'ailleurs superflu « l'exercice de cartographie exhaustive des zones humides » au niveau national en soulignant deux arguments : la difficulté scientifique et technique, illustrée par les controverses existantes aux États-Unis, et son caractère dispensable sur le plan juridique. Sur la une de leur journal Zones Humides Infos, les auteurs ironisent sur l'importance excessive accordée « au trait dûment porté sur la carte » alors que les zones humides sont des espaces de transition : « En quelque sorte, on nous demande de cartographier l'épaisseur du trait ! » (« Zones humides Infos », 1997). Cela souligne, que plus qu'une difficulté scientifique et technique, l'exercice de la cartographie des zones humides est confronté à un problème conceptuel.

Un projet de carte national toujours d'actualité

Début 2023, les premiers résultats de la nouvelle modélisation des milieux humides potentiels sont présentés. Ils intègrent des données de télédétection à haute résolution spatiale. Ce nouveau projet promet une pré-localisation des milieux humides plus « pertinente » et à « une échelle plus fine qu'en 2014 » (Ministère de la Transition Ecologique, 2021), le 1/10 000, notamment par l'intégration de données issues de la télédétection. Cela produit une représentation agréable visuellement (fig. 12). Il est possible de zoomer sur n'importe quel secteur (http://sig.reseau-zones-humides.org/). Toutefois, on peut s'interroger sur l'effet d'autorité que produisent ces cartes, dont la résolution spatiale évoque une grande précision. La question de l'incertitude inhérente aux données surgit uniquement lorsque l'œil butte sur des contrastes soudains ou des formes géométriques au niveau des plans d'eau, traces caractéristiques de l'intégration de données topographiques à haute résolution.

Cette question apparaît avec d'autant plus d'acuité que des participants au webinaire de présentation, début 2023, s'interrogent sur la dimension réglementaire que pourrait avoir cette carte. La réception et l'utilisation dans les territoires restent donc un angle mort des projets nationaux dont les préoccupations sont avant tout techniques.

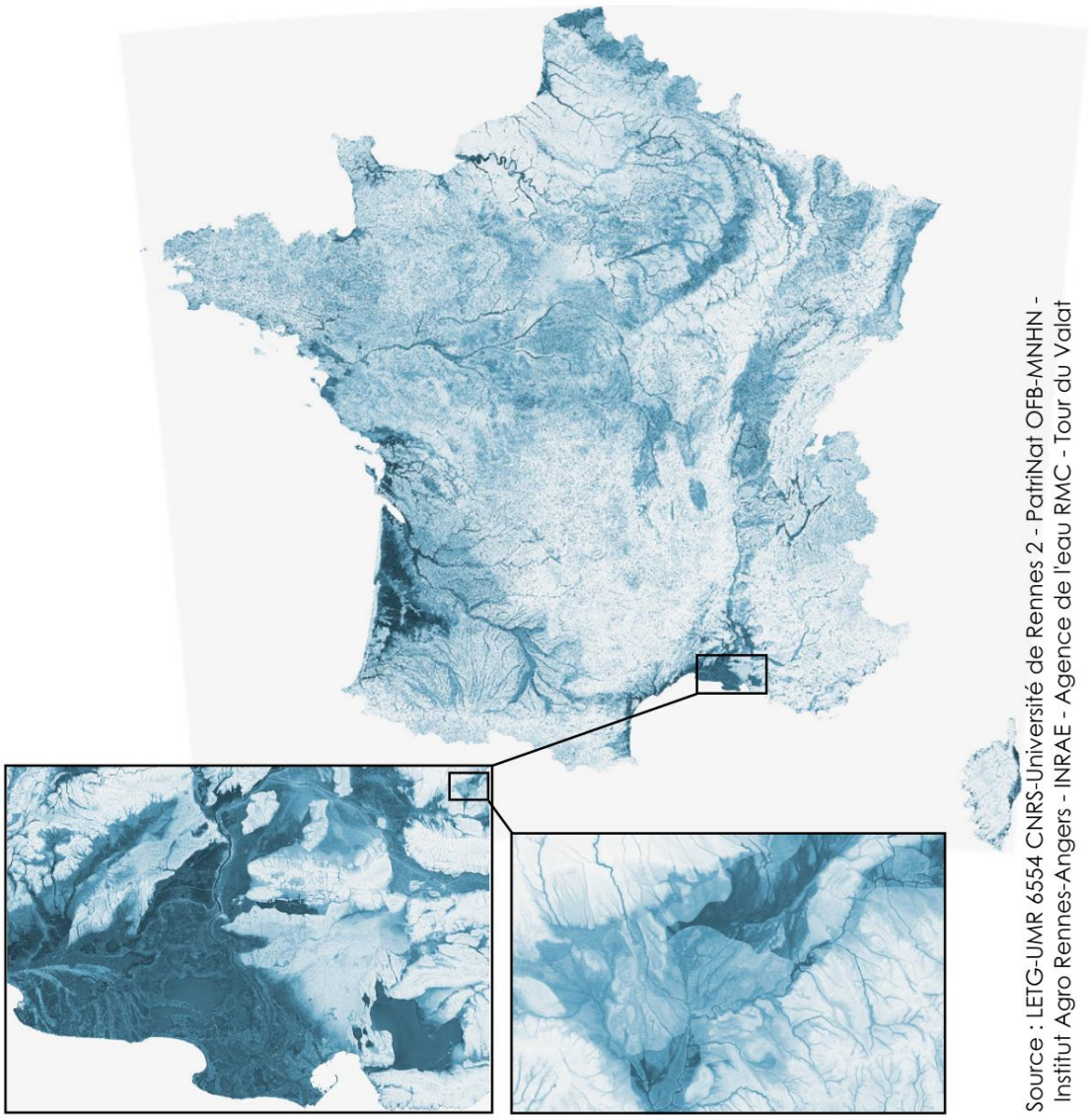


Figure 12. Captures d'écran réalisées à différents niveaux de zoom depuis la couche « pré-localisation des zones humides 2023 » disponible sur la plateforme SIG en ligne : http://sig.reseau-zones-humides.org/)

L'objectif de l'Agence est de sortir des modélisations pouvant devenir prescriptives pour qu'elles deviennent un support dans le cadre d'approches concertées. L'ambition est de sortir des boîtes noires pour rendre possible une discussion sur des espaces souvent laissés pour compte, comme les espaces agricoles. La discussion sur la place de la limite des zonages doit laisser la place à une concertation sur les stratégies à mettre en œuvre plus globalement dans le territoire pour assurer la préservation des zones humides.

1.3. La concertation, nouvel enjeu des productions SIG

Dès les années 1990, le recours au SIG dépasse la simple ambition technique, dans le champ de l'environnement ces outils sont qualifiés de « systèmes indispensables pour une gestion concertée » (Barge et Joliveau, 1996). La capacité de ces outils à croiser un grand nombre de données et à distinguer le potentiel des écosystèmes à remplir des usages et les pressions qui s'y

exercent est mise en avant. C'est dans cette perspective que l'Agence propose de porter l'attention aux fonctions des zones humides plus qu'à leurs délimitations.

1.3.1. Les fonctions des zones humides pour sortir de l'approche zonale

En 2011, la note Ledenvic concernant la politique zones humides de l'Agence prend acte des controverses relatives à la délimitation des zones humides pour certains inventaires, pourtant jugées essentiels pour disposer de « diagnostics partagés en amont ». En réponse, elle propose l'organisation de « comité[s] de concertation » et invite à définir dans des sous-bassins, gérés par un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux ou faisant l'objet d'un contrat de rivière une « stratégie globale de prise en compte, de préservation et de restauration des zones humides […] basée non seulement sur la spatialisation des zones humides […], mais également sur l'analyse des fonctions potentielles et effectives de celles-ci ainsi que des pressions anthropiques exercées et leurs dynamiques » (Ledenvic, 2011). La note insiste également sur l'importance de pouvoir articuler cette stratégie avec les documents d'urbanisme régionaux, intercommunaux et communaux.

Le terme de fonction est utilisé pour la thématique zones humides depuis les années 1990. Cette notion émane de l'écologie. Le *Dictionary of ecology, evolution and systematics* décrit les fonctions comme « toutes les propriétés physiques et chimiques d'une structure qui se rapportent à sa forme et à son organisation, à l'exception des actions ou usages de la structure nommés de manière plus significative par rôle ou rôle biologique » (Lincoln *et al.*, 1998). Pour l'Agence, cette définition se révèle utile pour le renouvellement de la politique zone humide car elle permet de considérer uniquement la dimension physique, jugée factuelle, des zones humides et de les détacher de leurs aspects politiques relatifs aux usages. En traitant de *fonction*, on reconnaît des mécanismes factuels, indépendamment de l'humain, qui participent au maintien du fonctionnement des zones humides. La notion de fonction est souvent mise en parallèle avec celle de service écosystémique : la fonction correspond aux processus et propriétés de l'écosystème indispensables à son fonctionnement et son maintien, tandis que le service correspond au bénéfice que la société en retire (Costanza *et al.*, 1997). Les fonctions des zones humides sont donc à l'origine de plusieurs services, tels que des bénéfices culturels et spirituels ou de provision, de régulation et de support (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Pourtant plusieurs auteurs notent une souplesse dans l'usage entre les notions de *fonction* et de *service* (Fustec et Lefeuvre, 2000 ; Jax, 2005). L'Agence souhaite maintenir la distinction : l'utilisation de la notion de *fonction* doit garantir une mise à distance des approches par services écosystémiques, dans laquelle l'humain attribue une valeur selon l'utilité pour la société et des approches dans lesquelles l'humain attribue davantage de valeur à la biodiversité considérée comme remarquable.

Au lieu de proposer une nouvelle carte de zones humides, l'Agence propose d'en spatialiser les fonctions pour faire évoluer ses politiques. L'objectif est d'identifier dans le territoire les

fonctions nécessitant une attention particulière pour préserver le bon fonctionnement des zones humides et pour que, si besoin, les zones humides puissent rendre leurs services au territoire. L'hypothèse est que favoriser le fonctionnement global de la zone humide garantit les services naturellement rendus par ces milieux (ex : rétention des crues). L'approche fonctionnelle doit permettre de dépasser les zonages et de concevoir les liens entre ce qui se passe à l'extérieur et à l'intérieur des périmètres de zones humides.

1.3.2. Les PGSZH : des SIG dans une démarche concertée

Dans la continuité de la note Ledenvic de 2011, une note du secrétariat technique du SDAGE propose d'élaborer des plans d'actions concertés par sous-bassin versant appelés « plans de gestion stratégique des zones humides » (PGSZH) (Duffy *et al.*, 2013). Il s'agit de déterminer les secteurs où les fonctions des zones humides, jugées indispensables pour le territoire, sont menacées par des pressions anthropiques, telles que celles exercées par le drainage.

Plusieurs années après la publication de cette note, ses auteurs, dont font partie mes commanditaires, constatent que localement les fonctions et les pressions sont envisagées uniquement à l'intérieur des périmètres d'inventaires de zones humides, malgré la proposition de prendre en considération un « périmètre d'étude » plus large, « à l'intérieur duquel il existe une probabilité très forte de rencontrer des milieux répondant aux critères de définition d'une zone humide » (Duffy *et al.*, 2013). Si la note invite à la valorisation de données locales issues des inventaires, elle met en évidence leurs contraintes intrinsèques et insiste sur le dépassement de cette approche zonale par l'intégration de la dimension fonctionnelle. La pollution ou les écoulements de l'eau, par exemple, explicatifs de l'état de la zone humide, peuvent être extérieurs à son enveloppe.

Le SDAGE 2016-2021 souligne la nécessité de procéder par Plan de Gestion Stratégique des Zones Humides. Il définit leur emprise spatiale : « un territoire pertinent (périmètres de sous bassin ou au minimum d'intercommunalité : communautés de communes ou d'agglomération) ». Il rappelle son rôle principal : la définition des « objectifs de non-dégradation et de restauration des zones humides et de leurs fonctions (expansion des crues, préservation de la qualité des eaux, production de biodiversité) ». Ce document « planifie la politique de gestion des zones humides pour l'ensemble de son périmètre (gouvernance, maîtrise d'ouvrage, plan d'actions, priorités, échéances, coûts) » (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse, 2015). Il s'agit d'identifier des leviers, plusieurs exemples sont cités tels que les programmes contractuels, les outils réglementaires, la maîtrise foncière ou d'usage (SDAGE 2016-2021). Son efficacité est appelée à être évaluée et révisée régulièrement, une mise à jour tous les 6 ans est suggérée dans la note de 2013 qui fait toujours référence dans le SDAGE (Duffy *et al.*, 2013).

Une mobilisation de la recherche pour disposer d'outils SIG

L'Agence formule d'abord une demande dans le cadre d'un stage : identifier un espace factuel, favorable à la présence des zones humides et à leur fonctionnement à partir de critères physiques. Dans cet espace, elle demande de qualifier les fonctions des zones humides ainsi que les pressions qui y sont afférentes. C'est à ce moment que j'interviens dans le projet. L'exercice est technique, la majorité du temps est dédiée au SIG, seuls quelques jours sont consacrés à des validations de terrain. Satisfaite du résultat testé sur certains bassins versants, l'Agence me propose, en partenariat avec la Tour du Valat, un contrat de 9 mois dans cet institut de recherche pour la conservation des zones humides au statut de fondation, basé à Arles. L'objectif est d'appliquer les requêtes à d'autres bassins versants, comparer les résultats avec ceux des plans de gestion stratégiques des zones humides (PGSZH) existants et avoir des premiers retours des experts locaux de zones humides. Les livrables sont ambitieux : en plus de la restitution de cartes et de tests méthodologiques, un guide technique à destination des structures locales est attendu, il doit aider la conception des cartes dans le cadre des PGSZH (fig. 13).

Durant cette mission, l'Agence propose également de monter un dossier pour établir une convention Cifre avec l'ANRT et la Tour du Valat. Cela débouche donc sur une thèse dont l'objectif est d'aller plus loin dans les requêtes techniques tout en veillant à « l'acceptation sociale et politique » (« Développement du sujet de recherche pour la demande de bourse Cifre », 2018) de l'exercice géomatique. L'Agence est en effet consciente des difficultés rencontrées à travers les expériences des inventaires et de la cartographie des milieux humides potentiels. La recherche doit produire un Cahier des Clauses Techniques Particulières type pour intégrer les requêtes SIG aux PGSZH.

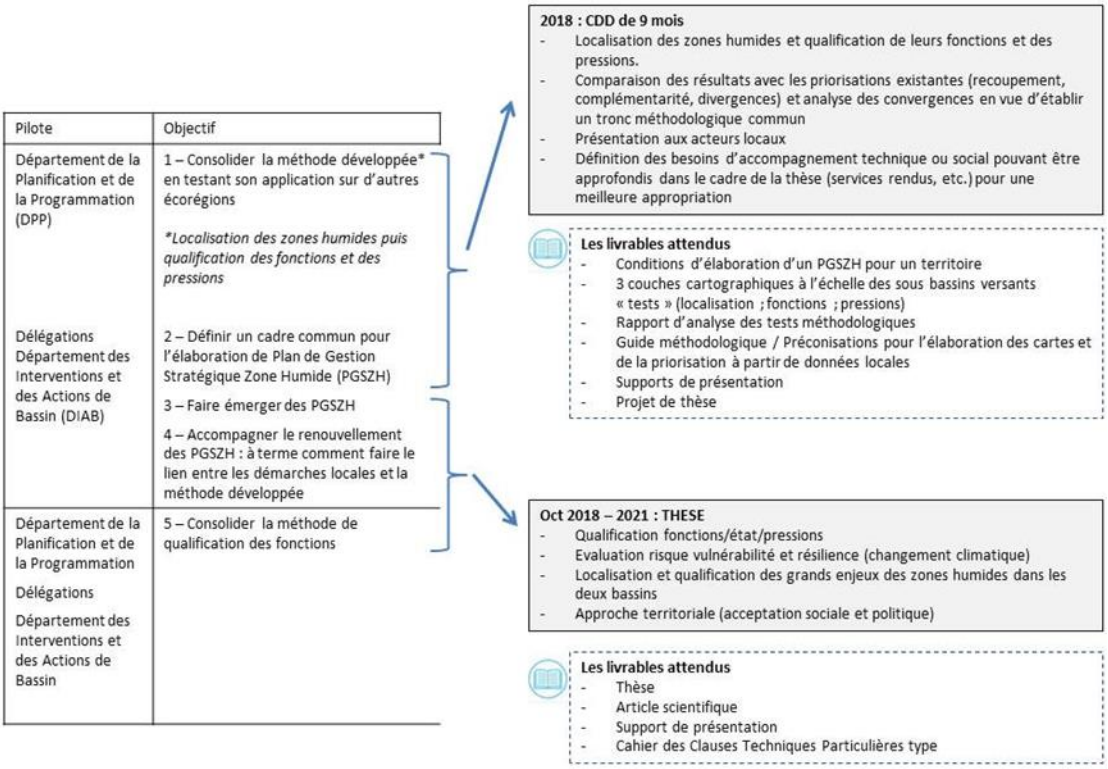


Figure 13. Objectifs et livrables attendus par l'Agence de l'Eau RMC dans le cadre de la consolidation de la méthode (« Développement du sujet de recherche pour la demande de bourse Cifre », 2018)

Le contexte de la recherche pose l'instrument numérique de la géographie à la fois comme auxiliaire de la politique centralisée et comme support de démarches locales, différenciées, négociées, par l'intermédiaire des PGSZH. L'Agence constate la difficulté de faire remonter les informations produites localement en raison de leur hétérogénéité. Le nouvel outil s'intègre donc dans une réflexion entre les mouvements descendants, *top-down*, et les mouvements ascendants, *bottom-up*, de l'information spatiale. Les acteurs œuvrant pour les zones humides s'organisent de manière très hiérarchique, l'articulation de l'action entre plusieurs niveaux impose de concevoir les possibilités de circulation des données et des méthodes. Les informations sur les fonctions doivent pouvoir être produites de manière homogène au niveau du bassin, appropriées localement, amendées par la connaissance locale et réinjectées dans les synthèses de l'Agence produites à l'échelle de ses bassins.

De même, consciente des oppositions aux projets de modélisation antérieurs émanant des acteurs non spécialistes des zones humides, l'Agence porte une attention particulière à l'accompagnement du dispositif SIG dans un cadre concerté. La concertation est perçue par mes commanditaires comme un moyen de rendre acceptable le projet de l'Agence. C'est aussi l'occasion de sensibiliser de nouveaux acteurs qui pourraient être volontaires pour mener des actions de préservation ou de restauration des zones humides. L'idée d'intégrer des non-spécialistes dans la gestion de la

ressource est ancienne dans cette institution, cela invite à poser la question de l'ambition de cette concertation : est-ce plus qu'une simple consultation (Lewis, 2001) ?

Le renouvellement des politiques de l'Agence passe donc par l'adoption d'une approche plus intégrative des zones humides dans les projets de territoire et un cadre spatial plus large qui laisse néanmoins une place aux zones humides d'inventaires. Les propositions SIG doivent s'intégrer dans les dispositifs existants de PGSZH. Cela révèle la faible marge de manœuvre de l'institution face aux constats des effets contre-productifs qu'ont pu avoir les politiques d'inventaires menées précédemment.

2. La Cifre : quelle posture entre plusieurs épistémologies dans le champ de l'environnement ?

La préparation du projet de thèse et le déroulement de la première année amènent un niveau de problématisation supplémentaire dû à l'intégration de nouveaux interlocuteurs, dont la diversité d'appartenance disciplinaire apporte des nuances et de nouveaux éclairages sur la demande opérationnelle. Ainsi, au problème formulé par le commanditaire s'ajoute celui de l'interdisciplinarité.

2.1. Une recherche en position intermédiaire

Le projet de thèse se formalise autour d'une Convention Industrielle de Formation par la Recherche (Cifre), qui est un cadre proposé par l'Association Nationale Recherche et Technologie (ANRT). Cette convention a plus qu'un seul rôle d'évaluation de projet et de financement puisqu'elle provoque le rassemblement de plusieurs partenaires et de plusieurs cultures autour d'un projet commun. L'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse (RMC) formule la commande opérationnelle et finance le projet au-delà de la prise en charge de l'ANRT (57,5 % contre 22,5 %) ; la Tour du Valat a la fonction d'entreprise d'accueil et apporte un financement complémentaire (20 %). L'Unité Mixte de Recherche Passages investit le rôle de laboratoire, c'est-à-dire d'organisme public de recherche. Chacune de ces institutions apporte un regard différent sur l'objet de recherche, un rapport plus ou moins distant à la gestion des milieux et une relation particulière aux Systèmes d'Information Géographique.

L'institution à l'initiative du projet est gestionnaire et technique, l'entreprise d'accueil est un établissement scientifique de droit privé spécialisé dans les sciences naturelles, l'organisme public de recherche est spécialisé en science sociale. Les parties mettent en commun leurs réseaux de partenaires scientifiques, techniques et politiques pour tester la méthode auprès des utilisateurs et apportent une ouverture plus large par leurs réseaux thématiques et méthodologiques (fig. 14).

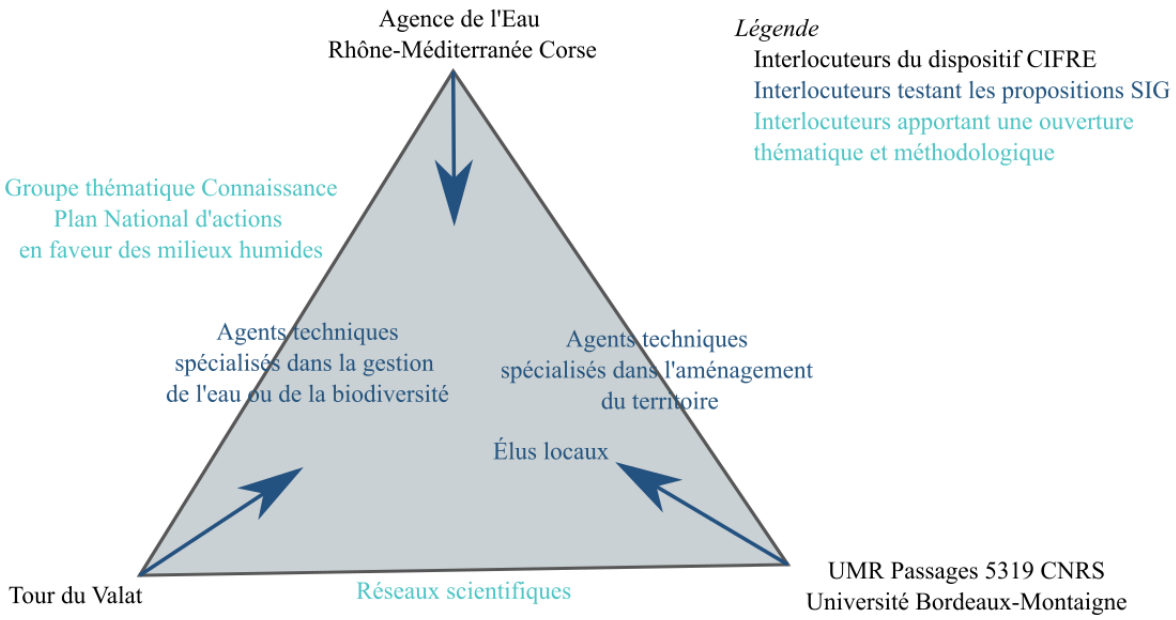


Figure 14. Une position à l'intersection de 3 structures en immersion parmi des acteurs aux postures variées

2.1.1. L'Agence de l'Eau RMC, garante de la dimension opérationnelle

L'Agence de l'Eau RMC, à l'origine de la commande opérationnelle, détermine la manière dont sera mobilisée la recherche et le cadre dans lequel celle-ci doit se déployer pour veiller à la portée opérationnelle des résultats, tout au long du projet. Cette position lui donne une légitimité à arbitrer parmi les propositions émanant de la recherche. À plusieurs reprises, elle craint un glissement vers une recherche, tirée par les deux autres structures, qui ne pourrait pas être réinvestie dans ses missions. Établissement public de l'État, elle a recours aux sciences et techniques de la gestion de l'eau pour le pilotage des politiques de protection des zones humides. Elle attend de l'outil SIG des indicateurs chiffrés pour accompagner la prise de décision locale, guider l'orientation de ses financements et faciliter les synthèses à l'échelle de ses bassins. Cela s'inscrit dans une culture du chiffre qui émerge avec le *New Public Management* dans les institutions publiques.

En raison de l'immensité de leurs territoires d'action et de la spécificité des missions qui leur incombent, les agences de l'eau sont des utilisateurs historiques de la géomatique. Si démocratisation de la microinformatique et de solutions logicielles relativement légères est le préalable au déploiement des SIG dans les organisations territoriales, les agences de l'eau, RMC en particulier, s'équipent dès les années 1980 de solutions informatiques lourdes et du logiciel Arc Info qui nécessitent un haut niveau de spécialisation technique. Le projet de thèse s'inscrit ainsi dans une généalogie relativement longue d'innovations techniques propres aux agences et une culture affirmée de la solution technique aux questions politiques.

Mon accueil au sein de l'Agence, me place au côté d'une institution avec un pouvoir d'autorité hiérarchique (fig. 6, section 1.1.1). Comme vu dans la section précédente, les agences de l'eau sont des acteurs financiers déterminant pour la gestion de l'eau, à leur création en 1964, elles sont

d'ailleurs appelées *Agences financières de bassin* (Lewis, 2001). L'Agence de l'Eau RMC peut prendre en charge jusqu'à 70% des projets territoriaux et se positionne ainsi comme un acteur incontournable. Elle développe également des solutions techniques, en interne ou avec ses partenaires techniques et scientifiques, et publie des documents à destination des structures qu'elle finance. Les productions émergeant de la thèse doivent donc s'assurer de leur complémentarité avec ces documents antérieurs. Le siège de l'Agence, basé à Lyon, élabore le SDAGE et le PDM qui s'imposent aux stratégies d'aménagements locales. Il est également inscrit dans des réseaux nationaux relatifs aux zones humides : organisation inter-agences et groupes d'études à l'initiative du Ministère de la transition écologique par exemple. Les délégations veillent, dans chaque région, à la déclinaison des orientations du SDAGE par les structures locales ayant des compétences pour la gestion de l'eau : parcs, syndicats, conservatoires, etc. Les délégations d'Occitanie et PACA disposent d'accords-cadres avec la Tour du Valat, c'est pourquoi je suis dans ce partenariat en contact régulier avec les référentes zones humides de ces délégations, basées à Montpellier et Marseille. Mes prises de contact avec elles et les représentants du siège se font à échéance régulière, par téléphone, en visio-conférence ou en présentiel à la Tour du Valat, à Lyon ou dans les délégations. J'ai également l'occasion d'assister aux réunions rassemblant l'ensemble des référents zones humides des délégations de l'Agence. L'opportunité de la thèse place l'Agence en situation avantageuse dans les groupes d'étude pilotés par le Ministère, aussi je suis impliquée dans ces dispositifs et rencontre à plusieurs reprises d'autres équipes de recherche investies dans des projets de modélisation des milieux humides et de leurs fonctions.

Mes premiers interlocuteurs au siège de l'Agence disposent de solides compétences en pédologie et constatent que nombre d'espaces agricoles, malgré leur fonctionnement humide attesté par une approche pédologique, sont ignorés des dispositifs de protection en raison de l'absence d'une végétation hygrophile dans leurs caractéristiques. Ils considèrent donc que les politiques existantes relatives aux zones humides négligent les espaces caractérisés par la présence d'activités anthropiques en acceptant qu'ils continuent à être dégradés. L'Agence de l'Eau RMC se positionne donc dans un courant conservationniste qui s'inscrit dans l'héritage de Gifford Pinchot (Bergandi et Blandin, 2012), prônant une utilisation rationnelle des ressources d'un territoire par les humains qui y vivent. Elle souhaite mobiliser davantage le concept de « bon usage » (Hollis *et al*., 1988) pour intégrer l'humain dans les politiques de protection des zones humides : usages anthropiques et conservation des zones humides doivent pouvoir être compatibles.

Mes interlocuteurs à l'Agence me partagent également leur point de vue sur la prise en charge des zones humides durant les 25 dernières années. Ils me racontent être particulièrement marqués par les tensions générées au début des années 2000 par la présentation de cartes produites automatiquement par des procédures SIG. Les deux étaient alors sur le terrain, le premier depuis la direction régionale de l'environnement (DIREN), aujourd'hui Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), le second en bureau d'études. Le

premier a participé aux discussions au Ministère dès les années 2000 concernant le déploiement de la modélisation à l'ensemble du territoire. À cette occasion déjà, des acteurs des services déconcentrés témoignent de leur inquiétude, notamment en Aquitaine où la méthode amène à considérer en zone humide potentielle tout le massif landais. Cette époque est aussi marquée par la difficulté à faire accepter les zonages Natura 2000, ce qui permet d'anticiper les problèmes liés à la diffusion de la carte des milieux humides potentiels. Témoin d'une situation qui se répète, ils estiment qu'il est nécessaire de disposer d'éléments non-négociables pour éviter les oppositions. Cette expérience les rend également particulièrement attentif aux effets que peuvent produire la diffusion des résultats de la modélisation dans les territoires. Ils ont expérimenté le problème localement, et désormais, depuis leur position au siège de l'Agence, souhaitent pouvoir apporter de nouvelles solutions.

L'Agence de l'Eau est donc bien le partenaire opérationnel du consortium mais sa culture réserve une place très significative à la recherche et aux innovations, ou à la recherche pour l'innovation.

2.1.2. La Tour du Valat, un savoir-faire dans le développement d'indicateurs environnementaux

La Tour du Valat est un institut de recherche pour la conservation des zones humides basé en Camargue, sur la commune d'Arles. Elle propose une posture qui relève de la « biologie de la conservation » (Soulé, 1985). Il s'agit d'une « discipline de crise » (Blandin, 2009) qui suggère de formuler des recommandations à partir des connaissances scientifiques à disposition, pouvant couvrir un large champ disciplinaire. Cette structure est à la fois engagée dans des programmes de recherche dans le domaine de la biologie de la conservation, mais aussi investie dans la pratique par la réalisation de suivis naturalistes et la production de plans de gestion. La Tour du Valat est implantée dans un vaste domaine classé en réserve naturelle régionale. La « station biologique » est fondée en 1954 par Luc Hoffmann, petit-fils du fondateur de la société pharmaceutique Hoffmann-La Roche, docteur en biologie et ornithologue passionné. Son engagement et son militantisme l'ont également amené être co-fondateur du fond mondial pour la nature (WWF) dont il a été vice-président, comme il a été vice-président de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Il est aussi à l'initiative de la convention Ramsar, « convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau » qui sert de socle à nombre de dispositifs relatifs à la protection des oiseaux et des zones humides à travers le monde. En 1962, aux Saintes-Maries-de-la-Mer, il organise une conférence sur la conservation, la gestion et la réhabilitation marais de régions tempérées. Lors de cet événement, les experts présents décident d'adopter le terme « zones humides » et en propose une définition (Barnaud, 2010). Après sa disparition en 2016, la fondation connaît un tournant pour perdurer en tant qu'organisme de recherche privé. Elle développe différents moyens de financement et s'engage dans de nombreux programmes et partenariats, notamment avec l'Agence de l'Eau.

Aujourd'hui, environ 90 personnes travaillent à la Tour du Valat, plus de la moitié font partie de l'équipe scientifique composée de chercheurs, de chefs de projets, de techniciens de recherche et de doctorants et post-doctorants. La mise à distance de la posture militante apparaît désormais comme un gage de crédibilité scientifique permettant de légitimer les préconisations.

La Tour du Valat héberge l'Observatoire des Zones Humides Méditerranéennes, qui apporte au projet de doctorat une expérience concernant la création d'outils SIG pour le suivi des zones humides. Plusieurs travaux ont déjà été menés avec l'AERMC pour la conception d'indicateurs, notamment dans le cadre du projet RhoMéO (2014), qui consiste en la production d'indicateurs de suivi pour les zones humides à partir de données relevées sur site ou de requêtes SIG.

La localisation de la structure dans une réserve en Camargue apporte un contact privilégié avec les acteurs locaux de la conservation. Cela est renforcé par la présence dans les locaux du Pôle-relais lagunes méditerranéennes qui apporte un ancrage dans le territoire et un accès facilité avec les agents locaux de la gestion de l'eau puisque cette structure met en réseau « gestionnaires, agents des collectivités territoriales et de l'État, élus, socio-professionnels, scientifiques, [et] public » (https://pole-lagunes.org/pole-relais/pole-relais-lagunes-mediterraneennes/).

Ainsi, la Tour du Valat m'insère dans un réseau de partenaires et apporte des concepts ancrés dans les sciences naturelles (biologie, écologie) ainsi qu'une approche technicienne des outils SIG et de la production d'indicateurs.

2.1.3. L'UMR Passages 5319 CNRS, expertise sur l'information géographique et ouverture disciplinaire

L'Unité Mixte de Recherche Passages 5319 CNRS se positionne dans la recherche en sciences sociales et apporte des outils d'analyse critique des approches écologiques et techniciennes. Elle souligne la dimension géographique des systèmes d'information et propose une approche constructiviste de ces outils numériques. Cette posture invite à prendre davantage en considération les acteurs scientifiques, techniques et politiques ainsi que leurs pratiques des SIG.

Le recours au SIG critique est encouragé pour identifier les implications politiques et les jeux de pouvoirs, souvent indicibles ou indéchiffrables que sous-tendent l'utilisation des outils numériques de la géographie. À mon arrivée, un cycle d'ateliers dit « McMo », rassemble les membres de l'UMR autour d'une réflexion commune sur la Mise en chiffres et la Mise en ordre du monde par les métrologies de l'espace. Cet atelier d'« Analyse critique des métrologies de l'espace » devient dans le nouveau contrat de laboratoire l'atelier « Mesure-Démesure » dans lequel je m'engage dans l'animation en 2022 aux côtés de Matthieu Noucher, Olivier Pissoat et Patrice Tissandier. Dans la continuité, le rattachement à cet UMR me permet de participer aux assises du Groupement de Recherche sur les Méthodes et Applications pour la Géomatique et l'Information Spatiale (GdR

MAGIS) en 2019 et 2022, ainsi qu'à l'école thématique sur les approches critiques des sciences de l'information géographique en 2023.

Dans mon expérience, l'UMR Passages correspond également à un lieu : la Maison des Suds, où se côtoient des doctorants de divers horizons. La plupart ont des sujets de recherche à première vue très éloignés du mien. L'UMR est multisites, c'est pourquoi j'y rencontre des doctorants rattachés à l'École Nationale Supérieure d'Architecture et de Paysage (ENSAP). L'urbanisme et l'architecture ne sont pas pensés qu'en termes d'impacts négatifs sur l'environnement. Au contraire, plusieurs réflexions portent sur l'amélioration de la qualité architecturale pour produire de nouvelles formes d'aménagement de l'espace. Ainsi, le rattachement à cet UMR me permet de décentrer mon regard de la protection de l'environnement. Cela a une incidence dans la suite de la thèse, notamment lorsque je serai confrontée à des élus locaux. De plus, il se trouve que les doctorants que je côtoie le plus sont majoritairement hors contrat doctoral, dans des dispositifs particuliers entre recherche et action, ce qui amène à de nombreuses discussions sur l'articulation de ces composantes.

La vie doctorale de l'UMR est également rythmée par des ateliers doctorants. À partir de ma deuxième année de thèse, je participe régulièrement à ceux organisés par Djemila Zeneidi qui apparaissent rétrospectivement déterminants dans mon parcours scientifique. J'y apprends à mobiliser et à m'approprier les méthodes spécifiques aux sciences sociales. Ces ateliers m'offrent l'occasion de présenter mes premiers écrits et je prends alors conscience du vocabulaire dont je me suis imprégnée dans mes autres structures d'accueil et qui ne relève pas de l'évidence en dehors du cercle des spécialistes de la gestion des zones humides.

Enfin, le rattachement de la thèse à cet UMR est justifié par la présence de mon directeur de thèse, Laurent Couderchet, qui partage depuis plus de 25 ans une réflexion collective avec mes interlocuteurs de l'Agence (Couderchet *et al.*, à paraître) Leurs premiers travaux communs émergent à l'occasion de recherches sur les espaces de liberté du fleuve Loire dès 1997 dans le cadre du Programme National de Recherche sur les Zones Humides pour le GIP Hydrosystème (Gautier *et al.*, 2002), elles s'inspirent des typologies forestières et des typologies fonctionnelles des zones humides conduites par la Cellule d'Application en Ecologie de l'université de Bourgogne (Chambaud et Oberti 1995, 2001, 2002, 2007 ; Chambaud *et al.* 1997, 2003 ; Oberti *et al.* 2000, 2003 ; Chambaud, 2001) et introduisent la télédétection comme outil de reconnaissance (Couderchet, 1993 ; Couderchet *et al.* 2001). Elles se poursuivent à la demande de la DIREN Bourgogne au début des années 2000 par la cartographie expérimentale des milieux humides de la basse vallée du Doubs et de la vallée de la Saône (Couderchet *et al.*, 2001). Les méthodes deviennent opérationnelles pour la reconnaissance des habitats naturels de la Loire bourguignonne dans le cadre du programme Natura 2000, toujours à la demande de la DIREN Bourgogne (Beaupied, 2006 ; Chambaud *et al.*, 2008). Les protocoles géomatiques montrent alors leur compatibilité avec les procédures négociées des documents d'objectifs Natura 2000. Les recherches initiales sur les

espaces alluviaux s'élargissent à l'échelle du bassin à la demande de l'Agence de l'Eau RMC en 2005 préalablement à la préparation de l'AM du 24 juin 2008 (Chambaud et Oberti, 2007 ; Oberti *et al.* 2007). Dans le cadre du SDAGE 2010-2015, un premier stage pose les bases d'une caractérisation du bassin Rhône-Méditerranée en différentes écorégions pour la reconnaissance des zones humides (Lucas, 2011, Chambaud *et al.*, 2012). À l'issue d'un séminaire de réflexion méthodologique pour l'état des lieux 2019 du SDAGE, réunissant l'Agence de l'Eau, la Tour du Valat et l'UMR Passages, naît le projet de stage pour prendre la suite de ces réflexions. C'est par celui-ci que je rejoins cette équipe (Catteau, 2017).

Le projet doctoral bénéficie de deux ancrages géographiques entre Arles et Bordeaux. La première année se fait majoritairement à la Tour du Valat, puis un semestre d'enseignements à l'université Bordeaux-Montaigne amorce une intégration plus forte dans l'UMR Passages. Les années suivantes sont partagées entre les premiers semestres des années universitaires majoritairement à Bordeaux, les seconds majoritairement à Arles. Cette distance géographique est un contexte ayant une incidence sur la manière de conduire la recherche, en immersion entre deux laboratoires aux cultures différentes, observant une « science au pluriel » (Coutellec, 2015), navigant entre plusieurs épistémologies. Mon propre parcours avant le doctorat est marqué par cette circulation : après une licence en Géographie et Aménagement, j'ai suivi un master en Sciences des Environnements Continentaux et Côtiers, spécialisé dans la gestion de l'eau, des sols et de l'environnement, avant de revenir à une thèse de Géographie. Ce parcours apparaît favorable à l'adoption d'une posture interdisciplinaire, pourtant j'éprouve durant mon doctorat davantage de difficulté à évoluer entre ces deux mondes.

2.2. Trouver sa place en contexte interdisciplinaire

L'adoption d'une approche critique et la participation d'acteurs de l'aménagement du territoire, recommandées par l'UMR Passages, met parfois mal à l'aise la Tour du Valat qui redoute un affaiblissement de la protection des écosystèmes et la création de failles desquelles pourraient profiter certains lobbys : « comment préserver un espace de controverse qui permette de ne pas abandonner l'expertise aux groupes de pression et de maintenir l'objectivité ? » (Roqueplo, 1992).

En effet, les systèmes de caractérisation de zones humides sont sujets à l'« exploitation tactique des faiblesses et limites de ces expertises » (Mermet et Barnaud, 1997). Le parti pris de la Tour du Valat et de l'AERMC est donc de renforcer la robustesse des modèles pour réduire ces faiblesses et ces limites. Cela conduit parfois à une méfiance vis-à-vis de la posture critique de la géographie, qui est renforcée par la « posture sceptique » (Puech, 2015) vis-à-vis des changements globaux de certains géographes, tels que Jean-Robert Pitte et Sylvie Brunel (2010). Ces géographes tentent de rassurer le public quant aux changements globaux en accusant l'expertise scientifique d'être trop alarmiste ; ainsi ils minimisent le problème et remettent en cause les recherches d'autres disciplines, se positionnant dans une posture surplombante. Cependant, une majorité de géographes de

l'environnement, dont je fais partie, se positionnent en contre-point (Chartier et Rodary, 2016). Il s'agit de produire et revendiquer une géographie située.

Patrick Charaudeau (2013) insiste sur la distinction à produire entre le « discours d'analyse critique » et le « discours de dénonciation ». Selon lui, « la critique révèle en s'opposant à d'autres explications. La dénonciation met en cause, voire accuse : elle stigmatise un mal et cherche les responsables. ». Le travail dans ce dispositif partenarial oblige donc à clarifier la prise de position vis-à-vis de la notion d'engagement. Dans cette thèse, pour éclairer le positionnement des acteurs de l'environnement dans leurs pratiques, nous distinguons le militantisme « qui cherche par l'action à faire triompher ses idées, ses opinions ; qui défend activement une cause, une personne » et l'engagement comme la « participation active, par une option conforme à ses convictions profondes, à la vie sociale, politique, religieuse ou intellectuelle de son temps » (CNRTL, 2012). La question de l'engagement du scientifique apparaît prégnante pour les thématiques environnementales. Toutefois, l'appartenance aux sciences sociales implique un rapport différent des sciences naturelles au militantisme et à l'engagement puisque « la science sociale est [...] caractérisée par une compréhension critique et émancipatrice qui permet au scientifique de s'engager. » (Regnauld, 2016). Cet auteur fait référence aux origines épistémologiques et à Habermas, en mettant en regard, Quine pour les sciences naturelles, et démontre les implications sur le rapport à l'action des chercheurs.

Si l'engagement est permis, peut être revendiqué et reconnu, je préfère ici adopter une posture dite « dégagée », au sens de Laslaz (2017), qui me semble plus adaptée dans un système d'acteurs professionnels de l'environnement. Il s'agit de considérer « l'environnement en ce qu'il est socialisé, c'est-à-dire conçu, pensé, géré et ingéré par les sociétés qui contribuent à le produire par le regard qu'elles projettent sur lui et par les actions qu'elles conduisent » (Laslaz, 2017). Cela permet d'échapper aux tiraillements entre les différentes polarités de mes interlocuteurs et d'éviter de devoir me placer dans l'une ou l'autre des positions qu'ils revendiquent, pour ou contre certaines mesures pour les zones humides par exemple. Cela s'accomplit « en explicitant les logiques de ces positions, de façon à permettre aux acteurs de mieux s'orienter dans les « mondes » disponibles à l'action politique et morale, en construisant s'il le faut des passerelles ou des compromis entre ces mondes » (Heinich, 2002). Dans *Que faire de l'acteur-réseau ?*, Bruno Latour propose un interlude sous forme de dialogue est fait dire à l'un des personnages : « Toutes les sciences ont inventé des moyens pour se déplacer d'un point de vue à un autre, d'un cadre de référence à un autre. […] C'est ce qu'on appelle la relativité. […] Si je veux être un scientifique et atteindre l'objectivité, je dois être capable de naviguer d'un cadre de référence à l'autre, d'un point de vue à l'autre. Sans de tels déplacements, je serais limité pour de bon dans mon point de vue étroit » (Latour, 2007). Ainsi, cette recherche d'une place entre mes interlocuteurs m'invite à changer de places successivement. Pour la philosophe Claire Marin (2022), le déplacement implique un dégagement qui peut être inconfortable, il s'agit de « se défaire d'une place, qui nous a longtemps définis, revendiquer une

autre identité, avec parfois le sentiment de trahir celui que l'on a été, ou que les autres voulaient qu'on soit. Il y a toujours une forme de violence et d'arrachement, ne serait-ce que symbolique, dans ces changements qui s'imposent à nous ». Effectivement l'adoption d'une posture dégagée nécessite une prise de distance avec l'engagement de ma structure d'accueil que je partageais initialement. Ce faisant, j'appréhende de trahir la personne engagée que j'étais, ou mes collègues qui le sont, et dans le même temps ce changement de posture me permet de m'extraire d'une position inconfortable.

Cette proposition de posture dégagée s'accorde avec l'éthique de la recherche-action dans un dispositif Cifre dans lequel le chercheur est placé comme un « médiateur, acteur d'intercompréhension » (Laslaz, 2017), « présent au monde dans lequel circulent ses productions, en échappant tant au syndrome de la « tour d'ivoire » qu'à l'injonction virile d'« avoir une opinion » » (Heinich, 2002). Progressivement, ma position dans le dispositif change, je ne suis plus tiraillée entre différentes injonctions, ma présence et le projet doctorale implique et produit une médiation entre ces sphères, notamment par ma circulation entre différentes places.

Mon parcours par l'Agence de l'Eau lors de mon stage de fin d'étude m'a amené à considérer que je faisais partie de l'Agence. La recherche doctorale, en tant que processus d'apprentissage, m'a détachée de cette posture gestionnaire et technique. Il reste cependant une « empreinte » *(Brun et al.*, 2007) de ce parcours, qui transparaît dans une empathie à l'égard des acteurs de cette institution, comprenant les contraintes et les cadres à l'origine de ses schémas de pensée et d'action. De la même manière, le CDD de 9 mois à la Tour du Valat avant la thèse m'a éclairée sur les cadres qui déterminent les façons de faire et de penser l'action de cette structure.

Il s'agit en définitive de trouver un équilibre entre les trois postures : gestionnaire, engagée et critique de mes tutelles. Ces postures sont perméables les unes aux autres, située à l'interface je cherche une position dans laquelle toutes ces postures peuvent s'articuler. La crainte que le positionnement critique et dégagé soit perçu comme une trahison par une partie de mes interlocuteurs, peu familiers de ce genre d'approche, m'oblige à prendre de nombreuses précautions pour ne pas tromper la confiance qu'ils m'accordent.

À l'interface entre des positions disciplinaires

Dans un objectif de recherche-action que suggère le dispositif Cifre, nous pouvons considérer que les trois postures prises individuellement manquent d'efficacité. Tout au long de la thèse, ma posture a évolué entre ces interlocuteurs, oscillant entre les uns et les autres selon la progression et les besoins, faisant évoluer les orientations de la thèse, nuançant par itération les principes de chacun pour faire apparaître la complexité du problème. On peut faire le lien avec le concept de « lutte des places » proposé par Michel Lussault : dans ce dispositif, j'ai dû dans un

premier temps trouver ma place pour me situer vis-à-vis de mes partenaires. Ressentant tour à tour, un sentiment d'appartenance à chacune des trois structures, ma position, dans une zone à l'intersection, se traduit par une posture intermédiaire évolutive dans le temps du doctorat. La tension permanente entre ces pôles, crée une instabilité féconde : les certitudes des uns étant sans cesse remises en cause par celles des autres. La pluralité des points de vue aboutit à une vigilance de chaque partenaire concernant ses intérêts (fig. 15). La thèse propose de traduire cette opportunité en posture.

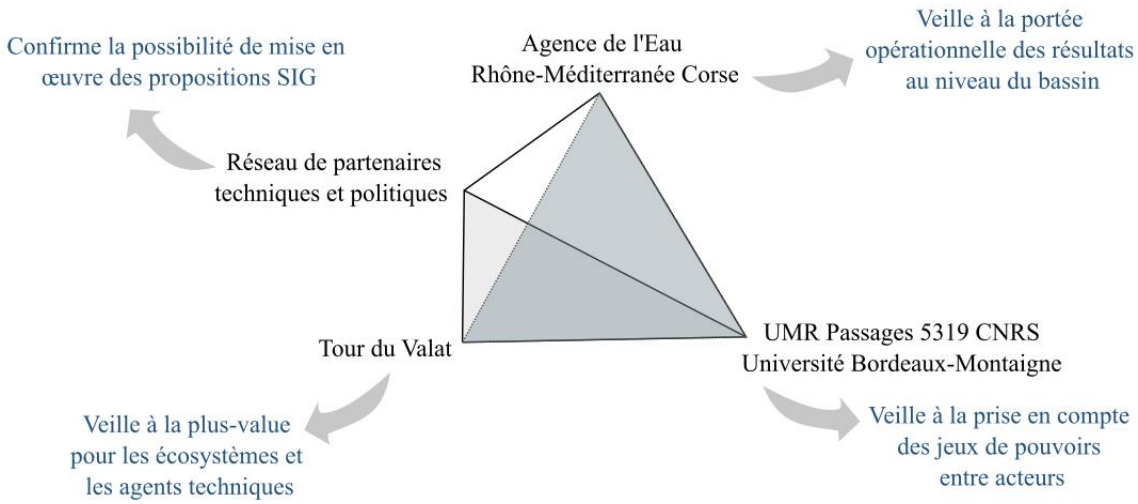


Figure 15. Une complémentarité des rôles de chacun des interlocuteurs

Au cours du doctorat, je ne suis pas la seule à changer de position dans ce dispositif : les trois pôles évoluent les uns vers les autres. Les projets de valorisation scientifique, la participation à des colloques ou la rédaction d'articles, révèlent les différences de postures de mes partenaires au début de la démarche puis expriment des convergences entre les polarités. Cela traduit l'évolution des positions des partenaires engagés dans le dispositif. Au-delà de la double culture scientifique qu'il suggère, le format Cifre trouve sa pertinence dans ce jeu de placement et de déplacement des acteurs les uns vers les autres.

Le dispositif Cifre impose un cadre opérationnel et une série de livrables à fournir à l'Agence de l'Eau RMC à la fin du contrat. La définition de ces livrables, lors de la rédaction du projet de thèse avec l'ensemble des partenaires, a soulevé beaucoup de questions sur l'ontologie de la science : que peut-on attendre de la science ? Qu'est-ce qui fait la scientificité d'un projet avec une finalité opérationnelle ? La thèse Cifre amène également à « se confronter à la contradiction des temporalités et de la multitude d'intérêts » (Rouchi, 2017). Cela questionne l'attitude que doit adopter le doctorant (Dulaurans, 2012) pour trouver un équilibre : « ne pas basculer vers le rapport d'expertise et la prospective » (Rouchi, 2017) ou vers une production scientifique trop détachée de la pratique. Il s'agit également d'un apprentissage pour la « transformation des contraintes en opportunité » (Rouchi, 2017), que les contraintes soient liées aux délais, à la disponibilité des interlocuteurs ou aux attentes concernant les livrables.

Cela initie un questionnement sur la dialectique entre recherche et pratique. Comment la recherche mobilise les dispositifs existants et s'y adosse ? Quelles sont les marges de manœuvre dont elle dispose ?

D'autre part, l'originalité de cette recherche est de pouvoir observer les usages sociaux et extra-académiques de ses productions : les livrables produits avant le doctorat sont réinvestis dans le temps de cette recherche. Que faire de ces réutilisations ? Comment perturbent-elles le déroulement envisagé de la recherche ? Dans quelles mesures peuvent-elles en réorienter la démarche ?

Ce contexte de recherche partenarial amène à une posture en constante évolution entre différentes polarités. La réalisation de travaux antérieurs ouvre le questionnement sur la réception des outils SIG selon la conception qui en est à l'origine. Nous pouvons nous questionner sur la manière dont l'Agence fait évoluer la formulation de sa demande suite aux interactions avec différents partenaires et comment ces changements induisent des modifications dans la formalisation des requêtes SIG.

Par ailleurs, la dimension politique des questions environnementales implique une réflexion sur l'engagement et la posture critique. Une approche critique de l'information géographique renvoie-t-elle nécessairement à un affaiblissement de la protection de l'environnement ? Dans quelles mesures l'incertitude de la réponse à cette question conduit-elle, par précaution, à rigidifier les approches SIG ?

Enfin, comment les approches critiques peuvent-elles être source d'éléments opérationnels ? Cela sous-tend une question méthodologique : comment mesurer l'opérationnalité des approches SIG proposés ?

Ces questions sont développées et approfondies à partir d'un troisième élément contextuel : ma position en tant qu'opératrice SIG, intermédiaire entre cet instrument et mes interlocuteurs.

3. La position d'opératrice SIG au carrefour des sciences

Si mes trois partenaires institutionnels entretiennent une familiarité avec les SIG, ma position entre leurs discours et l'outil technique me place dans une posture particulière. Cette particularité a pu être éclairée à partir de 2018 par les échanges avec Emmeline Lobry, avec laquelle nous partageons des situations qui, à de nombreux égards, se font écho. Elle aussi est doctorante en géographie dans une structure visant à la protection de l'environnement par des actions de recherche et de gestion ; elle est également sollicitée pour développer des outils SIG pour la prise de décision. Le temps passé ensemble, à discuter nos points de vue, des similitudes et des différences, à partager nos références bibliographiques, nous a amené à une réflexion sur ce qui relève du particulier ou du général, du singulier ou de l'universel. La thèse a alors cessé d'être un exercice solitaire pour se transformer en une discussion continue, traduite dans cette partie qui rassemble des extraits de nos publications, rédigées à quatre mains dans le cadre d'une réflexion sur la quête d'une posture adéquate lors de nos premières années de thèse. Régulièrement, nous n'étions plus seules, nous étions deux devant l'écran, cherchant ensemble les mots, les expressions et les phrases efficaces pour théoriser empiriquement nos deux expériences. Nous composions progressivement une posture sur-mesure pour le géographe manipulant les SIG pour des structures environnementales, convaincues que cette position complexifie notre problématique initiale.

3.1. Faire du SIG en contexte interdisciplinaire

Le domaine de l'environnement a pour particularité de rassembler des expertises scientifiques variées. Nous sommes en effet employées en tant que géographes par des structures privées à la fois engagées dans des programmes de recherche dans le domaine de la biologie de la conservation, mais aussi investies dans la réalisation de suivis naturalistes et la production de plans de gestion.

Nos sujets de recherche impliquent de produire des traitements géomatiques visant à quantifier et spatialiser des dynamiques dites naturelles et anthropiques. Les dissocier engendre des questions à la fois techniques et conceptuelles. Cette opposition entre Nature et Société renvoie notamment à la séparation de l'écologie et de la géographie (Emelianoff, 2013) ou encore à celle des deux courants de la géographie physique et de la géographie humaine. Cependant, « aucune explication n'est uniquement physique ou uniquement sociale, toute explication est systémiquement combinaison de plusieurs champs disciplinaires » (Regnauld, 2013).

Le recours au SIG pour accompagner les politiques publiques environnementales s'accroît notamment dans la perspective, de plus en plus répandue de disposer d'indicateurs chiffrés (Bouleau et Deuffic, 2016 ; Granjou *et al.*, 2010). Ces derniers synthétisent données et

connaissances pour assister la prise de décision, le suivi des politiques publiques et de leurs effets et, parfois, pour assurer une communication auprès d'un public non-spécialiste.

Le contexte juridique national et international favorise la diffusion des données relatives à l'environnement, notamment avec la Convention d'Aarhus de 1998 ou la directive INSPIRE de 2007. Les projets de recherche sur cette thématique bénéficient donc d'un accès facilité à un grand volume de données. Cette profusion donne l'illusion d'une connaissance qui tend vers l'exhaustivité, capable d'aborder les socio-écosystèmes dans une perspective systémique par l'intégration d'une multitude de paramètres.

SIG et gestion de l'environnement sont historiquement très liés. Les SIG sont présentés dès les années 1990 comme un moyen de répondre aux problèmes environnementaux, notamment pour les zones humides (Lyon et McCarthy, 1995). Si les SIG prennent de l'âge, ils restent toujours présentés comme des outils qui renouvellent les approches existantes et permettent un gain de temps et d'efficacité, comme en témoigne par exemple cette page du site d'ESRI qui annonce l'objectif de ces outils : « Préserver la biodiversité avec le SIG » (https://www.esri.com/fr-fr/about/about-esri/overview). Nous observons chez nos partenaires que ces discours dans le champ thématique de l'environnement renforcent les espoirs placés dans les solutions SIG dans une pensée positiviste. Cela a une incidence sur la formulation des questions de recherche par nos commanditaires qui nous demandent de ne pas aller sur le terrain du politique et nous suggèrent de rester dans la sphère de l'expertise technique. C'est pourquoi, dans nos projets de thèse initiaux, les démarches telles que la cartographie participative (Kollektiv Orangotango+, 2018 ; Palsky, 2013) ou la modélisation d'accompagnement (Étienne, 2010) constituent un impensé ; la mise en chiffres et en cartes de nos objets environnementaux étant au départ envisagée comme objective. Nos commanditaires reconnaissent la dimension subjective des cartes lorsque nous abordons cette discussion avec eux. Pourtant, ils éprouvent le besoin d'ancrer leurs objectifs d'actions territoriales dans des cartes scientifiques et objectives, comme l'exprime l'un d'eux : « Il faut objectiver les faits, présenter des choses, des éléments très scientifiques » (commanditaire d'un projet de recherche, 2019).

3.2. Le SIG, une boîte noire pour nos interlocuteurs

Nous nous rendons compte que les SIG constituent une boîte noire pour la majorité de nos interlocuteurs puisque leur utilisation requière des compétences spécifiques. La couverture du livre de Claude Collet illustre cette dimension « boîte noire » des SIG : la réalité est absorbée par l'ordinateur qui en ressort une carte, aucun humain n'est présent (fig. 16).

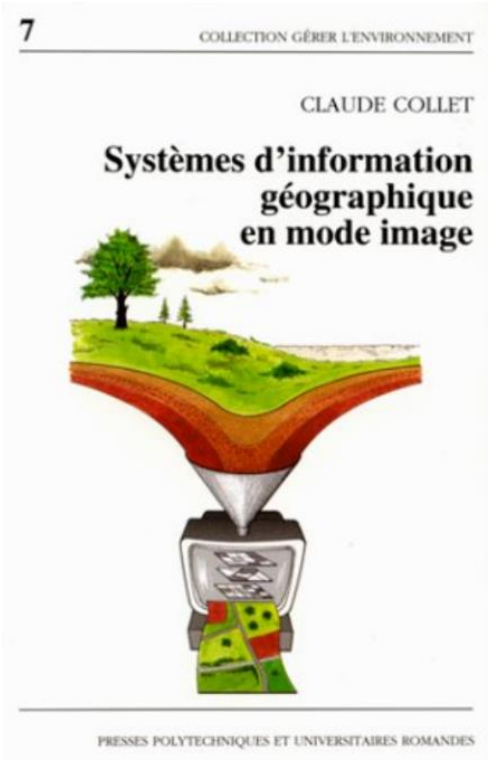


Figure 16. Couverture d'ouvrage (Collet, 1992)

Dans nos missions, nous sommes confrontées à la « fascination technologique » (Desbois, 2015) de nos commanditaires qui se placent dans une certaine distanciation avec l'outil technique en nous déléguant l'entièreté du processus de modélisation. Ils nous font confiance sur les choix techniques que nous pouvons réaliser. Leur attention se porte sur les résultats cartographiques. La responsabilité qu'ils nous accordent nous questionne sur notre légitimité à arbitrer, en tant qu'opératrice technique, certains choix dont les répercussions peuvent être politiques.

Notre position à l'interface entre nos interlocuteurs et la machine nous amène à observer finement ce qui, dans leurs discours, est traduit ou non par les SIG. En effet, les données géographiques décrivent l'objet empirique à travers un objet conceptuel (Mathian et Sanders, 2015). Ce dernier formalise la connaissance et les moyens techniques dont dispose le producteur de la donnée (Feyt, 2002). Par notre position, nous sommes conscientes que « l'ordinateur ne connaît des objets qu'il manipule que les propriétés que l'expert parvient à formaliser et à lui indiquer » (Feyt, 2002). Ainsi, lorsque des indicateurs environnementaux sont développés, ils se limitent à une vision composite de la réalité en procédant « par approximation à partir de données disponibles » (Bouleau et Deuffic, 2016).

Nous constatons en revanche que nos interlocuteurs tendent à assimiler l'objet conceptuel à l'objet empirique, sans considération pour le décalage intrinsèque entre l'objet et la donnée qui le reflète. Cette confusion laisse croire que la profusion de données disponibles participe à l'exhaustivité de la connaissance sur un objet empirique. La donnée est rarement remise en question : son existence

est souvent confondue avec la connaissance exhaustive du phénomène qu'elle tend à décrire (Amelot *et al.*, 2017). Dans notre pratique, nous observons que les modèles, comme les cartes, sont systématiquement le résultat d'une série de choix, tout au long de leur processus de fabrication : choix des bases de données, choix des algorithmes de traitements et de leur paramétrage, choix sémantiques.

De ce fait, nous nous questionnons sur le rôle des SIG dans la production du savoir géographique et la manière dont des structures sociales s'emparent de ces savoirs. Cela nous amène vers le SIG critique.

3.3. Le SIG critique, une aide dans notre pratique

La gestion de l'environnement réunit des acteurs multiples : nous produisons des modèles, nos commanditaires nous fournissent le cahier des charges, et ce sont d'autres acteurs qui en sont destinataires (fig. 17).

Figure 17. L'opérateur SIG, entre les commanditaires et les utilisateurs

Cela induit une tension entre deux responsabilités : produire ce pour quoi nous sommes financés quelle que soit l'incidence pour les utilisateurs ou intégrer les remarques des utilisateurs, quitte à ne pas répondre exactement comme l'attendait notre commanditaire. En effet, les utilisateurs ne partagent pas toujours le même point de vue que nos commanditaires : comment réagir face au rejet de certaines propositions méthodologiques par ces utilisateurs ?

Face à ces dilemmes d'ordre éthique, nous nous approprions progressivement le courant du SIG critique qui invite à s'émanciper des approches positivistes. Le SIG, développé comme science du géospatial, a d'abord suscité de nombreux espoirs pour une géographie automatisée (Dobson, 1983). Le courant du SIG critique, à travers différents mouvements (Schuurman, 2000) met en garde vis-à-vis de la fascination technologique, s'inscrivant dans la continuité de la cartographie critique (Harley, 1989). Il propose de considérer la carte comme un processus dépassant le cadre technico-scientifique et insiste sur la nécessité de prendre en compte les dimensions politiques et sociales ainsi que les jeux de pouvoir qui s'exercent (Dufour *et al.*, 2014).

Un point de vue de l'intérieur

L'objectif est constructif, la critique ne doit pas se placer en position extérieure et surplombante (Schuurman et Pratt, 2002). Notre intégration dans nos structures d'accueil nous place effectivement dans une position engagée depuis la pratique (Preston et Wilson, 2014). Cette position a une incidence dans notre recherche, Preston et Wilson cite Bunge (1971) qui écrit qu'« il est impossible de comprendre le voisinage sans être soit même un voisin » pour souligner la nécessité d'être utilisateur des SIG pour en comprendre les utilisateurs. Il s'agit d'apporter une critique depuis l'intérieur du système en se retrouvant soit même confronté aux contraintes des autres utilisateurs (Schuurman et Pratt, 2002), c'est le point de vue de l' « *insider* » défendu par Matthew W. Wilson (Wilson, 2017). La critique s'inscrit dans la pratique des SIG (Mahmoudi et Shelton, 2022). Le fait que nous soyons géographes employées par des structures de l'environnement nous amène à observer au plus près les enjeux de cette position.

Dans le cadre du dispositif Cifre, le sentiment d'appartenance changeant, implique un déplacement constant du sujet et des points de vue. Dans une posture compréhensive vis-à-vis des objectifs de chacun, je suis maintenue dans une dynamique d'apprentissage permanente. Cela conduit à prendre une posture critique féministe du SIG telle que le définissent Nadine Shuurman et Geraldine Pratt (2002) dont la particularité est l'attachement au sujet, objet de critique. Ici, la critique porte sur les pratiques d'un ensemble d'acteurs dont nous faisons partie, elle n'est pas dirigée contre des adversaires extérieurs.

Ouvrir la boîte noire – Expliquer et rendre visible les enjeux des SIG

L'approche critique ne consiste pas à pointer du doigt les erreurs mais à « lever le voile sur la production de la vérité » (Schuurman et Pratt, 2002) à travers le SIG. Il nous revient donc d'ouvrir la boîte noire de la production des cartes de l'environnement pour rendre visible les enjeux politiques et scientifiques à travers l'étude des données et des méthodes employées (Bousquet *et al.*, 2014). Ancrées dans un objectif opérationnel, nous interrogeons la dimension politique de ces productions techniques en portant notre attention sur la manière de les concevoir (Bouleau et Deuffic, 2016).

Observant les tenants et aboutissants de nos choix techniques, nous devons fournir des efforts de médiation pour amener nos commanditaires à s'en saisir et y investir leur vision politique. Nous prenons alors conscience que notre rôle réside davantage dans la médiation que dans la traduction (Noucher, 2009), nous changeons de regard sur nos missions et la démarche à suivre. Notre position d'intermédiaire nous amène à réfléchir à la manière d'expliquer et de rendre visible les enjeux à nos interlocuteurs qui n'ont pas, et parfois ne veulent pas avoir, des compétences SIG.

Dans la pratique, au début de nos recherches, nous constatons une absence de contre-modèle à nos propositions qui s'avèrent pourtant nécessaire pour interroger nos présupposés (Bouleau, 2014). Nous nous attachons donc à expliquer la pluralité des options possibles pour « rendre compte [de leurs] implications sur la prise de décision » (Merad, 2019) dans la mesure où ces choix peuvent faire évoluer les interprétations. À partir de mêmes données, plusieurs représentations peuvent être proposées, ce qui renouvelle le rapport à l'outil technique (Lambert *et al.*, 2015). Cependant, nous rejoignons l'analyse de Pierre Gautreau (webinaire MAGIS, 17 octobre 2022) qui constate également un « effet instrument », indépendant de l'intentionnalité du producteur des cartes. La structure du SIG et les possibilités qu'il offre encadrent la manière de penser et de formaliser nos représentations du monde (Caron et Roche, 2001).

En rendant visibles les implications de nos choix techniques, nous adoptons une approche critique du SIG ancrée dans la pratique, qui met en jeu « simultanément la question des données, de l'ontologie, de l'épistémologie, et des dimensions ou applications sociales de la fabrique cartographique (mapping) » (Mahmoudi et Shelton, 2022).

Une attention croissante au discours et aux pratiques par nos interlocuteurs

Avec le courant critique, le SIG devient donc progressivement une opportunité pour observer les implications sociales et porter une réflexion sur le *comment* et le *pourquoi* de l'utilisation des SIG par les chercheurs mais également par des thématiciens tels que les aménageurs ou les écologues par exemple (Preston et Wilson, 2014). Le lien entre les discours de nos interlocuteurs et le choix des données et traitements numériques apparaît déterminant au cours de notre deuxième année de doctorat. L'attention aux discours amène à redéfinir certains termes : cette étape inhérente aux projets interdisciplinaires (Brun *et al.*, 2007), est d'autant plus indispensable lors de la mobilisation d'instruments de la géographie numérique dans la mesure où le formalisme de l'analyse spatiale supporte mal les hésitations conceptuelles. Le paramétrage de la modélisation peut être envisagé comme une occasion de négocier, entre disciplines, les définitions et les modèles conceptuels (Lobry et Catteau, 2023).

Une attention aux données et à leur production

La géographie numérique implique souvent de réutiliser des données existantes, construites selon des objectifs spécifiques qui induisent des résolutions spatiales, temporelles et thématiques particulières. La donnée est perçue comme précise, malléable et remobilisable, quels que soient les contextes et objectifs des études, même lorsqu'ils ne correspondent pas à leurs caractéristiques explicitées dans les métadonnées (Bousquet, 2016). Nous mobilisons en effet des données spatiales d'origines variées, produites par d'autres. Or, « chaque couche peut « embarquer » de façon implicite une représentation spécifique, qui aura des effets politiques, indépendamment des

intentions de celui ou de celle qui fera une carte avec celle-ci » (Gautreau et Noucher, 2022). Dès lors, nous sommes attentives aux contextes et objectifs de production des données que nous mobilisons.

Une démarche critique qui prend du temps

Plus que la carte comme finalité, la mise en discussion de la fabrique cartographique avec les commanditaires constitue un outil de compréhension des objets de recherche autant qu'un outil de compréhension des représentations qui s'y projettent. Si ces échanges nous ont convaincues de l'intérêt de la démarche, leur durée s'avère souvent difficilement conciliable avec les temporalités de l'action publique, de son financement et de ses échéances. La mise en discussion de l'ensemble des choix qui sont opérés lors de la fabrique des cartes nécessite en effet des allers-retours réguliers entre les différents champs d'expertise scientifiques ou opérationnels. Prendre le temps de la discussion met la technique au service d'une ré-interrogation de la problématique initiale. Une fois la dimension politique des choix techniques ainsi affirmée, il s'agit de donner la possibilité aux commanditaires de se saisir de ces connaissances partagées pour fabriquer modèles et cartes les plus en adéquation avec leurs objectifs.

3.4. Opératrice SIG, une géographe sans terrain ?

En géographie, le terrain revêt une « signification identitaire » (Volvey, 2013) et c'est par le terrain que se construit la légitimité scientifique (Calbérac, 2010). Jean-Fabien Steck (2012) attribue une dimension dynamique et changeante au terrain. Il le définit comme « une matière, formée à la suite de processus constitutifs longs, complexes et toujours inachevés ». Le terrain est aussi matière qui permet de s'enraciner, maintenir le lien avec le réel : mais de quel réel est-il question quand nous passons la majorité du temps face au SIG, celui des données ou celui qui peut être parcouru physiquement ? Contrairement aux collègues de nos structures d'accueil, nous restons majoritairement derrière l'ordinateur, comme le souligne un collègue : « Toi tu fais du SIG, tu ne fais pas de terrain » (discussion informelle, 2018). Il y aurait donc une opposition entre SIG et terrain. L'idée que la personne manipulant le SIG soit éloignée du terrain peut provenir d'un héritage de la cartographie : « Au XVIII^{e} siècle, l'explorateur parcourt le monde et le géographe en fait la carte dans son atelier. Il y a une nette séparation entre le collecteur de données et le metteur en ordre de la collection » (Regnauld, 2016).

Anne Volvey (2013) propose que le terrain puisse être défini comme un *moment*, de « déploiement d'une méthode et d'un savoir-faire [...] d'une pratique et d'une expérience » (Volvey, 2013). À ce titre, la pratique du SIG peut devenir un terrain de recherche, d'exploration, lieu d'acquisition de données : il s'agit d'expérimenter différents algorithmes et bases de données, de les comparer pour mesurer le plus adéquat ou de parcourir les résultats dans l'interface graphique pour observer la

cohérence, les anomalies ou les artefacts. Le SIG permet de récolter des matériaux pour mener l'analyse ; comme le formalise Emmeline Lobry lors d'une exposition sur les terrains des doctorants (Exposition Exarmas « Rendez-vous en terrains doctorants », 2019).

Toutefois, l'importance du discours de nos commanditaires nous amène à ajouter à l'exploration des SIG un « terrain doué de parole » (Collignon et Retaillé, 2010). Ainsi, notre terrain devient composite et rejoint la définition de Yann Calbérac (2011) qui propose de considérer le terrain comme un *processus* résultant d'un agencement intellectuel des corpus et réflexions, pour révéler le fonctionnement de l'espace.

Nous observons régulièrement une mise en concurrence entre le SIG et le terrain, certains collègues s'interrogent : le premier serait-il susceptible de se substituer au second ? La démonstration de Madeleine Griselin (2010) sur la nécessité de la présence sur le terrain pour la pratique des géosciences est révélatrice du questionnement que soulève ces outils. Cela amène à faire évoluer les questionnements de la thèse : comment mes interlocuteurs perçoivent-ils le SIG par rapport au terrain ?

Conclusion du chapitre

Dans cette thèse Cifre, le registre opérationnel est ainsi imbriqué dans le registre académique, il est nourri par l'impossibilité de la réponse dans l'épistémologie initiale et la nécessité de circuler entre les disciplines et les postures pour trouver des éléments de réponse.

La problématisation émerge du questionnement tel que le pose l'Agence, et se complexifie par le dispositif partenarial du projet de recherche et ma position d'opératrice SIG. Le projet concevant conjointement recherche et action, et non de manière juxtaposée, ces interrelations créent l'originalité de la démarche. Ma position en interaction constante avec la pratique me donne une place privilégiée pour observer les problèmes qui se jouent au niveau de la mise en données et en cartes des fonctions des zones humides.

Ce projet est difficilement réductible à un ou plusieurs cadres disciplinaires car il emprunte à plusieurs épistémologies, plusieurs cadres de valeurs et temporalités. De fait, il questionne l'expertise et le recours aux instruments techniques.

Ce chapitre montre que la thèse est le résultat d'une circulation entre ces mondes. Cela implique un inconfort dans la posture stimulant pour penser le problème. Celui-ci devient multiple :

- il s'agit de questionner la production d'un nouveau dispositif technique prenant acte des échecs précédents et des autres outils avec lesquels il doit être complémentaire ;
- il s'agit également d'interroger l'articulation entre les sciences mobilisées par des structures aux postures variées

- enfin, il est nécessaire d'examiner les marges de manœuvre de l'opérateur SIG, pour intégrer une approche critique du SIG dans une démarche opérationnelle dans laquelle les interlocuteurs partagent un regard positiviste sur cet instrument.

La complexité de ce dispositif implique une recherche non-linéaire difficile à restituer. Le chapitre suivant présente le cheminement méthodologique entre recherche et actions et ses alimentations réciproques.

Chapitre 2. Un cheminement méthodologique construit autour de la pratique

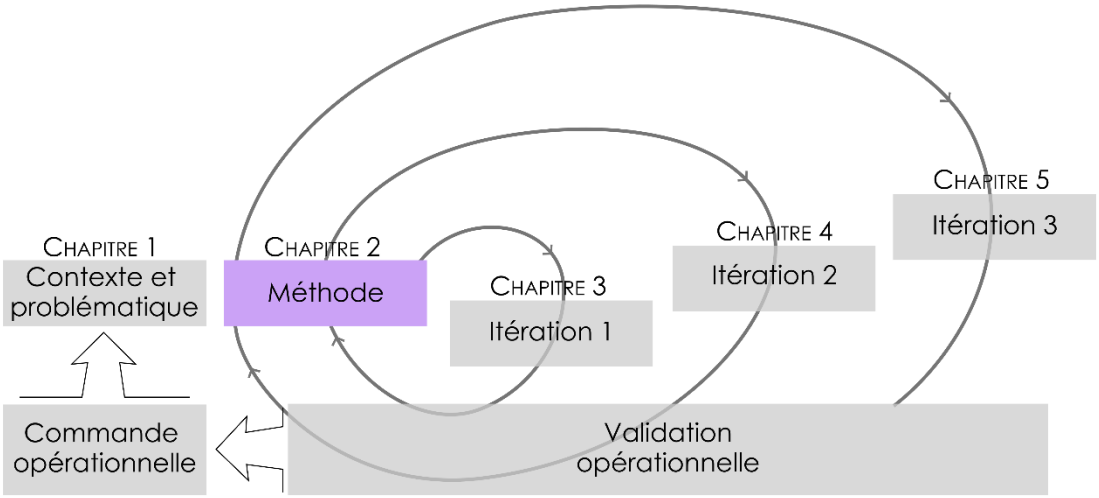


Figure 18. Un chapitre présentant la méthode mise en place pour la première itération et les ajustements nécessaires pour les suivantes

Introduction

Le chapitre précédant présente le contexte entre différentes polarités et entre différentes disciplines, engendrant des changements de postures au cours de la thèse. Puisque « la posture engage : la formulation du problème et le choix des outils » (présentation de Denis Retaillé sur l'éthique de l'expertise scientifique, Bordeaux, le 25 octobre 2021), comment la circulation entre les différentes polarités induit-elle un ajustement des procédures et des méthodes employées ?

Le contexte CIFRE a une incidence sur le développement et la mise en œuvre de la méthode. Il s'agit de « se poser la question à la fois des attentes et des besoins du monde professionnel et scientifique » (Rouchi, 2017). Dans le cadre du contrat, une série de livrables est attendue par l'Agence dans les délais du doctorat (tableau 1). Ces livrables couvrent deux registres : le premier est opérationnel et le second académique. Certains revêtent une dimension technique géomatique tandis que d'autres visent l'accompagnement de ces résultats techniques auprès des utilisateurs identifiés par l'Agence : les institutions en charge de la gestion locale des zones humides (parcs, syndicats de bassin versant, conseils départementaux) et dans un second temps les acteurs de l'aménagement et de l'urbanisme, dont les élus locaux.

Tableau 1. Livrables attendus par l'Agence

Registre opérationnel		**Registre académique**
Éléments techniques	**Accompagnement des éléments techniques**	
✓ **Outil opérationnel** pour la gestion et le suivi des zones humides ✓ **Protocoles** de traitement de l'information (données d'entrée, scripts des requêtes) ✓ **Documents cartographiques** sur les bassins versants pilotes (cartes thématiques, notices explicatives) ✓ **Supports de présentation** (selon le degré d'avancement de la démarche) illustrant les différentes étapes de traitement de l'information, les résultats, les points de vigilance	✓ **Éléments de langage** pour communiquer sur les fonctions des zones humides et sur le lien qui peut être fait avec la notion de service ✓ **CCTP type** pour la mise en œuvre de plans de gestion stratégiques : données à mobiliser, protocoles de traitements (notamment pour l'intégration des spécificités locales), création de cartes (choix sémiologiques, notices explicatives), modalités de concertation, éléments de langage	✓ **2 articles scientifiques** publiés ou acceptés pour publication ✓ **Thèse**

Le nombre de livrables pose la question de la stratégie à mettre en œuvre : avancer de front sur les aspects opérationnels et académiques, ou sur l'un puis sur l'autre ? Travailler simultanément ou consécutivement sur les dimensions technique et sociale ? Les livrables ne sont pas le matériau préalable à la réalisation de la thèse et des articles scientifiques dans une démarche linéaire. La recherche oriente la qualité des livrables qui eux-mêmes posent des questions à la recherche. Ces questions font évoluer des livrables. La démarche est circulaire.

Les livrables opérationnels, toujours en ligne de mire, orientent les choix méthodologiques. La demande d'« éléments de langage » qui apparaît deux fois dans le tableau ci-dessus traduit l'importance de cette composante pour l'Agence. Cela renvoie aux difficultés qu'elle a rencontré il y a plusieurs années lors de la diffusion de la carte nationale des zones humides potentielles qui, livrée sans accompagnement, a braqué des acteurs de l'aménagement du territoire et de l'agriculture. Ces oppositions ont affecté localement les projets en faveur de la conservation des zones humides en conduisant à certaines résistances locales. Aucune étude n'a mis en évidence la difficile réception de ces cartes pourtant mes interlocuteurs de l'Agence sont encore marqués par cette expérience. La défiance rencontrée sur le terrain justifie l'adoption dans les années qui suivent d'une nouvelle formule : les milieux humides, sans définition juridique. Celle-ci doit apaiser la présentation de ces cartes dans les territoires puisque le terme n'a aucune dimension réglementaire ; l'expression a l'avantage d'être vaguement définie. Les raisons de l'adoption du terme *milieu humide* apparaissent peu explicites en dehors de la sphère professionnelle dans laquelle je suis en immersion. Hormis les couches d'information et les documents techniques décrivant leur production, aucun document ne fait état de leur réception dans les territoires.

Dans la commande accompagnant la demande de financement à l'ANRT, l'Agence n'a pas renoncé à produire de l'information technique pour l'aménagement de ses bassins dont l'étendue est immense. Elle n'a pas non plus renoncé à l'argument d'autorité fondé sur la méthode et le traitement homogène de l'information géographique dans l'ensemble de son territoire. Elle souhaite tout de même accompagner les productions cartographiques par la communication afin d'anticiper les incompréhensions. La demande de travail sur les éléments de langage accompagnant une démarche positiviste nécessite la proposition de procédures ajustées depuis le discours des acteurs. Cela justifie dans la thèse un changement radical de posture et l'ouverture au SIG critique. Dans cette thèse Cifre, le registre opérationnel est ainsi imbriqué dans le registre scientifique, il est nourri par l'impossibilité de la réponse dans l'épistémologie initiale. La commande initie un mouvement vers les sciences sociales en complément des sciences de l'ingénieur.

L'accompagnement des dispositifs cartographiques est un élément central, il n'en reste pas moins envisagé comme secondaire dans un premier temps par rapport à l'outil SIG à concevoir. L'« outil opérationnel pour la gestion et le suivi des zones humides » dont il est question, doit correspondre à une série de traitements SIG, une méthode réplicable dans l'ensemble du territoire

de l'Agence. L'objectif de ce chapitre est de montrer que plus que la méthode SIG elle-même, il y a un intérêt à observer comment elle émerge. Il s'agit de montrer « la science en train de se faire » (Latour et Callon, 1991) pour souligner la dimension exploratoire de cette recherche. Pour cela, le chapitre détaille le contexte, l'évolution des marges de manœuvre accordées par les commanditaires, les changements dans la perception de la recherche-action, les méthodes et les terrains.

Dans un premier temps, nous détaillons comment l'outil technique est central et structurant dans la méthode, en donnant davantage d'éléments sur ce que recouvre les attentes opérationnelles. Cela permet d'introduire la démarche itérative proposée initialement depuis l'Agence lors de l'élaboration du projet de recherche et la manière dont elle a été amenée à évoluer au gré des rencontres. Nous proposons dans un deuxième temps de clarifier l'intérêt et la pertinence de la mobilisation de la théorisation ancrée pour retranscrire la circularité de la démarche entre recherche et action à travers un cheminement méthodologique autour de trois itérations. Cela permet de clarifier l'évolution des méthodes et données qui alimentent le processus de théorisation. Dans un dernier temps, nous apportons un éclairage sur la tension induite par le dispositif de recherche-action pour maîtriser les effets produits par la recherche sur l'action, et inversement. Cela permet de présenter les tiraillements de la recherche-action pour la répartition du temps entre activités de recherche et activités opérationnelles, et les effets produits sur la recherche.

1. Un outil technique structurant

L'Agence attend de la recherche un ensemble de requêtes SIG. Cette demande oriente la démarche de recherche. Dans cette partie, nous détaillons d'abord ce qu'elle entend par outil SIG avant de présenter comment la conception d'un tel outil nécessite un processus itératif et comment progressivement l'outil technique, central dans la démarche, conduit à rencontrer des groupes sociaux pour ajuster l'outil en fonction des utilisations envisagées.

1.1. Peu importe la forme, un recours incontournable aux SIG

Dans le contrat, il est question de produire un « outil opérationnel pour la gestion et le suivi des zones humides » (Accord cadre scientifique et technique 2019-2024 sur les milieux humides méditerranéens entre l'Agence de l'Eau RMC et la Fondation Tour du Valat). La notion d'*outil* a été volontairement utilisée lors de l'écriture du projet doctoral pour donner une marge de manœuvre à la forme que pouvait prendre le résultat technique. Guy Faure et Henri Hocdé (2010) notent que dans le cadre de projets de recherche-action, il est souvent question de produire des « outils, méthodes et dispositifs […] spécifiques et façonnés pour répondre au problème identifié par les acteurs, en s'attachant à mettre ces derniers au centre ». Ils apportent des éléments de définitions sur le terme *outil* :

> « Le terme outil est utilisé pour désigner un objet technique qui permet d'effectuer un travail. Cet objet peut être aussi bien tangible, comme un tableau noir ou une balance, que

virtuel, comme un tableau croisé, une liste de tâches ou une carte élaborée avec les acteurs. Les outils peuvent être simples ou sophistiqués. Ils vont du calcul de ratios mettant en relation un petit nombre de variables (par exemple, un rendement ou une marge brute par hectare ou par journée de travail) à des modélisations mathématiques complexes simulant la prise de décisions de certains acteurs.

L'outil n'est pas bon en soi mais il est adapté à une situation. Il acquiert un sens par rapport à un problème qui est posé et à l'usage qu'en font les acteurs. Ainsi, un même outil peut être utilisé de manière différente selon les objectifs fixés. » (Faure et Hocdé, 2010)

Nous retenons de cette définition que peu importe sa forme, l'outil doit répondre à un problème posé par les acteurs auxquels il est destiné. De plus, la conception de l'outil nécessite la compréhension fine des objectifs et des modalités d'utilisation.

Dans notre cas, l'Agence décrit d'emblée l'outil idéal. Pour elle, le problème réside dans la production de cet outil. Elle souhaite un *outil SIG* ; on peut noter que le sigle devient adjectif. Plusieurs raisons, détaillées dans le chapitre 1, sont mises en avant pour justifier de recours aux SIG. Elles peuvent être résumées par la liste suivante :

- Tout d'abord, la capacité des SIG à appliquer des requêtes similaires dans de vastes espaces permet de proposer une vision continue dans l'ensemble des bassins que couvre l'Agence tout en veillant au respect de l'égalité de traitement ;
- L'aptitude à combiner plusieurs données est vue comme l'opportunité de proposer des résultats synthétiques ;
- La gestion de la ressource en eau et des zones humides est hiérarchisée autour de différents niveaux d'organisation, l'outil SIG doit permettre de faire circuler de l'information entre ces niveaux ;
- De la même manière, les SIG doivent permettre une circulation de l'information autour de questions transversales, tels que l'aménagement du territoire, dont les protagonistes requièrent également une information géographique pour la production de documents de planification ;
- La mobilisation de la technique s'inscrit dans une quête de neutralité et d'autorité, il s'agit de ne pas réactiver les négociations et polémiques concernant la délimitation des zones humides.
- Enfin, la dimension spatiale des indicateurs issus des SIG doit permettre de reconnaître l'existence d'un fonctionnement humide, absent des cartes actuelles. Il s'agit d'un enjeu de représentation spatiale.

Le SIG est donc central dans la demande, c'est pourquoi dans cette méthode, tous les résultats, mêmes intermédiaires, doivent alimenter la conception du SIG.

Toutefois, pour aboutir au produit fini, plusieurs phases de résolutions de problèmes sont nécessaires. L'identification de ces problèmes et le développement de solutions en réponse méritent d'être analysées (Jaton, 2022).

1.2. Une démarche itérative autour d'un prototype

Dès le projet de recherche tel qu'il est proposé à l'ANRT, l'Agence entend avancer à partir d'un prototype amendé progressivement par les avancées de la recherche et les retours de ses partenaires locaux dans un processus circulaire. Ainsi, la conception de l'objet technique est présentée dès le départ comme un processus itératif. Les travaux menés au cours de mon stage de fin de Master, au siège de l'Agence de l'Eau RMC, constituent le prototype initial qui doit être amélioré. La dialectique entre recherche et action s'ancre dans une démarche circulaire qui peut être décrite dans une succession cyclique (Catroux, 2002) (fig. 19).

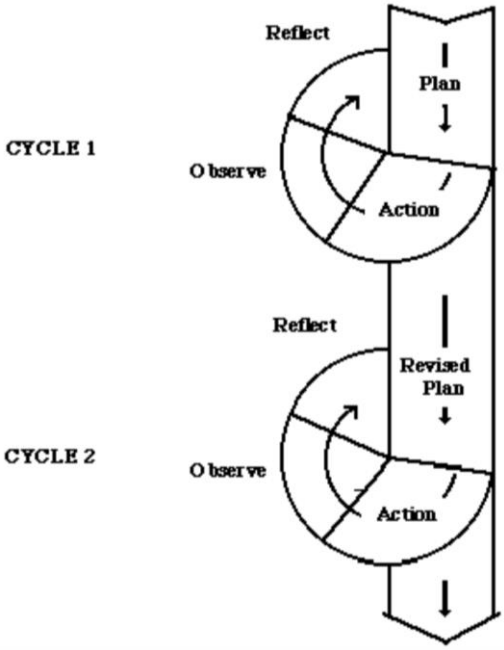


Figure 19. Schéma de Recherche-Action d'après Kemmis et McTagger (1998), extrait de Catroux, 2002

Cette démarche se rapproche de la recherche-expérimentation qui correspond à la « mise à l'essai systématique et réflexive d'une stratégie, d'une méthode ou d'un produit » (Paillé, 2009). Elle fait écho également au processus de recherche en sciences du design, où le produit répondant à une commande fait l'objet de plusieurs tests pour déterminer s'il est satisfaisant et identifier les points d'amélioration pour la version suivante. Le processus itératif doit apporter des améliorations au prototype initial. Une première mission, préalable au doctorat, permet de concevoir un prototype à partir de la demande de l'Agence. Son amélioration au cours du doctorat est conçue comme une accumulation d'améliorations conservant ce prototype initial (fig. 20).

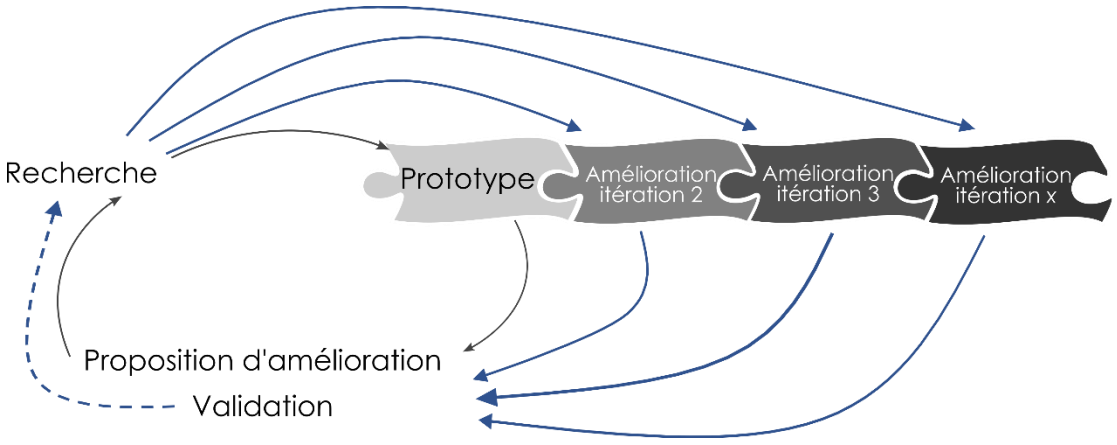


Figure 20. Évolution du prototype selon un processus itératif

Validation ou non, la mise à l'épreuve des prototypes alimente la recherche. Le prototype est provisoire tant qu'il n'y a pas validation définitive. Ce principe pose deux questions : *qui* propose des améliorations et valide les prototypes ? Et *dans quelles mesures* le prototype peut-il être modifié et selon quelles conditions ? L'évaluation de la solution proposée est en effet déterminante. Dans le cadre de la modélisation d'accompagnement, Sylvie Lardon (2005) distingue trois paramètres à identifier dans le processus de validation :

- « la satisfaction des acteurs concernés ;
- la comparaison à d'autres situations ;
- et l'évaluation de la généralisation qui peut en être faite. »

L'identification de ces paramètres se révèle pragmatique en raison de leur facilité de mise en œuvre, elle se traduit par la réflexion autour d'une série de questions à se poser : « Les acteurs se reconnaissent-ils dans les productions réalisées et peuvent-ils s'en servir ? En quoi les productions diffèrent-elles [d'un terrain à l'autre] et quelles sont les nouvelles hypothèses qui émergent ? Quel est le domaine de validité des productions et comment enrichissent-elles l'itinéraire méthodologique ? » (Lardon, 2005). Cette grille d'analyse est mobilisée au cours des chapitres suivants pour évaluer la pertinence de la proposition et celle du processus de validation afin de les ajuster au besoin lors des itérations suivantes.

L'originalité de ce doctorat est de disposer, lors de son commencement, d'un prototype diffusé auprès des partenaires techniques locaux de l'Agence de l'Eau. Ces derniers vont s'en saisir et se l'approprier. Ainsi, la satisfaction vis-à-vis de l'outil peut être appréhendée à travers leurs discours d'une part, à travers leur utilisation effective d'autre part. Les modifications qu'ils y apportent pour s'en saisir dans leur territoire et la manière dont ils en parlent auprès d'un public non-expert sont déterminantes pour évaluer l'efficacité de l'outil à atteindre le but de l'Agence.

1.3. De l'objet technique aux groupes sociaux

Les objets techniques constituent un prisme intéressant dans les projets de recherche-action car leur dimension matérielle renseigne davantage sur la manière dont les acteurs les conçoivent et les utilisent, que les discours qui pourraient être recueillis. Cette ressource est d'autant plus déterminante que « les objets techniques ont un contenu politique au sens où ils constituent des éléments actifs d'organisation des relations des hommes entre eux et avec leur environnement » (Akrich, 1987). Les objets peuvent être à la fois le résultat de recherche et le prisme d'observation car « dans une telle perspective de "l'action située" (Conein *et al.* 1993), les objets dépassent les fonctions classiques d'artefact ou d'aide pour accomplir une tâche, ils orientent les compétences cognitives et la vision du monde des acteurs » (Albaladejo et Casabianca, 1997). L'outil SIG est un objet technique central dans toute la démarche, et bien qu'initialement positionné comme relevant des sciences et techniques, il apparaît progressivement comme un élément éclairant les rapports sociaux. La description de cet objet technique et de la manière dont il s'inscrit dans un système d'acteurs en ayant une part d'agentivité amène à se saisir de la *théorie de l'acteur-réseau* (ANT) et à la *sociologie de la traduction* (Akrich *et al.*, 2013). L'objet devient un actant parmi d'autres, avec ses objectifs, ses ressources, ses contraintes et ses stratégies.

Au fil de la recherche, l'outil SIG m'amène à côtoyer différents groupes sociaux interagissant avec lui. Dans un premier temps, il s'agit de mes commanditaires à l'Agence de l'Eau RMC, responsables de la conception et du suivi de la mise en œuvre du SDAGE. Ils sont à l'initiative de la demande de changement par la conception d'un objet technique, fondés sur les croisements de données et l'analyse spatiale. Puis, dans un second temps, l'Agence identifie les experts locaux de zones humides comme utilisateurs de l'outil. Elle m'invite à rendre compte de leur réception et leur appropriation de cet objet technique avant sa diffusion. Dans ce cadre, le groupe social cible me confie ses attentes et ses craintes vis-à-vis de l'outil SIG, son utilisation et les liens qu'il doit permettre de tisser avec d'autres organismes institutionnels et les élus locaux. Cela amène donc dans un dernier temps de la recherche à explorer les perceptions et les usages de ce dernier groupe social sur l'outil en question. L'Agence, ses partenaires techniques locaux, et les élus avec lesquels ils interagissent ont des postures et attentes très différentes. Les élus locaux par exemple sont indifférents au besoin d'homogénéité des traitements dans l'ensemble des bassins de l'Agence. Cela pose la question de la compatibilité des solutions proposées pour ces différents niveaux de validation.

Ainsi, progressivement, la focale s'ouvre, la méthode incorpore de nouveaux acteurs interagissant avec l'outil SIG qui doit être affiné par la recherche. Le processus de validation dans la démarche itérative, et notamment la satisfaction des acteurs concernés, est donc intrinsèquement amenée à évoluer selon les groupes sociaux associés. *In fine*, il s'agit de comprendre le lien entre la conception de l'outil, les effets qu'il produit, et les représentations qu'il véhicule. Dans ce cheminement, nous pouvons observer l'ouverture progressive des publics experts vers le public profane. Ce

changement d'acteurs dans la démarche de production SIG repose le problème à l'aune d'une pluralité d'expertises et permet de faire émerger de nouvelles propositions techniques : « C'est parce que les spécialistes ne le voient pas qu'ils butent sur un obstacle qu'ils ne peuvent surmonter » (Callon *et al.*, 2014). Ainsi, dans chacun des chapitres suivants, la méthode s'attache à décrire les groupes sociaux en présence.

Cette place de l'outil, au carrefour de plusieurs groupes sociaux, s'apparente à la notion d'objet frontière (Star et Griesemer, 1989) inspirée de la théorie de l'acteur-réseau. Cependant, la dimension d'interface entre mondes sociaux est construite comme un objectif et non le résultat d'une observation. Comment faire dès lors pour s'assurer que chaque groupe trouve ses intérêts dans un unique objet technique ?

L'ouverture de la participation dans la production de l'outil technique impose de revoir le schéma initial (fig. 20). En effet, certaines réactions s'opposent au prototype initial de l'Agence et suggèrent des changements radicaux. Cela fait bifurquer le projet de thèse et implique des négociations au fur et à mesure des itérations. La diversité des conceptions remet en cause la démarche initialement envisagée dans laquelle le prototype serait modifié à la marge par l'accumulation des retours. L'outil technique dévoile des postures contradictoires qui impliquent des modifications en profondeur. Ainsi, au fur et à mesure de la démarche et du développement de la connaissance sur l'utilisation de l'outil technique, l'Agence, en tant que commanditaire, doit redéfinir sa demande pour clarifier les points sur lesquels elle reste intangible et les éléments pour lesquelles elle propose de la souplesse.

Dès lors, comment qualifier ces différents mouvements au sein de la recherche-action ? Comment rendre compte d'une méthode renouvelée à partir des retours du terrain ?

2. Renouveler la méthode par la théorisation ancrée

La méthode exploratoire est donc constamment renouvelée avec la rencontre de nouveaux acteurs. La théorisation ancrée (Paillé, 2011), adaptation de la *grounded theory* (Glaser et Strauss, 1967), offre un cadre stimulant pour retranscrire la démarche à partir de cette originalité. La théorisation ancrée est une méthode pouvant être construite *a posteriori*, tandis que la *grounded theory* renvoie à une démarche de recherche qualitative, devant être élaborée *a priori*. De plus, ces approches se distinguent par le recours aux principes de codage dans la *grounded theory*, là où la théorisation ancrée propose une série d'étapes d'analyse (Paillé, 2011).

2.1. Une démarche itérative pour modifier en profondeur le prototype

La théorisation ancrée se définit comme une méthode d'analyse de données. Son déroulement s'appuie sur des allers-retours permanents avec le terrain, ce qui crée des cycles d'alternance entre collecte et analyse de données. La problématique formulée au départ se transforme lors du processus jusqu'à en devenir l'un des résultats. Ainsi, l'objet de recherche a un caractère provisoire, puisqu'il est amené à évoluer et à être affiné au gré des nouvelles données et analyses. Dans notre

cas, de la même manière que l'objet de recherche, l'objet technique est sans cesse reconfiguré par le processus. Il s'agit d'une dialectique entre le processus de production cartographique et l'appropriation des résultats.

Plus qu'une vérification *a posteriori* selon les retours reçus au terme de la méthode, il s'agit d'ajuster constamment la proposition aux données issues du terrain (Guillemette, 2006). Par cette démarche, la recherche remet donc l'utilisation de l'outil au centre, en tant que levier d'innovation car : « Un outil, comme un logiciel, ne peut pas être analysé comme un simple dispositif indépendamment de ses usages » (Feuillet *et al.*, 2019).

Dans un contexte de recherche caractérisé par une posture qui évolue entre trois polarités (chapitre 1, section 2), cette méthode permet, au cours de la démarche, de valoriser les changements de « sensibilité théorique » (Guillemette, 2006). Cela permet d'envisager le changement de posture comme une opportunité pour s'ouvrir à de nouveaux champs d'exploration, et maximiser ainsi les chances d'innovation en ce qui concerne l'objet technique. Cela permet également de porter une réflexion sur les savoirs des chercheurs, leur construction et leur normativité.

La mobilisation de la théorisation ancrée ne s'impose pas d'emblée, elle émerge au début de la deuxième année de doctorat. Les premiers temps de l'expérience doctorale sont donc éloignés de certains principes qui la gouvernent, tels que la suspension de la bibliographie ou encore l'absence de question de recherche initiale et de problématisation. Toutefois, cette expérience préalable est déterminante, elle constitue un contre-point à la suite de la démarche conduite par théorisation ancrée. Au début de l'étude, les travaux s'inscrivent dans la continuité de ceux que décrit la littérature existante sur la spatialisation des fonctions des zones humides. C'est le constat de l'insuffisance de ces cadres théoriques qui conduit à suspendre le recours à la littérature scientifique dans un deuxième temps, pour identifier les freins au développement et à l'appropriation de tels outils SIG à partir du terrain. De même, la commande induit une problématique initiale très précise. Cependant, progressivement, au gré des expérimentations, la problématisation et les questions de recherche sont reformulées, reprécisées selon les éléments émergeant du terrain. Enfin, les premiers temps, loin des sciences sociales, portent peu d'attention aux discours de mes interlocuteurs. Le terrain est d'abord défini comme l'accès à un lieu extérieur où réaliser la collecte de données issues de mesures physiques. La collecte de données discursives intervient dans un second temps, ce qui a une incidence sur le processus. L'adoption tardive de la théorisation ancrée permet de mesurer les effets de cette approche sur les possibilités d'innovation.

Ainsi, progressivement, les SIG sont pensées en tant que pratique, processus social qui induit le recours à différentes méthodes et positions épistémologiques (Preston et Wilson, 2014). Cela implique d'envisager le SIG comme le résultat d'un mélange d'approches déjà existantes, d'où l'expression « *mixed methods* » (Elwood et Cope, 2009 ; Preston et Wilson, 2014). Il s'agit d'entremêler les méthodes pour qu'elles se complètent et couvrent les zones d'ombres, en donnant

davantage d'éléments de contexte et en présentant des réalités multiples par la mobilisation de différentes données (Elwood et Cope, 2009). Il s'agit par exemple de mixer dans une même méthode des données issues d'entretiens, de focus group, d'observations, de tests SIG, des données sur l'histoire de ces tests ou encore des métadonnées, etc. Cette « approche qualitative du SIG » (Elwood et Cope, 2009) est nourrie par les approches critiques, c'est pourquoi il est préconisé de considérer leur résultat comme situé et partiel. Le lien entre épistémologie et méthodologie est reconnu sans que la relation ne puisse être caractérisée et fixée : chaque projet propose une hybridation unique des épistémologies héritées de ceux qui les portent (Elwood et Cope, 2009), les approches qualitatives ont la caractéristique d'être itérative et flexible, pour aborder les récits et les nouvelles questions qui émergent (Preston et Wilson, 2014).

La reconfiguration de la méthode et de l'objet de recherche est telle que sa présentation dans l'exercice linéaire d'écriture est difficile. Si la méthode a évolué au cours de la thèse, nous pouvons distinguer au terme de la recherche trois mouvements pour restituer le cheminement dans son ensemble.

2.2. Une méthode structurée autour de trois itérations

La structuration de la thèse est reconstruite *a posteriori* autour de trois itérations méthodologiques. Chacune d'entre elle reflète un changement de position induit par la recomposition des terrains. La présentation de ces itérations montre comment le terrain a bousculé les certitudes et le déroulé prévu initialement. Ces trois itérations ne correspondent pas à des périodes strictement distinctes dans le temps (fig. 21), il arrive qu'elles se chevauchent mais le matériau récolté et les méthodes mises en œuvre se distinguent nettement.

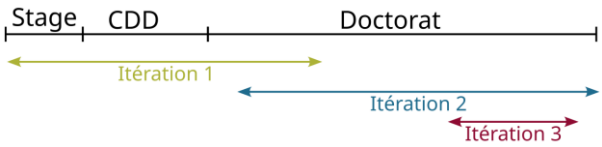


Figure 21. Succession des trois itérations dans le temps

La progression entre les itérations traduit un changement dans la relation entre chercheur et commanditaires. Le projet s'inscrit dans le cadre d'une commande où, comme le définissent Albaladejo et Casabianca (1997), l'organisation à l'initiative est dominante et finance la majorité de la recherche. Au fur et à mesure de l'avancée des travaux, une relation de confiance avec mes commanditaires s'établit. Ils m'accordent des marges de manœuvres de plus en plus larges pour proposer des alternatives méthodologiques ; la seule contrainte est de ne pas perdre de vue la production de l'objet technique attendu.

Première itération – La production d'un prototype avant le doctorat

La première itération s'inscrit dans une démarche positiviste et déductive. Mes premières recherches s'orientent vers une littérature qui conçoit les SIG comme une solution pour répondre

à des questions environnementales (Lyon et McCarthy, 1995). Cette première itération correspond à la mise en œuvre d'une méthode telle que l'attend l'Agence : partir de la littérature scientifique, identifier les lacunes et les biais, proposer des hypothèses puis collecter et analyser les données pour y répondre, présenter des résultats et les discuter à partir d'études antérieures avant de les faire valider par les utilisateurs. Il s'agit de suivre les propositions d'amélioration issues de la littérature scientifique et technique correspondant à son cahier des charges. Cela aboutit à un premier prototype. Les améliorations envisagées correspondent à des innovations techniques. La description des données spatiales mobilisées et de leur structure doit permettre d'évaluer les conséquences dans les traitements réalisés.

Cette méthode est aussi le résultat d'un échange d'expertises au sein du siège de l'Agence pour s'accorder sur les principes de modélisation à partir d'un petit groupe porteur du projet. Il s'agit donc d'une méthode descendante, puisqu'elle est conçue de manière centralisée et a vocation à être déployée ensuite localement.

Une sélection des terrains d'abord orientée par les spécificités physiques

Les requêtes devant être opérantes dans l'ensemble des bassins Rhône-Méditerranée et Corse, ces bassins peuvent être considérés comme l'emprise de mon terrain *a maxima*. Pour restreindre l'étendue à traiter dans le cadre des premiers tests méthodologiques (Catteau, 2017), deux sous-bassins versants, la Tille et de la Veyle, ont été présélectionnés en raison de leurs dimensions comparables (environ 1 000 km²), la diversité qu'ils recoupent et l'existence d'une couche d'inventaires de zones humides avec laquelle effectuer une validation. Pour s'assurer de la possibilité d'appliquer la méthode dans l'ensemble des bassins, un travail complémentaire conduit en 2018 s'attache à sélectionner d'autres sous-bassins versants qui diffèrent par leurs caractéristiques climatiques, géologiques et géomorphologiques. Une priorité est donnée aux sous-bassins versants situés dans des secteurs maritimes ou de montagne. Par ailleurs, 12 des 62 écorégions que compte le bassin RM couvrent 50% du territoire du bassin (annexe 1). Dans l'optique de transposer la méthode à l'ensemble du bassin, il apparaît stratégique de privilégier les secteurs recoupant ces 12 écorégions (surlignées en vert dans les annexes 1 et 2). Les enjeux des territoires et la motivation des acteurs locaux sont également pris en compte (annexe 2). Six sous bassins versants, dont les limites sont celles du SDAGE 2016, sont ressortis, en complément de la Veyle et de la Tille, comme prioritaires : le Lez-Mosson-Etangs Palavasiens, l'Argens, le Guil, le Gapençais, le Tech-Albères et le Calavon-Coulon. Les écorégions qu'ils recoupent et les spécificités de chacun de ces bassins sont synthétisées dans le tableau en annexe. La figure 22 représente la répartition de ces sous-bassins versants.

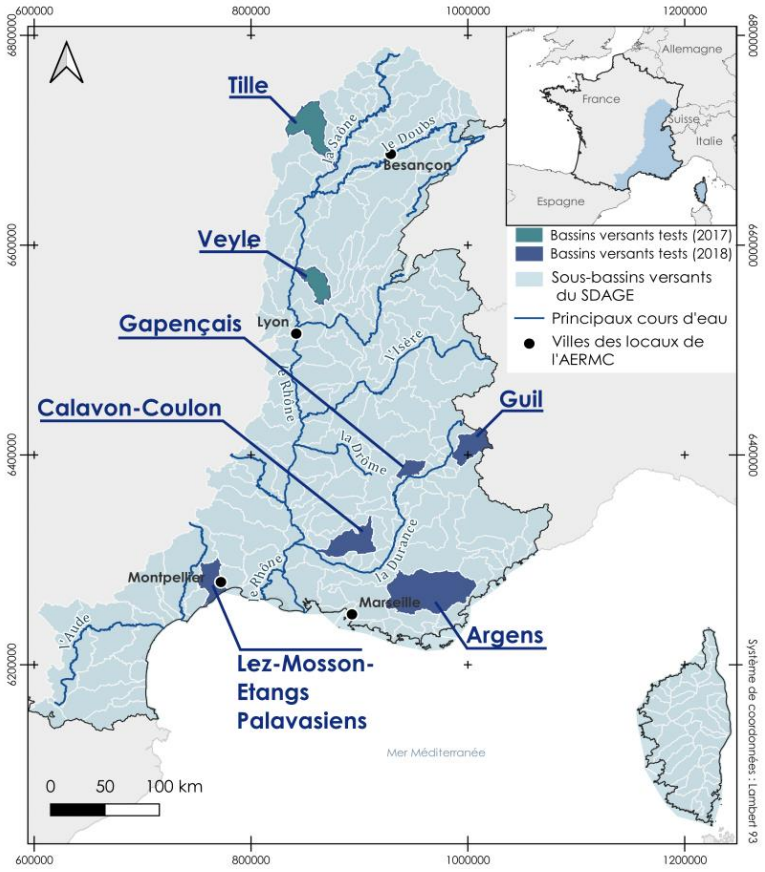


Figure 22 : Distribution des sites d'étude dans le Bassin Rhône-Méditerranée Corse

Seconde itération – Le partage du prototype avec des experts locaux des zones humides

L'entrée en thèse opère un glissement dans ma position, de « participante intégrale » avant la thèse, je deviens « participante qui observe » d'après la proposition de Jean-Pierre Olivier de Sardan (2008) qui fait suite à Raymond L. Gold (1958) et Buford Junker (1960). Je choisis d'adopter l'expression de *participation observante* dans la majorité des cas en raison du lien fort avec le terrain lié à cette « conversion expérientielle progressive » (Soulé, 2007). Il s'agit de revendiquer « un rapport singulier au terrain, qui [me] place en décalage avec « la bonne pratique méthodologique » relatée dans les manuels : observer et participer à parts égales, en veillant à ne pas sacrifier l'un au bénéfice de l'autre » (Soulé, 2007). Ma position en tant que salariée devant répondre à une commande constitue une opportunité pour construire une analyse au plus près du processus de conception de l'information géographique. Cette seconde itération se structure donc autour des réactions au premier prototype et des modalités d'appropriation des partenaires locaux de l'Agence ayant une expertise sur les zones humides. Ils appartiennent à diverses structures telles que des parcs naturels, des syndicats de bassin, des conservatoires d'espaces naturels ou encore des conseils régionaux. La rencontre des partenaires locaux implique une démarche plus inductive puisqu'ils questionnent la possibilité de monter en généralités à partir des particularités qu'ils observent dans leurs territoires. Inversement, ils remettent en cause l'application descendante d'un outil SIG produit depuis

l'Agence. Ce second mouvement questionne donc la confrontation entre approches ascendante et descendante.

Par ailleurs, l'immersion dans un laboratoire de sciences sociales en 2019 au premier semestre de ma deuxième année de doctorat me conduit vers des ressources jusqu'alors inexplorées. Une méthode qualitative notamment attire mon attention, il s'agit de l'*enquête de terrain*, aussi appelée *enquête ethnographique* (Beaud et Weber, 2003). Elle offre un cadre d'analyse pour les discours de mes interlocuteurs. Cette attention croissante aux discours conduit vers une recherche dont le prisme s'éloigne du positivisme initial.

L'*utilisation* des productions SIG devient centrale : interroger les utilisateurs finaux n'est pas une simple étape de validation au terme de la démarche technique et théorique mais une étape qui doit être préalable aux expérimentations techniques qui suivent. Ainsi, l'instance de validation devient un terrain à part entière. Ce changement de statut renouvelle sa place dans le processus d'innovation SIG. La figure 23 représente la localisation des acteurs techniques de la gestion de l'eau interrogés. Outre le personnel de l'Agence, les échanges avec les experts locaux des zones humides sont majoritairement situés dans la moitié Sud du bassin versant en raison de mon ancrage arlésien à la Tour du Valat et de mes échanges fréquents avec les référents zones humides des délégations d'Occitanie et de PACA, qui me mettent en contact avec plusieurs de leurs partenaires. Dans certains territoires, j'ai l'occasion d'observer des réunions rassemblant des acteurs de la gestion de l'eau avec différents publics avec lesquels ils interagissent, tantôt politique, tantôt institutionnel, experts ou non des zones humides.

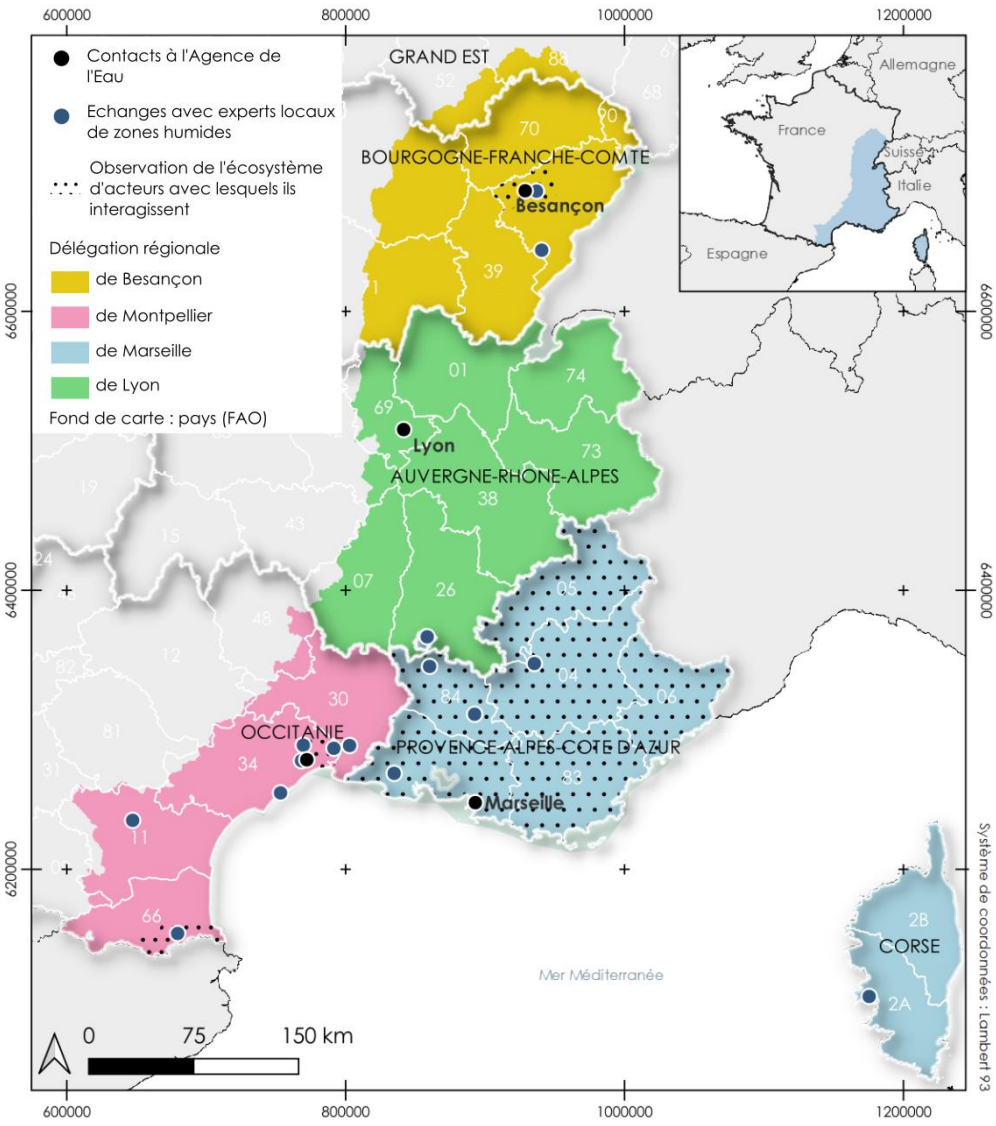


Figure 23. Un terrain qui s'ouvre au gré des rencontres et des opportunités

L'attention portée aux discours améliore les traitements de l'information géographique mais exige d'élargir l'outillage méthodologique en empruntant de nouvelles approches issues des sciences sociales. Par ce biais, le rapport au terrain est renouvelé : à l'exploration des SIG s'ajoute un « terrain doué de parole » (Collignon et Retaillé, 2010) qu'il s'agit de définir. Cela implique un changement de méthode.

Plus qu'*engagée dans*, je suis *engagée par* mon terrain (Alam *et al.*, 2012) : l'Agence est financeur et objet de mon enquête. Cela implique le lien particulier d'une recherche « financée par son terrain » (Rouchi, 2017). Indépendamment de ma volonté, mon terrain s'étend de lui-même lorsque des structures techniques prennent contact, par l'intermédiaire de l'Agence ou directement, parfois à l'occasion d'une rencontre informelle, selon les opportunités qui se présentent.

Troisième itération – La co-construction d'un prototype alternatif associant des élus locaux

Cette itération correspond à la mise en place d'une expérimentation pour recueillir le point de vue d'élus locaux sur les outils SIG et leur utilisation avant de procéder à la co-construction d'une solution sur-mesure adaptée au contexte de leur territoire. Le terrain est cette fois au nord du bassin, dans le Doubs. Il constitue une occasion pour se saisir de la théorisation ancrée, non plus rétrospectivement mais au fur et à mesure de l'acquisition de données. Il s'agit donc d'une approche ascendante, menée de manière très localisée pour proposer d'explorer de nouvelles alternatives pour répondre à la commande initiale. Cette approche empirique pose la question de la possibilité de généralisation à l'ensemble du territoire RMC dans un second temps.

Le terrain de cette troisième itération est plus restreint, il correspond aux limites administratives d'une communauté de communes située dans le Doubs (fig. 24). Trois ateliers d'une demi-journée y sont organisés pour faire dialoguer avec les membres de l'Agence élus et agents techniques locaux spécialisés dans les zones humides et l'aménagement du territoire.

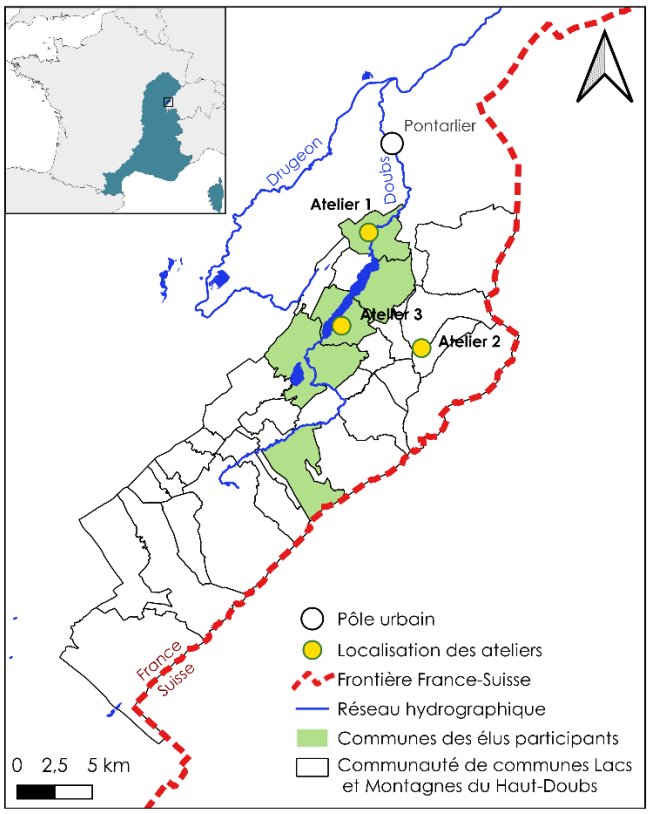


Figure 24. Un terrain plus localisé dans l'espace

Ces itérations sont développées dans les trois chapitres suivants. Chacun d'entre eux présente l'identification du problème à une étape clé de la recherche, les pistes de solutions envisagées par les acteurs qui conçoivent le SIG et les incidences de la recherche sur la sphère opérationnelle.

Les détours par des approches constructivistes ou critiques en recourant à des méthodes issues des sciences sociales doivent *in fine* alimenter de nouvelles propositions techniques pour l'outil SIG.

Cette retranscription de l'itinéraire méthodologique emprunté au cours de ce doctorat a une double vocation : (1) montrer la non-linéarité de la recherche et (2), sur le plan heuristique, montrer ce que chaque méthode induit comme résultat.

2.3. Combiner différents types de données

Les évolutions successives de la méthode se traduisent par l'accumulation d'un grand nombre de données aux caractéristiques hétérogènes issues de divers procédés (Olivier de Sardan, 2008) dans le cadre de l'immersion dans le milieu professionnel.

Tout d'abord, des données textuelles sont collectées auprès des groupes sociaux avec lesquels je suis en interaction. Elles peuvent être issues de documents officiels (publications et rapports de l'Agence, compte rendu de réunion, notes méthodologiques des partenaires) et de documents dont la diffusion est plus restreinte car ils constituent des textes de cadrage interne (politiques zones humides, directives), des textes en cours d'amendement (guide d'instruction ou documentation technique), ou encore d'échanges informels (mails). Des données textuelles sont également issues de sources techniques telles que les manuels des logiciels, les métadonnées ou les discussions sur les forums. Nous constatons que de nombreuses formes intermédiaires ont tendance à disparaître : « lorsque l'emplacement problématique au sein du script est identifié, la plupart des instruments (petits bouts de code, données traitées, documentation, forum web) sont mis de côté et rapidement oubliés » (Jaton, 2022). Nous nous attachons à retranscrire ceux qui ont une incidence sur la compréhension du problème et sur la manière dont les solutions sont envisagées.

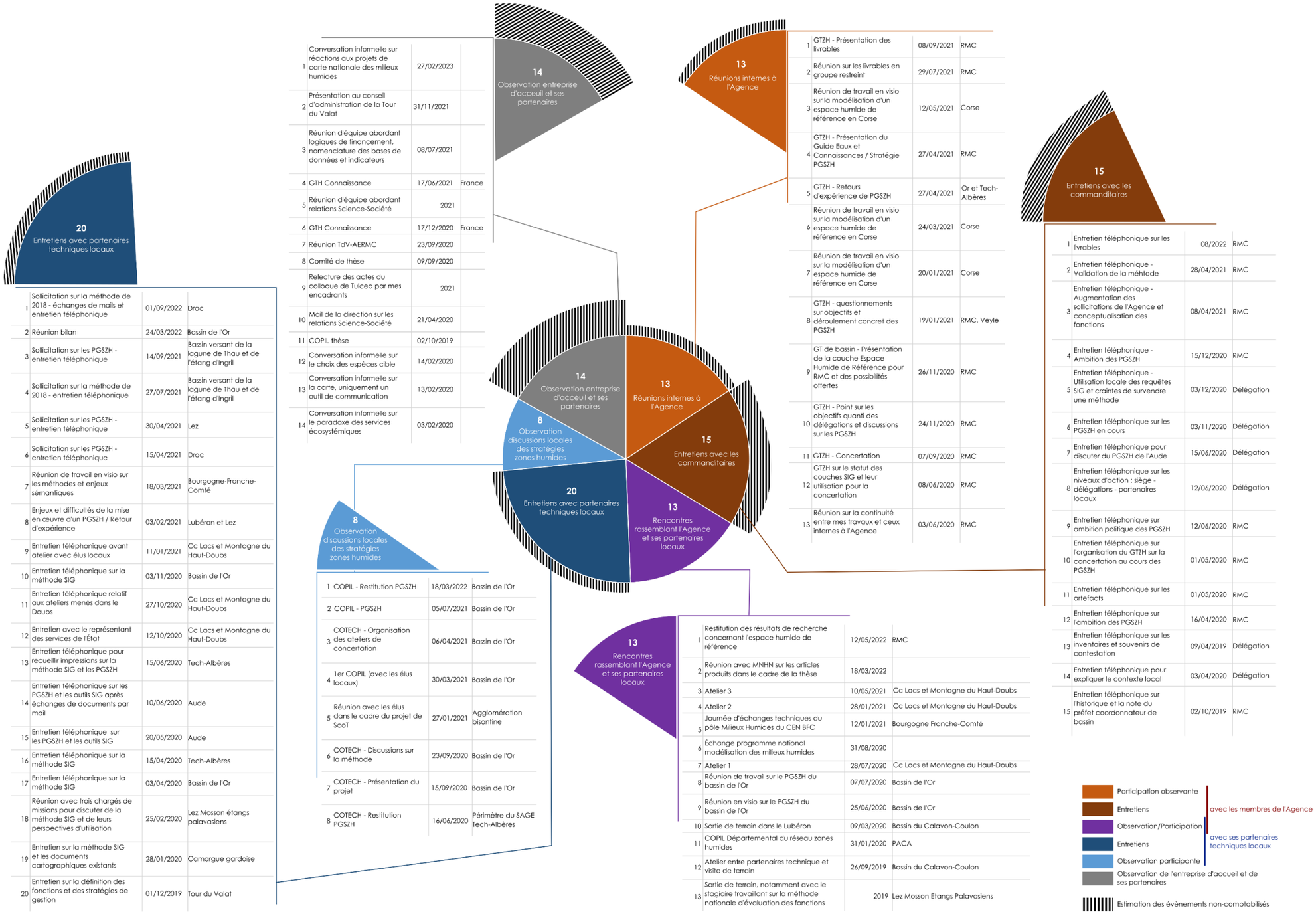
Ces données sont mises en lien avec des données discursives et observationnelles officielles et parfois plus informelles. Au total, 83 évènements recensés dans les carnets de terrain, produits à partir de septembre 2019, ont pu être comptabilisés et formalisées (fig. 25). Certains rendez-vous ont été enregistrés et retranscrits, d'autres non. Les couleurs rouges et oranges sont utilisées lorsque des personnes de l'Agence interviennent, le bleu lorsqu'il s'agit de leurs partenaires techniques locaux. Le violet correspond aux rencontres entre ces deux sphères. Le gris, plus en retrait de ces interactions, correspond aux observations au sein de mon entreprise d'accueil et avec ses partenaires. Il convient de préciser que certains types d'événements sont sous-représentés car ils n'ont pas fait systématiquement l'objet de prises de notes. Pour les rendre visibles et signifier leur importance relative, des hachures ont été ajoutées au schéma.

Les données discursives sont obtenues par différents procédés :

- des entretiens bilatéraux avec mes commanditaires de l'Agence, les 15 reportés sur le schéma sont ceux qui ont fait l'objet de prise de note en raison de leur intérêt significatif ;

- et de 13 réunions internes à l'Agence auxquelles j'ai participé, parfois pour présenter l'avancement de mes recherches, parfois uniquement en tant qu'observatrice ;
- de nombreux entretiens avec les partenaires techniques locaux de l'Agence (20) ;
- qui m'offrent à 8 reprises la possibilité d'assister à des réunions qu'ils animent auprès de leurs partenaires politiques et institutionnels pour parler des stratégies zones humides ;
- 13 évènements ont permis d'observer des temps forts où se retrouvent des membres de l'Agence et des partenaires techniques locaux,
- Enfin, pour clore ce corpus, je retiens 14 événements qui me sont utiles pour comprendre la posture de mes interlocuteurs.

D'autres données discursives sont collectées à la marge, dans le cadre d'échanges informels, notamment avec mon entourage personnel, dont une grande partie travaille dans la gestion de l'eau ou la protection de l'environnement.



1	Sollicitation sur la méthode de 2018 - échanges de mails et entretien téléphonique	01/09/2022	Drac
2	Réunion bilan	24/03/2022	Bassin de l'Or
3	Sollicitation sur les PGSZH - entretien téléphonique	14/09/2021	Bassin versant de la lagune de Thau et de l'étang d'Ingril
4	Sollicitation sur la méthode de 2018 - entretien téléphonique	27/07/2021	Bassin versant de la lagune de Thau et de l'étang d'Ingril
5	Sollicitation sur les PGSZH - entretien téléphonique	30/04/2021	Lez
6	Sollicitation sur les PGSZH - entretien téléphonique	15/04/2021	Drac
7	Réunion de travail en visio sur les méthodes et enjeux sémantiques	18/03/2021	Bourgogne-Franche-Comté
8	Enjeux et difficultés de la mise en œuvre d'un PGSZH / Retour d'expérience	03/02/2021	Lubéron et Lez
9	Entretien téléphonique avant atelier avec élus locaux	11/01/2021	Cc Lacs et Montagne du Haut-Doubs
10	Entretien téléphonique sur la méthode SIG	03/11/2020	Bassin de l'Or
11	Entretien téléphonique relatif aux ateliers menés dans le Doubs	27/10/2020	Cc Lacs et Montagne du Haut-Doubs
12	Entretien avec le représentant des services de l'État	12/10/2020	Cc Lacs et Montagne du Haut-Doubs
13	Entretien téléphonique pour recueillir impressions sur la méthode SIG et les PGSZH	15/06/2020	Tech-Albères
14	Entretien téléphonique sur les PGSZH et les outils SIG après échanges de documents par mail	10/06/2020	Aude
15	Entretien téléphonique sur les PGSZH et les outils SIG	20/05/2020	Aude
16	Entretien téléphonique sur la méthode SIG	15/04/2020	Tech-Albères
17	Entretien téléphonique sur la méthode SIG	03/04/2020	Bassin de l'Or
18	Réunion avec trois chargés de missions pour discuter de la méthode SIG et de leurs perspectives d'utilisation	25/02/2020	Lez Mosson étangs palavasiens
19	Entretien sur la méthode SIG et les documents cartographiques existants	28/01/2020	Camargue gardoise
20	Entretien sur la définition des fonctions et des stratégies de gestion	01/12/2019	Tour du Valat

1	Conversation informelle sur réactions aux projets de carte nationale des milieux humides	27/02/2023	
2	Présentation au conseil d'administration de la Tour du Valat	31/11/2021	
3	Réunion d'équipe abordant logiques de financement, nomenclature des bases de données et indicateurs	08/07/2021	
4	GTH Connaissance	17/06/2021	France
5	Réunion d'équipe abordant relations Science-Société	2021	
6	GTH Connaissance	17/12/2020	France
7	Réunion TdV-AERMC	23/09/2020	
8	Comité de thèse	09/09/2020	
9	Relecture des actes du colloque de Tulcea par mes encadrants	2021	
10	Mail de la direction sur les relations Science-Société	21/04/2020	
11	COPIL thèse	02/10/2019	
12	Conversation informelle sur le choix des espèces cible	14/02/2020	
13	Conversation informelle sur la carte, uniquement un outil de communication	13/02/2020	
14	Conversation informelle sur le paradoxe des services écosystémiques	03/02/2020	

1	COPIL - Restitution PGSZH	18/03/2022	Bassin de l'Or
2	COPIL - PGSZH	05/07/2021	Bassin de l'Or
3	COTECH - Organisation des ateliers de concertation	06/04/2021	Bassin de l'Or
4	1er COPIL (avec les élus locaux)	30/03/2021	Bassin de l'Or
5	Réunion avec les élus dans le cadre du projet de ScoT	27/01/2021	Agglomération bisontine
6	COTECH - Discussions sur la méthode	23/09/2020	Bassin de l'Or
7	COTECH - Présentation du projet	15/09/2020	Bassin de l'Or
8	COTECH - Restitution PGSZH	16/06/2020	Périmètre du SAGE Tech-Albères

1	Restitution des résultats de recherche concernant l'espace humide de référence	12/05/2022	RMC
2	Réunion avec MNHN sur les articles produits dans le cadre de la thèse	18/03/2022	
3	Atelier 3	10/05/2021	Cc Lacs et Montagne du Haut-Doubs
4	Atelier 2	28/01/2021	Cc Lacs et Montagne du Haut-Doubs
5	Journée d'échanges techniques du pôle Milieux Humides du CEN BFC	12/01/2021	Bourgogne Franche-Comté
6	Échange programme national modélisation des milieux humides	31/08/2020	
7	Atelier 1	28/07/2020	Cc Lacs et Montagne du Haut-Doubs
8	Réunion de travail sur le PGSZH du bassin de l'Or	07/07/2020	Bassin de l'Or
9	Réunion en visio sur le PGSZH du bassin de l'Or	25/06/2020	Bassin de l'Or
10	Sortie de terrain dans le Lubéron	09/03/2020	Bassin du Calavon-Coulon
11	COPIL Départemental du réseau zones humides	31/01/2020	PACA
12	Atelier entre partenaires technique et visite de terrain	26/09/2019	Bassin du Calavon-Coulon
13	Sortie de terrain, notamment avec le stagiaire travaillant sur la méthode nationale d'évaluation des fonctions	2019	Lez Mosson Etangs Palavasiens

1	GTZH - Présentation des livrables	08/09/2021	RMC
2	Réunion sur les livrables en groupe restreint	29/07/2021	RMC
3	Réunion de travail en visio sur la modélisation d'un espace humide de référence en Corse	12/05/2021	Corse
4	GTZH - Présentation du Guide Eaux et Connaissances / Stratégie PGSZH	27/04/2021	RMC
5	GTZH - Retours d'expérience de PGSZH	27/04/2021	Or et Tech-Albères
6	Réunion de travail en visio sur la modélisation d'un espace humide de référence en Corse	24/03/2021	Corse
7	Réunion de travail en visio sur la modélisation d'un espace humide de référence en Corse	20/01/2021	Corse
8	GTZH - questionnements sur objectifs et déroulement concret des PGSZH	19/01/2021	RMC, Veyle
9	GT de bassin - Présentation de la couche Espace Humide de Référence pour RMC et des possibilités offertes	26/11/2020	RMC
10	GTZH - Point sur les objectifs quanti des délégations et discussions sur les PGSZH	24/11/2020	RMC
11	GTZH - Concertation	07/09/2020	RMC
12	GTZH sur le statut des couches SIG et leur utilisation pour la concertation	08/06/2020	RMC
13	Réunion sur la continuité entre mes travaux et ceux internes à l'Agence	03/06/2020	RMC

1	Entretien téléphonique sur les livrables	08/2022	RMC
2	Entretien téléphonique - Validation de la méhtode	28/04/2021	RMC
3	Entretien téléphonique - Augmentation des sollicitations de l'Agence et conceptualisation des fonctions	08/04/2021	RMC
4	Entretien téléphonique - Ambition des PGSZH	15/12/2020	RMC
5	Entretien téléphonique - Utilisation locale des requêtes SIG et craintes de survendre une méthode	03/12/2020	Délégation
6	Entretien téléphonique sur les PGSZH en cours	03/11/2020	Délégation
7	Entretien téléphonique pour discuter du PGSZH de l'Aude	15/06/2020	Délégation
8	Entretien téléphonique sur les niveaux d'action : siège - délégations - partenaires locaux	12/06/2020	Délégation
9	Entretien téléphonique sur ambition politique des PGSZH	12/06/2020	RMC
10	Entretien téléphonique sur l'organisation du GTZH sur la concertation au cours des PGSZH	01/05/2020	RMC
11	Entretien téléphonique sur les artefacts	01/05/2020	RMC
12	Entretien téléphonique sur l'ambition des PGSZH	16/04/2020	RMC
13	Entretien téléphonique sur les inventaires et souvenirs de contestation	09/04/2019	Délégation
14	Entretien téléphonique pour expliquer le contexte local	03/04/2020	Délégation
15	Entretien téléphonique sur l'historique et la note du préfet coordonnateur de bassin	02/10/2019	RMC

Figure 25. Schéma représentant le corpus discursif avec les événements recensés

La retranscription des données discursives sous forme de verbatims pose la question éthique de l'incidence que pourrait avoir la reconnaissance de mes interlocuteurs sur leurs activités. Dans un souci d'anonymisation, dans la suite du texte, les citations sont suivies des fonctions qu'occupe la personne ayant tenu ces propos et de la date. Chaque intitulé de poste peut correspondre à au moins deux enquêtés ; cela doit permettre de remettre les propos dans leur contexte sans désigner une personne particulière.

Si la mobilisation de données textuelles, discursives et observationnelles croît au cours de la recherche, les données issues des traitements SIG restent centrales. Pour assurer la rigueur de cette démarche qualitative, les données issues de plusieurs modes de recensions font systématiquement l'objet de recoupement (Olivier de Sardan, 2008).

L'évolution des données mobilisées occasionne un changement dans la conception des biais méthodologiques. Dans la première itération, il s'agit des facteurs induisant des différences entre la réalité et la modélisation qui cherche à la représenter ; dans la seconde itération, c'est le choix des acteurs interrogés ; dans la troisième itération, c'est le fait que l'expérience ne soit pas répliquée.

3. Recherche-action, maintenir la tension entre deux objectifs

La recherche-action formalise une catégorie de pratiques dans la recherche. Diverses études font appel à cette dénomination ce qui conduit dans les années 1990 a des tentatives de classification pour mettre en lumière la diversité de facettes que ce terme recouvre. Ces classifications sont établies selon la relation entre chercheur et commanditaire, le degré de participation des acteurs sociaux à la recherche ou encore selon la présence et le rôle d'un objet technique (Albaladejo et Casabianca, 1997). Ce passage s'attache à clarifier l'incidence méthodologique des relations entre recherche et action.

3.1. Perturber autant que se laisser perturber

Le dispositif CIFRE implique une double posture, je suis à la fois *observatrice du* et *participante au* projet. Pour Bastien Soulé, l'observation participante « permet de vivre la réalité des sujets observés et de pouvoir comprendre certains mécanismes difficilement décryptables pour quiconque demeure en situation d'extériorité. En participant au même titre que les acteurs, le chercheur a un accès privilégié à des informations inaccessibles au moyen d'autres méthodes empiriques » (Soulé, 2007, p. 128). La recherche met en mouvement. Les activités de recherche occasionnent des perturbations dans la pratique (Alam *et al.*, 2012) et inversement, le contact avec les praticiens produit une perturbation dans le déroulé de la recherche. Il s'agit d'« être affecté par son terrain et [de] se laisser éprouver par son ambiance au point de réajuster ses

gestes et perceptions » (Fiori et Thomas, 2016). Réciproquement, les réactions de mes interlocuteurs provoquent des perturbations dans le déroulement de ma recherche. Les observations ne doivent pas faire perdre de vue l'action dont j'ai accepté la commande.

Pourtant, ma position entre mes interlocuteurs du siège et leurs partenaires locaux me pose des questions éthiques. Le changement proposé par l'Agence via l'outil SIG n'est pas forcément bien perçu localement. Je m'interroge sur les effets de ma recherche : dans quelles mesures mes propositions perturbent-elles les activités des partenaires locaux ? Comment rester loyale envers mon commanditaire tout en étant dans une posture compréhensive des réactions locales ? Il s'agit de proposer des pistes de changement sans compromettre les projets de mes interlocuteurs locaux.

Par ailleurs, la particularité de cette recherche doctorale est qu'elle doit s'appuyer sur l'existant : les propositions ne peuvent pas remplacer ce qui est déjà produit, tel que les inventaires de zones humides ou les plans de gestion stratégique. Dans la mesure où la traduction opérationnelle de l'ambition de l'Agence reste incertaine, il s'agit de la présenter comme un objectif *en plus* et non *à la place de*. Pourtant, le paradigme fonctionnel est contradictoire du paradigme du zonage et le message de l'Agence peut s'en trouver difficilement compréhensible. Je suis donc chargée de proposer un outil technique qui s'appuie sur l'existant et le valorise tout en étant particulièrement vigilante vis-à-vis des conséquences de sa mise en œuvre. L'entreprise est déjà difficile sur le plan technique, elle est très délicate sur le plan politique.

Le contexte de recherche-action pose la question de la connivence avec une communauté d'acteurs et de la possibilité d'apporter la contradiction au commanditaire : « La thèse, loin du rapport professionnel, doit pourtant dans l'esprit des commanditaires institutionnels conforter l'organisation dans ce qu'elle croit et fait : apporter une plus-value qui ne soit pas une remise en question. » (Rouchi, 2017).

Une autre particularité de cette thèse réside dans l'impatience des commanditaires à disposer du nouvel outil technique. L'attente forte de la sphère opérationnelle implique « des liens d'obligation et de responsabilité, contraints à la bonne conduite et exposés au discrédit » (Céfaï, 2010 IN Jacquinod, 2014). Cela explique la priorisation des attentes opérationnelles, parfois au détriment des temporalités académiques. Dans ce contexte, « comment ne pas basculer vers le rapport d'expertise et la prospective, dans la production d'une thèse scientifique ? » (Rouchi, 2017).

L'outil est envisagé clé en main, simple transfert du monde scientifique vers la sphère professionnelle apportant légitimité scientifique et simplifiant la pratique. Cependant, les expérimentations participent à la construction de la problématique de recherche et à la production de savoirs scientifiques, ils déplacent le projet sur le registre de la découverte et des incertitudes. Il ne s'agit plus de démarches dans lesquelles les résultats de la recherche seraient appliqués de manière descendante de la science vers la pratique. Ce projet a une dimension heuristique qui enjoint l'ensemble des parties prenantes à progresser conjointement depuis un même problème, posé initialement par le commanditaire.

Mes interlocuteurs souhaitent peser dans les principes qui régissent l'outil technique et faire valoir leur position. Le doctorat est l'occasion pour toutes les parties d'un apprentissage à dépasser ces injonctions, et adopter une posture réflexive, distanciée et compréhensive.

3.2. Temps de la recherche et temps de l'action, temps consécutifs ou synchrones ?

Le dispositif Cifre implique des contraintes, qui peuvent être transformées en opportunités (Rouchi, 2017). Ces contraintes peuvent être de formes multiples : temporelle (échéances pour compte-rendu, rapports, traitements, présentations, réunions) ou d'accès au terrain (mise en relation avec interlocuteurs guidée par l'Agence). Le processus se construit à partir des opportunités qu'offrent l'immersion dans l'opérationnel. Toutefois, la recherche et l'action peuvent suivre des stratégies contradictoires : « il est tout à fait opposé de résoudre un problème (volonté de l'employeur) et d'approfondir un sujet (volonté du chercheur) » (Rouchi, 2017).

La distinction entre activités de recherche et activités professionnelles est toujours ténue, dans mon cas, l'activité professionnelle constitue la recherche d'une solution. De prime abord, cette recherche de solution peut laisser penser à un temps complet dédié à la recherche doctorale. Pourtant, certains temps sont dédiés à la production de livrables opérationnels (requêtes, traitements, analyse, rédaction de guide méthodologique, production de cartes et de présentations) et d'autres sont dédiés à la recherche académique (colloques, publications, écriture de la thèse). Ces deux activités se nourrissent réciproquement.

Certains auteurs suggèrent une continuité entre ces activités et tendent à gommer les distinctions. Si ces activités s'entremêlent, il est important de souligner la mise en concurrence des temps dédiés à chacune, qui tend à être occultée par l'absence de reconnaissance des différences. En effet, ce parcours doctoral révèle une priorité donnée à la production opérationnelle dans le contrat Cifre, au détriment de la thèse. La priorité

donnée à la pratique s'explique par la responsabilité due aux exigences de mon commanditaire : on compte sur moi. Parallèlement, si la recherche s'appuie sur la réponse opérationnelle, celle-ci doit donc être consécutive ou antérieure. Il s'agit au quotidien d'« arbitrer entre maintien de l'implication dans l'opérationnel (nécessaire à l'aboutissement du projet) et développement du projet de recherche » (Jacquinod, 2014). À cela s'ajoute un temps, souvent invisible mais nécessaire à l'intégration dans l'entreprise d'accueil, qui consiste à prendre part aux « tâches quotidiennes extérieures au projet de recherche » (Jacquinod, 2014). Il s'agit de participer à des réunions d'équipe, l'animation de séminaires ou de réflexions transversales. Dans ce projet, le temps consacré à ces tâches est démultiplié puisqu'elles sont réalisées dans les trois structures : l'entreprise d'accueil, le laboratoire et l'Agence.

En revanche, le dispositif Cifre offre une relation continue au terrain, le dispositif étant le terrain. Cette immersion permanente permet l'appropriation des codes de la sphère professionnelle et ainsi une compréhension fine des rouages, des pratiques et des éléments de tension, elle relève d'une certaine manière de l'ethnopraxie, comme le théorise Loïc Wacquant (2000) : il s'agit d'effectuer les mêmes gestes qu'eux.

L'immersion continue produit un grand volume de données, nécessitant de réfléchir en permanence à leur hiérarchisation. De plus, le terrain échappe à la finitude : de nouvelles données apparaissent sans cesse. Le temps passé à Bordeaux à l'UMR Passages (cf. chapitre 1, section 2), permet dans une certaine mesure de prendre du recul et de réaliser des activités dédiées à la recherche académique. Lors du congrès du centenaire de l'Union Géographique Internationale, Sabine Girard évoque la nécessité de créer de la distanciation pour penser en créant des temps et des espaces dédiés à chaque activité, il s'agit de sortir d'un « temps schizophrénique » (Girard, 2022). Mon séjour de plusieurs mois à Bordeaux lors de la deuxième année a permis une prise de recul pour initier une séparation plus claire entre mes activités de recherche et mes activités opérationnelles et ainsi engager des travaux d'écriture scientifique. De la même manière, l'écriture de la thèse, a nécessité un départ physique de la Tour du Valat pour prendre la distance nécessaire sur les données recueillies. Cela rejoint la proposition de Pierre Bourdieu (1994) de « se retirer du monde et de l'action dans le monde pour les penser ». De la même manière Michel Crozier et Erhard Friedberg (1977) soulignent la nécessité de « se ménager une position de recul et de distance critique. », ils poursuivent quelques lignes plus loin « C'est en fait tout le problème de l'autonomie du chercheur, de son indépendance

institutionnelle et financière, mais aussi et peut-être surtout personnelle et intellectuelle, sinon culturelle, qui se trouve posé ici. » (Crozier et Friedberg, 1977).

Conclusion du chapitre

La méthode exploratoire évolue donc au gré du terrain et des découvertes méthodologiques. L'outil SIG qui doit être développé trace un fil rouge puisque chaque itération aboutit à des évolutions du prototype. Ils traduisent différents contextes de recherche, différentes instances de validation et marges de manœuvres accordées par les commanditaires. Ce chapitre pose les jalons pour comprendre les différences dans leur conception et la manière dont le processus de production et de validation déterminent les résultats.

L'utilisation de l'outil technique, d'abord perçu comme un simple élément de validation devient progressivement un élément central dans la production des nouveaux prototypes et dans la définition de la recherche-action. Le projet de thèse initialement conçu pour améliorer les aspects techniques d'une méthode se transforme en une co-construction avec des partenaires extérieurs à l'Agence. Cela se traduit par un renouvellement de la méthode de recherche, des terrains et de leur conceptualisation mais aussi des données récoltées, ce qui implique de repenser le problème et chercher de nouveaux outils. Plus concrètement, une ouverture progressive à différents groupes sociaux permet de penser l'outil SIG dans la diversité de ses usages et de ses représentations.

La position dans le dispositif CIFRE se traduit par certaines difficultés : « être engagé par son terrain, c'est se confronter à la contradiction des temporalités et de la multitude d'intérêts » (Rouchi, 2017). Cependant, ces contraintes peuvent devenir des opportunités de recherche. Les livrables, et la manière dont ils sont formulés, apparaissent structurants. La position simultanée de participant et observateur peut être déstabilisante car elle fait émerger des questions éthiques sur la loyauté envers les commanditaires. Elle est aussi féconde puisqu'elle offre une place de choix pour observer de l'intérieur et par la pratique les mécanismes techniques et les façons de faire des opérateurs SIG.

La rencontre de la recherche et de l'action autour d'un projet commun implique de s'interroger sur les particularités de cette relation. Alain Findeli (2005) suggère plusieurs formes de recherche-action. Au cours des trois mouvements de cette recherche, nous avons d'abord testé une recherche *pour* l'action, avec une approche descendante et un outil technique non négocié et produit à partir des discussions d'un petit groupe d'acteurs. Ensuite, nous avons proposé une recherche *sur* l'action, avec une prise de recul et l'ouverture à

différents interlocuteurs et donc différents points de vue. Il s'agissait de définir par observation ce qui était ou non négocié. Enfin, nous avons essayé de mettre en place un dispositif pour produire de la recherche *par* l'action, en travaillant sur des dispositifs ascendants et sur un objet technique co-construit.

Chapitre 3. Première itération. Les fonctions des zones humides par SIG ou la quête du factuel pour apaiser le dialogue territorial

« Avant de critiquer ces solutions, avant éventuellement d'en proposer de nouvelles, il importe de *connaître*, c'est-à-dire d'en comprendre la logique et la rationalité propres, en s'interrogeant sur les problèmes que les hommes ont tenté de résoudre à travers elles et sur les difficultés et contraintes qui en résultent. »

Michel Crozier et Ehrard Friedberg, *L'acteur et le système: les contraintes de l'action collective*, 1977

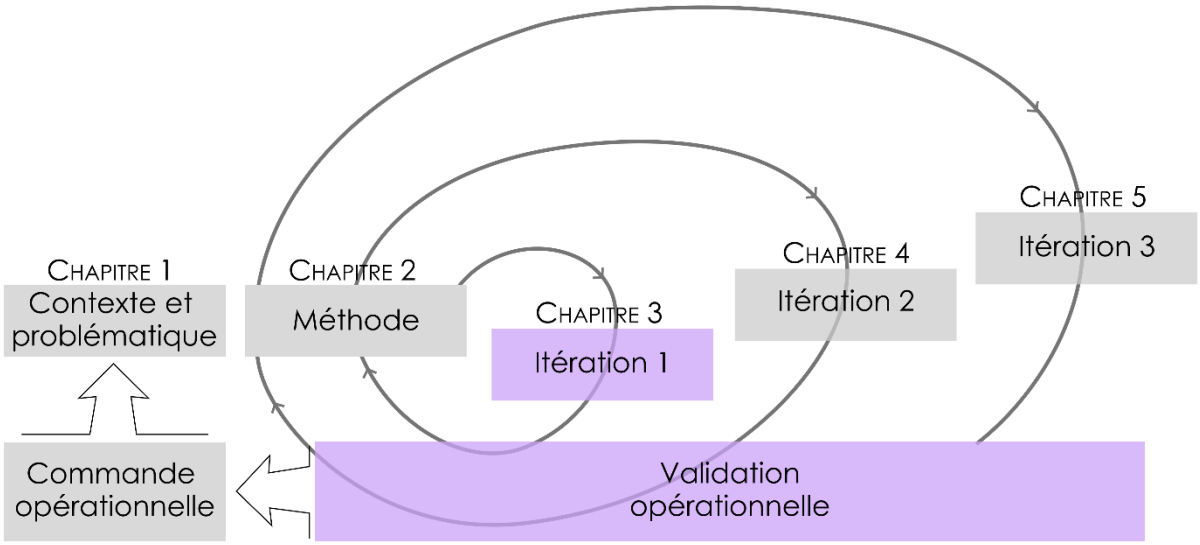


Figure 26. Le chapitre 3, un chapitre central dans le manuscrit, premier aboutissement de la commande opérationnelle et point de départ des itérations suivantes

Introduction

Pour l'Agence, un des problèmes relatifs aux inventaires réside dans leur subjectivité. Leurs délimitations ne répondent pas uniquement à des critères techniques, elles font l'objet de négociations, parfois informelles, pour en réduire l'étendue au profit de l'agriculture ou de projets d'urbanisme. Pour le siège de l'Agence, avoir à disposition des éléments plus neutres et factuels, non-négociables, sur la localisation des zones humides, de leurs fonctions et de leurs pressions, doit permettre localement d'éviter les polémiques sur le tracé des zonages pour discuter uniquement des stratégies territoriales à adopter. De manière contre-intuitive, le caractère non-négociable de l'information géographique doit favoriser la concertation en limitant les discussions sur la méthode au profit des discussions stratégiques.

Ce chapitre revient sur les missions antérieures au temps doctoral dans lesquelles je suis chargée de produire un premier prototype traduisant numériquement ce qui est appelé par mes commanditaires la « réalité physique ». La quête d'objectivité guide la démarche, elle motive d'ailleurs le recours aux SIG et à la notion de fonction. En effet, comme exposé à la fin du chapitre 1, le SIG appliqué à l'environnement est souvent présenté comme objectif et pertinent pour répondre aux problèmes des zones humides (Lyon et McCarthy, 1995). Suivant une posture solutionniste, les problèmes environnementaux semblent pouvoir être pris en charge par cet outil technique. Parallèlement, les fonctions sont présentées comme un moyen plus factuel d'aborder les zones humides en se détachant des valeurs ou des services écosystémiques qui peuvent y être associés (Maltby *et al.*, 2009). Elles permettent ainsi de ne pas s'intéresser uniquement aux zones humides patrimoniales.

Les fonctions reconnues par SIG étant considérées comme factuelles, on me demande de construire ce premier prototype dans une phase technique, fondée essentiellement sur l'analyse d'études scientifiques et techniques antérieures et de tests méthodologiques. Pour l'Agence, cette conception descendante permet d'assurer la production d'un tronc commun pouvant être décliné dans l'ensemble du bassin afin de pouvoir établir des comparaisons entre sous-bassins versants. Cela doit également permettre d'éviter les adaptations visant à renoncer à l'objectif de concertation qui doit émerger de la phase technique. Le partage avec les experts locaux des zones humides est donc envisagé dans un second temps, une fois assuré de la solidité des procédures. Cette phase ultérieure a pour but d'analyser leur réception, de valider les procédures et d'identifier des pistes d'amélioration. La démarche est cohérente avec des études antérieures dans lesquelles

les acteurs locaux interviennent en général dans un second temps, exclusivement pour la validation (Janssen *et al.*, 2005; Rapinel *et al.*, 2016).

Ce chapitre rend compte de la production du premier prototype. Il retrace les deux missions portant sur le même sujet : la première a pour cadre administratif un stage en 2017 au siège de l'Agence de l'Eau RMC et la seconde, un premier contrat de 9 mois à la Tour du Valat en 2018, toujours supervisé par l'Agence. Ces missions sont marquées par un sentiment d'appartenance à cette institution ; j'entretiens des échanges réguliers avec des représentants du siège et des délégations de Marseille et de Montpellier.

L'adoption de nouveaux instruments pour accompagner un changement des politiques publiques s'opère souvent « sur des glissements, des reconversions-adaptations, des recyclages d'instruments déjà mis à l'épreuve, voire usagés » (Lascoumes et Le Galès, 2005). Les délais courts de ces missions ont effectivement nécessité de réinvestir des outils existants pour répondre à la demande du commanditaire. Un foisonnement de solutions est disponible pour appréhender les fonctions des zones humides mais elles ne sont pas toujours compatibles entre elles.

Ce récit relate donc dans un premier temps la recherche d'appuis scientifiques et techniques pour appréhender les fonctions des zones humides de manière factuelle à l'aide des SIG. Puis à partir de la description de la méthode, je montre dans le deuxième et le troisième temps comment l'approche objective recherchée par le recours au concept de fonction pour des approches concertées, apparaît difficile à tenir. Ma position, au plus près de la boîte noire, dans la production de ces rouages me permet d'observer le décalage entre ce que fait concrètement le SIG et le discours que produit l'Agence pour l'accompagner. Le deuxième temps présente la modélisation d'un espace plus vaste que celui des inventaires pour caractériser les fonctions et le troisième temps se focalise sur les indicateurs de fonctions et de pressions. La restitution des observations a une portée de l'ordre de l'ethnopraxie puisqu'il s'agit de comprendre les logiques d'une pratique professionnelle qui *a posteriori* apparaît marquée par une posture positiviste. Cette description s'avère également nécessaire pour comprendre dans les chapitres suivants les persistances et rémanences de cette première expérience de recherche-action.

De manière transversale, les sous-sections 2.1 et 3.1 portent sur la réponse technique développée pour répondre à la commande de l'Agence, et traduire de manière littérale les concepts écologiques par SIG. Les sous-sections 2.2 et 3.2 montrent les enjeux d'interprétation qui émergent de ces résultats, ce qui conduit

dans les sous-sections 2.3 et 3.3 à une réflexion sur la scientificité des dispositifs SIG, soulignés par le contexte interdisciplinaire de la recherche. Cela permet de questionner le rapport à la science dans cette quête d'éléments factuels pour apaiser le dialogue territorial au sujet des zones humides. Il s'agit de discuter plus largement de la prise de position de la recherche dans la gestion de l'environnement, entre défense d'une nature patrimoniale ou ordinaire.

Ce chapitre est plus long que les autres, cela s'explique par la nécessaire présentation des principes SIG pour comprendre ce qu'ils occasionnent dans les prises de positions et ce que cela implique comme ajustement dans les itérations suivantes.

1. À la recherche d'appuis scientifiques et techniques

La littérature scientifique et technique propose diverses méthodes de spatialisation des fonctions des zones humides. Nous les présentons ici et montrons à la fois ce qui inspire l'Agence et ce qu'elle souhaite ajuster pour répondre aux problèmes identifiés dans ses expériences préalables.

1.1. Des dispositifs scientifico-juridiques gages d'objectivité

L'histoire de l'évaluation des fonctions des zones humides est révélatrice des interrelations entre la recherche scientifique et l'évolution des instruments juridiques pour la protection de ces écosystèmes. Elle débute aux États-Unis dans les années 1970.

1.1.1. L'évaluation fonctionnelle des zones humides, des racines entre la science et le juridique

À cette époque, l'attention des équipes de chercheurs sur les zones humides change de perspective : au lieu de considérer ces écosystèmes uniquement comme des habitats pour les oiseaux d'eau, ils cherchent à évaluer d'autres fonctions ainsi que leur valeur pour la société. Les fonctions des zones humides font l'objet d'une documentation qui agrège des connaissances scientifiques pour attirer l'attention des autorités publiques, ce qui aboutit à la reconnaissance des fonctions et valeurs des zones humides dans plusieurs textes juridiques. Dans les années 1980, les premières méthodes d'évaluation des fonctions des zones humides tentent de prendre en compte différents paramètres tels que formes du relief, la biodiversité ou encore la naturalité (Adamus et Dorney, 2018). La Federal Highways Administration propose de produire une méthode pouvant servir à tout type de zones humides, la Wetland Evaluation Technique (WET) (Adamus, 1983). L'objectif est qu'elle soit documentée et applicable à l'ensemble des zones humides des États-Unis (Adamus et Dorney, 2018). Cette méthode, à destination des gestionnaires, s'appuie sur une synthèse des connaissances de chaque fonction et identifie les processus sous-jacents qui en permettent le

maintien. Quelques années plus tard, pour faire face à l'émergence de certaines critiques, Mark M. Brinson (1993) conceptualise le lien entre le fonctionnement des zones humides et leurs propriétés hydrogéomorphiques (HGM) : la position dans le paysage, le type d'alimentation en eau ainsi que les dynamiques hydrologiques permettent d'expliquer les fonctions.

Les méthodes d'évaluation des fonctions apparaissent de manière concomitante à deux textes majeurs outre-Atlantique proposant des dispositions pour s'opposer à la destruction des zones humides : le Clean Water Act de 1977 et le Food Security Act de 1985 (Davis *et al.*, 2013; Mermet et Barnaud, 1997). Aux États-Unis et au Canada, les déclinaisons régionales de cette approche se multiplient pour s'ajuster aux spécificités locales ainsi qu'aux moyens et aux données disponibles. En 1999, déjà plus de 40 méthodes d'évaluation des fonctions sont identifiées aux États-Unis (Bartoldus, 1999). Près de dix ans plus tard, une centaine de méthode est dénombrée mais leurs recours baisse progressivement car, aux États-Unis comme au Canada, plusieurs limites sont observées, dont la complexité et le temps nécessaire à la réalisation de ces procédures ainsi que leur inadéquation avec l'évaluation d'impact ou de mesures compensatoires (Hanson *et al.*, 2008). Plusieurs études (Fennessy *et al.*, 2007; Hanson *et al.*, 2008) cherchent à expliciter les différences entre les méthodes existantes : le foisonnement est présenté comme le résultat d'une grande diversité géographique et le besoin d'adapter les méthodes aux dispositifs locaux de protection des zones humides. Une des différences majeures réside dans le choix des zones humides non dégradées pour évaluer les autres zones humides. Pour chaque région, des exemples de référence sont recherchés pour calibrer la méthode aux spécificités régionales.

Ces méthodes d'évaluation des fonctions affichent clairement l'ambition d'appuyer la planification et la mise en œuvre de textes réglementaires visant à la protection de ces écosystèmes (Creed *et al.*, 2018; Davis *et al.*, 2013; Mermet et Barnaud, 1997). Pourtant l'Agence souhaite se détacher de la dimension réglementaire pour proposer un outil de concertation. Ce qui l'attire, ce sont les arguments qui présentent ces méthodes comme un moyen d'établir une distinction claire entre ce qui relève de « l'information scientifique » et ce qui relève des « délibérations politiques » (Brinson, 2009). L'Agence souhaite donc réutiliser des outils présentés comme factuels et s'en saisir pour répondre à d'autres finalités que celles réglementaire et communicationnelle pour lesquelles ils ont été conçus.

1.1.2. De l'Amérique du Nord à l'Europe, migration et adaptation d'un concept

La transposition en Europe, notamment en France des méthodes nord-américaines soulève des questionnements. Dès 1997, Laurent Mermet et Geneviève Barnaud observent qu'aux États-Unis les controverses sont indifférentes aux arguments scientifiques. Ces auteurs qualifient d'« impasse » l'utilisation de la science comme support du droit. Les lobbys industriels et agricoles s'opposent systématiquement aux méthodes et cherchent à en exploiter les faiblesses méthodologiques (Mermet et Barnaud, 1997). Les débats se focalisent sur les délimitations des zones humides définies par les scientifiques puisque ces zonages font l'objet de restrictions. Cela s'opère au détriment d'une discussion sur les stratégies à mettre en œuvre comme le souhaiterait l'Agence.

Pourtant les années 2000 sont marquées par la parution d'une méthode d'évaluation fonctionnelle des zones humides inspirée des approches outre-Atlantique et adaptée au contexte européen, la Functional Assessment Procedure (FAP) (Maltby *et al.*, 2009). La méthode émerge d'un programme de recherche rassemblant des partenaires de neuf pays européens pour la création d'outils d'évaluation des fonctions des zones humides pour l'appui aux dispositifs juridiques, nommé EVALUWET (Janssen *et al.*, 2005), le suffixe WET renvoie aux méthodes américaines dont elle s'inspire. La transposition de la méthode en Europe se heurte à des politiques de protection de zones humides qui les considèrent de manière individuelle et ciblent des critères de conservation tels que la naturalité, la rareté ou la typicité (Maltby *et al.*, 2009). De plus, contrairement aux États-Unis et au Canada, les zones humides sont souvent de dimensions plus modestes, morcelées dans le paysage et beaucoup sont utilisées par l'agriculture. Pour Edward Maltby et ses coauteurs, ce contexte favorise une opposition entre ceux qui protègent la biodiversité et ceux qui l'exploitent. Ils considèrent que la perte de zones humides est due au manque de moyens pour mesurer le rôle et la valeur des zones humides ainsi que le manque d'un « cadre politique et réglementaire fort » (Maltby *et al.*, 2009). Ils ne partagent donc pas le scepticisme de Laurent Mermet et Geneviève Barnaud (1997) sur l'utilisation de la science comme support du droit.

L'Agence rejoint la proposition d'Edward Maltby et ses collègues sur la nécessité d'envisager la zone humide dans son bassin versant, et plus spécifiquement au sein des zones qui contribuent directement à son fonctionnement, car cela permet de conserver, non pas les habitats de zones humides, mais les conditions qui permettent leur existence et leur maintien (Hollis *et al.*, 1988). Elle suit également ces auteurs sur le fait que l'enjeu d'une approche fonctionnelle est de garantir des « décisions davantage fondées sur la preuve »

pour établir des choix stratégiques, tant pour la gestion des zones humides que pour l'aménagement du territoire (Maltby *et al.*, 2009). Cela rejoint l'idée qu'une information spatiale doit « faire foi », comme l'illustrent Élisabeth Botrel et Laurent Polidori (2020) à propos du recours aux images de télédétection pour l'application du droit foncier.

En France, des projets d'évaluation des fonctions à l'échelle locale voient le jour de manière consécutive. Une série d'indicateurs de suivi de l'évolution des zones humides est élaborée pour le bassin Rhône-Méditerranée (RhoMéO, 2014), elle renseigne sur les fonctions remplies par ces écosystèmes pour chaque site à partir d'une évaluation sur le terrain. La méthode est ensuite ajustée pour son déploiement dans d'autres bassins. En 2016, une méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides est publiée (Gayet *et al.*, 2016a). Elle répond à la directive cadre sur l'eau et, dans le cas d'un projet d'aménagement, vise à l'application de la séquence « Éviter, Réduire, Compenser » pour les fonctions des zones humides. Ces méthodes d'évaluation nécessitent l'acquisition de données sur le terrain. Elles sont donc adaptées pour étudier des sites de moins de quelques kilomètres carrés de superficie mais sont insuffisantes pour rendre compte des fonctions des zones humides dans de vastes espaces, tels que l'ensemble des bassins Rhône-Méditerranée Corse (130 660 km²).

1.1.3. Les SIG pour accélérer l'évaluation des fonctions

De manière générale, les méthodes d'évaluation des fonctions accordent une place importante aux données recueillies sur le terrain, néanmoins plusieurs études proposent des méthodes s'appuyant uniquement sur des requêtes SIG et des données spatiales existantes (Cedfeldt *et al.*, 2000; Creed *et al.*, 2018; Rapinel, 2012; Rapinel *et al.*, 2016). Ces dernières sont motivées par la quête d'« outils simples et accessibles » (Creed *et al.*, 2018) et la possibilité de couvrir des territoires plus vastes à l'aide de traitements systématiques. Elles correspondent à une ramification spécifique parmi les méthodes d'évaluation des fonctions des zones humides. C'est pourquoi elles adoptent une approche générale analogue : l'identification d'une liste de fonctions et des processus sous-jacents puis la recherche de données et de descripteurs pour les appréhender. Le recours aux SIG fait émerger des questions spécifiques concernant le choix des données spatiales, leurs caractéristiques, leur disponibilité, ainsi que leur traitement pour aboutir à un score représentatif d'une ou plusieurs fonctions.

Ces méthodes s'inscrivent dans un niveau de gestion complémentaire à celles mobilisant des données de terrain dans une approche multi-niveaux. La dénomination de Rapid Assessment Method (RAM) désigne les procédures standardisées utilisant des systèmes de score pour qualifier les fonctions, quelle que soit l'origine des données. En français, le terme *assessment* renvoie à l'idée d'évaluation ou d'estimation. Parmi ces méthodes, certaines sont basées majoritairement sur le recueil de données terrain (*field-level RAM*) et doivent fournir des éléments pour la gestion de zones humides spécifiques et la compensation de leurs dégradations (Dorney *et al.*, 2018). C'est le cas de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides évoquée plus haut par exemple. En complément, des évaluations couvrant de vastes territoires mobilisent des métriques paysagères à partir de données continues issues de la télédétection (*landscape-level RAM*) pour donner des orientations générales à la planification. Dans ce cadre, le paysage correspond à « un niveau d'organisation des systèmes écologiques » (Burel et Baudry, 1999). Ce niveau est considéré efficace par le National Research Council pour concevoir les interactions des zones humides avec leurs espaces périphériques ou leur bassin versant. Ce niveau permettrait de discuter des intérêts des acteurs de la gestion des zones humides et de ceux de l'aménagement pour définir des actions acceptables par tous (National Research Council, 1995b). L'Agence juge pertinentes les méthodes au *landscape-level* pour définir, dans un cadre concerté, une stratégie d'actions pour les zones humides par sous-bassins. Elle y voit également un intérêt pour disposer d'une vision centralisée des fonctions des zones humides dans l'ensemble de son territoire.

Sur les cartes, les fonctions des *landscape-level* RAM sont représentées dans des unités spatiales d'ordre de grandeur variable. Cela peut être dans des unités correspondant à des agrégations de sous-bassins versants aux caractéristiques de climat, de sol, de forme du relief et de végétation comparables, appelées Relative Value Assessment Units (RVAU) en Alberta (Creed *et al.*, 2018). Les cartes extraites de cette étude représentent, dans un territoire de 56 200 km², la « valeur » des zones humides, définie comme la moyenne pondérée des différentes fonctions dans ces unités (fig. 27).

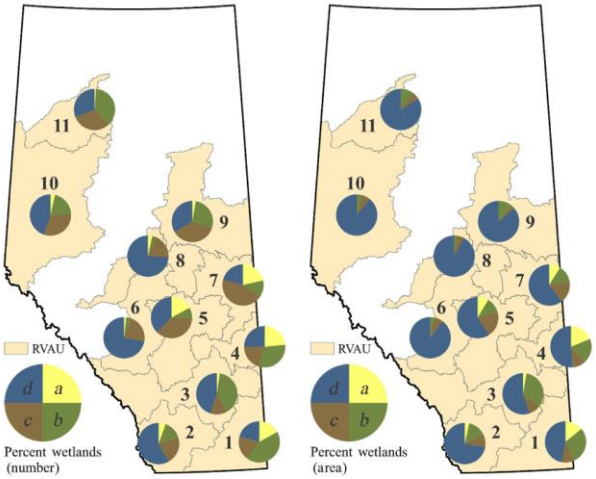


Figure 27. Pourcentage de zones humides (à gauche, en nombre ; à droite, en surface) par RVAU ayant une valeur élevée (a) à faible (d) en Alberta (Creed et al., 2018)

D'autres études proposent des restitutions par unités hydrogéomorphologiques, dites HGMU selon les principes de Brinson (2009), qui conceptualisent des relations entre des paramètres physiques et des fonctions. Ces unités sont en théorie délimitées selon des critères hydrologiques et géomorphologiques mais sont parfois délimitées uniquement selon la topographie pour une application dans de vastes territoires. Ces travaux s'inscrivent dans la suite de la proposition de la Functional Assessment Procedure (Maltby *et al.*, 2009), tels que ceux mobilisant en France la télédétection pour proposer une analyse des fonctions (Rapinel, 2012; Rapinel *et al.*, 2016 ; Rapinel, Fabre *et al.*, Rapinel, Clément *et al.*, 2019). L'Agence est particulièrement intéressée par ces approches testées sur des bassins versants de 650 et 1130 km² qui proposent une vision fine des fonctions des zones humides dans de vastes territoires, propice à une utilisation en local (fig. 28). Toutefois, cette représentation produit des nouvelles délimitations qu'elle souhaiterait éviter.

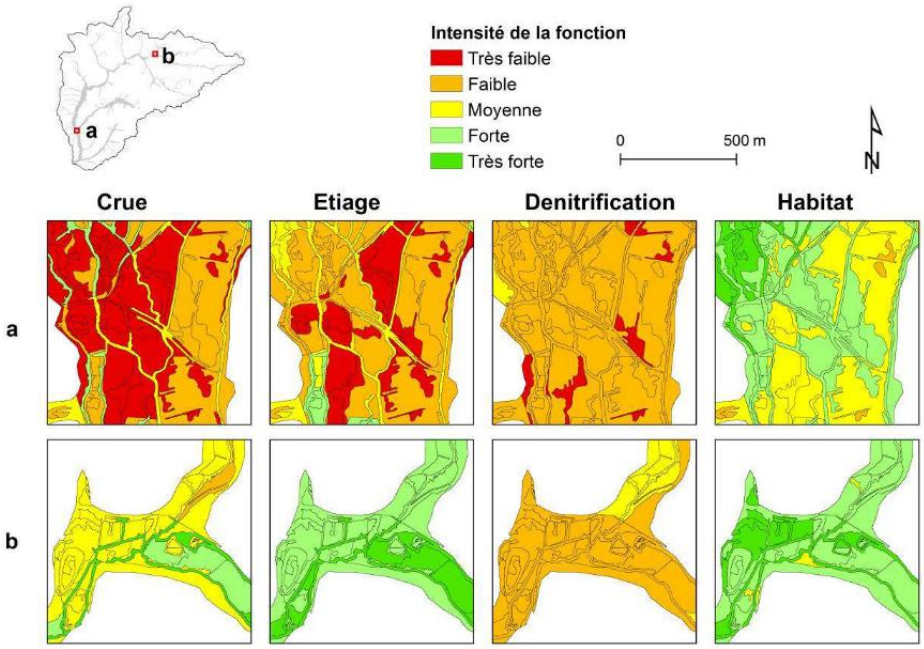


Figure 28. Spatialisation des fonctions des zones humides à l'échelle des HGMU (Rapinel, Clément et al., 2019)

Cette utilisation des SIG pour rendre compte des fonctions se retrouve dans des propositions bien plus anciennes. Dès les années 2000, certains auteurs proposent l'utilisation de modèles numériques de terrain et d'images satellites pour traduire les fonctions des zones humides dans un secteur de 21 326 km² (Cedfeldt *et al.*, 2000). Ces auteurs font même mention d'études antérieures, notamment celle pour l'évaluation des fonctions des zones humides de la zone côtière de la Caroline du Nord. Le recours au SIG est conçu comme un atout en raison de « l'objectivité qu'apportent ces outils à l'analyse des fonctions de zones humides » (Cedfeldt *et al.*, 2000). L'évaluation des fonctions est réalisée par zone humide. Le résultat de cette étude correspond à trois couches matricielles, chacune représentant la localisation d'une des trois fonctions suivantes : modification du débit des crues, amélioration de la qualité des eaux de surface et mise à disposition d'habitats. Les zones humides possédant ces trois fonctions apparaissent en noir sur la carte suivante (fig. 29).

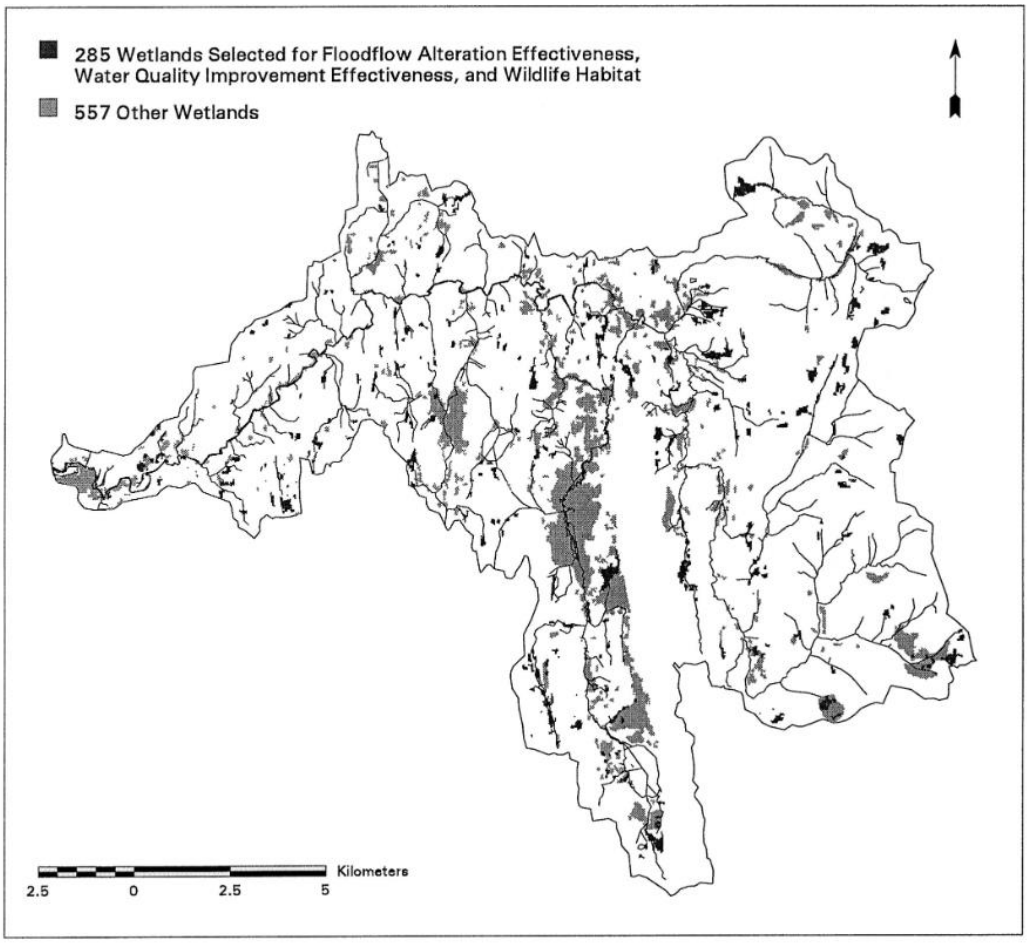


Figure 29. Zones humides dans le bassin de Lewis Creek, les plus sombres remplissent 3 fonctions (Cedfeldt et al., 2000)

Ainsi, ces études véhiculent un regard positiviste quant à la capacité des SIG à spatialiser les fonctions des zones humides. Leur publication, depuis une vingtaine d'années, dans des revues scientifiques leur confère une crédibilité et un gage d'objectivité qui attirent l'attention de l'Agence. En parallèle de ces travaux scientifiques, des méthodes sont développées par des experts locaux des zones humides.

1.2. Des méthodes locales produites par les experts de zones humides

Comme présenté en introduction et au chapitre 1, depuis la doctrine « zones humides » du bassin Rhône-Méditerranée de 2011, l'Agence demande à ses partenaires de s'appuyer sur la notion de *fonction* pour bâtir les stratégies locales pour les zones humides. Ainsi, avant mon arrivée sur ces questions en 2017, diverses propositions techniques ont été développées localement. Nous distinguerons ici deux catégories : celle dont les inventaires servent de point de départ pour définir une stratégie et celle dont la stratégie doit définir les secteurs où mener des inventaires.

1.2.1. *Des inventaires pour définir des stratégies à entreprendre*

La majorité des propositions repose sur les bases de données d'inventaires. L'étape d'inventaire est souvent considérée comme une étape préalable à la caractérisation des fonctions (Larson, 2009) puisqu'elles sont évaluées dans chacune des entités qui les compose. Les systèmes d'évaluation sont adaptés localement selon des objectifs et des échelles diverses.

Certaines études sont très localisées, comme la proposition pour la vallée du Riou Tort sur la commune de Thorame-Basse (04), dont l'espace concerné s'étend sur environ 10 km² (CEN PACA, 2017). Cette étude propose une synthèse des connaissances sur les fonctions et les pressions ainsi que l'état des cours d'eau et des zones humides (fig. 30). L'Agence trouve la démarche très pertinente mais sa réalisation, basée sur des données acquises sur le terrain ne peut pas être généralisée.

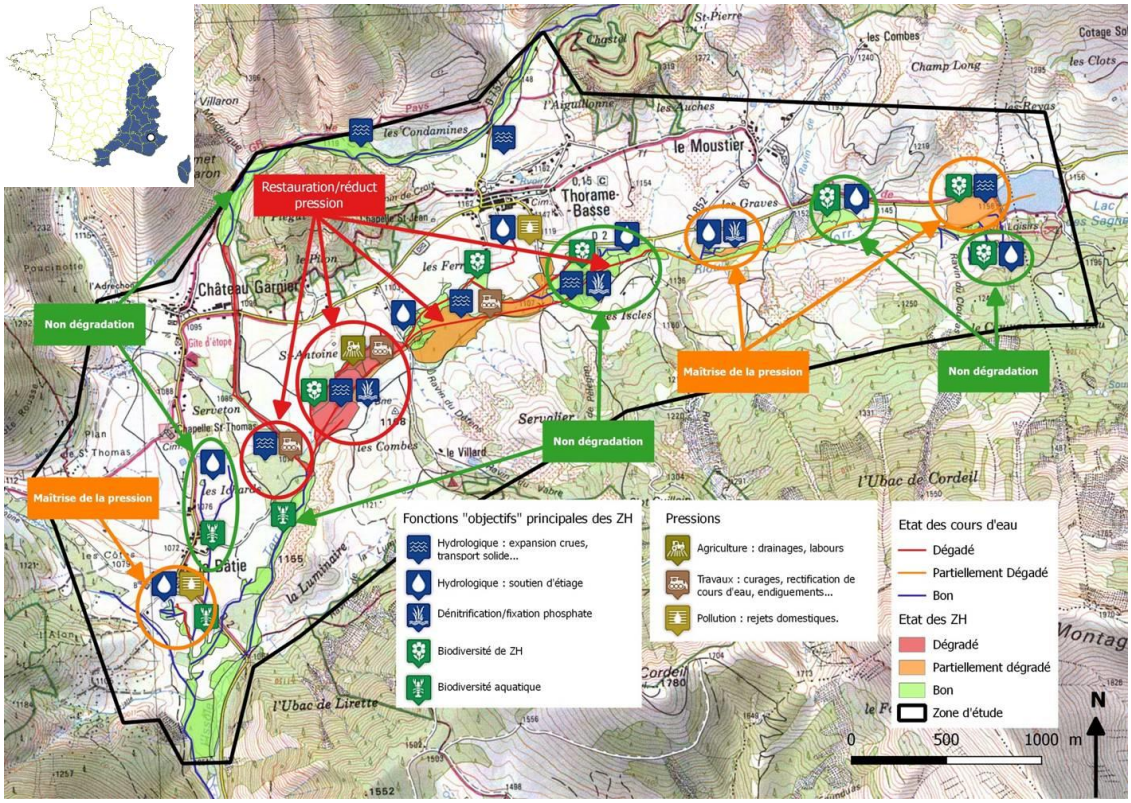


Figure 30. Plan de Gestion Stratégique des Zones Humides dans la vallée du Riou Tort (carte extraite de CEN PACA, 2017)

Plusieurs études s'appuient sur les données récoltées au cours de la production des inventaires de zones humides pour couvrir des espaces plus vastes. Les méthodes basées sur la localisation des inventaires, leurs dimensions et une brève visite de terrain sont parfois considérées comme les plus simples et les plus utiles (Larson, 2009). Certains dispositifs sont donc produits autour des données d'inventaires pour les compléter par des indicateurs permettant de déduire les fonctions à partir de la position dans le paysage, des

formes du relief, des axes de ruissellement ou des types de masse d'eau (Tiner, 2018). Des scores sont parfois attribués lors de la mise à jour des inventaires pour prioriser les zones humides sur lesquelles mener des actions. Ces scores reposent sur une analyse des fonctions à partir d'une expertise de terrain ou de la combinaison de connaissances existantes. Ils peuvent intégrer également, comme dans cette étude sur le bassin du Lez-Mosson Etangs Palavasiens (fig. 31), des données sur l'état des zones humides, les pressions auxquelles elles font face ainsi que les mesures mises en place pour leur protection (Aquascop, Les Ecologistes de l'Euzière, 2011).

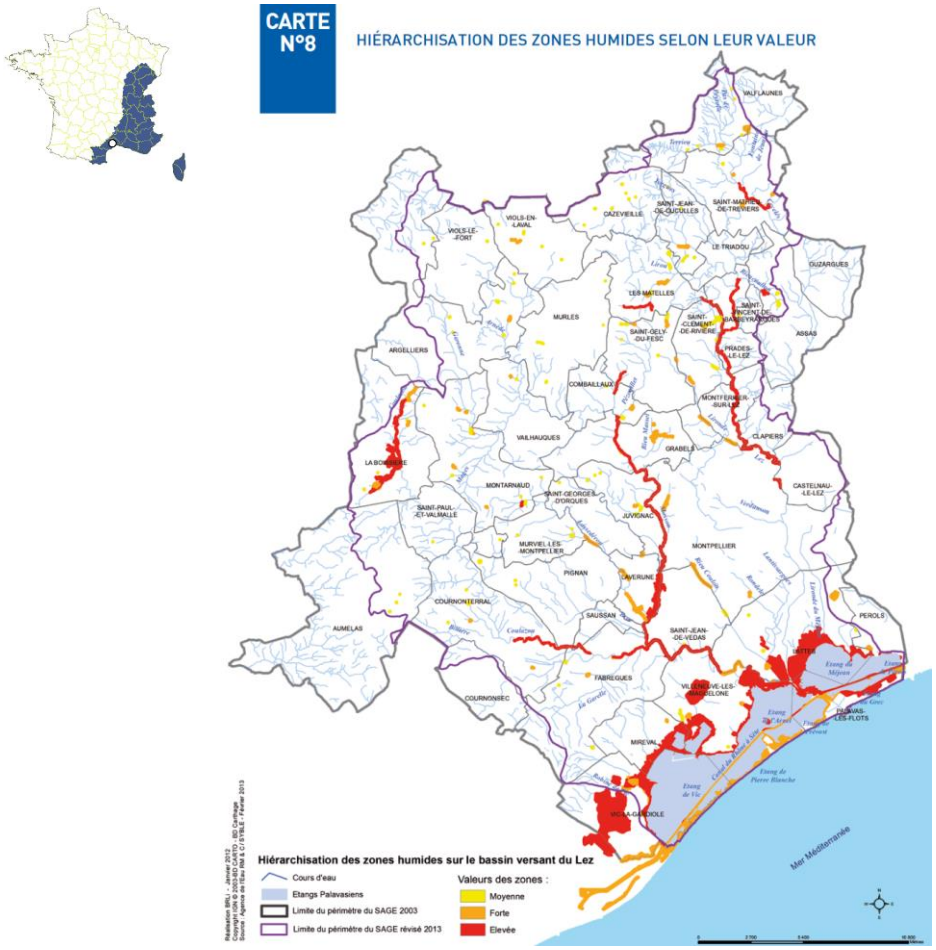


Figure 31. Hiérarchisation des zones humides dans le bassin versant du Lez-Mosson Etangs palavasiens (carte extraite de Aquascop - Les Ecologistes de l'Euzière, 2011)

Certaines méthodes suggèrent à partir de ces scores une hiérarchisation uniquement technique des zones humides. La sphère politique doit choisir, selon son ambition un nombre de zones humides dont la protection et la gestion, voire la restauration, sont prioritaires. D'autres proposent une hiérarchisation technique à partir de laquelle le porteur de projet peut décider du poids à associer à chaque indicateur selon ses objectifs pour l'aider dans sa priorisation des sites sur lesquels agir (Gisbert *et al.*, 2020). Ces

hiérarchisations basées sur des indicateurs de fonctions sont très communes : elles se retrouvent également dans les guides méthodologiques d'autres agences de l'eau (Agence de l'Eau Adour Garonne *et al.*, 2007 ; Agence de l'Eau Rhin Meuse, 2014) et donc dans des méthodes locales dans le cadre de l'élaboration de SAGE ou d'inventaires de zones humides de ces bassins.

Au sein de l'Agence RMC, ces dispositifs produits localement sont appelés « Plan de Gestion Stratégique de Zones Humides de première génération ». Leur maniabilité et interopérabilité expliquent leur prédominance dans les études réalisées localement. Le siège de l'Agence n'est pas convaincu par ces méthodes. Il trouve que ces scores donnent plus d'importance à certains types de zones humides, notamment les plus vastes, majoritairement alluviales, au détriment des plus petites, morcelées, qui pourtant peuvent avoir une importance cruciale (Adamus, 2013). Pour certains auteurs, les zones humides géographiquement isolées remplissent davantage de fonctions car elles s'inscrivent dans une mosaïque paysagère et désynchronise les pics de crues en raison de leur répartition dans le bassin versant (Cohen *et al.*, 2016). Si les termes de *fonctions* et *pressions* sont mobilisés dans ces études, il y a une opposition d'ordre idéologique avec ce que l'Agence souhaite proposer. Pour le siège, le SIG ne doit pas uniquement servir à effectuer des requêtes techniques pour identifier les quelques zones humides ayant le meilleur score, les visualisations cartographiques doivent servir de support à une discussion stratégique avec des non spécialistes des zones humides. Il est donc important que le public qui reçoit ces cartes puisse disposer d'éléments factuels concernant les caractéristiques physiques du territoire et les compromis réalisés entre le fonctionnement des zones humides et les activités humaines. Ainsi, ils considèrent que les indicateurs à l'intérieur des inventaires empêchent la prise en compte des espaces environnants et une approche intégrée. Les zonages constituent un frein pour considérer des processus qui s'inscrivent dans un continuum (Davis *et al.*, 2013). Les zones humides constituent un écosystème particulièrement sensible aux activités en dehors de leurs délimitations réglementaires, notamment en raison des flux hydrologiques souterrains et superficiels qui les alimentent eux-mêmes soumis à des pressions dans des espaces plus vastes (Maltby *et al.*, 2009). Leur maintien dépend donc d'actions en dehors de ces périmètres (Hollis *et al.*, 1988). De plus, l'Agence observe que les cartes produites servent davantage aux acteurs locaux de la gestion des zones humides comme argumentaire pour asseoir la stratégie d'intervention et sont peu réinvesties par les acteurs des politiques d'aménagement.

L'Agence constate donc l'efficacité de ces propositions locales mais estime que les inventaires ne peuvent être une base stable en raison de leur hétérogénéité dans l'ensemble du bassin (cf. chapitre 1). C'est pourquoi, dès la note technique de 2013, elle souligne la nécessité d'appréhender les fonctions dans un espace qui ne soit pas celui des inventaires.

1.2.2. Des stratégies pour définir des inventaires à entreprendre

L'Agence propose donc un renversement de la posture : les inventaires ne seraient plus le point de départ, les requêtes SIG serviraient à définir une stratégie et, si besoin, elles permettraient d'identifier les secteurs dans lesquels produire des inventaires complémentaires. Le bienfondé de cette proposition apparaît confirmé dans une proposition du bassin de l'Aude. Dans ce bassin versant, après une estimation des fonctions dans les zones humides inventoriées et une évaluation dans l'ensemble du bassin à partir de requêtes spatiales, les auteurs notent *a posteriori* que la seconde étape aurait pu les aider dans la définition des zones sur lesquels orienter l'approche de terrain (Hentz et O2TERRE, 2014). Comme elle l'inscrit sur cette carte mise à la fin de son rapport sur laquelle elle distingue sept secteurs, en tiretés sur la carte (fig. 32).

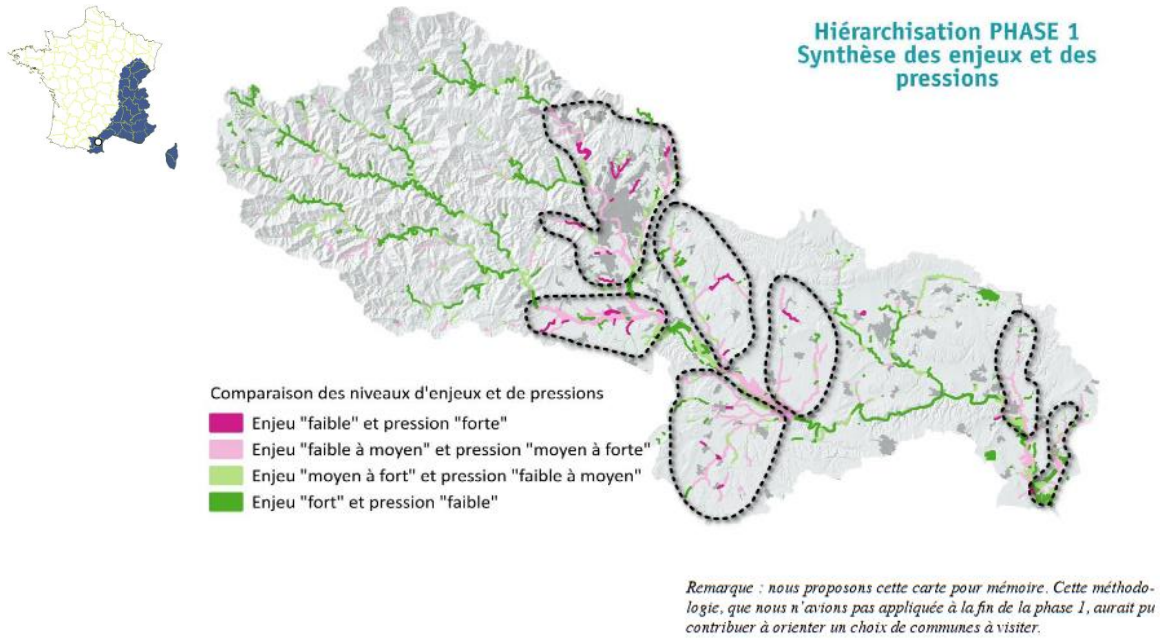


Figure 32. Analyse géomatique des fonctions pour identifier différents secteurs d'intérêt (figure extraite de Hentz et O2Terre, 2014) (à noter que dans cette étude, la notion d'enjeu correspond aux fonctions)

Dans le cadre du SAGE « Gravona, Prunelli, golfes d'Ajaccio et de Lava », l'estimation des fonctions et des pressions est proposée dans un espace correspondant aux zones humides potentielles. Pour l'Agence, il s'agit de la proposition qui répond au mieux à sa demande. Des cartes sont proposées pour chaque sous-

fonctions dans le bassin versant à partir de requêtes SIG (fig. 32). L'Agence souhaite donc pouvoir adapter cette méthode à l'ensemble de ses bassins.

Néanmoins, elle est gênée par la notion de *zones humides potentielles* (Mérot *et al.*, 2006) utilisée par ailleurs comme cadre spatial pour l'évaluation des fonctions (Rapinel, Clément *et al.*, 2019; Rapinel *et al.*, 2016). La définition des zones humides agricoles dans cet espace est un enjeu politique car dans les fonds de vallées, elles sont souvent négligées par les inventaires (Mérot *et al.*, 2006). Dans la perspective de Mérot et ses co-auteurs (2006), ces espaces sont considérés comme d'anciennes zones humides et sont souvent interprétées comme des secteurs à restaurer ; dans celle de l'Agence, ces espaces doivent questionner les pratiques agricoles pour identifier les possibilités de leur coexistence avec les fonctions des zones humides.

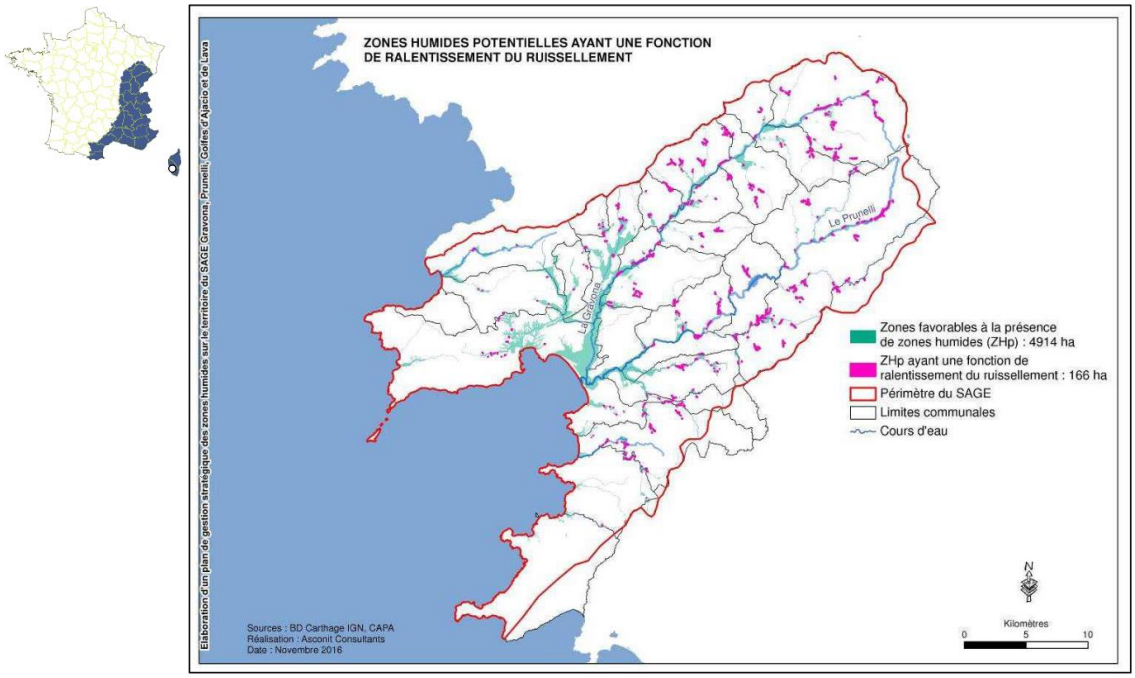


Figure 33. Exemple de carte pour la fonction ralentissement du ruissellement (Asconit Consultants et al., 2016)

L'approche intégrée de la gestion des zones humides est un enjeu majeur pour l'Agence dans ce projet de spatialisation des fonctions : elle veut donc éviter la mise en opposition systématique de l'agriculture avec la présence et le fonctionnement des zones humides. L'Agence propose donc comme alternative de concevoir un espace pour qualifier les fonctions des zones humides, établi à partir de facteurs physiques, tels que le relief et la géologie. Elle souhaite le dissocier des inventaires réglementaires pour en faire un espace sur lequel dialoguer.

Pour conclure, le foisonnement des méthodes issues de ces partenaires et de la littérature scientifique donne à l'Agence une idée très précise de ce qu'elle souhaite ou non pour définir un cahier des charges. L'existence d'approches développées localement confère un statut particulier à cette recherche puisqu'il s'agit de piloter un projet parallèle pour établir une méthode dans le bassin RMC sans remettre en cause les études existantes. Il s'agit donc de concevoir un tronc commun pour les méthodes proposées localement.

1.3. Une demande d'adaptation et de standardisation des méthodes existantes

Dès mon arrivée à l'Agence, pour mon stage de fin de master, ma mission est d'adapter ces méthodes pour qu'elles répondent aux besoins identifiés par le siège. La méthode doit procéder selon des principes communs, grâce à des données homogènes et disponibles dans l'ensemble de son territoire. Les traitements doivent être réalisés à partir de logiciels libres pour être repris par les partenaires locaux qui souhaiteraient intégrer des données complémentaires.

1.3.1. Cahier des charges

L'exercice SIG qui m'est demandé doit répondre à cinq exigences :

1. la méthode doit être efficace dans l'ensemble des bassins Rhône-Méditerranée et Corse : toutes les bases de données mobilisées doivent donc être **continues et homogènes** dans ce territoire. Cela requiert une **standardisation minimum des données et des procédures de traitement** ;
2. la méthode doit représenter les dynamiques structurantes déterminant la formation et le fonctionnement de zones humides sur des pas de temps longs, **certaines zones humides actuellement exploitées par l'agriculture, parfois drainées**, doivent être prises en compte ;
3. les résultats doivent être exprimés de manière **binaire** et non selon différents degrés de probabilité qui, d'après l'expérience de mes commanditaires, focalisent l'attention sur les secteurs les plus probables ;
4. la méthode doit proposer des résultats mobilisables à l'échelle locale sans pour autant remettre en cause la délimitation des zones humides inventoriées. L'Agence constate que dans les logiciels de SIG il est possible de zoomer pour identifier les délimitations des polygones sans considération pour l'échelle de production de la donnée. Elle demande donc de produire **des résultats sous forme matricielle (raster)** pour que, quel que soit le niveau de zoom, la résolution des données ne soit pas perdue de vue ;
5. enfin, la méthode doit être **réplicable par les partenaires techniques de l'Agence agissant au niveau des sous-bassins versants** ; les traitements doivent donc être facilement réalisables sur des ordinateurs classiques à partir de logiciels libres.

Pour remplir ce cahier des charges, il m'est demandé de procéder en deux temps : d'abord localiser un espace plus large que celui des inventaires dans lequel estimer les fonctions et les pressions, puis trouver des indicateurs pouvant être généralisés à l'échelle RMC pour ces fonctions et pressions.

1.3.2. Un guide pour définir un cadre spatial à la qualification des fonctions par SIG

Au lieu d'utiliser les milieux humides potentiels, l'Agence propose de s'appuyer sur des travaux antérieurs, notamment un guide produit en 2012, composé en deux volumes (Chambaud *et al.*, 2012a, 2012b). Le premier présente une méthode pour discerner au sein du bassin Rhône-Méditerranée 62 écorégions, « territoires dotés de caractéristiques globales bien distinctes » (Ivol-Rigault, 1998), dont la délimitation repose sur la prise en compte de la géologie, du relief, du climat, de l'altitude et des étages de végétation (fig. 34-C). Le second comprend une série de fiches, établies par écorégion, présentant la description des configurations locales qui concourent à la présence de zones humides. Elles indiquent les caractéristiques de trois facteurs déterminants pour la présence d'humidité, intitulés « lithologie », « géomorphologie » pour les formes du relief et « facteurs climatiques » (exemples fig. 34, A et B). Le guide a justifié un effort important de vérifications pédologiques sur le terrain. Entre 2017 et 2018, ma mission est donc de repérer les configurations identifiées par le guide à l'aide des SIG pour identifier l'espace dans lequel qualifier les fonctions des zones humides et leurs pressions.

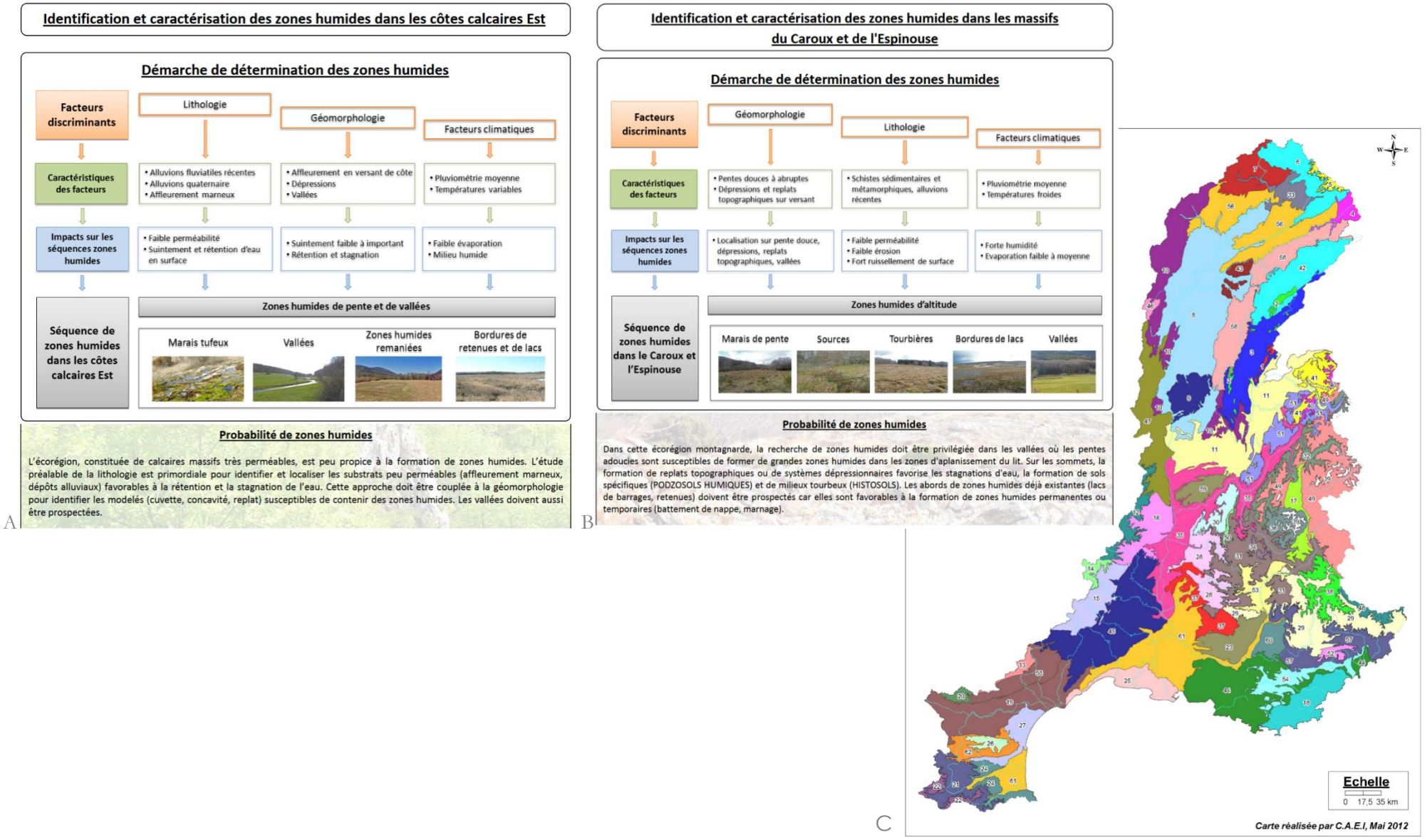


Figure 34.Fiches pour l'identification et la caractérisation des zones humides (A et B) et carte des écorégions dans le bassin (C) extraits du guide (Chambaud et al., 2012b)

Une transposition des concepts écologiques par SIG comme une traduction littérale

La transposition par SIG des critères du guide pour la reconnaissance des zones humides implique de formaliser dans l'outil technique les recommandations qui y sont écrites. Lors de mon stage au siège de l'Agence en 2017, des échanges quotidiens avec mes commanditaires, également rédacteurs de ce guide, permettent l'ajustement des propositions SIG par itération (fig. 35). La régularité des échanges est maintenue lors de ma mission de 2018. L'Agence précise la demande jusqu'à la validation des propositions.

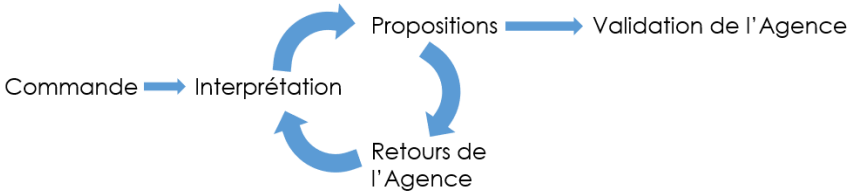


Figure 35. Une réponse à la commande par itération jusqu'à la validation de l'Agence

Cette traduction correspond à un changement de langage et à une montée en exigence dans la syntaxe puisque le SIG exige un certain formalisme. En reprenant les travaux de Bruno Latour, Nicholas Chrisman (1999) indique que la traduction d'objets géographiques par SIG, ne peut en restituer l'entièreté du sens. De même, Dominique Vinck (2009) écrit que « L'objet intermédiaire ne se réduit pas à l'intention de son auteur. La matérialisation introduit quelque chose de nouveau, un glissement, qui n'est pas nécessairement voulu ni contrôlé, voire une trahison. L'objet résultant réalise autre chose que ce qui était voulu ». La traduction est donc une réduction puisque « l'ordinateur ne connaît des objets qu'il manipule que les propriétés que l'expert parvient à formaliser et à lui indiquer » (Feyt, 2002). Cette réduction s'opère à la faveur d'une possibilité de traiter de grands volumes d'information et de démultiplier les traitements autorisés dans de vastes territoires. La transposition par SIG implique de simplifier les processus à l'origine de la présence et du fonctionnement des zones humides.

Les zones humides potentielles pour objet de comparaison

Si l'Agence souhaite proposer un espace qui ne corresponde pas aux zones humides potentielles, il semble important de comparer les différences entre ces espaces pour comprendre leurs similitudes et différences. Bien que l'objectif des auteurs de la carte des milieux potentiellement humides ne soit pas le même que celui de l'Agence, il procède tout de même de modélisation du caractère humide à partir du traitement de données physiques.

En 2017, durant la première phase de l'étude, nous retenons plusieurs méthodes pour comparaison issues de la littérature grise, proposées par d'autres agences de l'eau (Agence de l'Eau Artois-Picardie, s.d. ; Asconit Consultants et Isthme, 2011 ; Gallia Sana *et al.*, 2006), des partenaires locaux, notamment dans le contexte de Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (Pierre, 2002 ; TTI Production et Acer Campestre, 2012 ; Jarleton, 2009) ou de Plans de Gestion Stratégique de Zones Humides avant-gardistes (Asconit Consultants *et al.*, 2016). Parallèlement, nous investiguons les méthodes proposées par la sphère scientifique

(Lebaut et Manceau, 2015 ; Mazagol *et al.*, 2008 ; Mérot *et al.*, 2006 ; Zro *et al.*, 2014) et notamment le précédent programme de modélisation des milieux potentiellement humides de France (Berthier *et al.*, 2014).

1.3.3. Définir des indicateurs homogènes de fonctions des zones humides dans ses bassins

Concernant les indicateurs en eux-mêmes, l'Agence spécifie sa volonté de suivre une discrétisation thématique en trois fonctions majeures : hydrologique, biogéochimique et biologique. Elle tient à maintenir une distinction rigoureuse entre les *fonctions*, processus internes à l'écosystème, et les *services* qui en découlent, c'est-à-dire les bénéfices que la société peut en tirer (Costanza *et al.*, 1997). Pourtant plusieurs auteurs notent la porosité entre ces notions dans l'usage (Fustec et Lefeuvre, 2000 ; Jax, 2005 ; Triplet, 2019).

Nos traitements SIG doivent traduire la note du secrétariat technique du SDAGE (Duffy *et al.*, 2013) qui préconise de distinguer d'une part les fonctions des zones humides et d'autres part les pressions qui s'exercent. Au croisement de ces deux espaces se trouvent les secteurs dans lesquels les fonctions sont menacées par des pressions : « secteurs à enjeux » sur lesquels discuter de la stratégie à mettre en place. Si la fonction n'est pas menacée ou si la pression n'atteint pas la zone humide, il n'y a pas d'enjeu, pas à faire de choix stratégiques. Encore une fois, une traduction par SIG est attendue. Il s'agit de modéliser les fonctions, modéliser les pressions puis d'identifier les secteurs où ces deux couches de données se recoupent. Le SIG doit accélérer la phase de diagnostic au profit d'un allongement du temps consacré à la concertation. C'est pourquoi, il faut que la proposition soit rapide à réaliser, sans moyen particulier. Il s'agit uniquement de fournir les grandes orientations, des études plus approfondies pouvant intervenir dans un second temps.

Dans cette première itération, le temps consacré au développement des indicateurs de fonctions et pressions est plus court que celui de la traduction du guide pour la reconnaissance des zones humides. Il s'agissait surtout de construire une méthode qui puisse être affiné *a posteriori*, au cours du doctorat. Deux objectifs peuvent être identifiés : montrer la pertinence du cadre conceptuel fonctions-pressions et identifier les possibilités d'amélioration dans le cadre de la recherche doctorale à venir. C'est pourquoi les méthodes existantes ont été largement réinvesties.

Le développement de méthodes repose donc sur des instruments existants, validés scientifiquement, dont l'Agence souhaite se saisir pour accompagner un changement dans ses politiques zones humides. Ces outils sont donc réemployés pour d'autres finalités : la modélisation spatiale doit servir à la réflexion sur les grands principes d'aménagement et de gestion. Cela s'inscrit en opposition avec la littérature nord-américaine dont la qualification des fonctions sert de support aux dispositifs juridiques de protection des zones humides et répond aux désirs de cadre politique et réglementaire fort (Maltby *et al.*, 2009).

2. Du guide technique à l'« espace humide de référence » : un cadre spatial pour la qualification des fonctions

La première étape consiste donc à identifier un espace pour qualifier les fonctions des zones humides, plus stable dans le temps que les inventaires à partir du guide publié quelques années auparavant (Chambaud *et al.*, 2012b).

2.1. Traduire les recommandations d'un guide technique

Les paragraphes suivants présentent la recherche de données et de traitements pour proposer la traduction la plus fidèle possible des préconisations du guide technique par SIG.

2.1.1. Choix des bases de données

Chaque paramètre identifié par le guide (fig. 34) fait l'objet d'une recherche de données spécifiques.

Le paramètre « facteurs climatiques »

L'Agence demande une modélisation qui puisse contextualiser le fonctionnement des zones humides à l'aide d'un cadre relativement invariant à l'échelle humaine, ce qui légitime l'attention portée aux formations géologiques et au relief, plus qu'aux « facteurs climatiques ». Dans le guide, sous le critère « facteurs climatiques » sont décrits les caractéristiques de l'écorégion qui concourent à la présence de zones humides. Les délimitations des écorégions, qui intègrent le climat, sont donc utilisées pour identifier, à l'intérieur de ces enveloppes, les formations géologiques et les configurations de reliefs propices à la présence et au fonctionnement des zones humides.

Cette couche des écorégions est réalisée à l'échelle du bassin, il n'y a pas de métadonnées précisant l'échelle de digitalisation mais en zoomant au niveau des sous-bassins, nous pouvons observer que la position du trait a peu de sens localement. Cela impose une vigilance dans ces secteurs.

Le paramètre « lithologie »

Pour appréhender le paramètre « lithologie », nous mobilisons les données des cartes géologiques car « la perméabilité d'une formation lithologique donnée oriente sensiblement le type de pédogénèse [et qu']une lecture attentive des cartes géologiques aboutit facilement à délimiter les compartiments ayant des propriétés communes vis-à-vis des transits d'eau » (Oberti *et al.*, 2003). Ces cartes couvrent l'entièreté du bassin et leur échelle de validité, au 1/50 000, permet une utilisation locale. Elles sont issues d'une longue période d'acquisition qui s'étend sur plus de soixante-dix ans et fait intervenir près de 3000 géologues (Bouscary, 2020). Leur production est basée sur des observations réalisées sur le terrain, au niveau d'affleurements par exemple, qui font ensuite l'objet d'une interprétation et d'une extrapolation. Pour l'Agence, le travail de terrain investi lors de la production de ces cartes permet leur croisement avec des données de plus haute résolution spatiale si l'incertitude liée à son mode production n'est pas perdue de vue.

Ces cartes ont récemment été vectorisées et harmonisées dans une base de données appelée Charm-50. Ce travail colossal entrepris par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) peut être localement source d'erreurs ou d'imprécisions, notamment dans la reclassification ou la délimitation de certaines entités. Les divergences entre deux feuilles se retrouvent parfois dans la base de données numérique et soulignent ainsi la dimension d'interprétation de la production des cartes ou de leur homogénéisation.

L'accès à ces données est encore restreint en 2017, lors de mon stage à l'Agence. En l'absence d'accord entre l'Agence et le BRGM, nous nous contentons d'abord de l'exploitation d'un flux WMS pour traiter les données géologiques de deux sous bassins versants et mesurer leur efficacité. En utilisant quelques astuces techniques pour récupérer et traiter ces données matricielles, je fais l'expérience que les données peuvent

aisément être récupérées pour un usage qui n'était pas prévu par le producteur (Catteau, 2017). Une convention est établie lors de la mission suivante pour accéder aux polygones vectoriels représentant les formations géologiques avant que ces données ne soient mises à disposition en libre accès en 2019. Cela s'explique par la nouvelle politique mise en place par le BRGM pour l'OpenData dans le cadre de son engagement dans le plan national pour la science ouverte (BRGM, 2019). Cet événement est à replacer dans le contexte historique des évolutions réglementaires récente au niveau national et européen favorisant l'accès et l'interopérabilité des données relatives à l'environnement. Cet accès facilité a permis d'explorer les possibilités de cette base de données vectorielle couvrant l'ensemble des bassins Rhône-Méditerranée et Corse, notamment dans le cadre d'un stage réalisé par un autre étudiant en 2019 (Bouscary, 2020). La mise à disposition de ces données étant très récente, aucune méthode antérieure n'intègre des données géologiques à une résolution aussi fine.

Dans notre étude, pour traduire les recommandations du guide, chaque entité correspondant aux formations géologiques est reclassée selon son rôle dans la présence et le fonctionnement des zones humides. Il s'agit de repérer les formations imperméables favorisant la rétention de l'eau ou les formations plus perméables des fonds de vallées accueillant une nappe alluviale pouvant affleurer. L'interprétation du caractère déterminant d'une formation pour la présence et le fonctionnement d'une zone humide est parfois peu évident puisque ces données ne sont pas produites pour cet usage. Elle s'appuie sur la lecture des notices accompagnant les cartes papier, les préconisations du guide et l'expertise de mes encadrants.

Des données pédologiques pourraient préciser cette interprétation, les seules disponibles dans l'ensemble du bassin RMC sont cependant relevées au 1/1 000 000 (INRA, 2018). Les données plus fines ne couvrent pas l'ensemble du territoire et sont trop hétérogènes pour les intégrer au modèle dans l'ensemble du bassin, elles interviendront *a posteriori*, comme un moyen d'affiner localement la modélisation par les experts locaux.

Le paramètre « géomorphologie »

Ce paramètre du guide correspond aux formes du relief. Pour les appréhender, nous recourrons aux Modèles Numériques de Terrain (MNT) qui constituent la donnée essentielle pour repérer les secteurs favorables à l'accumulation ou au ralentissement du ruissellement (Moore et al., 1991) et donc à la présence de zones humides. Plusieurs MNT sont mis à disposition par l'institut national de l'information géographique et forestière (IGN) à de multiples résolutions : de 1 à 75 m (RGE ALTI®, BD ALTI®) sur l'ensemble des bassins. La BD ALTI® est désormais calculée à partir des données du RGE ALTI® ; ce MNT, dont la résolution spatiale est désormais de 1 m, est issu de campagnes de LIDAR aéroporté ou de corrélation d'images aériennes.

Dès lors, si la précision de ces données n'est plus un caractère limitant pour la modélisation, il convient de réfléchir aux autres critères pour choisir la résolution optimale :

- un critère conceptuel : quelles résolutions mettent en évidence les configurations de relief relativement invariantes à l'échelle de la vie humaine et déterminante pour le fonctionnement des zones humides ?

- un critère technique : quelles résolutions permettent des traitements réalisables quel que soit l'ordinateur utilisé pour des temps de calcul raisonnables ?

L'Agence souhaitant une échelle de validité au 1/25 000, nous choisissons trois résolutions spatiales : des données à 5 m, un rééchantillonnage de ces données à 15 m et des données à 25 m.

2.1.2. Choix des traitements et résolutions

Dans chaque écorégion, la géologie et le relief déterminants pour la présence et le fonctionnement des zones humides sont donc recherchés pour identifier un espace qui remplit ces deux critères. Le traitement des données géologiques est conceptuellement assez simple puisqu'il s'agit d'une reclassification des entités. En revanche, la détermination des configurations de relief à partir des données topographiques nécessite davantage d'attention.

2.1.2.1. La forme du relief, un paramètre au cœur de l'attention

Puisqu'aucune donnée ne traite directement de la géomorphologie, ce paramètre a nécessité des expérimentations pour tester des données à différentes résolutions et plusieurs algorithmes de traitement. Contrairement aux données géologiques qui fournissent une information qualitative dans chaque polygone de la base de données, les données topographiques sont disponibles au format matriciel (raster) et ont pour propriété d'être continues et quantitatives. Cette spécificité permet de nombreux calculs et traitements spécifiques. Pour débuter notre recherche, nous avons d'abord listé les différentes configurations de relief apparaissant dans le guide :

- Les secteurs plats, tels que les larges fonds de vallée, les plateaux, les plaines, les replats topographiques ;
- Les dépressions et micro-dépressions ;
- Les talwegs et vallons ;
- Les pentes favorables ;
- Les secteurs situés en altitude.

Pour chacune d'entre elle, nous recherchons des traitements adaptés.

2.1.2.2. Une exclusion des indices traditionnellement utilisés

Plusieurs indices topographiques sont souvent mobilisés pour localiser, à partir d'un MNT, les secteurs propices aux zones humides. C'est le cas de l'indice topographique d'humidité (*Topographic Wetness Index*, TWI), basé sur les travaux de Keith J. Beven et Michael J. Kirkby (1979). Il estime, pour chaque cellule du MNT, l'aire drainée en amont, également appelée « aire contributive », et la pente locale. Cet indice s'appuie sur le calcul suivant :

$$Indice\ Topographique\ d'Humidité = ln\left(\frac{a}{\tan(b)}\right)$$

a : aire drainée en amont

b : pente locale

Ainsi, plus l'aire drainée en amont est vaste et plus la pente locale est faible, plus le secteur est favorable à l'accumulation de l'eau. Cet indice est très fréquemment utilisé pour l'identification des secteurs avec une forte probabilité de présence de zones humides. Toutefois, dans les secteurs plats, les pentes nulles engendrent des divisions avec un dénominateur nul, cela provoque des résultats difficilement interprétables. L'algorithme SAGA Wetness Index, adaptation du TWI disponible dans le logiciel SAGA GIS, est souvent utilisé pour contourner ce problème puisqu'il permet de baser les calculs sur les surfaces contributives modifiées (Conrad *et al.*, 2015).

Néanmoins, cet indice topographique omet certains secteurs qui pourraient être favorables s'ils sont associés à des conditions géologiques propices. C'est le cas de zones humides localisées sur des plateaux dont le substrat est imperméable ou de zones humides de pentes, liées à des résurgences ou à des conditions climatiques spécifiques. L'indice les omet soit en raison de l'aire drainée en amont trop faible, soit en raison de leur pente locale trop forte. C'est la raison pour laquelle l'étude menée à l'échelle de la France métropolitaine pour la localisation des milieux humides potentiels, qui intègre ce paramètre, identifie peu de secteurs favorables aux zones humides dans les Alpes, le Massif central ou les Pyrénées (Berthier et al., 2014). Ainsi, bien que régulièrement utilisé dans la littérature, cet indice n'est pas retenu pour la reconnaissance du fonctionnement humide par écorégion. La possibilité de valoriser les éléments du guide prime sur la reprise d'autres méthodes éprouvées dans la littérature scientifique et technique.

2.1.2.3. Une intégration des modules plus récents

Reprenant les travaux de Pierre-Olivier Mazagol et ses collègues (2008), l'Agence de l'eau Adour-Garonne, utilise la méthode du module *r.param.scale* de GRASS GIS (GRASS Development Team, 2017) qui permet d'obtenir l'Indice de Position Topographique (Topographic Position Index) et d'appréhender ainsi les formes du relief pour localiser les zones à dominante humide (Asconit Consultants et Isthme, 2011). L'option *feature* de ce module discerne ces formes à partir du MNT par comparaison de la valeur de chaque maille à celle des cellules avoisinantes Wood (1996). Ainsi, six configurations, assimilées à des formes du relief, peuvent être discernées (fig. 36).

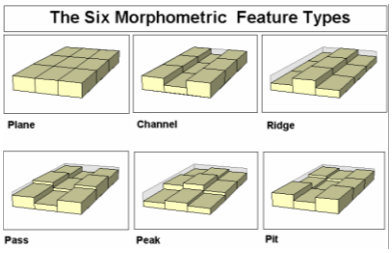


Figure 36. Formes élémentaires du relief : Plan, Talweg, Crête, Col, Sommet, Dépression (Wood, 1996)

Cette méthode, fondée sur l'analyse des pixels voisins, produit des résultats parfois difficilement interprétables et fortement marqués par les rangées de pixels de la donnée en entrée.

L'extension *r.geomorphon* de GRASS GIS, apparue plus récemment, permet également de mettre en évidence les formes du relief. Contrairement à *r.param.scale*, elle ne prend pas en compte les valeurs des cellules voisines immédiates mais s'inspire du principe de ligne de mire développé par Yokoyama et ses

coauteurs (2002). Cette méthode, basée sur les travaux de Jasiewicz et Stepinski (2013), adapte la distance à prendre en compte selon la notion de *terrain openess*. Il s'agit de calculer le rapport entre ce qui est appelé l'angle au zénith (*zenith angle*) et l'angle au nadir (*nadir angle*) au sein d'un rayon défini par l'utilisateur (*lookup distance*) (fig. 37). Ce rapport entre les angles du zénith et du nadir, calculé pour chaque maille du MNT dans huit directions, permet de considérer uniquement les voisins visibles les plus lointains compris dans le rayon de recherche (*lookup distance* / *search distance*) (fig. 37). Ce concept permet de s'affranchir des petites variations locales que peut engendrer l'étude des voisins immédiats (Jasiewicz et Stepinski, 2013), c'est pourquoi ce module est préféré au module *r.param.scale*. Cependant, il peut nécessiter des temps de calcul plus longs.

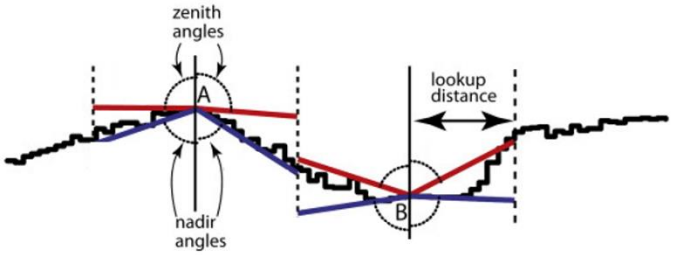


Figure 37. Angles du zénith et angles du nadir au sein de rayons de recherche (Jasiewicz & Stepinski, 2013)

Un petit rayon de recherche permet de détecter les formes du relief locales de dimension restreinte. *A contrario*, une valeur élevée permet de mettre en évidence les grandes formes du relief qui structurent le paysage (Jasiewicz et Stepinski, 2013). Ce rayon a été fixé à 500 m car une valeur supérieure engendre davantage de temps de calcul pour un résultat relativement similaire et une valeur inférieure met moins en évidence les formes structurantes du paysage. Pour le paramétrage des modules qui permettent de classifier les formes du relief, le seuil de 2° a été attribué pour distinguer les surfaces planes. En effet, le microrelief, lié aux routes, aux talus, ou simplement à la différence d'unité engendre du bruit.

Chaque cellule du MNT est donc comparée aux 8 valeurs des voisins visibles les plus lointains (fig. 38-A). Les altitudes équivalentes à la valeur de la cellule centrale sont représentées par un point vert, celles plus basses en bleu et celles plus hautes en rouge. Selon la configuration des huit valeurs, dix formes peuvent être distinguées (fig. 38-B) qui permettent de retrouver les configurations décrites dans le guide.

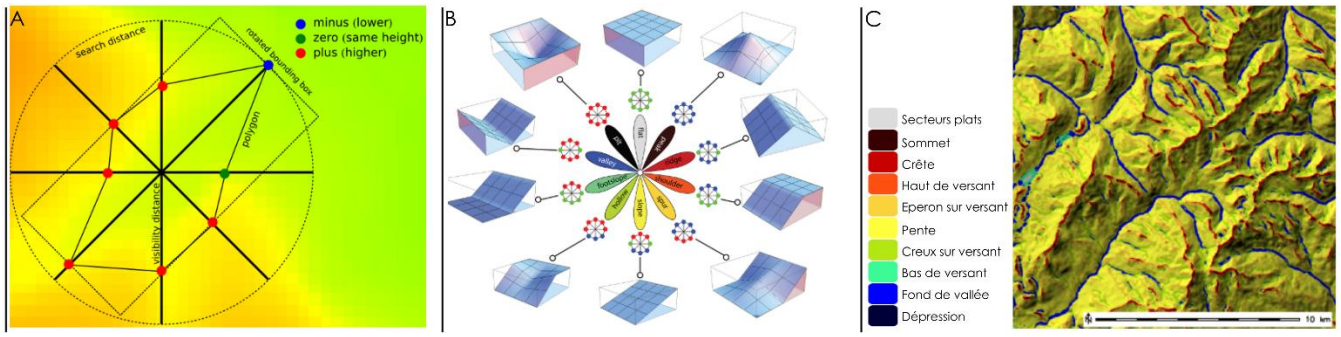


Figure 38. Module r.geomorphon : A – Localisation des points visibles les plus lointains sur les 8 axes autours de la cellule centrale, B – Identification de 10 configuration de relief, C – Exemple de résultat cartographique (D'après le manuel de GRASS GIS (GRASS Development Team, 2017))

2.1.2.4. Des tests pour choisir la résolution des données

Les caractéristiques du relief sont dérivées d'un MNT. Il convient de s'interroger sur la taille de la maille la plus pertinente. Les résolutions spatiales choisies par les études précédentes cherchant à mettre en évidence les secteurs favorables aux zones humides oscillent entre 25 et 100 m (Asconit Consultants et Isthme, 2011; Berthier *et al.*, 2014; Mazagol *et al.*, 2008).

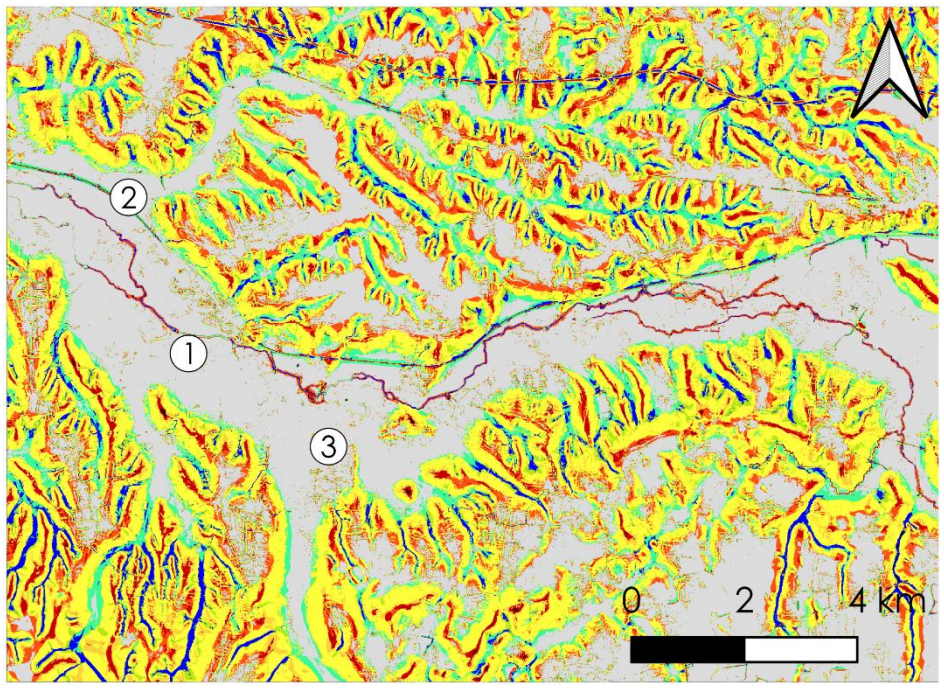
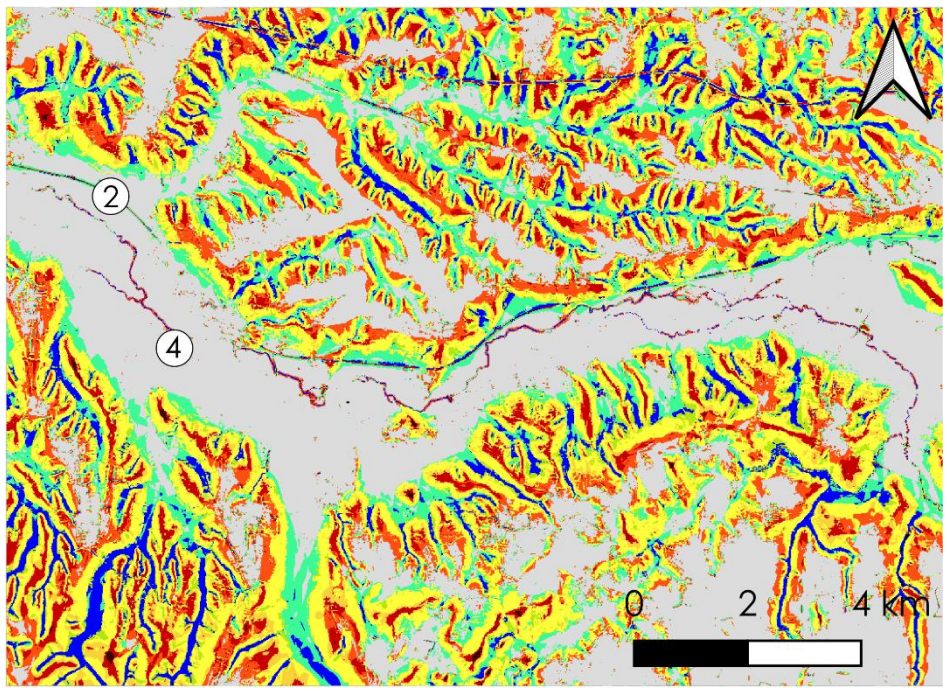
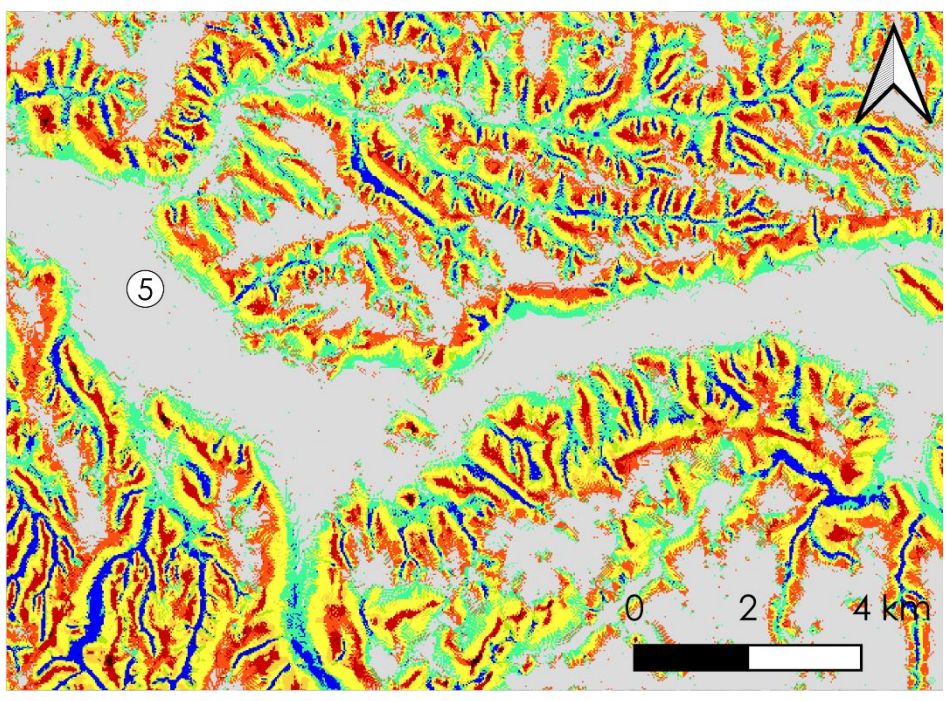
Une comparaison de l'incidence de la résolution des MNT pour l'identification des formes du relief a été mise en œuvre. Elle est appliquée à trois jeux de données topographiques dans le bassin de la Veyle, dont la surface couvre 675 km² (tab. 2). Il s'agit de données de l'IGN dont la résolution spatiale est de 5 m (RGE ALTi), des mêmes données rééchantillonnées à un pas de 15 m et des données fournies à 25 m (BD ALTi). Des tests ont été réalisés à partir de données à 50 m, pour être davantage en phase avec les données géologiques au 1/50 000. Cependant, dans les bassins versants tests, la largeur de nombreux fonds de vallées est inférieure à 50 m et ils n'apparaissent pas à cette résolution. Les données à 5 m à disposition en 2017 ne couvrant pas la totalité du bassin, un secteur d'environ 13 km², soit 1,5% du bassin, est manquant (tab. 2).

La comparaison des résultats produits à partir de différentes résolutions questionne la dimension fractale des formes du relief décrites dans le guide. En effet, une « dépression » ou un « replat sur versant » ne correspond pas au même objet s'il est identifié à partir de données à 5 ou à 25 m de résolution spatiale.

Après comparaison, la résolution au pas de 25 m est retenue. Elle met en évidence les formes structurantes dont dépend la présence et le fonctionnement des zones humides. En effet, ces formes sont relativement stables dans le temps par rapport aux éléments identifiés avec des résolutions à 5 ou 15 m, tels que les routes, le réseau de fossé ou le lit mineur des cours d'eau.

Les résultats des tests méthodologiques révèlent donc qu'un raster de 25 m de résolution permet de veiller à l'échelle et à l'ontologie des formes du relief (Drăguţ et Eisank, 2011) pour qu'elles soient cohérentes avec le fonctionnement des zones humides.

Tableau 2. Comparaison de l'incidence de la résolution des données topographiques dans le bassin de la Veyle

Résolution	Étendue	Nombre de cellules dans la fenêtre de calcul	**Temps de calcul**[1] pour les formes du relief (r.geomorphon)	Résultats	
5m	Ne couvre pas le secteur aval (~13km²)	57 254 760	89min52sec		- Lit mineur quasi-continu identifiable dans le fond de vallée (1) - Axes routiers et ferroviaires (2) discernables dans certains secteurs mais apparaissent parfois comme vallées lorsque légèrement encaissées - Artefacts liés au bocage, au réseau de fossés ou à la microtopographie (3)
5m ré-échantillonné à 15 m	Ne couvre pas le secteur aval (~13km²)	6 360 855	3min35sec		- Axes routiers et ferroviaires (2) discernables dans certains secteurs - Lit mineur davantage discontinu (4) - Artefacts liés au bocage, au réseau de fossés ou à la microtopographie
25m	Couvre l'ensemble du bassin versant	2 290 473	1min37sec		- Représentation homogène du fond de vallée (lit mineur non-discernable) (5) - Axes routiers et autoroutiers non-discernables

[1] Les temps de calcul sont donnés à titre indicatif. Bien qu'ils soient variables selon les ordinateurs utilisés, ils permettent de souligner les différences relatives.

2.1.2.5. Un module insuffisant pour appréhender les talwegs et vallons

Le guide technique demande d'identifier les fonds de vallées, or le module *r.geomorphon* segmente cet objet géographique en plusieurs catégories (vallée, pied de versant, creux) ce qui les rend difficilement perceptibles. D'autres méthodes doivent être recherchées.

Le talweg est un objet linéaire, par définition, il correspond à « la ligne unissant les points bas d'une vallée » (Derruau, 2010). Or, la commande est de localiser des espaces dans lesquels il existe un fonctionnement particulier, donc des surfaces. C'est pourquoi les talwegs ont été rapprochés des expressions « vallon » et « vallée » pour les transposer à l'aide des SIG. Les fonds de vallées peuvent être définis comme des secteurs plats entre deux versants, l'algorithme de SAGA GIS « Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness (MRVBF) » est adéquat pour cette définition puisqu'il identifie les vallées à fond plat selon la réalisation d'indices topographiques à plusieurs résolutions. Cependant, le cas de la Veyle montre que cet algorithme ne repère aucune des vallées faiblement encaissées sur les plateaux qui sont pourtant marquées par la présence de zones humides. Dans le dictionnaire encyclopédique de l'Écologie et des Sciences de l'Environnement, les vallons sont définis comme une « structure géomorphologique caractérisée par une dépression allongée généralement creusée dans le substratum rocheux par l'érosion due à un cours d'eau » (Ramade, 2002). Il semble en effet important de considérer l'aspect hydrologique pour transcrire la continuité des écoulements. Nous retenons que les vallons correspondent à des dépressions allongées de plusieurs dizaines de mètres au sein desquelles se concentre le ruissellement. Dans cette perspective, nous choisissons de mobiliser des rasters d'accumulation de flux qui indiquent en chaque maille la surface drainée depuis l'amont. Puis, pour distinguer les surfaces qui concentrent le ruissellement le long des talwegs ou vallons, nous définissons un seuil de manière empirique.

Là encore, plusieurs méthodes existent pour créer des rasters d'accumulation de flux. Nous retenons celle du logiciel SAGA GIS, nommée Flux Accumulation (Top-Down) de Conrad (2001-2016), dont le résultat paraît moins sensible à l'aspect rectiligne du format matriciel en raison de l'intégration de la méthode Multiple Flow Direction (Freeman, 1991). Le MNT est corrigé au préalable pour permettre la continuité des écoulements de l'amont vers l'aval puis le calcul de l'aire drainée.

2.1.2.6. Intégrer les zones humides de pente, un défi technique

La pente constitue un élément essentiel à prendre en compte puisque la topographie constitue le facteur prédominant expliquant les mouvements de l'eau (Mérot *et al.*, 2006). Néanmoins, aucun seuil précis n'est fourni dans la littérature pour définir les pentes propices au

ralentissement du ruissellement qui conditionne la présence de zones humides. En effet, à pente égale, la rétention de l'eau varie selon la texture du sol, sa perméabilité et la rugosité de la végétation sus-jacente (Mazagol *et al.*, 2008).

Les campagnes de terrain réalisées dans le cadre de l'élaboration du guide pour la reconnaissance des zones humides mettent en évidence qu'au-delà d'une certaine altitude, dont le seuil est variable selon la localisation géographique, la présence de zones humides est systématique dès qu'il y a du sol (Chambaud *et al.*, 2012a). Cela s'explique par la prédominance du facteur météorologique : précipitations abondantes, humidité ambiante importante ou températures qui limitent l'évapotranspiration. Quels que soient le relief et les matériaux géologiques, les sondages pédologiques présentent des indices d'hydromorphie dès la surface. Ainsi, dans la méthode SIG développée, toutes les surfaces sont considérées comme zones humides au-delà d'une certaine altitude propre à chaque écorégion concernée.

Le guide pour la reconnaissance des zones humides indique également que dans certaines écorégions, des secteurs en pente peuvent être favorables à la présence de zones humides en raison de leur configuration, du substrat superficiel ou de circulations d'eau hypodermiques (Chambaud *et al.*, 2012a). Ce critère de *pente favorable* s'avère toutefois subjectif et nécessite de définir des seuils de pente pour l'intégrer dans la modélisation. Cela révèle la difficulté de la traduction par SIG : l'expert connaît les situations de reliefs qui déterminent la présence de zones humides mais leur transposition dans le formalisme du SIG n'est pas aisée, la compétence individuelle est difficilement partageable. Traduire la pente par SIG implique de choisir une méthode de discrétisation. Les seuils préconisés dans la littérature pour définir les pentes propices aux zones humides varient de 1 à 6° dans les méthodes qui en suggèrent (Jones *et al.*, 2009 ; Mazagol *et al.*, 2008 ; Niu *et al.*, 2009 ; Pierre, 2002 ; TTI Production et Acer Campestre, 2012 ; Zro *et al.*, 2014). Pour ne pas avoir à déterminer un seuil fixe, certains proposent un gradient de favorable à défavorable. Toutefois, cela engendre un résultat présentant différents degrés de probabilité (Jarleton, 2009 ; Jones *et al.*, 2009 ; Pierre, 2002 ; Zro *et al.*, 2014) et cela est exclu par le cahier des charges de l'Agence qui impose un résultat binaire. Il est également possible d'intégrer un seuil de pente différent selon la distance au cours d'eau (TTI Production et Acer Campestre, 2012) ou selon l'altitude (Mazagol *et al.*, 2008). Le seuil de pente est donc un critère qui doit être adapté localement. À un moment donné, il était question d'adapter le seuil selon l'altitude, l'orientation des versants ou encore selon les étages de végétation : le modèle est améliorable à l'infini. Finalement, nous proposons d'établir un seuil pour chacune des écorégions.

Des expériences sont menées pour dimensionner les seuils à l'aide des inventaires de zones humides et des degrés de pente qui y sont observés. Les seuils ne doivent être ni trop lâches, pour ne pas considérer l'ensemble du territoire, ni trop restrictifs, ce qui conduirait à manquer certaines zones humides de pentes. La pente est d'abord calculée selon les valeurs des altitudes adjacentes.

Puis, pour chaque écorégion, les inventaires servent à calibrer le modèle, malgré leur couverture hétérogène du territoire ils présentent une diversité de situations essentielle à la calibration du modèle. Une distribution statistique est produite pour représenter les valeurs de pentes des pixels présents à l'intérieur des délimitations de zones humides d'inventaire. Cette démarche révèle qu'au sein de ces périmètres, les degrés d'inclinaison sont très variables selon les caractéristiques de l'écorégion (fig. 39). Par exemple, dans les écorégions de montagne telles que l'écorégion 49 « massifs des alpes internes » où les secteurs plats sont rares, il existe des zones humides dans des situations avec des degrés d'inclinaison parfois importants (arène d'altération, colluvions…).

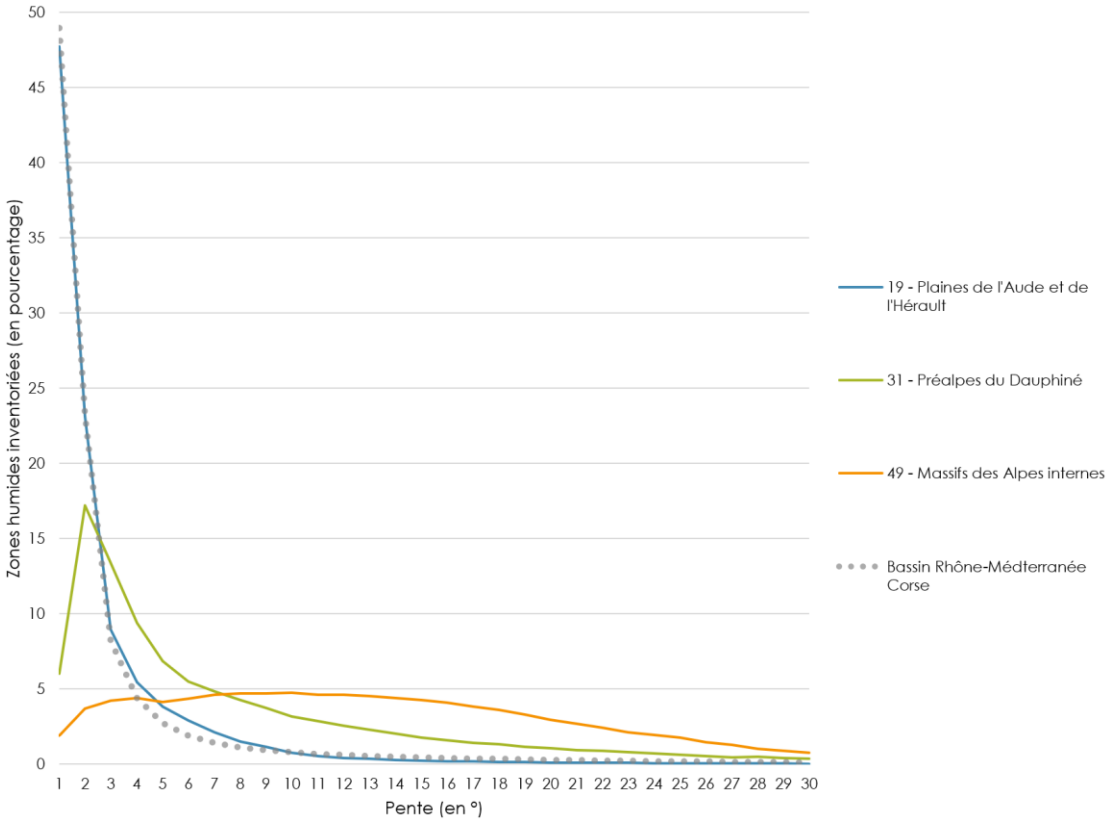


Figure 39. Pentes calculées à partir du MNT dans les inventaires de zone humide, exemple de distributions pour 3 écorégions aux profils différents et pour l'ensemble des inventaires du bassin Rhône-Méditerranée

Des valeurs extrêmes peuvent être observées parmi les valeurs de pente observées à l'intérieur des inventaires, cela peut s'expliquer par le fait que :

- certains inventaires sont numérisés de manière grossière et sont très englobants, ils peuvent donc intégrer les versants abrupts qui bordent certaines zones humides ;
- dans les écorégions de montagne puisque le calcul de la pente est moyenné pour chaque cellule selon celles adjacentes, les pentes, parfois très abruptes, en bordure des zones humides peuvent être intégrées. Cela peut être la conséquence de la précision du MNT (Niu *et al.*, 2009).

Pour limiter ces valeurs extrêmes, les plus élevées sont exclues ; le seuil de pente est défini pour identifier 90% des zones humides de l'écorégion. Les valeurs sont reprises pour calibrer le modèle pour chaque écorégion. L'écorégion 49 par exemple, qui a une grande plage de valeur de pente

(fig. 39), devra considérer des espaces jusqu'à 24° de pente alors que pour l'écorégion 19, aucune pente supérieure à 6° ne sera prise en compte.

Outre le degré d'inclinaison, la courbure de la pente est présentée dans le guide comme un élément essentiel. En effet, les pentes régulières ou concaves se révèlent plus propices que les pentes convexes à la présence et au fonctionnement des zones humides (Mazagol *et al.*, 2008). Le module *r.slope.aspect* de GRASS GIS (GRASS Development Team, 2017) est utilisé pour déterminer la courbure du terrain. D'après le manuel d'utilisation de l'algorithme, les valeurs obtenues représentant les formes convexes sont positives tandis que celles correspondant aux formes concaves sont négatives. La valeur nulle est réservée aux pentes régulières. Les pentes présentant un profil concave ou régulier sont considérées comme propices, sous réserve d'une lithologie favorable.

Cependant, dans certains bassins versants tests, des secteurs présentent des marbrures (fig. 40). Des visites de terrain ont permis d'établir que ces secteurs ne sont pas favorables à la présence de zones humides et qu'il s'agit d'artefacts qui n'ont pas de sens.

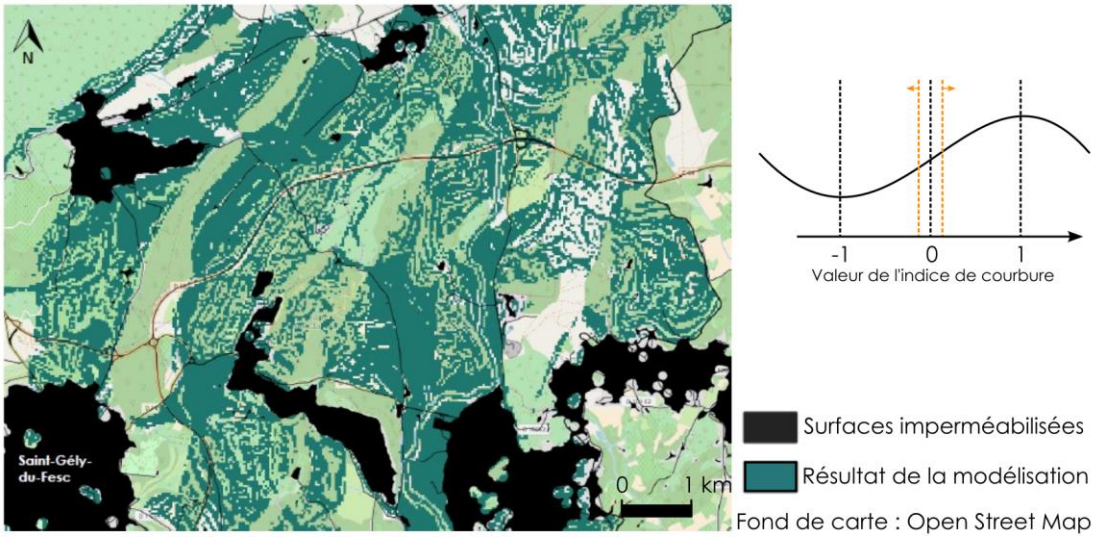


Figure 40. Artefacts (marbrures) dues au seuil établi pour appréhender la courbure du terrain au nord-est de St-Gély-du-Fesc

Ces marbrures sont dues à un effet de seuil. Elles apparaissent uniquement au niveau des secteurs où la pente n'est ni convexe, ni concave ; le paramètre de courbure est proche de zéro et la valeur alterne entre positif et négatif. À partir de tests empiriques, d'autres seuils sont proposés pour considérer comme nulles les valeurs proches de 0. Les pentes favorables sont définies comme celles en deçà du seuil de - 0,005 et au-delà de 0,005, ce qui supprime ces effets de marbrures. Mazagol et ses coauteurs (2008) proposent également un ajustement des seuils de - 0,0003 et 0,0003 ; la différence peut s'expliquer par les configurations observées dans les sites d'étude respectifs.

La recherche de combines pour gommer ces artefacts montre l'importance de la dimension communicationnelle des cartes que ces modèles doivent alimenter. Certains résultats efficaces dans le cadre de la recherche sont considérés non présentables dans l'exercice territorial. Les productions cartographiques ne doivent pas heurter l'œil des utilisateurs, ce qui justifie des petits bricolages et arrangements. Nous verrons dans le dernier chapitre que cet enjeu communicationnel est peut-être surestimé par le commanditaire qui n'imagine pas un public non averti capable de considérer ces effets de la modélisation et des données : artéfacts, résolutions grossières, etc.

Par ailleurs, la reconnaissance des zones humides situées sur les versants en altitude est souvent omise par les méthodes de prélocalisation basées essentiellement sur des indices topographiques. Or les études menées sur le terrain pour le guide pour la reconnaissance des zones humides mettent en évidence qu'à partir de la limite subalpin/alpin, les conditions climatiques constituent un facteur déterminant pour la présence de zones humides, quelles que soient les formes du relief. Aussi, à partir d'une certaine altitude, dès lors qu'il y a présence d'un sol et/ou de végétation, il existe un fonctionnement particulier, parfois limité, lié aux conditions d'humidité locales. Des seuils d'altitude de la limite subalpin/alpin sont proposés dans le guide pour la reconnaissance des zones humides (Chambaud *et al.*, 2012a) pour les différents massifs. Il s'agit de seuils identifiés à partir de la littérature et résumés dans le tableau suivant (tab. 1).

Tableau 3: Limites subalpin/alpin selon la localisation dans le bassin RMC (extrait de Chambaud et al., 2012).

Localisation	Limite subalpin/alpin
Alpes du Nord (Fischesser, 1982)	> 2100 m
Alpes du Sud (Fischesser, 1982)	> 2300 m
Pyrénées orientales (Dendaletche, 1997)	> 2500 m

2.1.2.7. Combiner des traitements

Les résultats du traitement des données topographiques, présentés précédemment, sont mobilisés pour déterminer chaque configuration signalée dans le guide comme favorable à la formation et au fonctionnement des zones humides :

Configurations type (Chambaud *et al.*, 2012b)	**Configurations identifiées par SIG**
Les secteurs plats, tels que les larges fonds de vallée, les plateaux, les plaines, les replats topographiques	Les secteurs plats selon le module *r.geomorphon* et toutes les mailles dont la pente est inférieure à 2°
Les dépressions et micro-dépressions	Les dépressions identifiées par le module *r.geomorphon*
Les talwegs et les vallons	Les cellules identifiées par le reclassement du *raster d'accumulation de flux* ou les vallées identifiées par le module *r.geomorphon*
Les pentes favorables	Les bas de pentes identifiées par le module *r.geomorphon* ou les cellules dans lesquelles la pente est inférieure au seuil de pente établi par écorégion et que la courbure de cette pente est inférieur à -0,005

Les secteurs situés en altitude	Les cellules dont la valeur topographique est supérieure aux seuils définis par massif (Chambaud *et al.*, 2012b)

Ces cinq configurations sont combinées par écorégion selon les prescriptions du guide. Par exemple, l'écorégion 10 correspond aux « Côtes calcaires Est » (fig. 41) et la fiche préconise d'identifier les affleurements de côte, les dépressions et les vallées. Pour cela, nous localisons donc les pentes régulières ou concaves en deçà du seuil de 15° calculé pour cette écorégion, ainsi que les dépressions, les vallées et les vallons à l'aide du module *r.geomorphon* et du raster d'accumulation de flux. Ces requêtes permettent de procéder aux traitements dans l'ensemble du bassin.

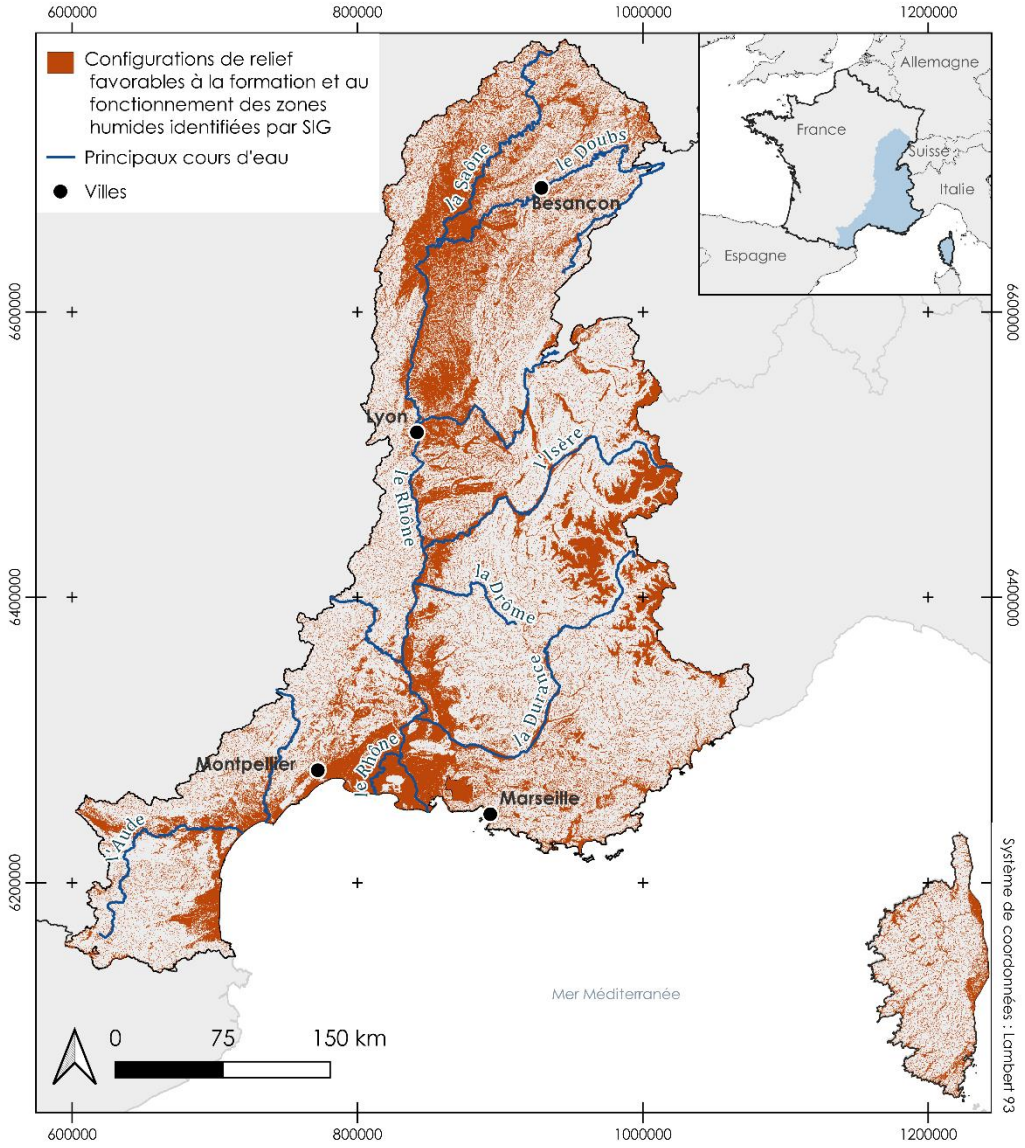


Figure 41. Relief considéré comme favorable au fonctionnement des zones humides dans les bassins Rhône-Méditerranée Corse

Croisement du relief et de la géologie

Le résultat est ensuite combiné aux données géologiques favorables. Seules les mailles du raster répondant aux critères « lithologie » et « géomorphologie » du guide sont conservées (fig. 42).

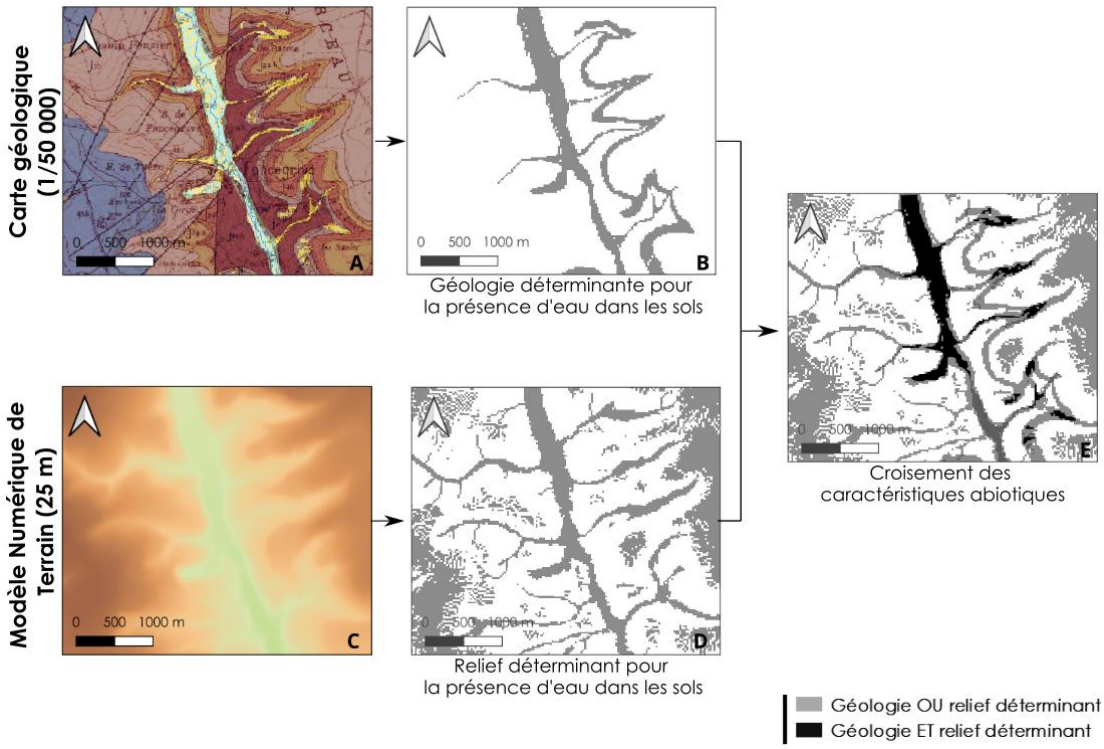


Figure 42. Schéma de croisement des données

Cela se traduit par une multiplication de deux rasters binaires (B et D sur la figure X). Le SIG implique de formaliser des données dans un même format pour croiser des informations. Les données géologiques sont donc traduites en une grille matricielle (raster) identique à celle résultant de l'analyse du relief pour réaliser ce croisement : même coordonnée du pixel haut-gauche, même nombre de ligne et même nombre de colonnes, même résolution spatiale de 25 m. Les données géologiques ont pourtant à l'origine une résolution spatiale plus grossière, il est donc important de garder à l'esprit que les limites de cet espace sont incertaines. C'est pour cette raison que l'Agence décide de conserver l'aspect crénelé du raster et de ne pas lisser les contours. Chacun admet que la limite du pixel de l'image raster est arbitraire et ne repose sur aucune réalité de terrain, que la valeur du pixel n'a de sens qu'en rapport avec la valeur des pixels voisins (Couderchet, 2008). Le choix du raster doit marquer une rupture avec les autres bases de données relatives aux zones humides qui présentent des délimitations. L'objectif de la représentation matricielle est que les éléments de connaissance produits sous ce format ne puissent être repris pour la définition de zonages réglementaires. L'information géographique doit servir à alerter, à concerter, il s'agit d'éviter de rompre d'emblée le dialogue, en évitant les débats sur la place de la limite. Le format raster et la visibilité de la maille sur la carte doivent empêcher l'utilisation prescriptive de l'information pour réglementer, autoriser ou interdire.

Par rapport à la figure 41, tous les secteurs dont la géologie est favorable sont supprimés. Cependant, dans le cadre de ma mission en 2018, l'étude de la géologie dans l'ensemble du bassin

ne peut pas être réalisée en raison des contraintes de temps. Elle se limite donc aux bassins versants tests. Elle est réalisée l'année suivante par un chargé de missions de l'Agence (Chambaud et Bouscary, 2022).

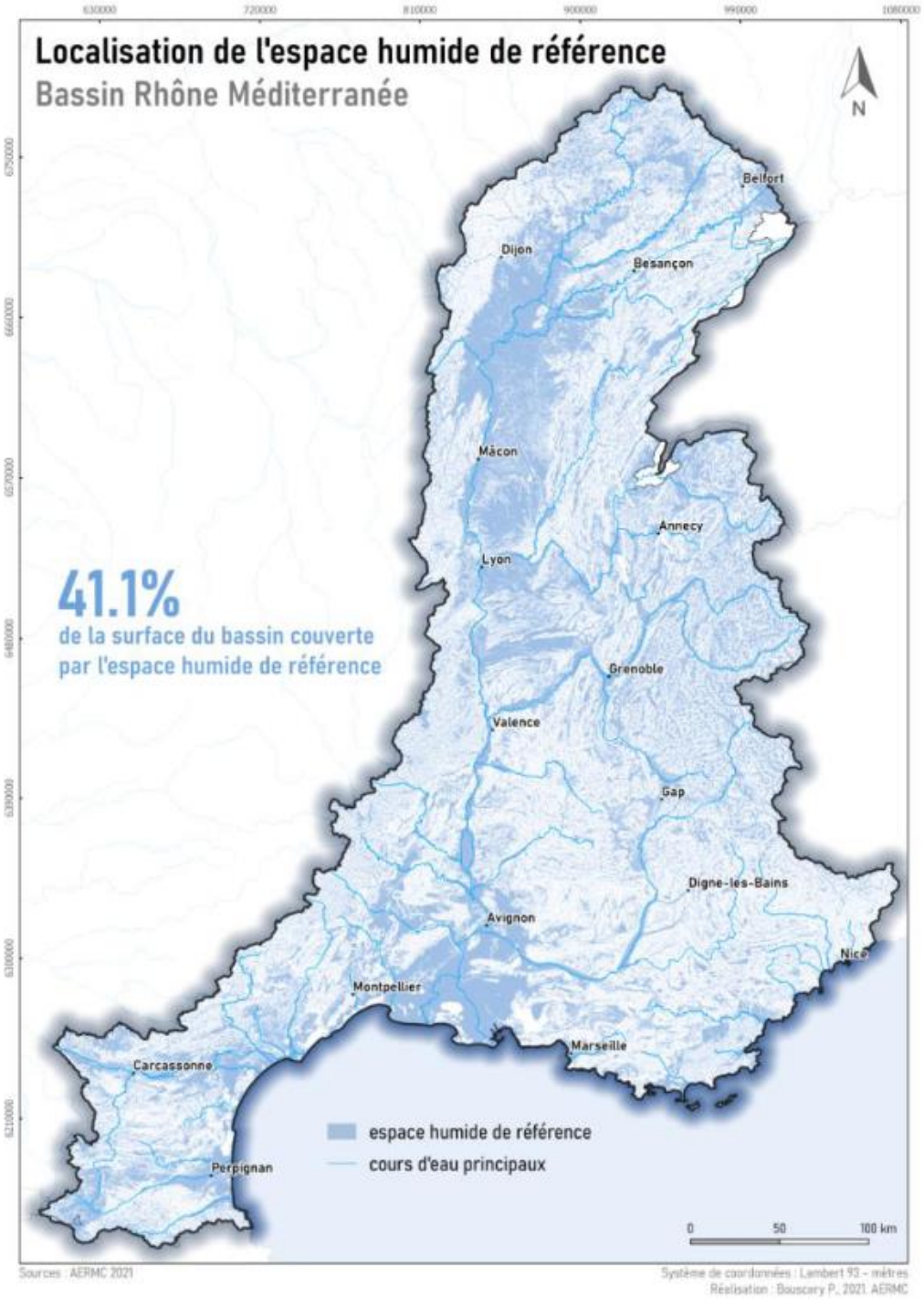


Figure 43. Résultat du croisement de l'analyse du relief et de la géologie (extrait de Chambaud et Bouscary, 2022)

2.2. Validation, entre ressemblances et distinctions

Plusieurs méthodes de validation ont été mises en place. Comme il n'existe pas de bases de données relatives aux espaces de fonctionnement des zones humides, la validation mobilise des vérifications sur le terrain et des données d'inventaires de zones humides. En effet, « la

comparaison avec la réalité peut nécessiter des intermédiaires, ce qu'on veut modéliser se prêtant mal à des mesures directes » (Bouleau, 2014).

2.2.1. Vérifications sur le terrain

Trois journées de terrain ont permis de réaliser des sondages pédologiques dans trois sous bassins versants : la Veyle, la Tille et le Lez-Mosson-Étangs palavasiens. Ces sorties sur le terrain, peu nombreuses, ont pour objectif de confirmer certains choix méthodologiques, notamment pour déterminer des seuils à mettre en place ou lever des incertitudes quant au classement de certaines formations géologiques.

Durant le stage de 2017, ces vérifications sont menées dans la Veyle et la Tille avec un membre de l'Agence possédant une solide expertise en pédologie. Il m'apprend les critères de l'arrêté ministériel à repérer, mais aussi les marques dans le paysage indiquant le drainage des parcelles. Ainsi, les critères de l'arrêté sont pris en compte pour déterminer s'il s'agit d'une zone humide. En parallèle, nous sommes attentifs aux autres éléments pouvant attester la présence périphérique ou antérieure de zones humides telles que les traces d'hydromorphies au-delà de 50 cm de profondeur, la présence de drains ou de remblaiement. Dans ces bassins, des transects sont réalisés perpendiculairement aux vallées (fig. 44) afin d'estimer le seuil de pente à prendre en compte.

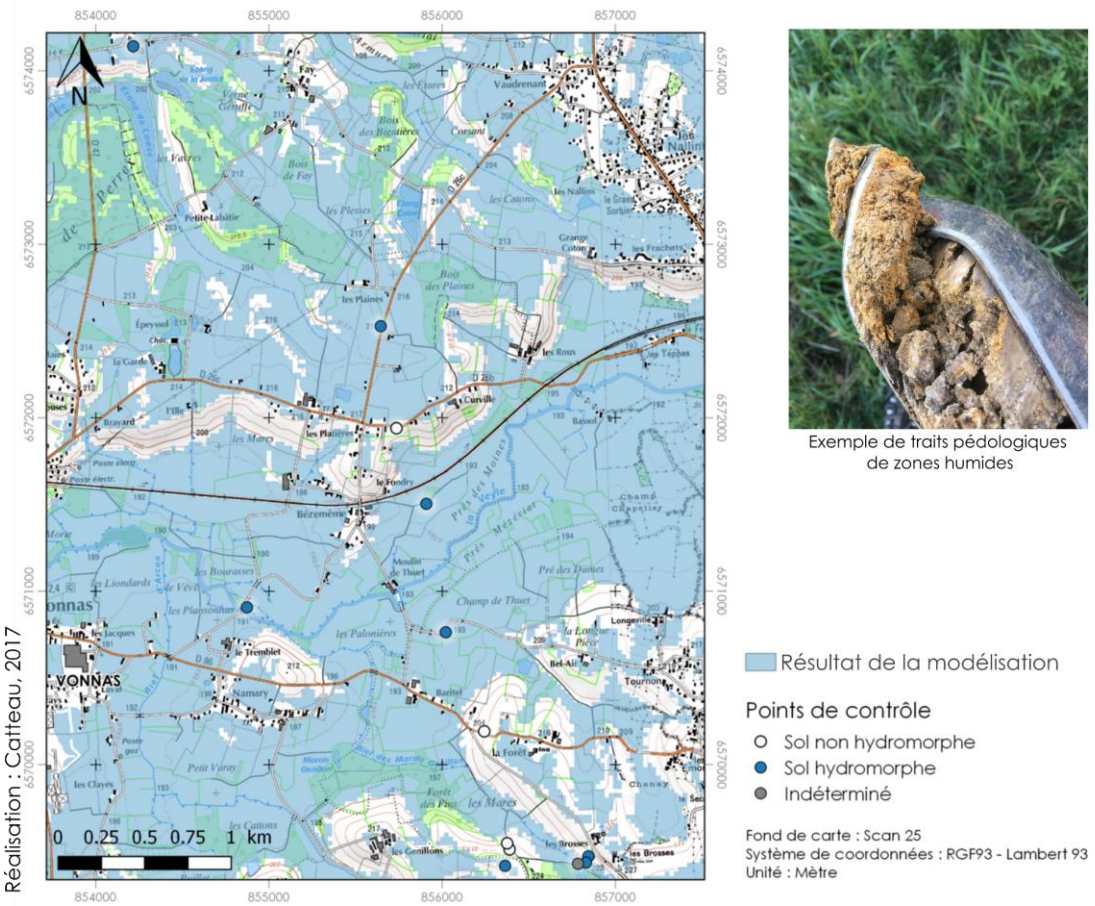


Figure 44.Validation des résultats par des sondages pédologiques réalisés le long d'un transect perpendiculaire au fond de la vallée de la Veyle à l'est de Vonnas et production d'un schéma simplifié

Des vérifications sont menées dans le cadre du CDD de 2018 dans le bassin du Lez Mosson Étangs palavasiens. L'objectif de ce terrain est surtout d'ajuster les seuils de courbure pour éviter le phénomène de marbrures (cf. 2.1.2.5) : nous ne suivons plus des transects perpendiculaires aux vallées mais nous allons voir différents secteurs concernés par ces marbrures. Sur site, je suis confrontée à une réalité différente de celle rencontrée au nord du bassin : les sols caillouteux rendent parfois impossibles les sondages à la tarière. Dans d'autres cas, certains traits d'hydromorphies sont difficilement perceptibles, c'est le cas par exemple d'un fluviosol dans des matériaux sableux à proximité d'un cours d'eau qui s'est incisé : comment déterminer s'il est encore gorgé d'eau ? Cette expérience de terrain fait partie des cas difficilement interprétables pour l'application des textes réglementaires relatifs aux zones humides (Baize et Ducommun, 2014).

Ces trois journées remplissent leur objectif : elles confirment certains choix méthodologiques, notamment pour déterminer des seuils de pente ou de courbure du terrain et lever des incertitudes quant au classement de certaines formations géologiques. De manière collatérale, ce terrain me confronte aux difficultés de caractérisation des zones humides au sens de la loi : difficulté d'accès, difficulté pour la réalisation de sondage ou difficulté d'interprétation.

Ainsi, cette expérience souligne la richesse des inventaires existants et l'importance de les avoir à disposition pour valider la modélisation puisqu'ils concernent de grandes surfaces. Dans le même temps, ce terrain démystifie ces données et permet de garder à l'esprit les incertitudes inhérentes à leur mode de production.

2.2.2. Comparaison avec les inventaires de zones humides

Les inventaires de zones humides ont fait l'objet de beaucoup d'investissements par l'Agence. Malgré leur hétérogénéité, nous disposons donc d'inventaires sur l'ensemble des sous-bassins versants tests. Ils correspondent aux délimitations des zones humides relevées sur site à partir des critères juridiques, floristiques et/ou pédologiques selon leur date d'acquisition. Leur sollicitation apparaît plus efficace que les visites ponctuelles pour caler le modèle étant donné leur couverture spatiale. Ces données de contrôle souvent réalisées par des organismes publics ont une résolution plus fine que le modèle : la digitalisation des tracés, lorsqu'elle est indiquée, est entre le 1/5 000 et le 1/25 000 selon la source des données. Dans les sept sous-bassins versants tests, les dates de production s'échelonnent de 2010 à 2015, mais certains intègrent ou compilent des données plus anciennes, dont la définition est parfois antérieure à 2008, donc avant l'arrêté précisant les critères d'engorgement du terrain et de végétation, ou dont la digitalisation est plus grossière.

La modélisation doit être complémentaire des inventaires. C'est pourquoi, la comparaison avec ces bases de données a deux objectifs. L'Agence tient à prouver (1) que ce ne sont pas les mêmes objets qui sont spatialisés et (2) qu'ils sont liés, au point d'avoir une distribution spatiale proche. En plus

d'être quantifiés, les écarts doivent donc être explicités pour améliorer la compréhension des mécanismes qui en sont à l'origine.

Par ailleurs, nous observons que le nombre d'inventaires intégré par la modélisation est souvent revendiqué lors des réunions internes à l'Agence pour légitimer l'efficacité de la modélisation. Or, il suffit de mettre des seuils de pente suffisamment lâches pour intégrer toutes les zones humides, mais le modèle ne serait plus forcément pertinent. Il convient donc de calculer différents paramètres.

Des matrices de coïncidence pour une première approche quantitative

Pour comparer la distribution des inventaires portés à connaissance et l'espace modélisé par SIG dans les sept sous-bassins versants de l'étude, des matrices de coïncidence sont réalisées à l'aide de l'outil *r.coin* de GRASS (GRASS Development Team, 2017) après la transformation des données d'inventaires au format matriciel. Elles révèlent les endroits où ces espaces se superposent ou non (fig. 45).

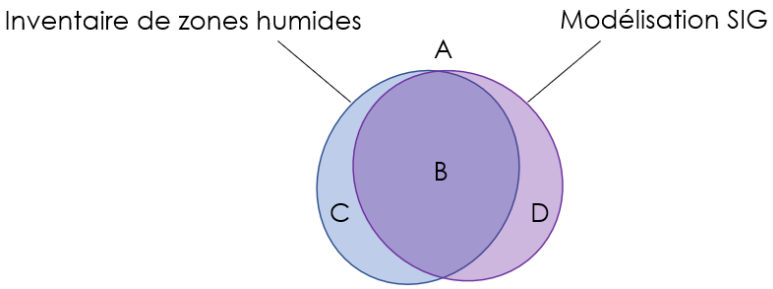


Figure 45. Schéma des quatre configurations identifiées par la matrice de coïncidence

Les zones A et B sont les zones pour lesquels les inventaires et la modélisation SIG tombent d'accord. La zone C correspond aux zones humides inventoriées qui ne sont pas détectées par le modèle. Elle peut s'expliquer notamment par la précision et la résolution des données d'entrée ou l'existence de particularités locales. La zone D correspond aux secteurs favorables aux zones humides d'après le modèle mais non inventoriées comme tel. Elle peut concerner des zones humides qui ont été drainées ou asséchées ou des secteurs qui n'ont pas fait l'objet d'inventaires, d'où la nécessité de vérifications sur le terrain pour savoir si ces espaces ont un lien avec les zones humides ou s'il s'agit d'une erreur du modèle justifiant la prise en compte de nouveaux paramètres.

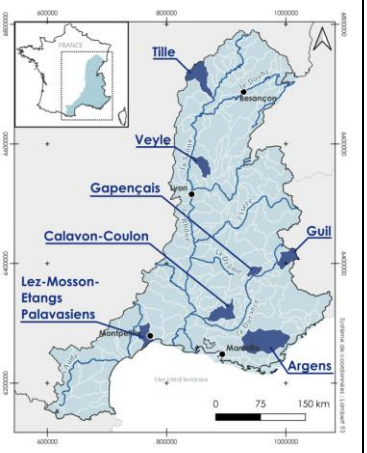
Plusieurs indices sont couramment calculés pour la validation des modèles cherchant à localiser les zones humides (Berthier *et al.*, 2014; Sanchez *et al.*, 2015) :

- Le Pourcentage d'Accord Brut (PAB) qui correspond aux surfaces classées de la même manière dans le modèle et les inventaires [(A+B)/(A+B+C+D)] ;
- Il est intéressant de mettre en regard ces résultats avec ce qui est sous-estimé (C) et surestimé (D) par le modèle pour comprendre l'origine des écarts ;

- Parallèlement, le pourcentage d'inventaire correctement classé par le modèle [B/(B+C)] permet d'observer ces écarts à partir des inventaires.
- Enfin, l'erreur de commission permet d'observer la proportion d'espace modélisé en dehors des inventaires [D/(B+D)]

Nous proposons d'observer dans un premier temps les résultats bruts (tab. 4), aucun post-traitement n'a été effectué pour réduire les écarts, ce qui permet d'identifier différentes hypothèses concernant leurs origines.

Tableau 4. Matrice de coïncidence pour les 7 sous-bassins versants tests (surface concernée exprimée en km² et en pourcentage du sous-bassin versant)

Sous-bassin versant tests (superficie en km²) 	**Pourcentage d' accord brut**	**A** Espace non concerné par les zones humides et leur fonctionnement	**B** Espace identifié par l' approche SIG et les inventaires	**C** Espace d' inventaires qui échappent à la modélisation	**D** Espaces modélisés en dehors des inventaires
Veyle (675 km²)	28,21 %	93,05 km² 13,78 %	97,47 km² 14,43 %	0,97 km² 0,14 %	483,81 km² 71,64 %
<Tille (1275 km²)	82,8 %	969,01 km² 76,01 %	87,24 km² 6,84 %	18,48 km² 1,45 %	200,09 km² 15,70 %
Lez-Mosson Etangs Palavasiens (707 km²)	81,4 %	517,34 km² 73,1 %	58,79 km² 8,3 %	4,58 km² 0,7 %	126,66 km² 17,9 %
Guil (724 km²)	68,2 %	481,12 km² 66,5 %	12,53 km² 1,7 %	7,51 km² 1 %	222,59 km² 30,8 %
Gapençais (324 km²)	89,1 %	281,08 km² 86,8 %	7,55 km² 2,3 %	3,85 km² 1,2 %	31,39 km² 9,7 %
Calavon-Coulon (1027 km²)	84,1 %	855,53 km² 83,3 %	7,84 km² 0,8 %	3,44 km² 0,3 %	160,11 km² 15,6 %
Argens (2729 km²)	89,9 %	2447,98 km² 89,7 %	4,58 km² 0,2 %	4,26 km² 0,2 %	272,31 km² 10 %

S'il ne s'agit pas d'une méthode d'identification des zones humides potentielles, les principes SIG sur lesquels elle repose sont proches. C'est pourquoi, nous comparons ces résultats

avec ceux de la modélisation des milieux humides potentiels de 2014 (Berthier *et al.*, 2014). Cette étude menée pour la France métropolitaine estime le pourcentage d'accord brut à 67,9 %, seule la Veyle est en deçà de cette valeur.

La colonne C présente des valeurs entre 0,2 et 1,4 %, ce qui traduit une faible proportion d'inventaires qui échappent à la modélisation. La colonne D révèle en revanche des valeurs variables mais systématiquement plus élevées, comprises entre 9,7 et 57,7 %. Cela indique que la modélisation SIG identifie, comme attendu, un espace plus englobant que les inventaires. L'erreur de commission des sept bassins versants tests est en moyenne de 84,3 % avec des valeurs comprises entre 68,3 % et 98 ,3 %. C'est donc en moyenne plus élevé que les 74,4% de l'étude de la modélisation des milieux humides potentiels (Berthier *et al.*, 2014). Des requêtes simples peuvent permettre de réduire cette surestimation, en enlevant les surfaces imperméabilisées notamment. Pour la Veyle par exemple, cette opération fait remonter le PAB à 42% et redescendre l'erreur de commission à 95%. Dans le cas du Guil, situé en altitude, des données complémentaires pourraient permettre d'éliminer les surfaces dépourvues de sol et de végétation, qui ne peuvent répondre aux critères de l'arrêté ministériel.

Pour l'Argens, la surface identifiée par l'approche SIG (colonne B) et celle non identifiée (colonne C) sont presque équivalentes. D'où l'importance de présenter le pourcentage d'inventaire correctement classé (tab. 4) afin d'affiner l'interprétation des résultats. Comme élément de comparaison, nous pouvons prendre la valeur de 54,7 % issue de la carte nationale des milieux humides potentiels de 2014.

Tableau 5. Pourcentage d'inventaires contenus dans l'espace identifié à partir de l'analyse du relief et de la géologie pour chaque bassin versant

Veyle	**99 %**
Lez Mosson Etangs Palavasiens	93 %
Tille	83 %
Calavon-Coulon	70 %
Gapençais	66 %
Guil	63 %
Argens	52 %

Ce tableau montre que la plupart des inventaires de zones humides sont compris dans l'espace modélisé mais de grandes différences peuvent être observées entre les sous-bassins versants. Ces différences s'expliquent par les spécificités géographiques. Dans celui du Gapençais, la mise en perspective des inventaires avec l'espace identifié par le traitement de la topographie révèle que le filtre de la géologie a tendance à supprimer des espaces pertinents, une analyse plus fine des données géologiques semble donc nécessaire. La différence entre la Veyle et l'Argens apparaît conséquente, nous proposons de nous attarder dans les paragraphes suivants, aux caractéristiques de ces deux sous-bassins versant pour comprendre les facteurs expliquant ces différences.

2.2.2.1 La Veyle, surestimation du modèle ou déficit d'inventaire ?

La Veyle est un affluent de la Saône, localisé dans l'Ain. Son bassin-versant est de 675 km², il recoupe la région des Dombes connue pour ses étangs (fig.46). L'inventaire de zones humides couvre près de 100 km², pouvant être individualisés en 963 entités. Cela nous a donc semblé adapté pour la comparaison avec le modèle.

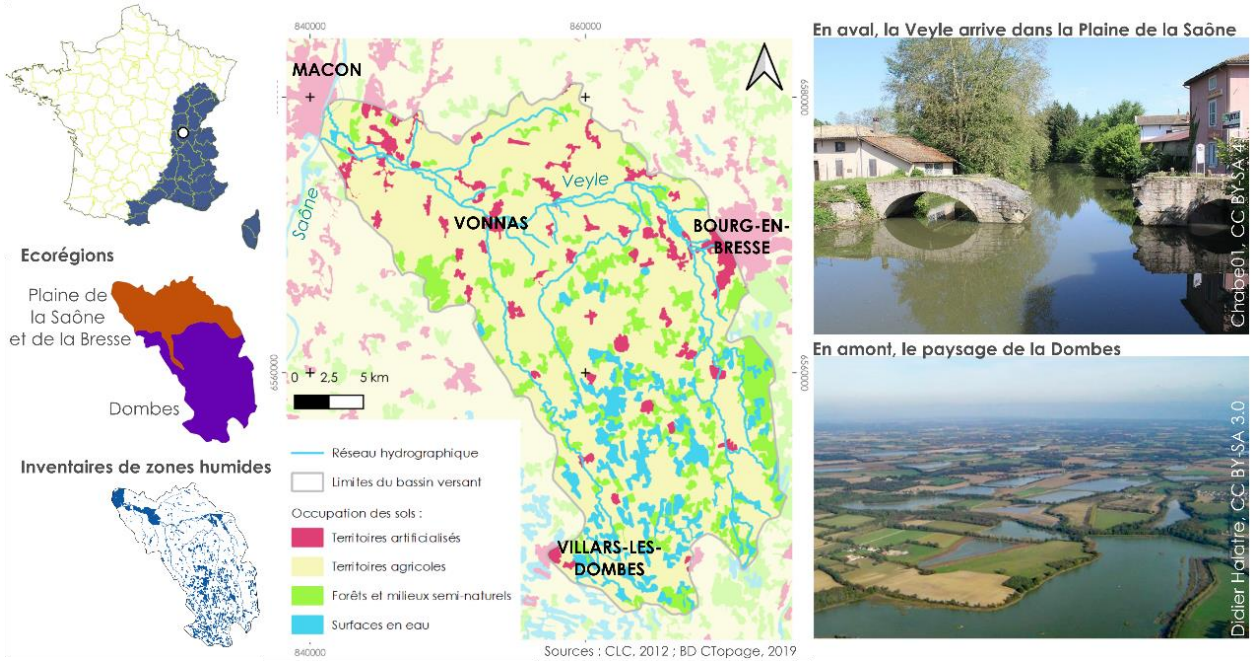


Figure 46. La Veyle, un bassin versant favorable aux zones humides

Cependant pour la Veyle, si 99% des inventaires sont recoupés par le modèle, nous constatons sur le tableau précédent (tab. 5) que l'espace modélisé couvre plus de 70% du bassin (fig. 47). Trois hypothèses d'explications sont envisageables : (1) les seuils considérés dans la modélisation, notamment pour la pente, sont trop lâches et impliquent une surestimation des espaces, (2) les espaces favorables aux zones humides ont été fortement drainés et les critères pour l'identification de zones humides au sens de la loi ne sont plus visibles, ce qui explique le peu d'espace couvert par les inventaires, (3) une sous-estimation des espaces concernés par l'inventaire. Dans le cas de la Veyle, certains auteurs pointent cette troisième hypothèse en affirmant : « Les milieux humides de plateau (alimentés presque exclusivement par les pluies), pourtant très abondants et évidents (modelé en planche, fossé, drainage souterrain fréquent...), sont grossièrement ignorés [dans trois études, dont l'inventaire] » (Gayet et Caessteker, 2020). Ce même article souligne l'insuffisance de la stratégie de prospection pour cet inventaire :

> « Sur ce territoire, les défauts de l'inventaire s'expliqueraient par la méthode utilisée qui privilégie comme critères la flore hygrophile en vallée alluviale et/ou les données patrimoniales disponibles pour inventorier les milieux humides (critère « sol » mal appréhendé). Cela révélerait au moins une méconnaissance des milieux humides et/ou un

manque de moyens... Le résultat est un consensus « mou » ; satisfaisant au titre du plus petit dénominateur commun l'intérêt des acteurs locaux. Étant donné ces défauts, un tel inventaire permet-il une gestion intégrée des milieux humides sur un territoire ? » (*ibid.*)

Ce passage est intéressant car il montre ce qui peut être interprété comme le dénigrement des acteurs locaux par les spécialistes qui sont extérieurs au territoire. La suspicion envers les acteurs locaux peut être un facteur à l'origine des conflits et des insuffisances des précédentes politiques zones humides. De leur point de vue, et au regard des caractéristiques structurales, ce bassin est particulièrement favorable à la présence de zones humides : dans les fonds de vallée en raison de la proximité de la nappe alluviale et au niveau des plateaux en raison de l'existence d'une nappe perchée. Cependant, la modélisation suivant ces caractéristiques couvre presque l'entièreté du bassin (fig. 47). Étant donné qu'actuellement les inventaires sortent les zones humides des dynamiques territoriales, elles constituent uniquement des outils de protection, gênant toute autre activité. Les espaces urbanisés et agricoles sont donc régulièrement extraits des inventaires. Dans ce bassin, si la modélisation correspondait à l'emprise maximale des zones humides, plus aucun aménagement ne pourrait être proposé localement. D'où la volonté de l'Agence de distinguer cet espace d'un inventaire réglementaire pour en faire un outil pour la gestion intégrée.

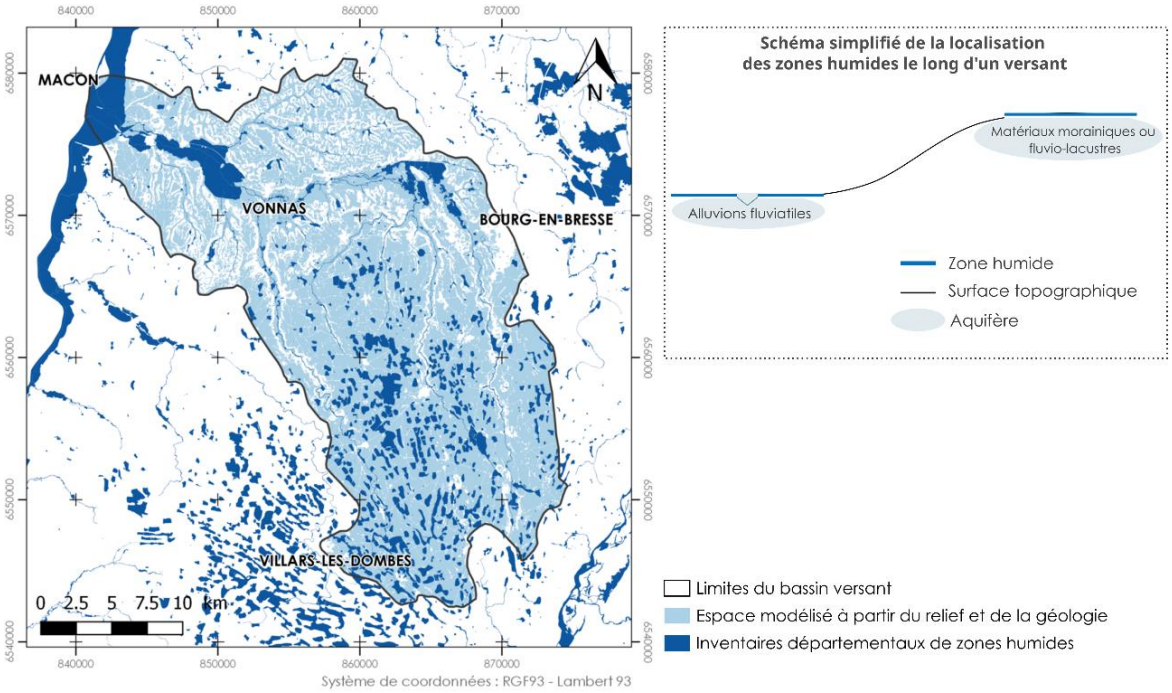


Figure 47. Comparaison entre l'espace modélisé et les inventaires de zones humides

Cette comparaison met en concurrence ces deux approches, la modélisation et l'inventaire. La critique de l'inventaire laisse à penser qu'un modèle pourrait se substituer à une approche de terrain. Cet extrait est intéressant à ce titre puisqu'il constitue une trace écrite d'une idée qui se retrouve dans certaines discussions avec mes commanditaires mais qui à ce stade, n'est pas relevée de manière régulière dans leurs éléments de langage. Cela sonne comme une invitation dans la suite

de ce manuscrit à être attentive aux effets que peut avoir cette posture sur la mise en place des politiques zones humides. Peut-elle être aussi délétère qu'un déficit d'inventaire ?

Par ailleurs, cette comparaison invite à s'interroger sur la nature des différences : ces deux entités spatiales, l'inventaire et l'espace modélisé, représentent-elles le même objet ? Le cas de l'Argens est éclairant à ce sujet : contrairement à la Veyle, l'approche SIG identifie à peine la moitié des zones humides inventoriées (tab. 5).

2.2.2.2. L'Argens, un cas d'école pour comprendre les différences

Le bassin versant de l'Argens, avec ses 2 729 km², est quatre fois plus étendu que celui de la Veyle, il couvre presque tout le département du Var. La majorité du bassin de ce fleuve côtier est composé de formations calcaires et le climat méditerranéen limite les apports d'eau. Ce bassin est donc comparativement moins propice à la présence de zones humides, qui, selon les inventaires, sont concentrées le long des cours d'eau.

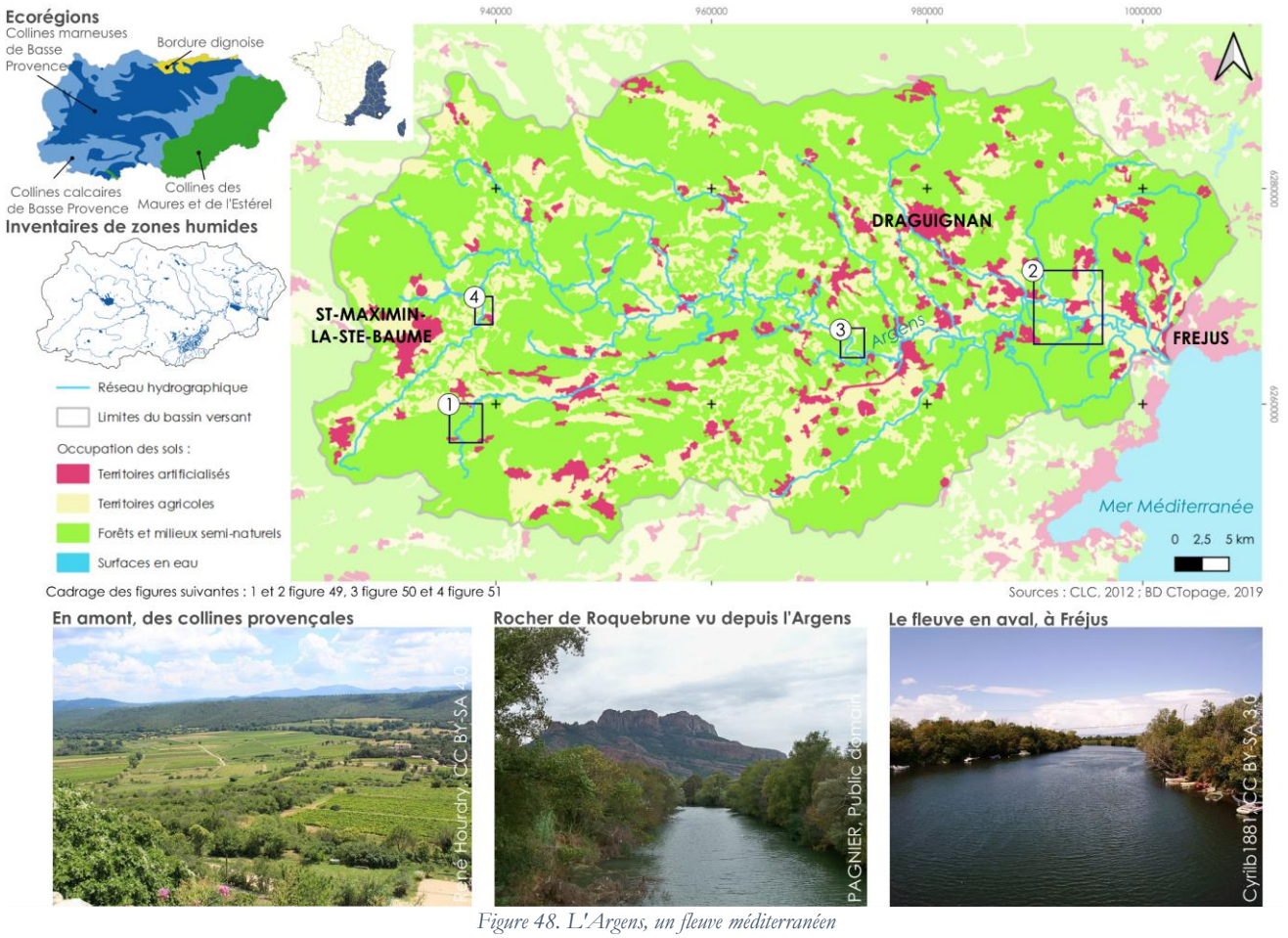


Figure 48. L'Argens, un fleuve méditerranéen

Au regard des résultats chiffrés (tab. 5), la modélisation apparaît moins satisfaisante sur ce bassin, elle recoupe seulement la moitié des inventaires. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce décalage.

Tout d'abord, l'échelle au 1/50 000 des données géologiques occulte certains espaces, tels que les vallées étroites encaissées dans de vastes massifs calcaires (fig. 49-A) ; en retirant les données géologiques du modèle, celui-ci repère 70% de l'inventaire dans le bassin de l'Argens. Une autre alternative possible est de garder le filtre de la géologie et de conserver uniquement les fonds de vallée dans ces espaces dominés par le calcaire. C'est l'alternative qui sera choisie lors du déploiement de la méthode à l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée (Chambaud et Bouscary, 2022).

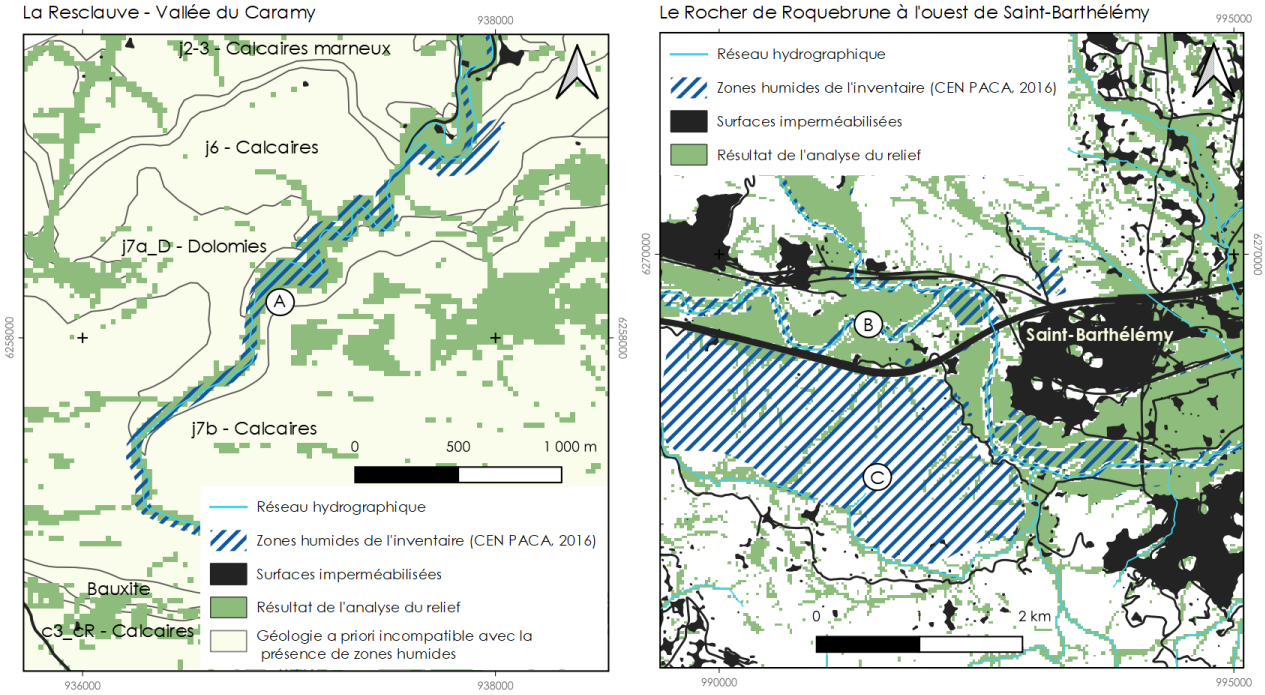


Figure 49. Éléments expliquant les divergences entre la distribution de l'espace humide de référence et les inventaires : A – en raison des données géologiques au niveau de la zone humide "La Resclauve - Vallée du Caramy" (encadré 1 figure 48) ; B – en raison de la présence d'artefacts le long du cours d'eau ; C – en raison des délimitations des inventaires, ensemble appelé « mares temporaires dans la Montagne de Roquebrune » (encadré 2 figure 48).

Certains espaces identifiés dans l'inventaire correspondent à un ensemble de petites zones humides isolées (fig. 49-C), la base de données de cet inventaire précise qu'il s'agit d'« une enveloppe de type « matrice sèche » regroupant un ensemble de zones humides trop petites ou trop complexes pour toutes être dessinées mais présentant également des caractéristiques semblables et étant géographiquement proches. ». La présence de ces enveloppes maximise l'espace qui correspond aux inventaires et donc l'erreur d'omission du modèle (colonne D du tableau 4).

Enfin, les polygones de l'inventaire suivent généralement dans ce bassin des formes étroites le long des cours d'eau (fig. 49-B). Les secteurs non pris en compte par l'approche géomatique correspondent le plus souvent à des rangées de pixels le long des cours d'eau qui traduisent l'encaissement du lit mineur ou la présence d'un bourrelet de rive. En effet, ces configurations induisent la présence de pentes convexes très localisées dues à l'encaissement du cours d'eau.

Ces pentes ne sont pas considérées comme favorables à la rétention de l'eau par l'approche géomatique (fig. 50, vue en coupe). Des méthodes peuvent être appliquées pour supprimer ces artefacts en supprimant des amas de cellules isolés ou en opérant une dilation-érosion pour combler ces interstices. Ainsi, comme pour résoudre les marbrures (cf. paragraphe 2.1.2.6.), de petits arrangements peuvent permettre de lisser le résultat pour répondre à un impératif communicationnel.

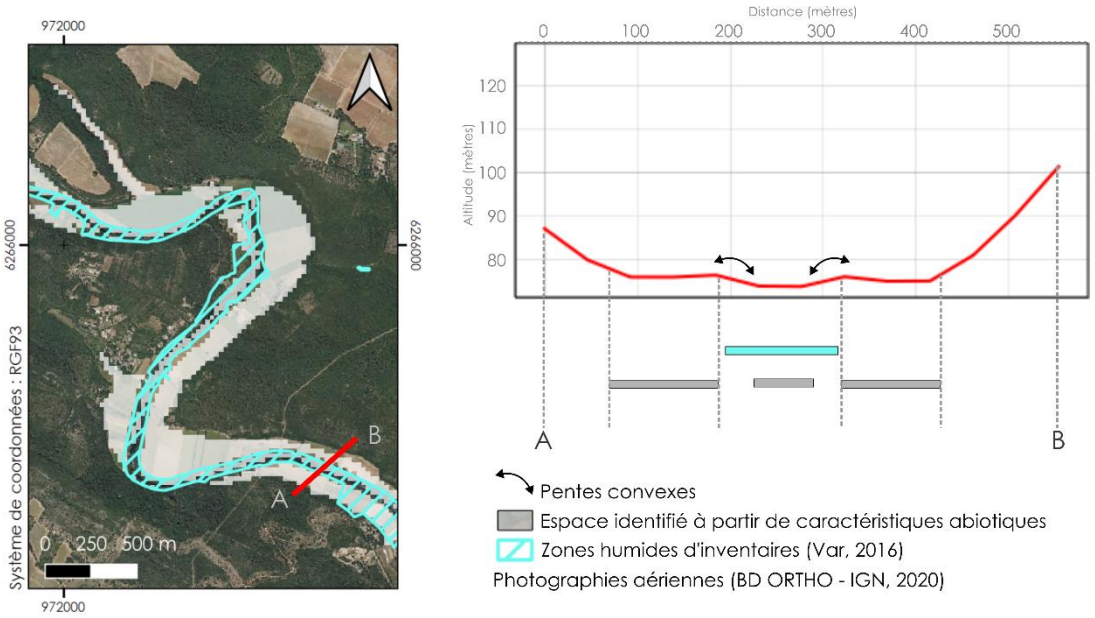


Figure 50. Vue aérienne et vue en coupe de la distribution des inventaires de zones humides et de l'espace identifié à partir des caractéristiques abiotiques dans la vallée de l'Argens entre Le Cannet-des-Maures et Lorgues (encadré 3 sur figure 48)

Ces trois explications révèlent l'importance de l'attention portée aux données pour distinguer deux objets. La comparaison montre que l'inventaire, s'il n'est jamais qualifié d'exhaustif dans les rapports, est effectivement une estimation des zones humides à un instant *t* et dépend des moyens à disposition et de la réglementation en vigueur lors de sa réalisation (Catteau et Lobry, à paraître).

Enfin, comme pour la Veyle, sur les cartes (fig. 51), nous observons que la majorité des espaces surestimés par rapport aux inventaires (colonne D du tableau 4) correspond à des plaines agricoles. Le caractère rectiligne de certains tracés d'inventaires ou la manière dont ils s'ajustent aux contours des parcelles agricoles montre (1) que le processus de délimitation s'effectue à la parcelle ou (2) que, sous l'effet du drainage, les espaces agricoles sont extraits des inventaires de zones humides qui révèlent davantage l'usage du terrain que leur caractère fonctionnel.

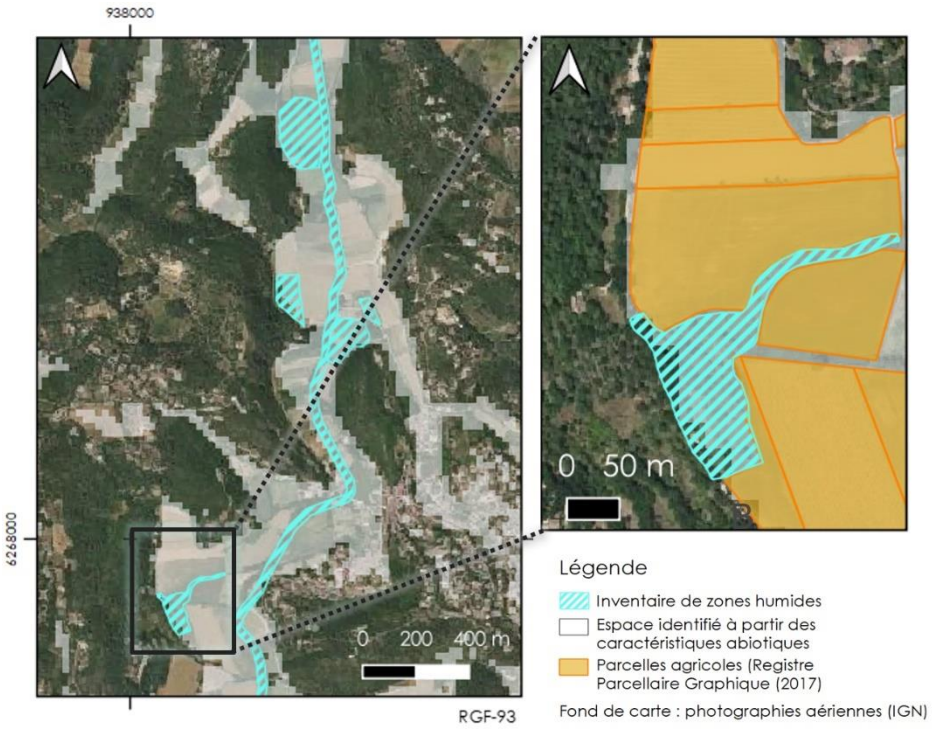


Figure 51. Un partage de l'espace humide de référence entre inventaires de zones humides et des espaces agricoles (localisation : encadré 4 de la figure 48), source de l'inventaire : CEN PACA, 2015

L'ajout de données pour réduire les écarts

L'ajout de données, comme l'occupation des sols, permettent de réduire les différences entre les inventaires et les espaces obtenus à partir de traitements SIG. Cependant, en voulant être au plus près des inventaires, l'ajout de ces données change l'objet, puisque l'occupation du sol évolue sur des pas de temps beaucoup plus courts. Ce faisant, les espaces sous couvert agricole disparaissent des représentations cartographiques. Il y a donc un effet pervers dans la validation du modèle par la comparaison aux inventaires ou à l'enveloppe des milieux humides potentiels puisqu'il s'agit de présenter un espace autre, fonctionnel, continu, sans limites. Comment justifier de la différence si l'on cherche à maximiser leur ressemblance ?

Conclusion des différents modes de validation

L'efficacité et l'efficience sont deux notions qui peuvent être distinguées : « L'efficacité désigne la mise en relation des résultats par rapport aux objectifs que se fixe l'action publique. L'efficience désigne la mise en relation des résultats par rapport aux moyens qui ont été accordés » (Guimont et Petitimbert, 2017). La modélisation proposée peut être qualifiée d'efficace, puisqu'elle tient compte de l'objectif auquel elle doit répondre, la commande de l'Agence, et d'efficiente puisqu'avec des données et logiciels libres et gratuits, elle peut produire des données spatiales couvrant l'ensemble de son territoire.

La reconnaissance de l'humidité à partir de données relatives au relief et à la géologie s'avère donc efficace pour répondre aux objectifs de l'Agence d'après les deux méthodes de validation mises en

place : la vérification sur le terrain et la comparaison aux inventaires. Elle couvre l'ensemble de son territoire, avec des données continues et régulières. La modélisation proposée est assez englobante puisqu'elle a la particularité d'identifier les zones humides de plateau et de pente ainsi que celles sous couvert agricole. Elle anticipe les tentations des futurs utilisateurs d'assimiler ces espaces à de nouveaux zonages et propose des garde-fous, notamment par le choix du format et d'une résolution relativement basse. La validation montre la complémentarité entre les inventaires et le modèle proposé, notamment dans leurs rapports aux temporalités. Les inventaires sont des bases de données ponctuelles, pouvant évoluer selon la définition, l'accès au terrain et la méthode prise en compte. Le modèle propose une représentation plus stable dans le temps en considérant uniquement le relief et la géologie. Cela permet de replacer les inventaires de zones humides dans le contexte de formation et de fonctionnement de ces écosystèmes.

2.3. Valorisation. Qu'est-ce qui fait sens, qu'est-ce qui fait science ?

La valorisation de cette production arrive très rapidement. Au terme du contrat en 2018, la méthode, retranscrite dans un livrable, est partagée par l'Agence avec ses partenaires. Parallèlement, elle fait l'objet d'une communication lors d'un colloque puis d'une publication dans les actes de celui-ci (Catteau *et al.*, 2023). La valorisation suppose d'abord de pouvoir nommer ce qui est modélisé.

2.3.1. *Trouver un nom en évitant les mots existants*

L'ensemble des tests méthodologiques est suivi de près par l'Agence pour réfléchir au nom et à la définition des espaces modélisés. Le choix de la dénomination traduit la volonté de lui associer un sens spécifique. Cela engage des discussions sur ce qu'ils représentent par rapport aux autres connaissances relatives aux zones humides. L'espace modélisé ne doit pas être confondu avec d'autres bases de données existantes, telles que les inventaires ou d'autres modèles localisant des zones humides potentielles.

Beaucoup de propositions sont évoquées lors de la rédaction des livrables, entre fin 2018 et début 2019, traduisant la fébrilité de l'Agence. Le rapport de stage de 2017 nomme le résultat de la modélisation « zones humides modélisées ». Outre la posture positiviste qui s'exprime dans cette proposition, l'Agence réalise au gré des échanges en 2018 que cette appellation risque d'amener une confusion entre cette démarche et un énième exercice de délimitation de zones humides. Ainsi, pour présenter ce résultat comme un espace pour réfléchir à leurs fonctions, elle demande d'éviter l'expression « zone humide » dont la définition légale est à l'origine de conflits. Les expressions descriptives, tels que « croisement des données de reliefs et de géologie favorable à la présence d'un fonctionnement humide » sont jugées, à juste titre, trop longues. Les dénominations qui renvoient à leur utilisation, telles que « espace de réflexion sur le fonctionnement des zones humides », sont considérées trop restrictives ou trop proches de la notion d'« espace de bon fonctionnement des zones humides » (Chambaud et Simonnot, 2018). Cette notion est déjà définie par l'Agence de l'Eau RMC comme un espace négocié. Or la vocation de l'espace modélisé par SIG est de fournir

de l'information sur le fonctionnement du territoire de manière factuelle, il correspond à des caractéristiques structurelles, son emprise spatiale est donc « non-négociable » pour l'Agence. Une autre contrainte est de distinguer la notion de celle de « zone humide potentielle » (Mérot et al., 2006) car l'Agence souhaite dissocier sa proposition des approches de (pré)localisation de zones humides et réhabiliter les zones humides agricoles en les considérant comme des zones humides à part entière, bien qu'elles s'éloignent d'un idéal que peut évoquer pour certains l'expression zone humide, empreint de de sauvage et de « naturalité » (Lecomte, 1999).

Les hésitations sur la désignation de l'objet modélisé s'inscrivent sur près d'un an. Cela justifie la demande d'« éléments de langages » dans les livrables du contrat Cifre, au même niveau que les tests SIG. L'expression validée lors d'un comité de pilotage bimestriel est presque systématiquement remise en cause lors du suivant. La proposition choisie pour le livrable est celle qui a réussi à perdurer en raison de sa neutralité : espace de référence. D'autres expressions tout aussi neutres, telles que « espace de dépendance fonctionnelle » ou « espace de précautions fonctionnelles » proposées en 1996 par Patrick Blandin (Maurin *et al.*, 1998) sont rejetées. L'expression espace de référence trouve une légitimité en raison de l'évocation, dans la note du secrétariat technique du SDAGE (Duffy et al., 2013), d'un « périmètre de référence », plus large que les zones humides d'inventaire, pour la définition d'un plan de gestion stratégique des zones humides. Le terme périmètre laisse sa place à celui d'espace, dans l'objectif de sortir de l'idée de délimitation. L'expression espace de référence, considérée comme neutre et factuelle met en suspens les débats sémantiques. De plus, l'Agence apprécie l'idée de référentiel, c'est-à-dire : ce qui ne change pas, qui contextualise, permet d'établir un repère pour les autres données. D'après le glossaire de l'information géographique, le référentiel correspond à un « jeu de données validé par une instance officielle comme étant un produit géographique sur lesquels peuvent s'appuyer de nouvelles constructions géométriques de précision moindre ou égale » (GéOinformations, 2014). D'après le Conseil National de l'Information Géographique, « les données de référence sont clairement identifiées, définies et sont placées sous la responsabilité d'une structure publique clairement identifiée comme responsable de cette donnée. Les utilisateurs accordent aux données de référence un niveau de confiance très élevé, lié à la légitimité de l'organisme responsable de cette donnée. Elles offrent une couverture exhaustive du territoire » (note 2003-CNIG-085).

En 2022, l'adjectif humide est ajouté, l'expression consacrée devient « espace humide de référence » lors de la publication d'un rapport et d'une base de données pour l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée (Chambaud et Bouscary, 2022). Cette expression sera donc utilisée dans la suite du manuscrit.

Ces hésitations illustrent la crainte d'un nouvel échec. Pour renforcer la crédibilité de la démarche auprès de ses partenaires, l'Agence insiste sur la rigueur et la scientificité du modèle.

2.3.2. Publication collective : faire coexister des approches scientifiques plurielles

La participation au colloque intitulé « Géohistoire des zones humides d'ici et d'ailleurs. Regards croisés sur des trajectoires d'artificialisation et de conservation » en 2019 donne une première occasion d'écriture collective entre l'Agence de l'Eau RMC, la Tour du Valat et l'UMR Passages pour la rédaction des actes (Catteau *et al.*, à paraître en 2023). L'article porte spécifiquement sur la production de l'espace humide de référence. Durant la rédaction, mes collègues de la Tour du Valat jugent qu'il s'agit davantage d'un argumentaire pour porter l'idéologie de l'Agence que d'une méthode scientifique. J'ai du mal à leur donner tort puisque mon objectif est aussi de répondre à leur commande et donc de m'approprier leurs enjeux et leur parti pris. L'expérience d'une écriture collective permet de mesurer les divergences de points de vue entre mes partenaires qui n'étaient pas explicites au début du projet, concernant la science, les pratiques de recherche et les politiques de l'environnement.

Validation scientifique, gain d'objectivité et dépolitisation

La valorisation de la méthode rompt avec l'idéal d'unicité de la science puisque mes partenaires ne voient pas tous les choses de la même manière. En effet, les différentes validations des résultats, sur le terrain et par comparaison avec les inventaires, révèlent qu'il est difficile de réfuter la vraisemblance du modèle car la caractéristique humide peut avoir été modifiée par diverses pratiques parfois difficilement perceptibles (drainage souterrains, mise en culture, etc.). La méthode proposée par l'Agence de l'Eau est toujours considérée plus efficace. La modélisation ne peut pas être réfutée par les méthodes de validation mises en place en raison de l'incertitude autour des données. Cela nécessite de reconnaître que l'objet zones humides revêt des incertitudes ontologiques, dues à la variabilité inhérente de ces systèmes régis par des composantes naturelles et anthropiques (Walker *et al.*, 2003). Or, la possibilité de réfutation est un critère pour définir la scientificité d'une démarche selon Karl Popper (1985). Malgré l'absence de réfutabilité, notre analyse peut-elle être scientifique ? Nicolas Bouleau (Bouleau, 2014) explique que dans la validation des modèles, il y a souvent le souci « de s'adapter, de minimiser les défauts, de maximiser la vraisemblance » et selon lui « l'unique façon de critiquer une modélisation est d'en construire une autre fondée sur d'autres principes. C'est un appel à la rationalité externe, c'est-à-dire à la socio-diversité des points de vue et des lectures du monde. » (*ibid.*). Ainsi, « il n'y aurait plus d'interprétation « scientifique » univoque (une objectivité) réalisée par un interprétant unique (le scientifique qui objective), mais un ensemble de rapports entre constructions multiples du sens sur un même objet (interobjectivité) et une multitude d'interprétants plus ou moins constitués en collectifs sociaux (associations) ou professionnels (scientifiques) » (André-Lamat *et al.*, 2009). À ce stade de la recherche, il manque donc de contre-modèles répondant à des objectifs similaires pour comparer les résultats. Il est donc nécessaire de porter l'attention sur la posture du modélisateur qui « pense son modèle perfectible, amendable, mais reste convaincu que la langue qu'il utilise est à même d'épouser asymptotiquement toute la réalité. D'où son goût pour les procédures de

validation comme seul examen de passage. » (Bouleau, 2004). Au cours de la démarche de traduction par SIG du guide technique, de nombreux choix sont opérés. Certains choix sont visibles et l'incertitude est signalée, comme lors du classement des formations géologiques selon la lithologie, favorables ou non aux zones humides. Pour d'autres arbitrages concernant l'analyse du relief, la subjectivité s'avère moins flagrante en raison de l'opacité de la procédure pour les personnes ne manipulant pas les SIG. En tant qu'opératrice je distingue des questionnements de différentes natures (fig. 52) :

- La traduction par SIG des « talwegs » induit des questionnements relatifs à la **topologie** : l'objet géographique linéaire doit être transformé en objet surfacique dans lequel qualifier les fonctions des zones humides ;
- Le traitement des pentes implique la **définition de seuils** d'inclinaison et de courbure.
- Des choix parmi les **définitions** doivent être opérés, pour savoir ce qui est considéré comme vallons ou vallées, ou encore la définition d'une dépression d'altitude : à partir de quel seuil définit-on l'altitude ? Ce seuil doit-il être le même au nord et au sud du bassin, à l'adret et à l'ubac ?
- Enfin, un dernier type de questionnement concerne la **dimension fractale** des formes du relief : dépressions, replats sur versant, ou vallée ont des délimitations qui changent selon la résolution et le paramétrage choisi. De quelle dimension sont les dépressions et les replats dont il est question dans le guide ? L'usage du terme « dépression » ou « micro-dépression » désigne-t-il deux objets dont les ordres de grandeurs sont distincts ou est-ce simplement une distinction due au style d'écriture des auteurs ?

La traduction relève également de l'interprétation : « Le modèle n'est-il pas, alors, autant révélateur de la posture de son concepteur qu'il est outil pour la recherche ? La construction de ces modèles débouche sur une représentation partielle du système étudié. À quoi renvoient les critères sélectionnés ? Sont-ils seulement des modes de représentation scientifiques pertinents ? » (Brun et al., 2007).

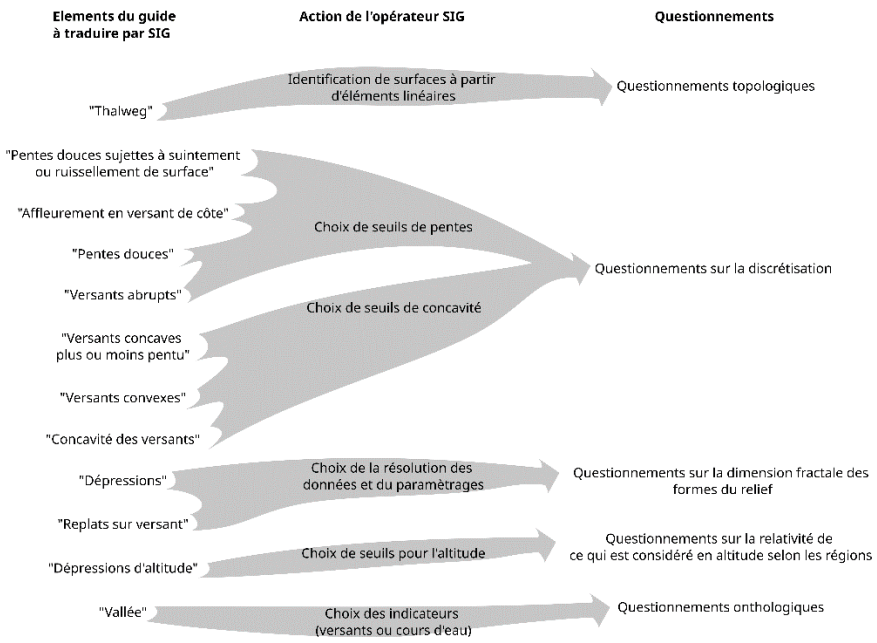


Figure 52. Une traduction qui fait naître des questionnements multiples

La subjectivité de la réponse à ces questions par la production de choix passe inaperçue : il est difficile en regardant les livrables de distinguer les raisons techniques et politiques qui les gouvernent. Les choix de l'opérateur SIG peuvent paraître à première vue purement techniques néanmoins ils peuvent traduire une dimension politique : donner à voir des zones humides de pentes ou des zones humides d'altitude relève de la volonté politique des commanditaires. Dans le même temps, certains choix ne sont ni politiques, ni techniques, ils répondent uniquement au besoin de trancher pour répondre au formalisme du SIG, c'est le cas pour la définition de la vallée prise en compte. Il n'y a pas d'intentionnalité de manipuler certains savoirs, mais tous ces choix ayant tout de même une incidence sur l'emprise spatiale finale, pourraient être investis d'une dimension politique pour minimiser ou maximiser les espaces concernés. L'idéal de neutralité de la science est mis à mal.

Mes partenaires de la Tour du Valat suggèrent de mieux distinguer ce qui relève de la volonté politique de l'Agence et ce qui relève des aspects techniques. Choix techniques et choix politiques me semblent pourtant enchevêtrés. La stratégie de l'Agence et son cahier des charges guide les choix techniques opérés lors de la modélisation. Parallèlement, la dimension technique, telle que la nature et la structure des données ou leur disponibilité par exemple, apporte des contraintes à la traduction du concept. Ces contraintes ainsi que les incertitudes et les questionnements théoriques étant peu mis en lumière, contribuent à donner à la modélisation une illusion d'objectivité qui laisse peu de place à la discussion sur les principes qui régissent sa production. Ainsi, l'élaboration de la modélisation avec l'Agence révèle comment la dimension politique influence les tests méthodologiques et comment la dimension technique rigidifie la proposition politique. Dès lors, la plus-value scientifique concerne davantage les effets de la

production d'information géographique et son appropriation que la procédure de production en elle-même.

L'utilisation d'instrument technique est perçue par l'Agence comme une opportunité pour dépassionner les débats. Pourtant, pour mes partenaires de l'UMR Passages, l'invisibilisation des jeux politiques derrière les instruments techniques est dommageable puisqu'elle dépossède les acteurs extérieurs au processus de production de l'outil technique de toute possibilité d'y projeter leur vision et leurs enjeux. Montrer les ressorts politiques derrière les instruments techniques discrédite-t-il les approches scientifiques ou, au contraire cela permet-il de les défendre en montrant les manipulations possibles ?

Politiques de l'environnement, objet de recherche et publication

La rédaction de ces actes révèle également des divergences de mes partenaires dans la manière de penser les politiques de l'environnement. Pour mes partenaires de l'UMR Passages, l'espace humide de référence doit permettre de desserrer la contrainte réglementaire à l'intérieur des zones humides en contrepartie de leur intégration dans leur espace de fonctionnement. En revanche, pour mes partenaires de la Tour du Valat, l'espace humide de référence doit « étendre des contraintes au-delà des limites actuelles ? Sinon il n'y a pas de contrepartie ». Ces différences de postures se traduisent par des suggestions contradictoires de modification du manuscrit. Mes partenaires de la Tour du Valat soulignent également l'importance des négociations informelles des tracés d'inventaires et la nécessité de ne pas interpréter les écarts entre la modélisation et les inventaires comme l'effet d'une quelconque incompétence de leurs producteurs. Cela est déterminant : ma peur de trahir les acteurs locaux de la gestion des zones humides en produisant des modèles est bien réelle, puisque la comparaison entre les inventaires et ce modèle peut être perçue comme un moyen de délégitimer une information au profit de l'autre. Proposer un modèle peut être vu comme une mise en concurrence et une opposition aux productions locales des défenseurs des zones humides. Ces deux remarques relèvent les postures distinctes parmi mes partenaires : est-ce que l'allègement des restrictions sur les zones humides permet d'agir dans des espaces plus vastes ou est-ce que cela ne fait qu'affaiblir les dispositifs existants ? Chaque posture est légitime : dans le cas des inventaires, l'absence de marge de négociation conduit à des oppositions frontales ou des arrangements informels. Cette donnée constitue souvent des reliquats encore préservés qui font consensus malgré les tentatives de réduction de surfaces. Chacune de ces postures doit pouvoir se retrouver dans les propositions méthodologiques sans se sentir en défaut. Je décide de prendre de la distance puisque ce n'est pas à moi de décider de la stratégie de conservation à mettre en œuvre. Le refus de prendre position pour un de mes partenaires est nécessaire sous peine de perdre les autres. Il faut donc s'assurer que l'information géographique puisse répondre à plusieurs ambitions : l'espace humide de référence doit pouvoir replacer les zones

humides dans leur contexte de formation et de fonctionnement sans porter atteinte aux aspects juridiques des délimitations d'inventaires.

Ces divergences sont influencées par le système de valeurs de mes partenaires construits à travers leurs expériences respectives, donc traduisent un pluralisme axiologique dans la recherche scientifique. Elles sont également influencées par le positionnement disciplinaire : « le recours à la modélisation est souvent cité par ceux qui pratiquent l'interdisciplinarité comme un outil de dialogue entre disciplines » (Brun *et al.*, 2007). À ce stade de l'étude, trouver les bons mots pour décrire les productions SIG est hors du champ scientifique pour mes partenaires de la Tour du Valat alors qu'elle est centrale pour mes partenaires scientifiques de l'UMR Passages. Durant cette première période, la distinction entre « espace humide de référence » et « zones humides potentielles » ainsi que la distinction entre « fonction » et « service », apparaissent secondaire par rapport aux traitements SIG pour mes partenaires de la Tour du Valat. Ces derniers me suggèrent de prendre de la distance avec la dimension politique du problème, notamment concernant les choix sémantiques, tandis qu'à l'UMR Passages, on m'encourage à m'en saisir. Différents rapports à l'objet de recherche se dégagent. Ces divergences montrent plusieurs approches de l'expertise, entre une science qui serait exempte d'influence politique et qui permettrait d'établir des prescriptions et une science qui cheminerait dans un questionnement commun avec la société.

Les différences de posture se manifestent également dans le rapport à la publication. À cette époque, ma hiérarchie à la Tour du Valat me reproche d'être dans l'entreprise depuis 9 mois et de ne pas être entrée dans un processus de publication avant le début de mon doctorat. Pour l'entreprise, l'activité de publication permet de se détacher d'une posture militante et sert à acquérir une notoriété, notamment à l'international, qui l'aide à remporter de nouveaux projets pour assurer la pérennité de l'entreprise. Au terme de mon CDD, je ne me sens pas légitime à publier mes travaux : j'ai répondu à une commande technique sur la base de travaux scientifiques mais j'ai du mal à percevoir l'innovation scientifique que je peux proposer. Je profite de demandes moins appuyées de l'école doctorale et de l'UMR Passages pour attendre un peu. Cependant, la scientificité de la démarche me préoccupe fortement : quelle plus-value apporte-t-elle par rapport aux autres travaux scientifiques ? Je m'interroge sur l'autonomie que m'accorde l'Agence dans mes recherches et sur l'instrumentalisation de mes résultats. Suis-je scientifique ou est-ce que je ne fais que répondre à une commande ?

Ainsi, la diversité des réactions face à cette première itération met à mal l'idéal d'une science unifiée, neutre et autonome et invite à prendre la mesure de la dépendance au contexte de production scientifique. Cela rejoint l'essai de Léo Coutellec qui invite à prendre en compte la pluralité de la science à partir des travaux de Patrick Suppes (1978, *The plurality of Science*). Il distingue trois formes de pluralisme : postural, méthodologique et interprétatif qui revêtent des enjeux épistémologiques relatifs aux rapports aux disciplines, aux objets de recherche et à l'objectivité. Il écrit que « Puisque nous avons des pluralités, puisque la science se compose dans sa diversité, alors les scientifiques et

la communauté scientifique opèrent - à chaque étape du processus de production et de transmission des connaissances - des choix selon des critères, des valeurs, des intentions. Ces critères, valeurs et intentions structurent ainsi les pluralités scientifiques » (Coutellec, 2015). Cette idée de science plurielle permet de dépasser les simples divergences disciplinaires.

Ainsi, la diversité de partenaires autour du modèle déconstruit l'idée d'une posture scientifique monolithique. Les discussions font ressortir la subjectivité et les partis-pris qui peuvent être investis dans les choix techniques selon les systèmes de valeurs et les intentions de ses producteurs. Comment traduire cela dans les projets de valorisation scientifique commun pour faire coexister ces approches de manière à montrer cette pluralité des sciences. Pour ces actes, je décide, sur les conseils de la Tour du Valat, de distinguer deux parties : d'une part les choix SIG et les résultats, d'autre part le discours des acteurs spécialistes des zones humides sur l'information produite. Cela change le statut des discours de mes commanditaires : ils ne sont plus seulement des discours pour guider mes expérimentations techniques, ils deviennent un terrain à part entière.

L'espace humide de référence n'est cependant que le support pour ensuite qualifier les fonctions et les pressions exercées sur les zones humides.

3. La qualification des fonctions par SIG, une méthode grossière à affiner *a posteriori*

La qualification des fonctions par SIG relève également du processus de traduction d'un concept écologique. Le premier temps de cette section explique quels sont les repères pris en compte dans la littérature scientifique et technique pour définir un premier prototype. Il permet d'analyser dans un second temps les limites insurmontables associées à ce mode de conception. Enfin, le dernier temps poursuit la réflexion concernant les relations entre recherche et action, en décrivant comment les résultats de ces recherches s'imposent à la pratique et comment la sémantique des praticiens restreint les possibilités de recherche.

3.1. Une exploitation des dispositifs existants pour rester dans les temps

Pour être efficace, avec l'Agence nous prenons pour point de départ les dispositifs qu'elle considère répondre au mieux à ses attentes. Une méthode parue quelques mois avant mon stage à l'Agence, en décembre 2016, attire l'attention puisqu'elle reprend le cadre fonction-pression demandé par mes commanditaires et propose des indicateurs simples et rapides à mettre en œuvre. Il s'agit d'une proposition réalisée dans le cadre du SAGE « Gravona, Prunelli, golfes d'Ajaccio et de Lava », territoire de 830 km² au sud de la Corse. Elle constituera le point de départ pour concevoir un premier prototype et identifier les marges d'amélioration.

3.1.1. Simplicité et rapidité, deux atouts d'une méthode à généraliser

La méthode de ce SAGE reprend la liste des fonctions et sous-fonctions évoquée dans la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides parue peu de temps auparavant (Gayet *et al.*, 2016a) (marqué d'une astérisque dans le tableau 6). Les sous-fonctions « expansion de crue »,

« submersion marine » et « épuration des eaux à proximité des captages » sont ajoutées. Pour chaque sous-fonction, la proposition détaille dans une justification de quelques lignes les principes sous-jacents à la réalisation des fonctions puis propose des données et traitements pour les appréhender. Le tableau 6 propose une synthèse des principes pris en compte, des données choisies et des requêtes mises en œuvre dans l'étude. Cette façon de faire apparaît cohérente avec les études existantes citées au début du chapitre, elle se retrouve aussi bien dans les articles scientifiques relatifs à l'appréhension des fonctions par SIG (Cedfeldt *et al.*, 2000; Rapinel *et al.*, 2016) que dans les études réalisées en Amérique du nord pour la qualification des fonctions plus généralement (Fennessy *et al.*, 2007; Tiner, 2003) ou en France dans les méthodes de priorisation des zones humides à partir d'indices relatifs aux fonctions (cf. section 1.2). Cette homogénéité dans la succession d'étapes à suivre peut s'expliquer par l'héritage commun de la Wetland Evaluation Technique de 1983 (Rooney *et al.*, 2022). Nous retrouvons donc systématiquement quelques lignes définissant la sous-fonction et les processus sous-jacents à partir de quelques références bibliographiques pour assoir le choix d'une série d'indicateurs, certaines études assument qu'il y a une part de dire d'expert (Creed *et al.*, 2018).

Tableau 6. Méthode SIG proposée dans le cadre du SAGE « Gravona, Prunelli, golfes d'Ajaccio et de Lava » (Asconit Consultants et al., 2016)

Fonction	Sous-fonction	Principes	Données utilisées	Requêtes SIG
Hydrologique	**Ralentissement des ruissellements***	Les secteurs en bas des pentes sont plus favorables	Modèle Numérique de Terrain	Secteurs en bas des pentes ≥ 25%
	Recharge des nappes*	Sont concernés les secteurs où l'infiltration est majoritaire par rapport aux ruissellement superficiel	L'indice de développement et de persistance des réseaux (IDPR), développé par le BRGM, fournit, à partir de la comparaison d'un réseau hydrologique théorique et réel, un indice entre 0 et 2000 indiquant si l'infiltration est supérieure au ruissellement, ou inversement.	Secteurs dont l'IDPR est < 1000 (infiltration majoritaire par rapport au ruissellement)
	Soutien d'étiage*	Sont concernés les secteurs en tête de bassins et les zones de sources	*Pas d'information précise dans le rapport*	*Pas d'information précise dans le rapport*
	Expansion de crue	Sont concernés les secteurs en amont des zones urbanisées pouvant écrêter les eaux de crue	« bâti » de la BD TOPO et aéroport d'Ajaccio Atlas des zones inondables (AZI) Plan de Prévention du Risque inondation (PPRi)	Secteurs d'un AZI ou d'un PPRI compris en amont de zones bâties
	Submersion marine	Sont concernés les secteurs entre le front de mer et les zones urbanisées	« bâti » de la BD TOPO et aéroport d'Ajaccio Trait de côte	Secteurs entre les zones urbanisées et le trait de côte
	Rétention des sédiments*	Sont concernées les zones de grandes cultures et de maraichage ainsi que les parcelles entre les îlots de ce type et les cours d'eau	Registre Parcellaire Graphique	*Pas d'information précise dans le rapport*
Biogéochimique	**Rétention des matières en suspension***	*Idem*	*Idem*	*Idem*
	Rétention et transformation des pesticides*	*Idem*	*Idem*	*Idem*
	Dénitrification des nitrates et Adsorption, précipitation du phosphore*	Les secteurs concernés par l'élevage remplissent davantage cette sous-fonction	Nombre d'animaux par communes issu du recensement général agricole (RGA)	Multiplication du nombre d'animaux avec la quantité d'azote et de phosphore produite en théorie par an par animal Secteurs dont la commune fait face à une pression en azote ou en phosphore supérieure à 2 kg d'azote/ha/an
	Assimilation végétale de l'azote et des orthophosphates*	Sont concernés les secteurs où la végétation est capable d'assimiler azote et orthophosphates	Corine Land Cover	Secteurs dont le poste d'occupation des sols figure parmi les suivants : - Marais intérieurs (code 411) - Pelouses et pâturages naturels (code 321) - Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole (code 231) - Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants (code 243) - Systèmes culturaux et parcellaires complexes (code 242)
	Épuration des eaux à proximité de captages d'eau potable	Sont concernés les secteurs à proximité des captages d'eau potable en raison de leur rôle épuratoire	Captages d'eau potable	Secteurs inclus dans la zone tampon d'1km autour des captages
	Séquestration du carbone*	Sont concernés les secteurs où les sols et les végétaux sont capables de stocker du carbone	Corine Land Cover	Secteurs dont le poste d'occupation des sols figure parmi les suivants : - Forêts et végétation arbustive en mutation (code 324) - Forêts de conifères (code 312) - Forêts de feuillus (code 311) - Forêts mélangées (code 313)
Accomplissement du cycle biologique des espèces	**Support des habitats***	Sont concernés les secteurs dont la diversité biologique est considérée comme forte et remarquable	ZNIEFF de type 1, Natura 2000, Arrêtés de Protection de Biotope, réservoirs de biodiversité de la trame verte et bleue	Secteurs concernés par un zonage (cf. colonne ci-contre)
	Connexion des habitats*	Sont concernés les secteurs entre les habitats dans lesquels les espèces peuvent se déplacer	Polyligne relative aux corridors identifiés dans le cadre de la trame verte et bleue	Secteurs intersectant la zone tampon de 200m autour des corridors définis dans la trame verte et bleue

Pressions identifiées	Principes	Données utilisées	Requêtes SIG
Pression agricole	À proximité de zones agricoles, les zones humides peuvent être soumises aux effets du drainage ou aux pollutions liées aux intrants ou au piétinement	Corine Land Cover	Niveau de pression faible (prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole, code 231), moyen (systèmes culturaux et parcellaires complexes, code 242 ; vergers et petits fruits, code 222), forte (terres arables, code 211, et vignobles, code 221)
Pression d'urbanisation	Pression en périphérie des surfaces imperméabilisées tels que fossés le long des routes, remblais, fondations souterraines des constructions, rejets d'hydrocarbure, déchets, rejets domestiques	BD TOPO	Zone tampon de 100 m autour des bâtiments et zones aéroportuaires, 40 m autour des routes nationales, 20 m autour des routes départementales

Si la succession d'étapes est récurrente, les données et les traitements sont très variables d'une étude à l'autre. La qualification des fonctions dépend de la combinaison de données, aux caractéristiques variées, relatives à « l'occupation des sols, aux conditions lithologiques, au contexte topographique et dans certains cas, à l'usage des sols » (Petter *et al.*, 2013). Les méthodes peuvent également prendre en compte des données relatives à la position dans le bassin-versant, aux caractéristiques du couvert végétal, aux paramètres morphométriques de la zone humide (longueur, superficie) ou encore la source des apports d'eau (Cedfeldt *et al.*, 2000 ; Fennessy *et al.*, 2007 ; National Research Council, 1995b ; Rapinel *et al.*, 2016). Ces données sont ensuite traitées et combinées pour produire de l'information spatiale par sous-fonctions.

Dans un article de 2006, Charles Andrew Cole compare des indicateurs utilisés pour la sous-fonction « stockage des eaux de surface » : les trois méthodes qu'il prend pour illustrer son propos s'appuient chacune sur une définition différente de la fonction ainsi que sur des données et des traitements multiples. La première méthode mobilise l'occupation des sols, la porosité du sol et les modifications hydrologiques et morphologiques. La seconde considère la fréquence d'inondation, le volume de stockage disponible, la pente et la rugosité de la plaine d'inondation. La troisième intègre la fréquence d'inondation, les caractéristiques du couvert végétal (densité d'arbres ou taux de couvert herbacé par exemple), ainsi que la densité de débris de bois. Dans tous les cas, les choix sont rationnels et peuvent être justifiés par un argumentaire scientifique.

La diversité exposée dans certains articles proposant des vues d'ensemble des méthodes existantes (Bartoldus, 1999; Fennessy *et al.*, 2007) rend difficile la sélection d'une procédure, qui devient une étape à la fois confuse et chronophage (Hanson *et al.*, 2008). Pourtant cette diversité ne remet pas en cause le caractère factuel de la démarche : le fait qu'il n'y ait pas une unique méthode d'évaluation des fonctions est revendiqué comme le témoin d'une nécessaire adaptation aux spécificités du contexte géographique (Bartoldus 2000, Kusler 2006, Fennessy *et al.*, 2007).

Les données sont combinées dans des « descripteurs », eux-mêmes réunis par « indicateur » parfois combinés à d'autres selon des formules, pondérées ou non, dans des indices représentant chaque fonction. Certaines études sont très explicites et restituent ces combinaisons sous forme de tableaux qui les rendent lisibles, comme dans l'exemple figure 53 (Rapinel *et al.*, 2016). Dans d'autres, la combinaison des indicateurs apparaît comme une boîte noire. La présence de sous-indices agrégés dans des indices participe à brouiller la compréhension du lien entre les données et le processus (Cole, 2006).

Indicator [weight]	Descriptor [weight]	GIS data
Water storage [0.33]	Potential water storage [0.50] Contributive area/site area	LiDAR DTM
Site area [0.50]	Wetland boundaries map	Decreasing
Hydrodynamic [0.33]	Compound topographic index [0.25]	LiDAR DTM
	Large ditch presence/absence [0.25]	Hydrological network map
	Vegetation roughness [0.25]	Vegetation map
	Water bodies and bottom valley system density [0.25]	Vegetation map
Water level management [0.33]	Duration of flooding [1.00]	Flood duration map

Figure 53. Indicateurs, descripteurs et données utilisés pour la fonction de réduction des pics de crue (les valeurs entre crochets correspondent à leur pondération (Rapinel et al., 2016)

Pour l'Agence, la simplicité des modèles et leur explicabilité revêt un double enjeu. D'une part, celui démocratique en considérant que « la modélisation compliquée est précise mais fragile, mystérieuse et élitiste, tandis qu'un modèle simple est fruste mais robuste, compréhensible par le plus grand nombre et sans tiroirs secrets. » (Bouleau, 2004). Suivant ce principe, adopter un modèle simple et explicable, comme celui proposé dans l'étude atour d'Ajaccio, semble plus conforme à l'objectif de concertation. Quelques descripteurs sont combinés dans des indicateurs pour chaque sous fonction, permettant de visualiser des cartes pour chacune d'entre-elles. Le caractère binaire de chaque sous-fonction est vu par l'Agence comme un moyen de conserver cette explicabilité sans présumer des niveaux de fonctions à partir des données à disposition, qui sont loin de ce niveau de détail.

Ces traitements, relativement simples, doivent permettre une rapidité d'exécution pour accorder davantage de temps à la concertation avec les acteurs du territoire sur la stratégie à mettre en œuvre. Pour l'Agence, cette méthode mérite donc d'être adaptée et généralisée.

3.1.2. Un premier prototype qui répond à toutes les attentes

Convaincue par cette méthode qui traduit au plus près les attentes formulées par la note du secrétariat technique du SDAGE (Duffy *et al.*, 2013), l'Agence me demande de reprendre la structure de cette proposition pour bâtir un tronc commun utilisable dans l'ensemble de ses bassins. Elle identifie à la marge certains désaccords sur le plan conceptuel ainsi que des contraintes relatives aux données pour la transposition de la méthode dans l'ensemble de son territoire. C'est pourquoi je suis chargée d'effectuer quelques modifications pour proposer un premier prototype dont la vocation est d'être amélioré ensuite.

Ces modifications concernent :

- **La liste des sous-fonctions.** Pour l'Agence, certaines correspondent davantage à des services, comme la sous-fonction « Épuration des eaux à proximité de captages d'eau potable » et d'autres sont considérées non pertinentes à cette échelle telles que l'« assimilation végétale de l'azote et des orthophosphates » ou l'« adsorption, précipitation du phosphore ». On peut constater que la liste des fonctions est très variable selon les études, d'où la liberté que peut

prendre l'Agence. D'ailleurs, la liste proposée dans la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, qui inspire celle du SAGE de Gravona, est elle-aussi issue d'un choix partenarial assumé (Gayet, *et al.*, 2016b). La liste retenue est présentée dans le tableau 7.

- **L'indicateur concernant la dénitrification.** La méthode proposée ne peut pas être répliquée dans l'ensemble du territoire de l'Agence. D'autres principes sont pris en compte, notamment le fait que le processus permettant la dégradation des nitrates sous forme d'oxydes d'azote exige des conditions d'anaérobiose (Barnaud et Fustec, 2007). Mes commanditaires me suggèrent alors de mobiliser des données relatives aux surfaces en eau qui offrent ces conditions d'anaérobiose ainsi que les zones de faible pente qui favorisent l'allongement du temps de séjour de l'eau dans la zone humide et qui optimisent ainsi la fonction épuratoire (Germon et Couton, 1999). Ils me conseillent également d'intégrer des données d'occupation du sol puisque les secteurs occupés par des surfaces agricoles ne sont pas considérés comme favorables à la dénitrification car ces activités peuvent être la source de l'excès d'azote. De plus, le processus de dénitrification nécessite la présence de carbone organique, moins présent dans les terres agricoles que dans les sols forestiers. Les zones humides boisées sont reconnues pour leur capacité à intercepter les nutriments, notamment l'azote et le phosphore (Craft, 2016), tout comme les surfaces enherbées non-traitées (Barnaud et Fustec, 2007).
- **Les indicateurs concernant la fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces.** Pour la sous-fonction « support d'habitats », l'Agence souhaite également intégrer des secteurs en dehors des zonages environnementaux, c'est pourquoi l'occupation des sols est à nouveau utilisée. Pour la sous-fonction « connexion des habitats » en revanche, il n'y a pas de trames vertes et bleues (TVB) couvrant l'ensemble de RMC et l'Agence trouve à juste titre peu pertinent la transformation d'une ligne en objet surfacique par le calcul d'une zone tampon. Des pistes de recherche sont suggérées pour intégrer des métriques paysagères sur la connectivité des habitats mais aucune proposition temporaire n'est apportée.
- **Les indicateurs de pressions.** L'Agence a participé au programme RhOMéO en 2014 pour la production d'indicateurs de suivi des zones humides à partir de données récoltées sur site. Elle demande de reprendre les indicateurs de pressions développés à cette occasion puisqu'ils ont la particularité d'être issus uniquement de requêtes SIG.
- Par ailleurs, dans l'optique de **faire reconnaître que chaque zone humide joue un rôle**, l'Agence est attachée à ce que chaque zone humide puisse remplir une fonction et que les zones humides alluviales ne revêtent pas une importance prédominante par rapport aux zones humides en amont, souvent plus morcelées. C'est pour cette raison qu'elle est attachée à la distinction entre la sous-fonction « Épanchement des crues et dissipation des forces érosives » qui concerne les fonds de vallées et la sous-fonction « Stockage des eaux en amont » qui concerne les zones humides en dehors de ces fonds de vallée. Elle souhaite ainsi montrer la complémentarité entre ces espaces lors des crues. Elle souhaiterait que cela soit développé

davantage pour éviter le recours aux systèmes de score. Pour l'Agence, montrer que les zones humides remplissent des fonctions différentes selon leur position dans le bassin versant peut aider les acteurs de l'aménagement à prendre des décisions stratégiques.

Ainsi, au terme de 2018, nous pouvons résumer les requêtes mises en œuvre pour un tronc commun RMC dans le tableau 7.

L'Agence est très satisfaite : la méthode répond aux attentes formulées une dizaine d'années auparavant qui consiste à établir des cartes de fonctions, de pressions, et en croisant les deux, des cartes d'enjeux sur lesquels discuter des stratégies à mettre en place (fig. 54). Elle se projette dans leur utilisation et perçoit l'intérêt que les cartes peuvent avoir localement, imagine très bien l'ajout ou l'adaptation de certaines sous-fonctions dans des contextes spécifiques. Par exemple, la réalisation de certains processus, tels que la dénitrification, peut être limitée en raison de températures basses, en montagne par exemple ou favorisé au niveau de la slikke sur les littoraux (Barnaud et Fustec, 2007). Les descripteurs pourraient être adaptés aux particularités locales, au niveau des écorégions par exemple. Enfin, si des bases de données avec des résolutions plus fines sont disponibles localement, notamment concernant l'occupation des sols, elles pourraient être intégrées. La simplicité de la solution revêt alors un enjeu pratique car elle demande peu de compétences spécifiques en SIG. Les structures locales intervenant dans la gestion des zones humides ont de manière générale les compétences nécessaires pour s'approprier la méthode et l'ajuster selon leur besoin tout en respectant le cadre fonction-pression souhaité par l'Agence.

Tableau 7. La méthode développée avec l'Agence en 2018

Sous-fonction	Principe	Données utilisées	Requête SIG	Pistes d'amélioration
Recharge des nappes	Sont concernés les secteurs où l'infiltration est majoritaire par rapport aux ruissellements superficiels et les secteurs situés au niveau de surfaces planes qui peuvent restituer l'eau stockée en surface à la nappe	Indice de développement et de persistance des réseaux (IDPR) Pente calculée selon le Modèle Numérique de Terrain	La pente est inférieure à 2° et l'IDPR inférieur à 1000	Faire ressortir le fonctionnement hydrologique selon les caractéristiques des formations géologiques sous-jacentes (l'accès à cette donnée est récent)
Épanchement des crues et dissipation des forces érosives	Sont concernés les secteurs localisés en fond de vallée, à proximité des cours d'eau	Pente calculée selon le Modèle Numérique de Terrain Fond de vallée dans le bassin RMC (Alber et al., 2007) Vallées identifiées par l'analyse du relief avec le module *r.geomorphon* Atlas des Zones Inondables (AZI)	Les secteurs où la pente est inférieure à 2° dans les vallées ainsi que les secteurs faisant partie de zonages liés au risque d'inondation	Les AZI sont hétérogènes dans le bassin RMC. Une piste d'amélioration envisagée est de se départir des zonages en tenant compte de la hauteur par rapport au cours d'eau Les fonds de vallées (Alber et al 2007) sont construits à partir du référentiel des masses d'eau rivières, d'où l'absence des fonds de vallées associés à des affluents secondaires. D'autres méthodes pour définir les fonds de vallée peuvent être expérimentées.
Stockage des eaux en amont	En complémentarité avec les secteurs en aval qui servent à l'épanchement des crues, les secteurs en amont ont la capacité de retenir l'eau en surface ou de favoriser son infiltration selon la topographie et le couvert végétal. Ils ont donc un rôle dans le laminage et la désynchronisation des pics de crue	Fond de vallée dans le bassin RMC (Alber et al., 2007) Atlas des Zones Inondables (AZI) Plans d'eau identifiés dans la BD TOPO ou dans la base de données Corine Land Cover Dépressions identifiées par l'analyse du relief avec le module *r.geomorphon*	Faute de pouvoir déterminer l'amont de l'aval, sont considérés les secteurs en dehors des vallées et des zones inondables (identifié dans la sous-fonction précédente) dont la pente est infime, caractérisé par la présence de plan d'eau ou de dépression	Une piste d'amélioration est d'ajouter des données pour prendre en compte la rugosité du couvert végétal. Trouver des solutions pour définir l'amont dans des représentations continues
Rétention des sédiments par ralentissement du ruissellement	Selon leur rugosité, fortement liée au type d'occupation du sol, les zones humides et leurs périphéries permettent de dissiper l'énergie de l'eau, ralentir le ruissellement et retenir les sédiments.	Corine Land Cover. Cette base de données est d'emblée reconnue comme grossière mais présente l'intérêt d'être rapidement et facilement mobilisable	Sont considérés les tourbières (412), marais intérieurs (411), forêts (311, 312, 313, 324) et prairies (231, 321)	Des recherches doivent permettre la comparaison avec d'autres bases de données existantes, telles que celles du CESBIO dont la résolution pourrait mettre en lumière certaines ripisylves.
Dénitrification	La dénitrification nécessite des conditions d'anaérobiose que l'on retrouve à proximité des plans d'eau notamment. Plus la pente est faible, plus le temps de séjour de l'eau est important et optimise la fonction épuratoire. Les activités agricoles peuvent être source d'excès d'azote. D'où l'attention à l'occupation des sols	Plans d'eau identifiés dans la BD TOPO ou dans la base de données Corine Land Cover Corine Land Cover Pente calculée selon Modèle Numérique de Terrain	Sont considérés les secteurs plats (pente < 2°) dont l'occupation des sols est caractérisée par la présence de tourbières (412), marais (411, 421, 422), forêts (311, 312, 313, 324), prairies (231, 321), lagunes littorales (521) ou plans d'eau	Ici encore, une comparaison avec d'autres bases de données est indispensable, que ce soit pour l'occupation des sols ou la présence de plans d'eau Incohérence de la BD TOPO : seule la moitié de certaines lagunes sont prises en compte. Cela nécessite une plus grande attention au choix des données
Séquestration du carbone	Les conditions réductrices des sols des zones humides limitent la décomposition de la litière, donc la transformation du carbone organique particulaire en carbone inorganique dissous. Le carbone est donc stocké par accumulation de matière organique	Corine Land Cover	Sont considérés les tourbières (412), marais intérieurs (411), forêts (311, 312, 313, 324) et prairies (231, 321)	Les études montrent que les espaces stockent du carbone à des intensité différentes, comment discriminer des secteurs plus importants dans un EHR qui ne correspond pas uniquement à des zones humides ?
Support des habitats	Sont considérés les secteurs reconnus pour leur biodiversité, tels que les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistiques et Floristiques (ZNIEFF) de type 1, les sites Natura 2000 et ceux concernés par un Arrêté de Protection de Biotope ainsi que les réserves naturelles Pour compléter par des espaces sans valeur patrimoniale, l'occupation des sols est une nouvelle fois mobilisée	Zonages environnementaux Corine Land Cover	Sont considérés les secteurs concernés par les zonages ou dont l'occupation des sols est caractérisée par la présence de tourbières (412), marais (411), forêts (311, 312, 313, 324), prairies (231, 321) ou plans d'eau	Améliorer en trouvant des méthodes indépendantes des zonages de protection existants
Connexion des habitats	-	-	-	Mobiliser des indices paysagers

Pressions identifiées	Principes	Données utilisées	Requêtes SIG	Pistes d'amélioration
Pression de l'agriculture	Certaines activités agricoles constituent une pression pour les fonctions des zones humides.	Registre Parcellaire Graphique (RPG) anonyme	Suivant la méthode RhoMéO (Collectif RhoMéO, 2014), tous les groupes de culture sont considérés comme susceptibles de dégrader les zones humides, excepté les « Estives Landes », les « Prairies permanentes » et les « Prairies temporaires »	Donnée déclarative, pas toujours pertinent : quelle autre base de données utiliser ? Les lagunes en aval du bassin paraissent hors de pressions car il n'y a ni agriculture, ni urbanisation à l'aplomb de ces espaces. Pourtant, ces espaces situés à l'aval, reçoivent les rejets urbains et agricoles de l'amont : comment représenter les liens amont-aval ?
Pression d'urbanisation	L'EHR contient des secteurs imperméabilisés ne pouvant plus remplir les fonctions. Ces zones urbanisées exercent également une influence sur les secteurs périphériques.	Éléments de la BDTOPO®	Fusion des éléments bâtis et des linéaires routiers et ferroviaires de la BDTOPO dans une tache d'urbanisation (CEREMA, 2015) Création d'une zone tampon autour de ces éléments pour matérialiser la pression en périphérie	Distinguer les éléments de la BD TOPO plus ou moins immuables ?

Cartes des sous-fonctions et pressions

Recharge des nappes

Dénitrification

Epanchement des crues et dissipation des forces érosives

Séquestration du carbone

Stockage des eaux en amont

Support des habitats

Rétention des sédiments par ralentissement du ruissellement

Pressions et localisation des inventaires de zones humides

Céreste

Sous-fonction identifiée
Espace humide de référence
Zones humides de l'inventaire
Surfaces imperméabilisées
Pression d'urbanisation
Pression de l'agriculture
Cours d'eau permanent
Cours d'eau intermittent

Carte des secteurs à enjeux pour une problématique spécifique

Exemple pour la problématique inondation : où sont les secteurs susceptibles de remplir la fonction d'expansion des crues soumis à pressions ?

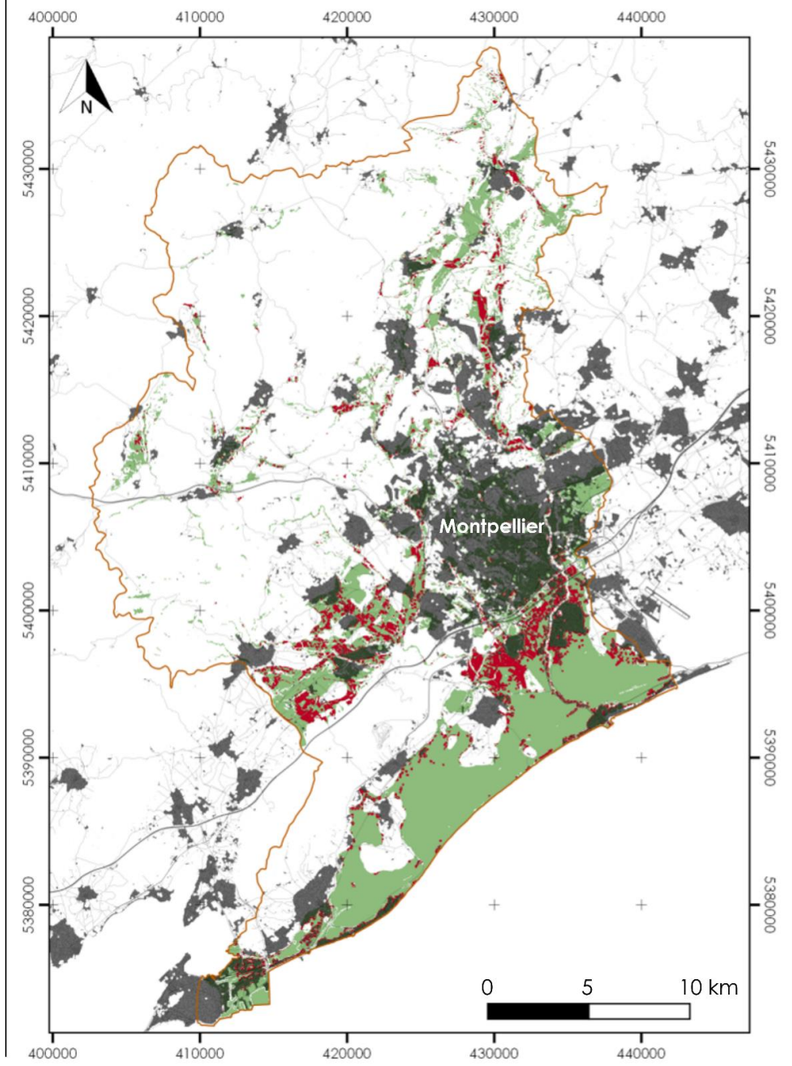


Figure 54. Exemples de cartes attendues par l'Agence : à gauche, exemples dans le bassin du Calavon-Coulon ; à droite, exemple dans le bassin du Lez-Mosson-Etangs palavasiens

Des choix techniques qui balayent les incertitudes

Comme pour l'espace humide de référence, l'Agence arbitre pour aboutir à une simplification qui permette la généralisation des traitements. Par exemple, la capacité des zones humides, situées au-dessus du niveau de la nappe, à participer à sa recharge lors des épisodes pluvieux est débattue ; les effets de la perméabilité de la formation lithologique sous-jacente sont difficiles à déterminer. Ces incertitudes sont balayées par la considération que, dans la majorité des cas, l'hétérogénéité lithologique locale permet des flux hydrauliques (Barnaud et Fustec, 2007). Pourtant, ces flux pour la recharge des nappes ou le soutien des étiages sont considérés par d'autres comme insignifiants la plupart du temps (Adamus *et al.*, 1991). Ces contradictions sont clairement explicitées dans les rapports et témoignent de la subjectivité de l'interprétation des principes qui régissent la réalisation des fonctions des zones humides. Cela révèle également la tentation de l'Agence de mobiliser les SIG dans leur dimension mystificatrice pour faire taire l'incertitude et empêcher le débat portant sur le modèle en lui-même.

À l'instar de l'espace humide de référence, la validation se heurte à la difficulté de trouver des éléments de comparaison. La liste des fonctions varie pour chaque étude, comme les descripteurs pris en compte. La pression est parfois intégrée dans les indicateurs de fonctions, ce qui rend les résultats incomparables. L'emprise spatiale des fonctions est tout aussi variable : une grille matricielle, les zones humides délimitées ou un redécoupage de ces dernières en sous-unités (Lobry et Catteau, 2023). Dans certaines études des comparaisons sont conduites à partir d'évaluations des fonctions réalisées sur le terrain. Il apparaît difficile de savoir, en comparant deux méthodes, si l'une est plus adaptée que l'autre ou s'il s'agit d'une différence d'interprétation des processus. Par exemple, dans une étude concernant des bassins versants au nord-est des États-Unis, la périphérie des lacs est considérée par une étude de terrain comme sans incidence sur la fonction de contrôle des inondations puisque le niveau d'engorgement de ces zones humides suit les variations du niveau du lac (Binhammer, 1994). Les producteurs de la méthode par SIG soulignent *a contrario* leur confiance en leurs indicateurs suivant le principe que ces zones humides participent à désynchroniser les pics de crue (Cedfeldt *et al.*, 2000). Ainsi, les méthodes SIG ne peuvent pas être invalidées car elles peuvent toujours être supportées par un principe théorique, une interprétation différente de la fonction. L'impossibilité de réfutation conforte l'Agence dans ses choix.

La traduction dans le SIG des fonctions documentées dans la littérature amène à faire face aux mêmes incertitudes et questionnements que la transposition des éléments du guide pour l'espace humide de référence. Leur spatialisation questionne à nouveau les seuils : quel seuil distingue l'amont pour la fonction « stockage en amont » ? Les questionnements liés à la topologie des données se retrouvent également. Certaines données sont d'emblée évacuées, telles que les données floristiques ponctuelles et les lignes des trames vertes et bleues puisque les requêtes doivent apporter une information surfacique. La question fractale réapparaît dans les requêtes pour

identifier les fonds de vallons et les dépressions. La diversité des méthodes existantes renvoie aux enjeux définitionnels de la description des fonctions des zones humides et des différentes manières de les traduire par SIG.

3.1.3. Améliorations et perspectives

La pertinence des données peut être questionnée : croiser des données Corine Land Cover avec des données bâti de la BD TOPO revient à mélanger des éléments qui n'ont pas les mêmes échelles de production. L'Agence compte sur le fait que localement des données d'occupation des sols à des résolutions plus fines puissent être intégrées ou que dans quelques années, la parution de l'occupation des sols à grande échelle (OCS GE) puisse être intégrée.

Ce travail préparatoire a donc vocation à être amélioré, des suggestions de recherche sont proposées pour chaque sous-fonction car l'Agence est attachée à la structure par fonction et pression.

Durant la mission de 2018, dès qu'une nouvelle personne intègre la discussion, par exemple un représentant d'une délégation de l'Agence, elle suggère des données à ajouter, telles que des points de captages, la localisation de stations d'épuration ou de données floristiques. Dans d'autres cas, c'est l'exploitation de données existantes qui est suggérée : et si on reclassait la pression agricole selon le type de culture ? Nous testons beaucoup de propositions avant de revenir à quelque chose de simple pouvant être complexifié localement. Plusieurs pistes d'amélioration se dessinent, mais le cadre est là : une liste de fonctions, des pressions, des enjeux. Les pistes d'amélioration sont imaginées à la marge, sous-fonction par sous-fonction, il s'agit de trouver de nouveaux jeux de données ou d'utiliser de nouvelles méthodes pour les combiner.

L'Agence, en imposant ce cadre, souhaite contraindre les opérateurs locaux à réaliser des concertations prenant en compte des espaces en dehors des zonages d'inventaire, se détachant de la notion de service et évitant l'attribution de scores qui proposent une hiérarchisation uniquement technique des actions à mettre en œuvre. Les cartes doivent devenir le support factuel pour permettre un dialogue sur les stratégies territoriales à mettre en œuvre et non plus des arguments pour convaincre la sphère politique de préserver ces écosystèmes. Pourtant ce choix politique de l'Agence est peu mis en avant auprès des opérateurs locaux, la méthode fonde sa légitimité uniquement sur des arguments de rationalité et de scientificité.

Les pistes d'amélioration sont donc d'ordre technique. Le doctorat est vu comme propice pour trouver de nouvelles solutions. Certaines limites identifiées se prêtent pourtant mal à une résolution sous-fonction par sous-fonction car elles sont liées au cadre général d'analyse et au recours au SIG qui implique la prise en charge de données créées dans d'autres contextes pour d'autres objectifs. Ainsi, dès ce premier prototype, plusieurs problèmes conceptuels sont mis en évidence.

3.2. L'impasse : quand la démarche technique atteint ses limites

Certaines limites semblent indépassables et ne peuvent être prises en charge par des procédures techniques, telles que celles liées au cadre conceptuel fonction-pression ou aux caractéristiques des données disponibles.

3.2.1. Superposition fonctions-pressions, un cadre adapté aux approches intégrées ?

Pour l'Agence, l'attention aux fonctions est motivée par le recours à une approche neutre, factuelle, qui montre l'indépendance des fonctions avec les activités anthropiques. L'attention aux mécaniques du SIG permet d'observer la difficulté conceptuelle du croisement entre ces données.

Superposer les couches représentant les fonctions et les pressions suppose que ces deux objets n'aient rien à voir l'un avec l'autre, et ne soient pas appréhendés à partir des mêmes données. Pourtant la distinction entre fonctions et pressions n'est pas toujours étanche. Pour simplifier, nous pouvons distinguer deux archétypes d'indicateurs selon la définition de fonction prise en compte.

Imaginons un territoire fictif (fig. 55). Lorsque la définition de fonction correspond à un « résultat composite de certaines caractéristiques et processus physiques, chimiques et écologiques » (Maltby *et al.*, 2009), des indices de la réalisation des processus sous-jacents aux fonctions sont localisés (fig. 55-a). Ces indices, comme la position en fond de vallée, la présence de cours d'eau ou d'annexes hydrauliques, sont recensés dans le territoire. L'intensité de la fonction augmente au prorata de l'intensité estimée du ou des processus identifié(s). C'est le cas de la fonction de « réduction des pics de crues » évoquée précédemment qui considère la capacité de stockage du site, sa surface, son hydrodynamique selon la topographie, la végétation et le réseau hydrographique ainsi que la durée d'inondation (Rapinel *et al.*, 2016). De la même manière, dans la méthode de l'Agence produite en 2018, la fonction « recharge des nappes » est appréhendée selon la topographie et un indice théorique de la capacité d'infiltration.

D'autres études choisissent de considérer toute zone humide comme capable de remplir toutes les fonctions en considérant la définition de Brinson et Rheinardt (1996) selon laquelle « les fonctions sont exprimées sous forme d'indices relatifs à des conditions de référence ». Elles cherchent donc à identifier la dégradation des fonctions par les activités anthropiques, les pressions (fig. 55-b) Des conditions de référence sont établies, puis, pour chaque indice de pression identifié dans le territoire, elles sont dégradées au prorata de l'intensité estimée des pressions. C'est le cas de l'évaluation de la fonction biogéochimique, appelée « épuratoire », dans le cas du bassin de la Bourbre (Biotope, 2018). Cette étude considère notamment les pressions liées au bâti, à différents types de rejets, dont les stations d'épuration, et à l'agriculture, en estimant par exemple la pression phytosanitaire et le risque de fertilisation excédentaire. Deux arguments justifient le recours à ce type de méthode : les activités anthropiques sont mieux renseignées dans les bases de données que les processus naturels et des décisions politiques peuvent être prises pour faire évoluer ces activités,

il s'agit donc d'un levier d'action. Cela montre que la finalité de la carte peut orienter la production des indicateurs spatialisés.

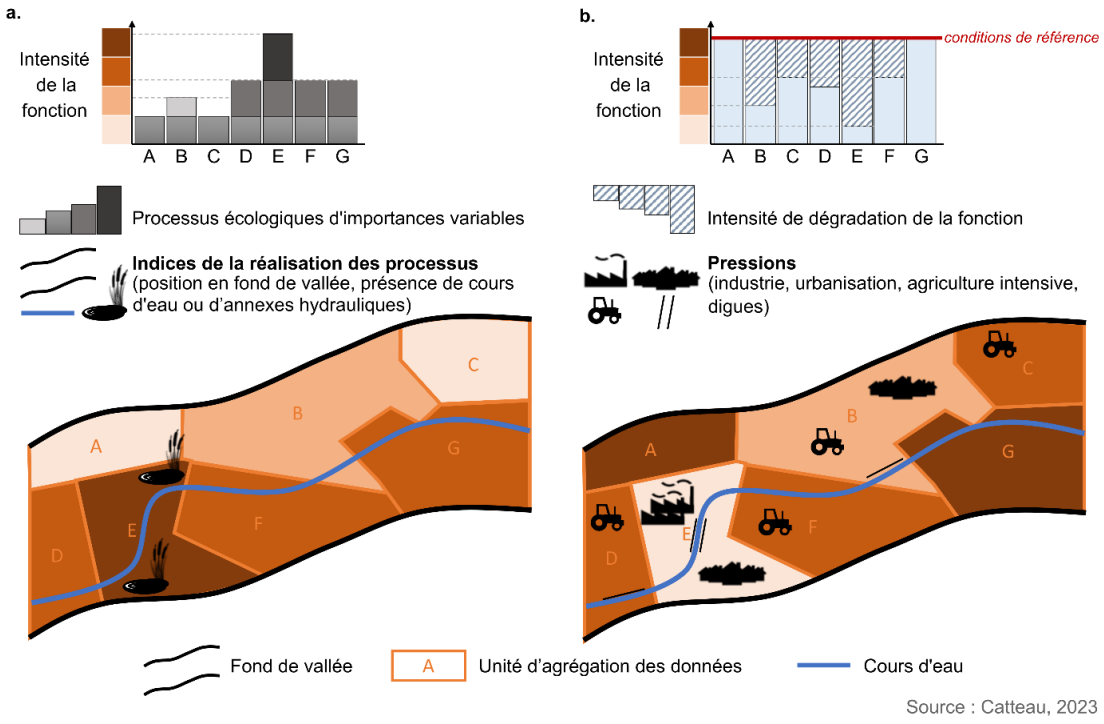


Figure 55. Variabilité de l'intensité des fonctions dans un même territoire selon la définition prise en compte

Entre ces deux archétypes, la plupart des méthodes de spatialisation des fonctions considèrent simultanément des données relatives aux processus et aux pressions. Les indicateurs sont construits soit selon les conséquences liées à un facteur de perturbation, soit au facteur de perturbation en lui-même (Fennessy *et al.*, 2007). Dans la méthode produite avec l'Agence en 2018 par exemple, il est difficile de déterminer si la fonction « dénitrification » et « stockage du carbone », reposant majoritairement sur un classement de l'occupation des sols, appartient au premier ou au second archétype. Le raisonnement systémique justifie que les pressions participent des processus producteurs de la stabilité ou des dynamiques des écosystèmes. L'opposition processus/pressions pose ainsi un problème théorique : est-ce que l'occupation des sols est un facteur de perturbation ou sa conséquence ? Dans les méthodes préexistantes cette question ne se pose pas puisque les fonctions ne sont pas croisées *a posteriori* avec des pressions.

Un cadre conceptuel qui favorise une approche intégrée ?

Cette volonté de distinguer les pressions met en opposition l'humain avec la nature puisque l'attention au vocabulaire montre que le terme processus est réservé aux phénomènes considérés comme naturels, les dynamiques processuelles relatives à l'action humaine étant plutôt traduites par le terme pression, dont le sens apparaît plus péjoratif.

En considérant comme pression les activités anthropiques, le prisme des fonctions est orienté par une pensée préservationniste dans laquelle la nature serait mieux sans l'homme. Cela n'aide pas à répondre à l'objectif de l'Agence de favoriser la concertation et la vision moins ségrégative des zones humides. Pour autant, les activités anthropiques ont un impact sur les zones humides, et sur les écosystèmes en général. Cela pose la question du statut donné à ces perturbations, et de la manière de les présenter. Pour reprendre les propos de C. Larrère et R. Larrère (1997) : « Si l'équilibre n'est plus le principe régulateur des systèmes écologiques, si la nature a une histoire, si les perturbations d'origine anthropique ne sont pas nécessairement néfastes, comment distinguer les évolutions favorables des autres ? Voilà les sociétés humaines réinscrites dans la nature et, par le même geste, les voici privées de normes pour y guider leur activité ». Comment à l'aide du SIG proposer une traduction des activités humaines qui ne soient pas toujours présentées comme des pressions, néfastes pour l'écosystème, sans nier qu'elles ont un effet sur son fonctionnement pour autant ? Comment adopter une posture dégagée (cf. chapitre 1) alors que cette transposition dans le cadre numérique nécessite de se prononcer sur ce qui est acceptable ou non pour les fonctions ? La nécessité de prise de position montre que l'enjeu de la spatialisation des fonctions n'est pas uniquement scientifique. Cela rejoint les propos de Hauck et ses coauteurs (2016) relatifs aux indicateurs de services écosystémiques : « […] l'élaboration des indicateurs de services écosystémiques en vue de la prise de décision n'est pas uniquement un processus scientifique. La façon dont les indicateurs sont conçus et définis prédétermine ce qui sera qualifié et comment cette qualification sera utilisée pour la politique, l'aménagement et la prise de décision » (Hauck *et al.*, 2016). La dimension scientifique des approches de qualification des fonctions est pourtant un argument d'autorité. La science est un facteur de légitimation bien qu'elle ne soit pas unanime sur la manière de qualifier les fonctions. Il existe un décalage entre des cartes de fonctions décrites comme « factuelles », « indépendantes des usages anthropiques » par nos commanditaires et des données qui révèlent des liens étroits avec l'humain, notamment par la confusion entre occupation et usages des sols (Bousquet *et al.*, 2013). L'attention aux données souligne la difficulté de distinguer ce qui relève de l'action anthropique.

Ainsi, le cadre fonction-pression demandé par l'Agence est difficile à mettre en discussion bien qu'il restreigne les possibilités d'amélioration, cantonnées aux ajustements des données et traitements sous-fonction par sous-fonction. L'approche par superposition des fonctions et pressions est attendue depuis 2012, elle est tellement ancrée qu'aucune remise en cause n'est possible de ce principe. Cette expérience permet de prendre conscience des limites d'une traduction trop littérale d'une doctrine par SIG, pour laquelle des données et des traitements ne sont pas adaptés. Il apparaît donc utile de nous intéresser à ce que représentent les données que nous avons choisies et aux perspectives d'utilisation qu'elles suggèrent.

3.2.2. Données et systèmes d'information oubliées derrière les cartes de fonctions

Les données choisies dans la méthode produite avec l'Agence en 2018 ont été produites dans des contextes qui ne sont pas celui de la qualification des fonctions, elles tiennent leur légitimité à leur utilisation dans plusieurs études antérieures.

Les indicateurs environnementaux se limitent à une vision composite de la réalité en procédant « par approximation à partir de données disponibles » (Bouleau et Deuffic, 2016). Pourtant, le prisme de la donnée semble oublié. Le recours au SIG tend à occulter les problèmes conceptuels puisque les logiciels mobilisés veillent uniquement à la compatibilité des formats et des projections.

Ce premier prototype par exemple n'exprime pas les relations avec les espaces périphériques. La fonction dépend uniquement des pressions qui sont identifiées dans les espaces qui se superposent : le cadre conceptuel considère sans incidence les pressions en amont. Le concept, une fois traduit par SIG, ne peut pas tenir compte des dynamiques et interrelations avec les espaces périphériques, alors que c'est précisément l'aspect à l'origine de l'intérêt du concept. Le problème se répète. Laurent Touchart et Pascal Bartout (2020) expliquent ainsi le détournement administratif du concept de masse d'eau, qui, notamment en raison des aspects techniques des SIG tend à figer un objet aux limites floues et à invisibiliser la complexité des interactions avec les masses d'eau souterraines et périphériques.

De la même manière, le fait que l'espace humide de référence ne soit pas uniquement composé de zones humides pose question sur le sens de l'existence de « fonctions de zones humides » dans des espaces non-humides. Cet espace doit mettre en évidence des liens fonctionnels mais est-il pertinent d'attribuer des fonctions à des espaces qui peuvent ne pas être humides ? Le stockage de carbone par exemple varie selon le type de zone humide (Villa et Bernal, 2018) mais que qualifier dans les espaces qui ne sont pas définis comme tels ? On peut s'inspirer d'autres études sur l'évaluation des services écosystémiques qui donnent différentes valeurs selon l'occupation des sols mais cela questionne sur le message associé à la spatialisation des fonctions. Est-ce que l'on veut mettre en évidence la capacité de stockage dans le sol, spécifique lorsqu'il y a présence d'eau à proximité de la surface, ou dans la partie végétative, qui est moins spécifique aux conditions d'humidité puisque des espaces même non-humides sont considérés.

De plus, dans ce premier prototype, certaines relations entre les données et les processus sont peu évidentes. Cette observation rejoint celle de Wilder et Roberts (2002) qui « admettent que la nature des relations utilisées pour développer des sous-indices [de fonctions des zones humides] n'est pas bien établie et nécessite d'être validée » (Cole, 2006). La diversité des paramètres et des données dans les indicateurs ainsi que la complexité de leur articulation entre indicateurs et sous-indicateurs participent à brouiller les liens de causalités.

À ce stade de l'exercice, j'ai l'impression d'être la seule à voir ce décalage entre les données mobilisées et les fonctions qui en sont déduites. Les traitements SIG correspondent à un bricolage

pour considérer les fonctions dans les stratégies de zones humides. La disponibilité des données et l'interprétation de la relation avec les processus priment sur les règles d'utilisation de l'information géographique, considérées comme secondaires. Pourtant, le choix des données a une incidence sur le message accompagnant cette production cartographique.

Des données de nature variées : choisir le message avant de choisir les données

Selon l'échelle considérée, les études intègrent des données acquises spécifiquement sur le terrain, que l'Agence ne peut pas mobiliser en raison de la dimension de son territoire, ou des données issues d'études antérieures. Parallèlement, les temporalités d'acquisition et de mise à jour des données impliquent la représentation de différentes dimensions temporelles des fonctions : les données géologiques ne changent quasiment pas alors que les cartes d'usage des sols sont très sensibles aux changements (Creed *et al.*, 2018).

Adamus et ses coauteurs (1991) distinguent deux types d'indicateurs : les « opportunity predictors » qui renseignent sur le potentiel des zones humides à remplir une fonction et les « effectiveness predictors » qui renseignent sur la capacité actuelle à remplir la fonction. Dès lors, que représentent les données choisies en 2018, une opportunité ou la capacité effective de ces espaces à remplir des fonctions ? En effet, certaines données invariables dans le temps, traduisent une certaine stabilité des fonctions, comme la fonction de recharge des nappes alors que d'autres, dont les mises à jour sont régulières, traduisent le caractère dynamique et évolutif de certaines fonctions, comme la sous-fonction dénitrification (fig. 56). Ainsi, pour certaines fonctions, l'emprise spatiale peut évoluer, pour d'autres non. Cette diversité, peu mise en évidence, participe à une perte de repère concernant ce qui transparait du concept de fonction lorsqu'il est traduit par SIG.

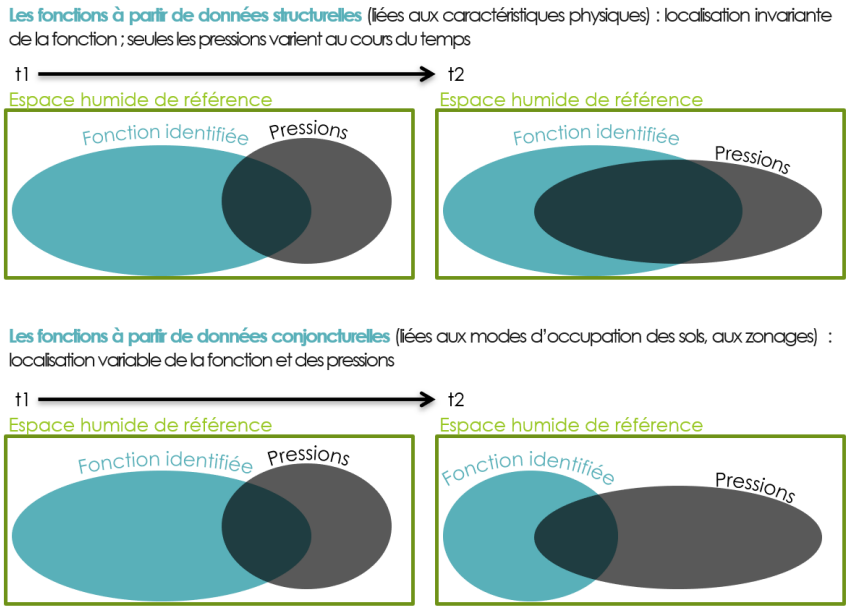


Figure 56. Des fonctions plus ou moins statiques selon les données mobilisées

Selon les types de données choisis, plusieurs représentations des fonctions peuvent apparaître. Le tableau ci-dessous (tab. 8) montre les différentes données mobilisées pour la qualification des fonctions.

Tableau 8. Caractéristiques des données mobilisées

	Acquisition ponctuelle sur site	**Couverture régulière sur l'ensemble du territoire**
Structurel	Position dans le bassin versant, nature du sol *Propriétés* : discontinu dans l'espace et continu dans le temps	Formations géologiques, altitude et dérivés (pentes, formes du relief, position relative dans le bassin versant, amont-aval, proximité) *Propriétés* : continu dans l'espace et dans le temps
Conjoncturel	Données de suivi : qualité de l'eau, espèces, habitats, état et menaces *Propriétés* : discontinu dans l'espace et dans le temps	Données issues de la télédétection : occupation des sols, couvert végétal *Propriétés* : continu dans l'espace et discontinu dans le temps

Ce constat conduit à une réflexion sur l'utilisation de cette information spatiale : qu'est-ce que l'Agence veut mettre en évidence ? Est-ce la dimension structurelle du fonctionnement des zones humides ou au contraire un fonctionnement influencé par des dynamiques anthropiques, dont la dégradation peut être réversible selon les choix stratégiques adoptés par la sphère politique ? Ses orientations pourraient permettre de définir les données à adopter puisque plusieurs objectifs peuvent être souhaités :

- montrer le fonctionnement structurel des zones humides du territoire à prendre en compte dans les projets d'aménagement ;
- ou mettre en évidence l'évolution des fonctions des zones humides du territoire au cours du temps selon les décisions d'aménagement pour montrer des leviers d'action.

Initialement, l'Agence prévoyait que ces requêtes spatiales puissent servir à la mise à jour des plans de gestion stratégique des zones humides, tous les 6 ans. Néanmoins, comme présenté quelques paragraphes plus haut, si certaines fonctions peuvent être mises à jour, comme celles dont l'indicateur mobilise la base de données Corine Land Cover mis à jour tous les 6 ans, certaines, comme la fonction recharge des nappes ne changera pas. Seules les pressions sur cette fonction peuvent évoluer. Si l'objectif est de montrer les dynamiques dans le temps, les indicateurs de fonctions devraient intégrer uniquement des données régulièrement mises à jour, en revanche s'il s'agit de montrer le lien entre la structure de l'écosystème et la fonction, ils devraient s'appuyer sur des données plus pérennes dans le temps.

En raison de la dimension boîte noire des SIG, le discours qui accompagne la donnée focalise l'attention au détriment de la donnée en elle-même et de ses caractéristiques. La donnée, considérée comme une approximation de la réalité est peu remise en question. En reconnaissant que la carte et les données qui la produisent ne sont pas neutres, que des choix techniques sont opérés, il convient de réfléchir à l'utilisation attendue et au message véhiculé.

Malgré les limites suggérées par le cadre fonction-pression et les données disponibles, l'Agence souhaite partager cette proposition qu'elle considère plus pertinente que d'autres études réalisées localement. Subrepticement, le cadre fonction-pression s'impose et se fige. Il sera difficile d'en sortir, malgré la présentation des problèmes d'ordre conceptuel liés à la définition des fonctions ou à l'adéquation entre le cadre proposé et les objectifs.

3.3. Valorisation : effets des livrables sur la recherche et la pratique

Au début de l'année 2019, les livrables issus du CDD à la Tour du Valat, sont partagés avec certains partenaires locaux. Ce partage en change le statut. Ils deviennent méthode à suivre pour rentrer dans les cadres des Plans de Gestion Stratégiques des Zones Humides et bénéficier des financements de l'institution. La méthode, en construction puisqu'elle a vocation à être améliorée, s'impose soudainement à certains partenaires locaux de l'Agence, au risque de réveiller des tensions entre acteurs.

3.3.1. Une science qui s'impose à la pratique

La science est saisie pour justifier la démarche. La peur latente que la méthode soit compromise conduit à imposer cette méthode de manière descendante pour cadrer les études réalisées localement.

L'Agence attend des éléments scientifiques, neutres et factuels mais sa relation à la science est ambigüe. L'effet d'autorité de la science, et par extension de l'instrument scientifique et technique, est recherché. Pourtant, il m'est impossible de proposer une méthode indiscutable, tant les propositions peuvent être diverses selon les exigences politiques et les contraintes techniques. Le bricolage SIG réalisé pour répondre à la demande, dont je vois toutes les limites, est présenté comme un exemple à suivre. Le livrable est considéré comme un document prescriptif alors qu'il n'a pas été conçu comme tel. Il s'agit d'un écueil récurrent puisque certains auteurs signalent que l'évaluation des fonctions doit rester une aide au diagnostic et non un outil prescriptif (Cole, 2006).

Ayant conscience que ce que j'ai produis aurait pu être différent, je me demande comment révéler les incertitudes, minimisées par mes commanditaires. Stuart Firestein (2012) distingue deux types d'ignorance : celle qui consiste à ne pas savoir que l'on ne sait pas, et celle de savoir que l'on ne sait pas. Ce second type d'ignorance, généré par le savoir, permet de poser des questions et de revoir ses présupposés. De la même manière, Edgar Morin (2018) suggère qu'il existe « des avancées d'une nouvelle ignorance dans chaque avancée de la connaissance ». En effet, en connaissant davantage les modes de production des cartes de fonctions de zones humides et en portant l'attention aux données, je découvre l'étendue de l'ignorance sur la spatialisation de ce concept écologique, malgré la profusion de méthodes existantes. Peu de chercheur révèle cette ignorance, les avancées techniques pour la qualification des fonctions sont toujours présentées comme un moyen de les pallier. L'expertise scientifique est sollicitée pour apporter des certitudes. Il y a donc un enjeu de

transparence à exposer les incertitudes scientifiques. Comment en rendre compte dans la suite de la thèse ?

Cette minimisation de l'incertitude s'explique dans notre cas par deux arguments. Le premier est de susciter l'adhésion des partenaires et le second est la croyance forte envers le progrès technique pour pouvoir améliorer ce prototype à l'intérieur du cadre conceptuel proposé. Plusieurs auteurs vont dans ce sens en suggérant que l'évolution des techniques et notamment l'accès à des résolutions spatiales plus fines permettront des améliorations tangibles (Maltby, 2009; Rapinel *et al.*, 2016). Certes, les aspects techniques participent à une meilleure reconnaissance des phénomènes, néanmoins l'utilisation de ces outils et les problèmes conceptuels qu'ils génèrent doivent également susciter l'attention.

Le SIG invisibilise les débats puisque les limites sont systématiquement présentées comme un enjeu technique. Les controverses dans l'interprétation des fonctions sont tranchées au sein de l'organisme central lors de la production de l'outil. Il n'en reste presque plus de traces ensuite.

Dans l'expertise, il n'y a pas de place pour les doutes, pourtant mes certitudes initiales sont ébranlées. J'essaie de faire remonter mes observations mais j'ai l'impression de ne pas être entendue. Cela me questionne encore une fois sur ma pratique : est-ce que ma démarche est scientifique ou est-ce que je réponds simplement à une commande ? Comment ces deux objectifs peuvent-ils coexister ?

D'autant qu'avec mon entrée en doctorat imminente, les indicateurs de fonctions que je produis sont présentés comme des objets scientifiques, leur subjectivité n'est pas reconnue. Cela est fréquents dans la présentation des systèmes d'indicateurs. Florent Joerin et ses coauteurs (2011) notent que la production de systèmes d'indicateurs par des chercheurs, appartenant au monde universitaire et scientifique conduit à « renforcer une image objective du système d'indicateurs pourtant en décalage avec [leur] position de principe ».

Cela demande encore une fois de se positionner : que faire de l'incertitude ? Léo Coutellec indique qu'« entre l'ignorer (positivisme) ou s'y résoudre (scepticisme), il semble ne pas y avoir de place pour une considération de l'incertitude en tant qu'heuristique » (Coutellec, 2015). Cela renvoie aux questionnements sur le rapport à l'incertitude dans l'expertise. Céline Granjou (2003) relate la tentative dans les années 1990 de produire un « modèle procédural » d'expertise : « Au lieu de chercher, comme l'ancien modèle, à « contenir l'incertitude et à la réduire », le modèle procédural se fonde sur la « mise en visibilité des incertitudes » et redonne ainsi, selon Pierre-Benoît Joly, tout son rôle à la décision publique ». À ce stade, pour mes partenaires de la Tour du Valat, réduire les incertitudes et montrer les limites du dispositif correspondent à une étape incontournable de la démarche scientifique. Pour ceux de Passages, la mise en visibilité de l'incertitude est centrale pour garantir l'ambition démocratique du dispositif. Mais ceux de l'Agence craignent que les incertitudes

empêchent d'identifier des repères stables pour la discussion : l'incertitude doit être contenue pour disposer d'éléments suffisamment robustes pour être partagés.

Ainsi, la diffusion des livrables invite à s'interroger sur les effets de la science sur la pratique et sur la conception du transfert de l'un à l'autre. *A contrario*, cette première expérience permet également d'observer les effets de la pratique sur la recherche et notamment des choix sémantiques dans le processus de traduction SIG. La sémantique utilisée par l'Agence, commanditaire de l'étude, est rarement discutée dans cette première itération, pourtant certains termes imposent un cadre et contraignent la manière de mener les recherches.

3.3.2. Quand la sémantique restreint les possibilités de recherche

La méthode ayant été diffusée, les pistes d'amélioration sont bornées par le cadre fonction-pression bien que les limites soient visibles. Comment proposer des alternatives ? Revenir sur ce qui a été fait ne semble pas possible à ce moment de la démarche car la recherche est conçue de manière cumulative et non comme un réagencement constant des connaissances. Le cadre suggéré par l'Agence est justifié par la volonté de traduire son positionnement politique. Néanmoins, ce cadre peut s'avérer restrictif, notamment parce que, les SIG étant une boîte noire, l'importance donnée aux mots devient déterminante, notamment l'attachement au terme « fonction ».

Comme dans beaucoup de situations, des participants utilisent des mots communs pour exprimer des choses différentes (Chrisman, 1999). Pour Geoffrey Bowker (2000), il s'agit d'un problème récurrent dans la traduction de la biodiversité par SIG : ce qui apparaît dans les données, ce sont les mots qui ont été négociés mais cette négociation n'apparaît nulle part ailleurs. La notion de *boundary objet* (Star et Griesemer, 1989) aide à concevoir l'objet fonction comme un objet frontière entre les trois partenaires de la thèse, ce terme réunit ces différentes sphères autour d'un projet commun pourtant son interprétation diffère sensiblement, ce qui est mis en évidence par la traduction SIG. Le terme fonction fait référence à un concept précis pour l'Agence qui en a une définition écologique (Lincoln *et al.*, 1998), pour la Tour du Valat qui a travaillé sur la spatialisation des services, fonction et service sont des concepts voisins. Enfin, l'UMR Passages considère le terme « fonction » mal choisi car il renvoie également, en aménagement, à un partage de l'espace selon la vocation qui lui est attribuée. Certains auteurs distinguent par exemple des espaces avec une fonction économique, d'autres avec une fonction résidentielle ou récréative, et des espaces avec une fonction de conservation (Torre *et al.*, 2006).

Pour la recherche d'indicateurs, la sémantique agit comme un filtre puisque certaines propositions méthodologiques sont d'emblée rejetées en raison des mots employés.

La qualification des pressions anthropiques est centrale dans certaines études pour déterminer les fonctions des zones humides (Fennessy *et al.*, 2007). On considère alors que sans activité anthropique, l'écosystème remplit le plus haut niveau de fonction possible. Identifier les zones plus ou moins dégradées par l'humain, ne revient-il pas à faire des cartes de naturalité, qui

serait définie comme les secteurs les moins impactés par les pressions anthropiques ? Sur ce point, l'Agence est catégorique : il faut s'éloigner du concept de naturalité. Pourtant, certains auteurs (Guetté *et al.*, 2018) identifient plusieurs facettes derrière le terme « naturalité » qui pourraient intéresser l'Agence. Ils distinguent :

- « l'intégrité biophysique », qui correspondrait au degré de « modification anthropique d'un espace par rapport à un habitat théorique originel ou potentiel qui apparaîtrait dans les conditions biogéographiques spécifiées »

- la « spontanéité », qui correspond à « un curseur de naturalité allant de la nature laissée à sa libre dynamique aux paysages intensivement domestiqués »

- enfin, ce qu'ils nomment les « continuités spatio-temporelles » pour évaluer la permanence des continuités spatiales et distinguer « des espaces totalement fragmentés aux espaces continus, aussi bien dans le temps que dans l'espace » (Guetté *et al.*, 2018).

Dans la méthode de 2018, la définition des fonctions peut se rapprocher d'une ou plusieurs de ces dimensions. En effet, en intégrant l'occupation des sols pour la qualification des fonctions, l'Agence cherche à qualifier l'intégrité biophysique, son degré de modification. Une réflexion sur la spontanéité ou les continuités spatio-temporelles permettrait à l'Agence de concevoir les fonctions dans leurs aspects dynamiques : quelles spontanéités et libertés sont laissées aux cours d'eau et espaces alluviaux ? Les zones humides sont-elles coincées entre des structures rigides (routes, constructions, digues, etc.) ? Pourtant, le simple fait d'évoquer le terme de « naturalité » a conduit à rejeter d'emblée ces réflexions. Par ailleurs, d'un point de vue méthodologique, la démultiplication des spatialisations selon la définition prise en compte apparaît pertinente pour interroger les présupposés, comme le suggère Nicolas Bouleau (2014) à propos des modèles. Cela a été fait pour comparer différents principes qui servent à la spatialisation des services écosystémiques (Le Clec'h *et al.*, 2016).

Cette analyse des différents aspects que peut couvrir un terme peut être appliquée aux fonctions. En 2005, Kurt Jax reconnaît différentes définitions de fonctions en écologie, impliquant différents systèmes de mesure. Les fonctions sont parfois synonymes de *processus* ou *interaction*. Les fonctions peuvent être vues comme des rouages qui permettent de maintenir le *fonctionnement* de l'écosystème : il s'agit de mettre en relation des parties à un tout. La fonction peut aussi être défini comme un *rôle à jouer*. Enfin, les fonctions sont parfois définies comme un potentiel de fourniture de services pour l'humain. Certains auteurs définissent en effet les fonctions comme « la capacité des processus et composantes naturelles à fournir des biens et des services qui satisfont les besoins humains, directement ou indirectement » (de Groot *et al.*, 2002). Selon Solen Le Clec'h et ses coauteurs (2014), les services écosystémiques sont « souvent cartographiés et modélisés selon des indicateurs de composition, structure, processus et fonctions des écosystèmes ». Cela rend très

proches les indicateurs de fonctions et de services écosystémiques. Ainsi, certaines études utilisent des indicateurs de fonctions pour créer des indicateurs de services (Varin *et al.*, 2019). En effet, la difficulté du concept de service est d'identifier ce qui est utilisé par l'humain. Sa spatialisation est souvent simplifiée en tenant compte de ce qui peut être utile pour l'humain, donc les fonctions. Ce qui est appelé « méthodes de cartographie biophysique » (Vihervaara *et al.*, 2018) des services écosystémiques ressemble à la spatialisation des fonctions. L'attention aux méthodes de spatialisation des services révèle des approches très similaires. C'est le cas par exemple d'une étude qui suggère d'utiliser des données d'occupation des sols Corine Land Cover pour identifier les secteurs plus ou moins favorables à la fourniture des services (Burkhard *et al.*, 2012). Le service de régulation des nutriments intègre par exemple une classification de l'occupation des sols en catégories considérées favorables ou non pour le cycle des nitrates ou du phosphore, renvoyant à la proposition pour qualifier la sous-fonction « dénitrification ». Ce rapprochement avec les services permet également de s'associer à des réflexions plus larges sur les effets de ces productions, et notamment le rapport entre science et politique. Concernant les services, Yves Meinard et Anaï Mangos (2022) écrivent « Peut-être même doit-on dire qu'en instillant subrepticement ses valeurs dans la biologie de la conservation tout en arborant des atours purement scientifiques, l'économie des services écosystémiques dépolitise la crise de la biodiversité et en oblitère la portée. ». La technicisation de l'environnement par le recours à des outils de mesure chiffrée tend en effet à gommer la dimension politique de ces instruments.

Ainsi, l'Agence apprécie toutes les études dès lors qu'elles utilisent le mot *fonction* et refuse toutes celles utilisant les mots *service* ou *naturalité* sans s'interroger sur la définition des termes, la complexité du SIG faisant écran. Concernant l'outil de hiérarchisation des zones humides proposé par le CEN Bourgogne-Franche-Comté par exemple, l'Agence s'agace que l'étude porte sur les services. Pourtant, l'attention aux requêtes SIG montre une proximité avec la méthode qu'elle propose en 2018 : on retrouve le même usage de données similaires, tels que les zonages relatifs aux inondations et à la biodiversité par exemple (Gisbert *et al.*, 2020).

En reconnaissant la diversité des définitions que peut recouvrir le terme « fonction », l'Agence pourrait s'interroger sur les aspects qui l'intéressent et ouvrir la recherche à d'autres méthodes. Les arguments pour distinguer fonction et service relèvent plus de la stratégie que de la science, il s'agit d'éviter certains termes tels que zone, nature, service. En reconnaissant que la fonction n'existe pas en soi, et constitue un construit social, il est possible de clarifier la position de l'Agence sur ses attentes. Cela ne l'empêche pas, par la suite, de parler de « fonction » pour servir ses intérêts stratégiques et faire passer ses intentions. Néanmoins, cela oblige d'admettre la part de subjectivité des modèles et le fait qu'ils peuvent être discutés.

Dans la suite de la thèse, cela m'amène à utiliser des ruses pour expérimenter de nouvelles propositions sans qu'elles ne soient rejetées d'emblée. De manière plus générale, cette attention

aux mots illustre la difficulté d'amener des non-experts du SIG à rentrer dans la boîte noire de l'outil et à comprendre la mécanique qui se déploie derrière les choix sémantiques.

Conclusion du chapitre. Vers un changement de cap

La procédure SIG demandée par l'Agence est réalisée. Comme attendu, elle permet la reconnaissance d'un espace humide de référence, à partir du relief et de la géologie, dans lequel qualifier des fonctions et des pressions. La validation de cet espace par comparaison avec les inventaires pose question. Cela tend à mettre en concurrence ces deux espaces alors qu'ils doivent représenter des objets distincts. D'où le risque de réactiver la défiance locale envers les projets de modélisations.

Ce chapitre révèle de manière plus large l'approche positiviste de la spatialisation des fonctions des zones humides. Replacer les modèles dans le contexte historique de leur production montre que cette procédure est une affaire de spécialistes des zones humides qui justifie l'approche descendante. Perçue comme factuelle, la notion de fonction tout comme les données et les traitements pour en proposer une traduction spatiale, est peu questionnée. L'utilisation des cartes et les jeux de pouvoir qui s'exercent dans sa construction sont absents des discussions.

Durant cette première itération, je m'émancipe de cette approche positiviste que je partageais initialement avec mes commanditaires. L'attention aux données et traitements en parallèle des discours portés par l'Agence montre un décalage entre l'objet conceptuel et l'objet empirique. L'étude des caractéristiques des données souligne que la temporalité des fonctions ou leur étendue spatiale renvoient à plusieurs représentations et que l'objectif de favoriser des approches plus intégratives à partir des fonctions n'est pas une évidence. La mobilisation de certains zonages ou le souhait de mettre à part les pressions renforcent la distinction des espaces faisant déjà l'objet de protection et favorisent une approche fixiste de l'environnement. De plus, la mobilisation de la notion de fonction renvoie à un problème d'ordre conceptuel : les fonctions ne sont pas des objets surfaciques, les données mobilisées pour les traduire le sont.

Sous couvert d'expertise scientifique et technique, les choix politiques tendent à être invisibilisés. La description de la production des couches SIG révèle les réflexions derrière ces choix et la manière dont l'Agence anticipe la compréhension et l'utilisation des données. Néanmoins, les livrables à la fin du CDD en font peu mention. Ils présentent la procédure SIG comme une simple traduction technique de notes et de rapports : la dimension politique disparaît. La quête de scientificité des modèles s'inscrit uniquement dans la volonté d'un gain d'indiscutabilité qui interroge quant au rapport à l'expertise. Ce chapitre documente une pratique professionnelle à travers la manière dont elle mobilise les instruments SIG : « suivre le fil gris, apparemment austère, des instruments, c'est aussi se donner les moyens de réfléchir à la question des automatismes qui, plus que des routines, correspondent à ce que l'analyse de la *path dependency* révèle de l'importance décisive des choix antérieurs sur les possibilités de choix dans le présent » (Lascoumes et Le Galès,

2005). Les principes de la modélisation, présents dans des études antérieures, et parfois publiées dans des revues scientifiques, ne peuvent pas être modifiés.

Dans ce paradigme, est-il possible de sortir des cadres établis et d'imaginer des alternatives ? Cela installe un sentiment d'impuissance particulièrement inconfortable. L'analyse critique des données et traitements me permet d'identifier des problèmes mais à ce stade, je ne dispose pas de marges de manœuvre pour faire des propositions alternatives. Ma position d'opératrice SIG me rend unique spectatrice du décalage entre objectifs affichés et effets concrets des choix méthodologiques. La façon dont sont mobilisées les données renforce une approche préservationniste, considérant comme moins important les espaces occupés par des activités anthropiques. Il ne s'agit pas de dire que ces activités n'ont aucun effet sur les fonctions, mais dans le cadre de la définition d'une stratégie de territoire, les objectifs doivent être différenciés.

À ce stade, les limites que j'observe ne peuvent être entendues, la remise en cause est trop grande. Elles sont considérées comme inhérentes à la modélisation et conditionnées par les progrès techniques qui pourront être apportés ; les problèmes conceptuels ne sont pas pris en compte. Le décalage produit par la boîte noire du SIG est renforcé par la difficulté à saisir l'incidence des choix techniques pour le profane et par l'aversion de plusieurs collaborateurs pour la mécanique instrumentale. Ainsi, « le chercheur est finalement conduit à assumer deux postures : interpréter les volontés du politique et proposer des choix possibles au politique » (Hervé, 2013). L'élaboration de la modélisation avec l'Agence de l'Eau révèle donc comment la dimension politique influence les tests méthodologiques et comment la dimension technique rigidifie la proposition politique.

Cela me pousse à chercher un langage, notamment à l'aide de schémas pour présenter ces limites et l'importance des choix sémantiques. Ces efforts font apparaître des dissensus par rapport au projet initial : différents regards sur la protection de l'environnement et la manière de mener des recherches. Rendre attractif ces discussions nécessite de rendre visible la dimension politique des choix technique et leur incidence. Au terme de cette première itération, l'ouverture de la boîte noire devient un défi.

Cette première expérience a une incidence forte sur la suite de la recherche. Les propositions SIG sont formalisées dans une série de livrable qui sera diffusée à certains partenaires de l'Agence. Ce qui n'était qu'un travail de stage consolidé par un contrat de quelques mois devient prescriptif. Je suis tenue pour responsable et je me dois de trouver des solutions pour sortir de l'impasse. Comment faire émerger de nouvelles conceptions des fonctions ? Comment élargir les marges de manœuvres pour innover ?

Les livrables sont diffusés aux acteurs locaux de la gestion des zones humides. Ces derniers constateront-ils les mêmes problèmes conceptuels que j'observe une fois rentrés dans la mécanique du SIG ? Cela permettra-t-il d'avancer sur d'autres alternatives ?

Chapitre 4. Deuxième itération. Stratégies et tactiques derrière les SIG : l'adieu au factuel ?

« Devant une splendide maquette, des […] questions sont posées. On discute […]. On envisage de déplacer une porte, d'agrandir une circulation, etc., mais la maquette résiste, le parti est là, il s'impose, personne n'est en situation de pousser la critique jusqu'à ce qu'une modification majeure aboutisse à une option nouvelle, insoupçonnée, qui soit une meilleure solution. Impossible, les jeux sont faits. Ce phénomène, très important, vaut aussi pour la modélisation et doit être pensé en tant que tel. »

Nicolas Bouleau, *La modélisation critique*, 2014

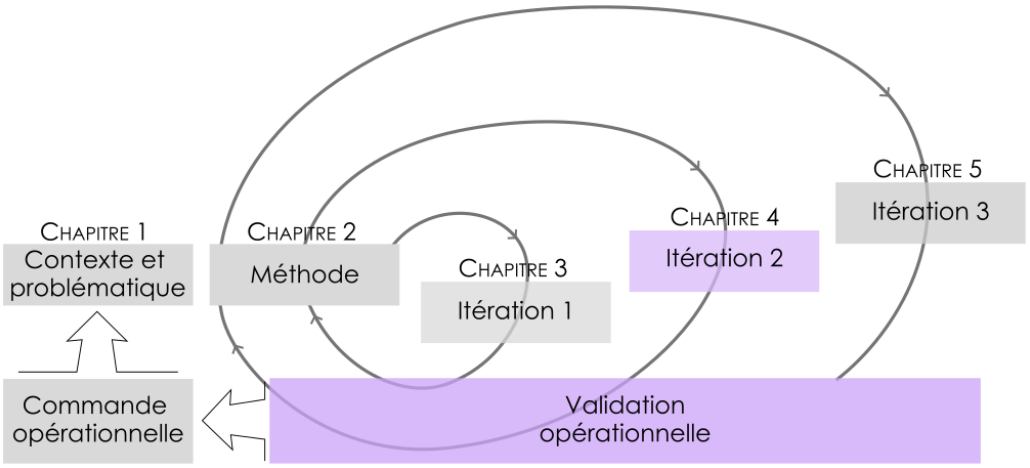


Figure 57. Le chapitre 4, l'itération dans laquelle les prototypes sont à l'étroit

Introduction

Un protocole SIG issu des livrables de la fin de mon CDD est diffusé à certains partenaires de l'Agence, experts locaux des zones humides, souhaitant tester la procédure. Il doit situer l'espace humide de référence et identifier les fonctions des zones humides à partir de données facilement mobilisables.

L'Agence propose une diffusion de la méthode de manière descendante (*top-down*) pour garantir un minimum d'homogénéité. C'est l'usage conventionnel de cet outil (Talen, 2000). Cependant, elle a conscience que celle-ci nécessite des ajustements, comme l'explique Kusler (2006), la qualification des fonctions ne peut pas être appréhendée à partir d'une procédure unique, elle doit être ajustée localement aux besoins et aux capacités. L'Agence accorde donc d'emblée des marges de manœuvre aux experts locaux pour qu'ils puissent proposer des ajustements dans un mouvement ascendant (*bottom-up*).

Les catégories d'acteurs intervenant dans le processus de validation changent par rapport à ceux que nous décrivons dans le chapitre précédent. L'Agence n'est plus seule, une attention doit également être apportée à la satisfaction des experts locaux. Ce changement attire l'attention sur la réception de la proposition SIG pensée par et pour l'Agence dans la première itération. Pour Thierry Joliveau (2004), « un SIG est toujours un outil technologique et informationnel visant à donner des éléments de réponse à un problème ayant une dimension spatiale dans un contexte organisationnel précis ». Ici, la diffusion de l'outil SIG vers des opérateurs locaux implique un changement de la dimension spatiale et du contexte organisationnel, nécessitant de reconsidérer sa pertinence.

Dans cette seconde itération, je peux suivre la réception et l'appropriation du premier prototype SIG. Cela alimente ma réflexion pour faire des propositions d'adaptation. Ce faisant, je change de position : j'observe, cette fois depuis l'extérieur, la recherche de solutions techniques pour spatialiser les fonctions. Telle une mise en abîme, je vois faire ce que je décris au chapitre précédent : au plus proche du concept de *fonctions*, l'identification des bases de données homogènes à l'échelle de leur territoire et leur traitement pour déterminer les indicateurs. Cette extériorité est tout de même relative : j'échange régulièrement avec les experts sur les impasses que j'ai identifiées et je recueille leurs points de vue sur de nouvelles propositions.

Les ajustements locaux se traduisent par la coexistence d'un espace humide de référence à l'échelle RMC et d'un autre produit localement. Cela interroge sur la part du factuel dans cet objet. Que disent les choix opérés des différences dans la conception de la protection des zones humides ? Ces représentations peuvent-elles être articulées ou l'une prend-elle systématiquement le pas sur l'autre ?

Si l'Agence et les experts locaux partagent la même ambition de protéger les zones humides, leurs points de vue sur la manière de procéder divergent, notamment concernant l'intégration de la démarche SIG dans un processus concerté. Cette intégration pose la question : « comment

préserver un espace de controverse qui permette de ne pas abandonner l'expertise aux groupes de pression et de maintenir l'objectivité ? » (Roqueplo, 1992).

En 1999, Nicholas Chrisman observait aux États-Unis que face à la coexistence de plusieurs couches SIG représentant les zones humides, chaque producteur de données essayait de faire valoir son point de vue comme celui faisant autorité et cherchait à ce que les autres s'y conforment. On retrouve ici le même schéma concernant la couche de l'espace humide de référence et celles de fonctions. Chacun essaie de faire valoir la supériorité de son point de vue. Néanmoins ce rapport de force est déséquilibré, l'Agence étant placée plus haut dans la hiérarchie des acteurs, c'est elle qui finance, parfois en grande partie, les projets portés par les structures locales. Pour analyser ce rapport de force, les notions de *stratégies* et *tactiques* développées par Michel De Certeau (1990) sont utilisées dans ce chapitre. Pour cet auteur, la *stratégie* est la « manière de faire » de celui qui a le pouvoir, ici l'Agence. En effet, c'est cette institution qui peut imposer de nouveaux dispositifs techniques pour réguler l'action. Par opposition, le « faible », a recourt à des *tactiques*, il s'agit de « tirer parti de forces qui lui sont étrangères », c'est la « manière de « saisir » l'occasion ». Si la stratégie de l'Agence derrière l'outil SIG a été exprimée au chapitre précédant, le présent chapitre explique comment les experts locaux trouvent des tactiques pour s'opposer à une stratégie à laquelle ils n'adhèrent pas, ou uniquement partiellement. La position offerte par la Cifre donne l'occasion de rendre compte des mécanismes SIG en parallèle des discours qui s'y réfèrent. Il s'agit de répondre à la question : comment se structurent les rapports de force parmi les protecteurs des zones humides ? Qu'est-ce que le SIG provoque ? Comment interfère-t-il dans ces rapports de force ? Quels sont les effets d'un outil qui intervient de manière descendante ?

Nous débutons ce chapitre par une présentation des nouveaux acteurs rencontrés, les experts locaux des zones humides. Il s'agit de décrire les échanges que nous établissons avec eux et leurs apports pour repenser la conception du SIG ainsi que la méthode de recherche. Puis, nous détaillons les résultats en trois temps. Le premier est consacré à l'espace humide de référence, le second aux cartes de fonctions des zones humides et le troisième aux modalités de concertation qui accompagnent le dispositif technique. À travers ces trois aspects, nous retranscrivons l'évolution de la pensée de l'Agence sur ce que doivent être les PGSZH dont nous questionnons la réception locale.

1. Un renouvellement de la méthode dû à la rencontre de nouveaux acteurs

Les livrables de la première mission sont diffusés par certaines délégations auprès de leurs partenaires techniques locaux, ouvrant de nouveaux terrains de recherche selon les opportunités offertes par la pratique professionnelle.

1.1. La pratique professionnelle comme ouverture au terrain

Par l'intermédiaire de l'Agence de l'Eau et de la Tour du Valat, je suis mise en contact avec de nombreux interlocuteurs qui constituent progressivement une nouvelle facette de mon terrain.

Une prise de contact au gré des opportunités avec les partenaires techniques de l'Agence

C'est d'abord par l'intermédiaire des référents des délégations de l'Agence que je suis mise en contact avec leurs partenaires locaux, experts des zones humides. Cette prise de contact intervient au terme de la première mission, en décembre 2018. Ayant travaillé sur les bassins du Lez-Mosson Palavasiens et de l'Argens, je restitue aux acteurs techniques de ces deux terrains le résultat de mes travaux. Les premiers sont intéressés et je les revoie à plusieurs occasions. Les seconds sont plus sceptiques et je les rejoins pour une visite de terrain avec des représentants de l'Agence et les deux bureaux d'études en charge de leur PGSZH.

Par la suite la référente de la délégation Occitanie me met en contact avec le chargé de missions SAGE du bassin versant du Tech-Albères pour suivre la mise en œuvre du PGSZH, puis avec un chargé de mission Espace Naturel Sensible du département de l'Aude qui souhaite échanger sur les requêtes géomatiques.

Le pôle relais Lagunes Méditerranéenne, hébergé à la Tour du Valat, me propose d'assister à une réunion du programme de recherche Restaur'lag portant sur « La restauration écologique des socio-éco-systèmes lagunaires méditerranéens (2019-2022) ». À cette occasion, je rencontre la chargée de mission Biodiversité-Milieux aquatiques du bassin de l'Or, autre partenaire du projet, qui me propose de discuter ultérieurement du projet de PGSZH qu'elle projette. Nous garderons ensuite contact tout au long de la démarche, je serai invitée en tant qu'observatrice aux comités techniques et aux comités de pilotage. Après avoir finalisé le projet, elle m'accordera, avec le bureau d'études engagé, un entretien bilan pour partager leur retour d'expérience sur l'utilisation de requêtes SIG pour la qualification des fonctions des zones humides dans le cadre de leur PGSZH.

En parallèle, je suis associée avec des agents du siège de l'Agence aux réunions de travail concernant la modélisation d'un espace humide de référence en Corse.

Par l'intermédiaire de la référente de la délégation PACA, je suis mise en contact avec le parc du Lubéron, qui achève la réalisation d'un PGSZH mêlant compléments d'inventaires et requêtes SIG. Deux rencontres sont organisées rassemblant les agents techniques en charge de l'étude et des membres du siège et d'une délégation de l'Agence de l'eau. L'objectif est de mettre en évidence les différences de points de vue sur ce que doit être un PGSZH et les requêtes SIG à mettre en œuvre.

Par ailleurs, cinq autres partenaires de l'Agence me contactent pour avoir plus d'informations sur les protocoles SIG ou la démarche de concertation. Leurs territoires d'action concernent la Camargue Gardoise, le bassin versant de la lagune de Thau et de l'étang d'Ingril, le Lez (84), le Drac, la Bourgogne-Franche-Comté.

Dans ces prises de contact, une grande part de mon propos consiste à expliquer les choix méthodologiques de la première version du prototype (présenté au chapitre 3) en détaillant l'ambition politique de l'Agence. Je livre aussi un retour d'expérience sur les questions qui se sont présentées lors du développement de cette méthode et les justifications émanant de l'Agence qui ont permis de trancher. En retour, ces échanges permettent d'observer la réflexion qui les conduit à prendre des décisions alternatives pour concevoir une méthode de qualification des fonctions localement. Dans certains cas, je peux également observer la manière dont ils présentent leur méthode SIG à d'autres interlocuteurs : élus, partenaires institutionnels ou techniques, notamment lors de comité technique ou de comité de pilotage.

Différents événements m'amènent à les côtoyer : des entretiens, des réunions de travail ainsi que des comités techniques (COTECH) ou comités de pilotage (COPIL) qu'ils organisent.

Le GTZH, point de rencontre entre approches ascendantes et descendantes

Parallèlement, j'assiste aux réunions du groupe de travail du réseau zones humides (GTZH) qui rassemble les membres du siège de l'Agence et les référents des délégations sur la thématique (cf. chapitre 1.A). Pour rappel, ces réunions ont pour but de s'assurer de la réception des nouvelles directives du siège par les délégations et de faire remonter au siège les retours recueillis par les délégations auprès des structures locales partenaires.

Durant la période d'observation, entre 2020 et 2021, la définition des PGSZH est un thème récurrent lors des six GTZH auquel j'ai assisté. Il s'agit de mieux définir ce à quoi ils correspondent dans la pratique en faisant remonter, via les délégations, les expériences réalisées localement et en questionnant l'adéquation avec les intérêts du SDAGE.

La réalisation de PGSZH permet aux structures locales d'accéder à des financements complémentaires. La définition de ce qu'est un PGSZH doit permettre de cadrer ce qui peut être financé en tant que tel. Il s'agit donc de définir collectivement les requêtes SIG et modalités de concertation attendues.

Dans ces réunions, mon rôle est de faire part de mes observations, d'abord concernant les études antérieures assimilables à des PGSZH, puis à propos des études en cours. Ma connaissance des SIG et des indicateurs de fonctions me permet de faire un retour sur l'incidence des choix méthodologiques réalisés localement pour informer de ce qui coïncide ou non avec la demande initiale.

L'ensemble des prises de contact avec ces acteurs techniques est synthétisé sur la figure 58, elle reprend chronologiquement les événements listés sur la figure 25 du chapitre 2.

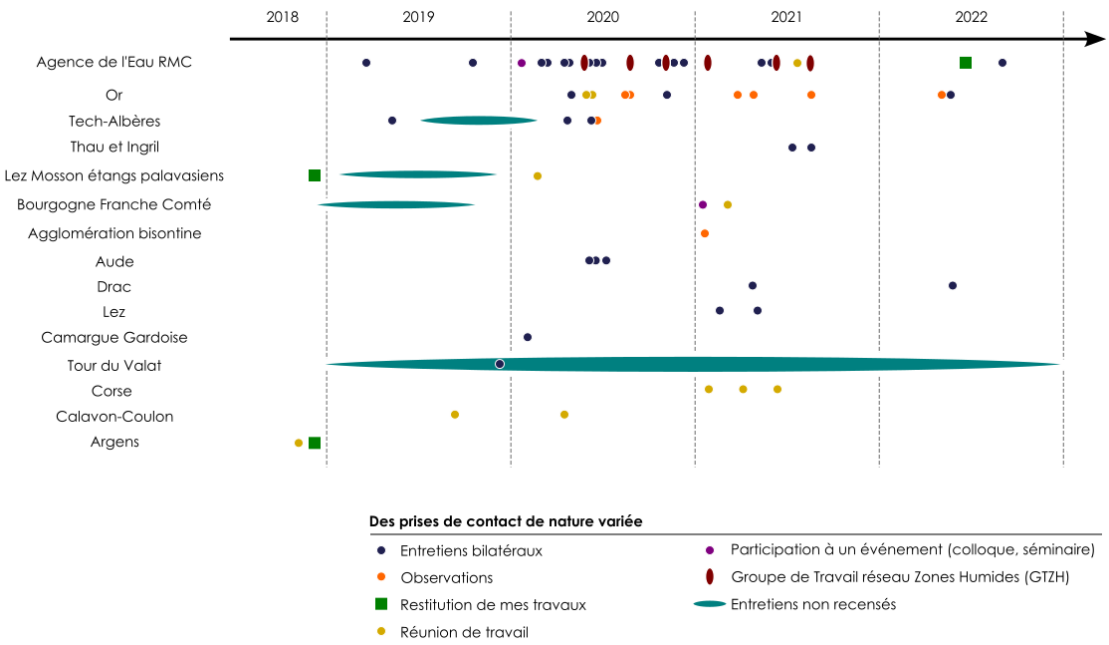


Figure 58. Synthèse des prises de contacts avec les acteurs de la gestion des zones humides

La figure suivante en propose une représentation spatialisée (fig. 59), présentée au chapitre 2, et quelques prises de vue des bassins qui sont souvent cités dans ce chapitre.

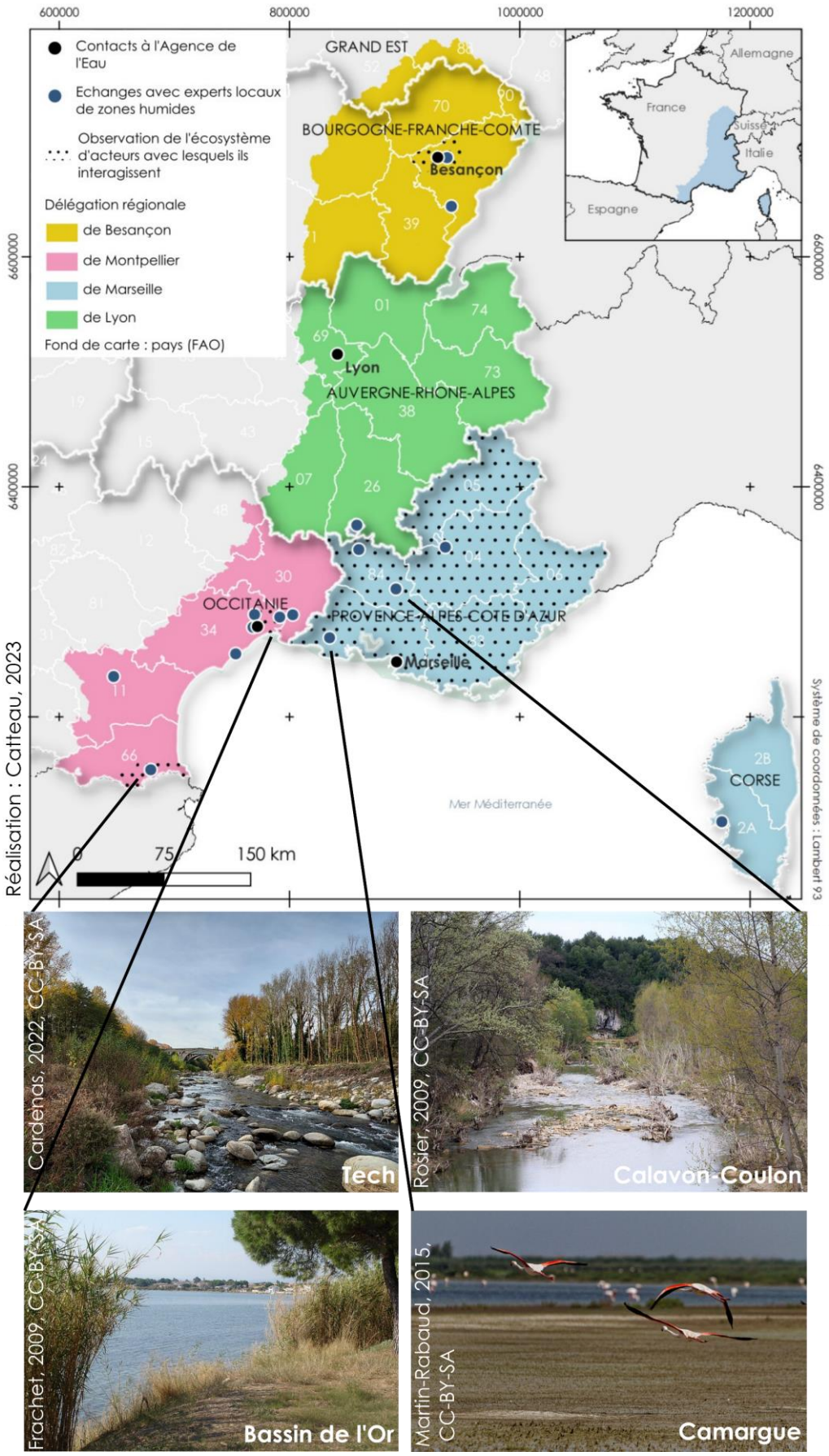


Figure 59. Présentation du terrain du chapitre 4

1.2. Portrait de mes interlocuteurs

Ce chapitre se focalise sur l'ensemble des acteurs techniques de la gestion des zones humides avec lesquels j'interagis. Ils sont liés les uns aux autres par des liens financiers ou d'intérêt dans une organisation hiérarchique (figure 60). Les structures locales sont amenées à solliciter régulièrement des financements de l'Agence de l'Eau pour réaliser des projets locaux qui répondent aux orientations du SDAGE. En tant que financeur, souvent majoritaire, l'Agence a un droit de regard sur les actions menées. Sur la thématique zones humides, les structures locales sont donc en relations avec des agents des délégations qui suivent, valident et financent leurs projets. Elles s'attachent à satisfaire les demandes des financeurs et peuvent faire remonter les incompréhensions ou difficultés, en veillant à garder une bonne relation dans la perspective de prochaines demandes de financement. Le fait que les opérateurs passent plus de temps dans les zones humides et au contact des élus locaux leur confère une légitimité face aux propositions de l'Agence qui leur semblent parfois éloignées des enjeux de terrain.

Leur proximité est institutionnelle, puisque des conventions existent entre les structures qui font partie « d'un ou plusieurs ensembles structurés par des relations fonctionnelles, autour d'une activité ou d'intérêts communs » (Moquay *et al.*, 2005). Elle est également « cognitive » *(Moquay et al.*, 2005) : hormis quelques exceptions, les acteurs de l'Agence et des structures locales partagent "un positionnement sur le registre de l'expertise scientifique et technique, de la connaissance des milieux et des êtres naturels et des modes d'action contribuant à leur conservation" (Granjou, 2013). À ce titre, ils adhèrent à un ensemble de valeurs et un positionnement commun face aux enjeux environnementaux.

Le caractère non-systématique de la proximité géographique entre les personnes interrogées et leurs différents rapports, au terrain est déterminant.

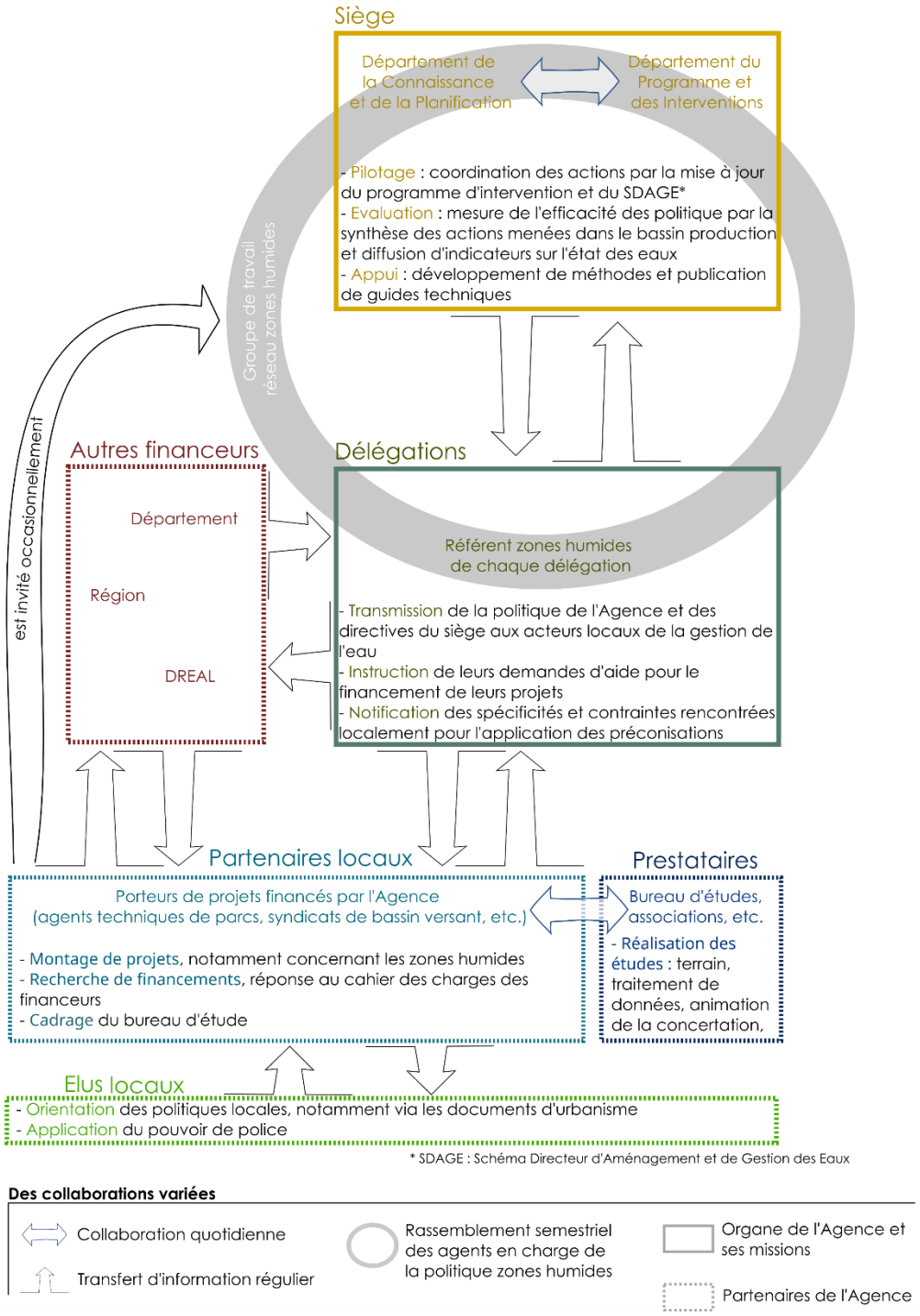


Figure 60. Une organisation hiérarchique entre le siège de l'Agence, ses délégations et les partenaires locaux

Les partenaires locaux sont parfois nommés *gestionnaires de l'eau* par mes interlocuteurs. Ce terme communément usité renvoie au fait que « ces acteurs locaux ont en charge l'élaboration et la mise en œuvre de Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). […] L'objectif de ces gestionnaires est donc de définir les problèmes locaux et de proposer des actions pour les surmonter. » (Michel-Guillou, 2014). Pourtant cette appellation peut paraître inadéquat puisque d'autres acteurs, notamment les exploitants agricoles, participent à la gestion de l'eau par leurs pratiques quotidiennes.

Les intitulés de postes sont pourtant variés : chargé·e de missions Espaces Naturels Sensibles (ENS), animateur·rice de Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux, chargé·e d'études ou chargé·e de missions zones humides (la différence entre ces termes ne préjuge pas forcément de différences dans les fiches de poste), chargé·e de missions Biodiversité-Milieux aquatiques, hydro-écologue, chargé·e de missions assistance technique et scientifique, ingénieur·e d'études, conservateur·rice de réserve naturelle, chef·fe de projet. D'autres intitulés masquent parfois la connaissance naturaliste en raison de responsabilités administratives : chef·fe de service, responsable de services environnement aquatique, responsable de secteur ou encore responsable des politiques de l'eau. Selon le Référentiel Opérationnel des Métiers et des Emplois (ROME), ils se retrouvent dans les catégories « entretiens des espaces naturels » (1.12.02), « protection du patrimoine naturel » (A.12.04) ou « ingénierie en agriculture et environnement naturel » (A.13.03).

Ces acteurs sont souvent agents techniques de collectivités. Ils produisent ou supervisent des inventaires, des suivis naturalistes, des projets locaux, notamment de restauration. L'évolution de leur métier les amène cependant à un nombre croissant de tâches administratives, notamment pour la recherche de financements. Ils sont rarement formés dans leur cursus aux démarches participatives et à la concertation, qui restent en dehors de leur cœur de métier, bien qu'ils y soient régulièrement confrontés. Pour la réalisation d'études spécifiques ou ponctuelles, ils recourent à des prestataires, issues de bureaux d'études spécialisés ou des associations, tels que les Conservatoires d'espaces naturels (CEN). Tous partagent de fortes compétences naturalistes et une fréquentation régulière des zones humides dans le cadre de leurs missions. Dans la suite du chapitre, par souci d'anonymisation, ils sont désignés avec l'expression « expert·e local·e » qui renvoie à leur expertise sur les zones humides et à leur ancrage sur le terrain. Nous mettons aussi dans cette catégorie les prestataires rencontrés. Nous distinguons les experts locaux des agents territoriaux, non spécifiquement experts des zones humides, représentant les autres institutions lors des comités techniques. L'anonymat me semble important dans ce chapitre pour ne pas perturber les relations qu'ils entretiennent avec leurs partenaires, élus ou institutionnels. C'est pourquoi, les verbatims sont référencés selon la fonction du locuteur, le contexte et l'année.

À l'Agence, même si mes interlocuteurs ont parfois dans leur formation initiale suivi des cursus similaires dans les sciences de l'environnement, leurs missions sont presque exclusivement en intérieur. Leur temps est consacré au traitement de dossiers et au réseautage pour assurer la coordination avec d'autres acteurs institutionnels, tels que les services de l'État. Ils sont toujours enthousiastes d'excursions ponctuelles sur le terrain avec les structures locales pour appréhender de manière plus concrète les dossiers qu'ils traitent. Nous pouvons constater que les gestionnaires ont une approche majoritairement centrée sur la biodiversité, alors que l'Agence porte davantage l'attention aux aspects hydrologiques et hydromorphologiques.

Mon master spécialisé dans les sciences des environnements continentaux et côtiers m'offre un dialogue facilité avec l'ensemble de ces acteurs, en raison de la proximité de nos parcours. Cela me place dans une certaine familiarité ; mon entourage amical, également issu de ce cursus universitaire occupe des postes similaires. Cette proximité induit nécessairement une empathie avec les experts locaux, dans leur perception des demandes de l'Agence et des contraintes auxquelles ils font face, et avec les personnes de l'Agence que je côtoie depuis mon stage de master. Cela participe à l'adoption d'une posture compréhensive et d'une attention permanente pour ne pas entraver le déroulement des actions de chacun. Le risque est qu'en prenant le parti de l'un, je me retrouve en opposition avec les autres.

Mon intérêt lors de ces échanges porte :

- « sur leurs activités telles qu'ils les perçoivent et telles qu'ils les conduisent, sur les contraintes qui s'imposent plus particulièrement à eux et sur les difficultés qui en découlent ;
- sur leurs relations les uns avec les autres, sur l'importance qu'elles revêtent à leurs yeux, sur ce qu'ils attendent, sur les conflits qui se produisent le plus fréquemment et les solutions qui généralement y sont apportés ;
- sur l'évaluation qu'ils font de leurs activités, de leurs situations, de leurs relations, sur les sujets de satisfaction et/ou d'insatisfaction qu'ils éprouvent à cet égard, sur leurs espoirs et leurs déceptions ;
- enfin, sur la façon dont, à partir de là, ils voient leurs possibilités d'action, et celles des autres » (Crozier et Friedberg, 1977).

La multiplicité et la diversité de ces contacts contextualisent, confirment ou nuancent les résultats fondés sur d'autres observations. Les productions cartographiques restent centrales pour analyser en parallèle des discours les conséquences des choix méthodologiques. D'où l'importance accordée à la lecture de rapports, de documents intermédiaires et de métadonnées de manière consécutive aux entretiens.

Ces observations nourrissent des questions conceptuelles sur l'articulation de démarches ascendantes et descendantes. Elles nourrissent également le développement de nouvelles propositions pour répondre aux problèmes identifiés.

2. Résultats et discussions. Une confrontation de deux visions de la protection des zones humides

À travers l'observation des modifications qui ont été apportées au premier prototype (chapitre 3), nous montrons ici comment les propositions SIG sont comprises et appropriées par les experts locaux des zones humides. Le premier temps est dédié à l'appropriation du concept d'espace

humide de référence, le second à la méthode de qualification des fonctions et pressions, le troisième à la difficulté d'intégrer le dispositif technique dans un processus de concertation territorial. Dans chaque séquence, nous montrons comment se manifeste l'opposition entre la vision de l'Agence et celle de ses partenaires locaux, nous mettons en évidence une mise en concurrence des points de vue, ainsi que les stratégies et tactiques mises en œuvre pour faire valoir la supériorité du sien. Les trois sections qui suivent se terminent par des propositions pour s'extraire de ce clivage.

2.1. L'espace humide de référence, objet d'enthousiasme et de rejet

Les chargés de missions de l'Or et du Tech-Albères ont intégré dans leur Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) de leur PGSZH le vade-mecum de la démarche d'identification de l'espace humide de référence, rédigé dans le cadre des livrables de ma précédente mission. Dans le même temps, un chargé de mission est engagé au siège de l'Agence pour déployer la méthode dans l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée. Cela permet de confronter deux productions, réalisées à partir d'un même document technique.

a. Les propositions locales sont-elles toujours plus légitimes ?

La coexistence de couches SIG représentant l'espace humide de référence interroge sur le rapport à la vérité. Cette base de données, conçue comme factuelle (cf. chapitre 3), fait localement l'objet de propositions d'ajustement. L'une des couches est-elle plus proche de la réalité ? Dans ce cas, comment cela peut-il être intégré par le producteur de l'information exerçant à une autre échelle ? Les propositions locales sont-elles toujours plus légitimes ? Les exemples qui suivent montrent que les relations entre les producteurs de cette information au niveau local et au niveau du bassin peuvent s'établir comme des partenariats pour progresser collectivement ou comme une opposition entre deux interprétations inconciliables, chacune se référant à des légitimités différentes.

Un exemple sur le registre de la coopération : la prise en compte des vallons et thalwegs

Dans le bassin de l'Or, l'application des requêtes présentées dans le chapitre 3 conduit à une sous-représentation des petits vallons en amont du bassin versant. La résolution des données géologiques, comme dans le cas de l'Argens (cf. chapitre 3), tend à gommer des petits fonds de vallée dans de larges ensembles calcaires dans la partie amont du bassin. Cela induit des interruptions dans le linéaire des talwegs. Par ailleurs, en raison de l'étroitesse des vallées, la résolution des données topographiques à 25 m est parfois insuffisante pour leur reconnaissance. C'est pourquoi, les talwegs et vallons, identifiés à partir d'un MNT à 5 m de résolution ont été ajoutées dans la partie amont du bassin.

Cette information remonte au niveau du siège de l'Agence, le raster d'accumulation de flux n'intervient plus dans l'identification des formes du relief (cf. chapitre 3), il est surimposé après

l'incorporation des données géologiques (flèche en pointillé figure 61) pour éviter ces décrochages dans les massifs calcaires (Bouscary, 2020).

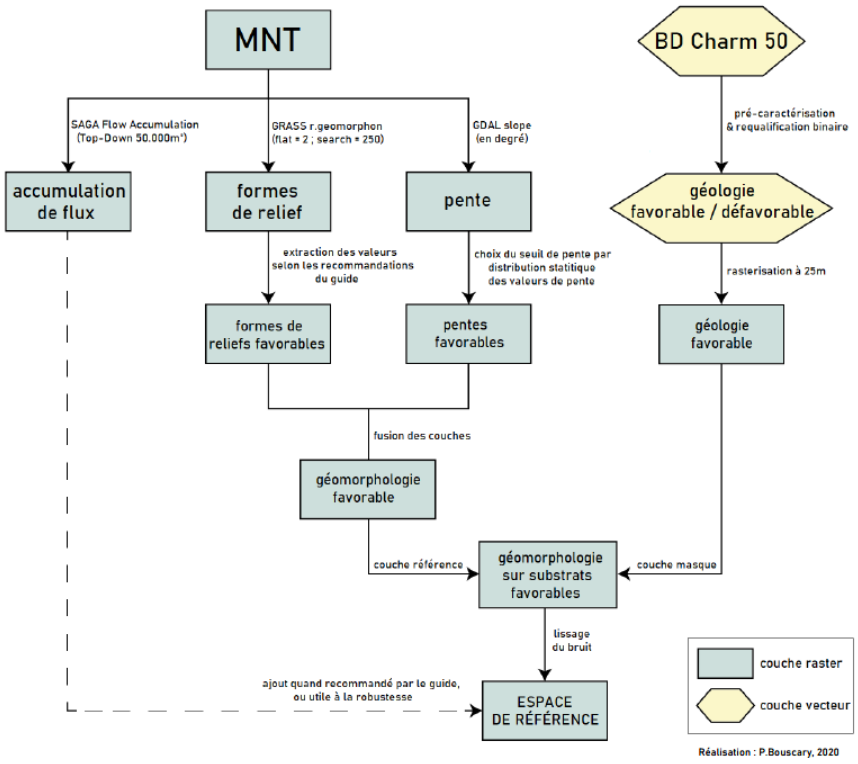


Figure 61. Organigramme simplifié de la méthode de l'Agence (Bouscary, 2020)

Ainsi, les producteurs de l'information locale peuvent faire remonter les spécificités de leur territoire qui nécessitent des ajustements, comme l'étroitesse des vallées dans cet exemple. En revanche, certaines propositions locales ne sont pas considérées comme une amélioration par l'Agence.

Un exemple d'opposition des points de vue : le reclassement des formations géologiques

Le classement des données géologiques entre formations compatibles ou non avec la présence d'un fonctionnement humide s'avère complexe. Entre l'Agence et les structures locales, le classement peut faire l'objet d'interprétations divergentes. C'est notamment le cas dans le bassin versant du Tech-Albères. Une superposition des deux couches résultantes permet de visualiser ces différences (fig. 62). Le rapport explique : « La situation « A » constitue un cône de déjection caractérisé favorable par le bureau d'étude, défavorable selon notre analyse compte tenu de l'incertitude sur le substrat. Une colonne attributaire ajoutée par le bureau d'étude fait mention de l'observation « argile » sur cette entité. De la même façon, la situation « B » présente des alluvions indifférenciées, caractérisées favorable dans nos analyses (recommandations du guide), défavorable selon le bureau d'étude avec l'observation additionnelle « sables, graviers ». La situation « C » souligne quant à elle une concordance des modèles » (Bouscary, 2020).

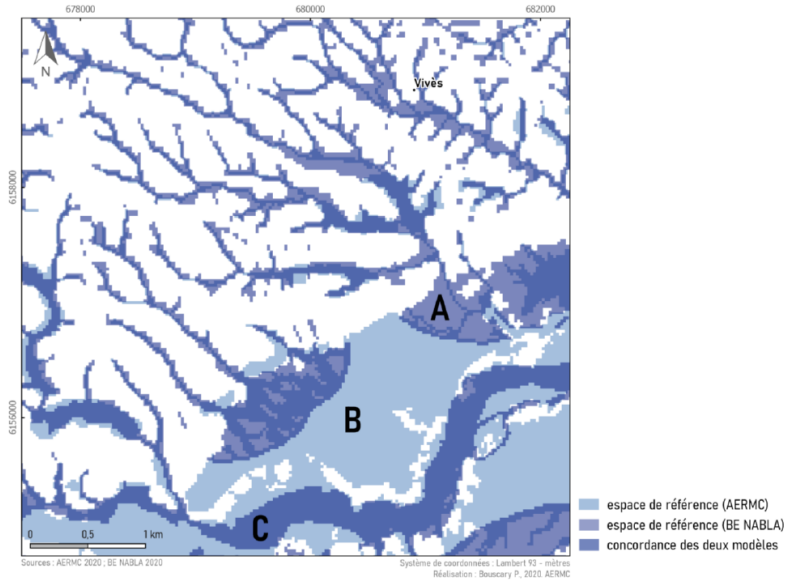


Figure 62. Confrontation de la modélisation de l'espace humide de référence par l'Agence et par le bureau d'études intervenu localement (extrait de Bouscary, 2020)

Ces différences soulignent l'évacuation de l'incertitude pour produire la couche binaire « espace humide de référence » et les conséquences des arbitrages de l'expert dans l'augmentation ou la réduction des surfaces concernées. Cette incertitude pourrait être une marge de négociation pour un ajustement avec la connaissance locale mais les différences observées sont plutôt à l'origine d'un rapport de force entre deux points de vue. Les producteurs de l'étude locale indiquent que la « banque du sous-sol (BSS) a été mise à profit et consultée afin de préciser la composition du substrat » (Nymphalis et Nabla, 2020). Cette base de données nationale permet en effet d'accéder à des coupes stratigraphiques numérisées lorsqu'elles sont renseignées. Toutefois, la dimension contributive de cette base de données se traduit par une forte hétérogénéité dans la nature et la quantité d'information renseignée pour chaque point. Cela justifie la méfiance de l'Agence vis-à-vis de cette source.

Dans un document de travail interne à l'Agence, les divergences avec le bureau d'études local du Tech-Albères sont interprétées comme des « erreurs d'appréciation » (version provisoire n°4 du Guide Eaux et Connaissance sur l'espace humide de référence, juin 2021). Pour l'Agence, « la prise en compte de caractéristiques géologiques locales fines conduit à éliminer les alluvions récentes aux textures sablo-graveleuses alors que ces formations sont aquifères et interviennent dans la présence et le fonctionnement de zones humides alluviales (guide 2012) » (version provisoire n°4 du Guide Eaux et Connaissance sur l'espace humide de référence, juin 2021). L'Agence y voit une tactique pour réduire l'emprise spatiale de l'EHR, cela la conforte dans l'idée de conserver une unique couche, celle produite à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée et d'assumer une part d'incertitude.

Dans le bassin de l'Or, le classement de la géologie est comparé à celui des habitats de prairies humides issu d'une étude antérieure (Écologistes de l'Euzière, 2018-2019). Certaines prairies humides sont à l'aplomb de formations géologiques théoriquement défavorables à la présence de zones humides. Le rapport technique alerte donc sur le fait que la couche est au 1/50 000 et conclut « Ces formations favorables correspondent donc à des grands ensembles. Cela omet la prise en compte de formations plus localisées et/ou superficielles peu perméables. Ainsi, il peut exister des espaces humides sur des formations géologiques jugées non favorables au 1/50 000 » (Symbo, 2022). L'incertitude inhérente aux données est soulignée.

Un an avant la mise à disposition de la couche produite pour le bassin Rhône-Méditerranée, en janvier 2021, lors d'un GTZH, une référente de délégation s'interroge sur la stratégie à adopter « on leur donne ces couches ou on leur demande de les faire ? ». En avril, son interlocuteur du siège indique qu'« il ne faut pas que les bureaux d'études soient amenés à le recalculer » et cela interroge la référente de la délégation : « est-ce qu'ils vont pouvoir s'approprier des notions ? » (GTZH, 2021). En effet, la modification permet une appropriation de la couche SIG : cela permet à l'opérateur local d'appréhender la nature des données en entrée et leurs limites pour comprendre à quoi correspond cet espace. Néanmoins, ce faisant, deux couches coexistent. Dans le paradigme positiviste de la gestion des zones humides, cela pose la question de la couche la plus proche de la réalité. Les suggestions de modification locales sont plus proches du terrain mais elles sont également moins étanches aux enjeux politiques des bases de données représentant les zones humides.

b. Des propositions locales reflétant des appréhensions

« Trop vaste » et « trop large » : ce sont les mots qu'ont utilisés les structures des bassins versants du Tech-Albères et de l'Or, à l'occasion de leur retour d'expérience au groupe de travail zones humides d'avril 2021. L'espace humide de référence contrarie leurs pratiques habituelles. Le travail d'inventaire procède par affinage, un espace grossier est d'abord identifié à partir du relief et de la géologie, puis affiné par l'ajout de données pour orienter la stratégie de vérification sur le terrain. Revenir à des espaces plus larges est perçu comme un retour en arrière. Ils craignent, qu'en présentant ces espaces, leur légitimité soit remise en cause.

L'ensemble des interlocuteurs techniques rencontrés au cours du doctorat partage la crainte de réveiller des oppositions locales sur la délimitation des zones humides. Cela est particulièrement prégnant au niveau des partenaires locaux au contact direct avec les politiques. Bien qu'il y ait une volonté affichée de restaurer un dialogue sur les usages, certains acteurs craignent de raviver des tensions locales en remettant sur la table des cartes en lien avec les zones humides, le duo cartes et zones humides souffrant de son héritage conflictuel. Dans certains territoires les inventaires de zones humides constituent ce qui a été négocié avec les agriculteurs et il n'est pas envisageable de montrer d'autres cartes relatives aux zones humides montrant des

espaces plus larges (experte locale, 2020). Dès lors cela interroge sur la possibilité de représenter des compatibilités entre fonctionnement des zones humides et usages agricoles. Cette crainte se traduit par deux orientations dans les requêtes SIG :

- proposer d'autres espaces plus restreints pour penser l'action, les zones humides potentielles ;
- restreindre l'étendue de l'espace humide de référence en intégrant l'occupation des sols.

Les zones humides potentielles, un espace plus opérationnel ?

Les bureaux d'études du Tech-Albères et de l'Or mobilisent un troisième espace dans leur PGSZH : les *zones humides potentielles*. Il s'agit d'espaces délimités lors de la prélocation des inventaires, sur lesquels les opérateurs n'ont pas *encore* procédé à la vérification des critères réglementaires sur le terrain. Le terme zone humide répondant à des critères réglementaires, ces espaces ne peuvent être désignés comme tel avant une visite sur site. Les caractéristiques humides de la végétation sur les images aériennes apparaissent néanmoins sans équivoque pour le bureau d'études, ainsi, elles sont considérées par les partenaires locaux comme des zones humides en attente de validation. Lors d'une réunion par exemple, un agent d'une métropole s'offusque que ses collègues de l'urbanisme ne prêtent pas attention aux délimitations des zones humides potentielles en raison de l'adjectif *potentiel* interprété comme une incertitude sur le caractère humide (COTECH, 2020). Ces espaces sont considérés comme déterminants pour les partenaires locaux de l'Agence dans les stratégies d'action pour les zones humides, puisque des vérifications de terrain peuvent permettre de les intégrer aux zonages de zones humides. Par ce biais, ces espaces peuvent disposer d'une protection juridique avec la loi sur l'eau et être intégrés dans les porter à connaissances des documents d'urbanisme ou faire l'objet de travaux de restauration. Les acteurs locaux considèrent donc les zonages indispensables à leurs missions, d'où une contradiction avec la proposition de l'Agence de s'en détacher.

Le terme *potentiel* correspond également à un terme de négociation avec le monde agricole. Dans le cas de la Camargue Gardoise, la 1ère carte de zones humides couvrait l'ensemble du territoire (delta du Rhône), puis certains secteurs ont été mis en *potentiel humide à confirmer* (fig. 63) pour « éviter les dialogues rompus » (experte locale, entretien, 2020). Pour cette structure, proposer une carte avec les secteurs favorables d'après les caractéristiques du relief et de la géologie, reviendrait à la première carte présentée et risquerait d'être perçu comme un retour en arrière. La proposition de l'Agence arrive trop tard. Localement, les organisations ont abouti à un dispositif qui permet de conduire les discussions. Les rapports étant plutôt sur le registre de l'affrontement que celui de la co-construction, recommencer, ce serait prendre le risque de réveiller des désaccords.

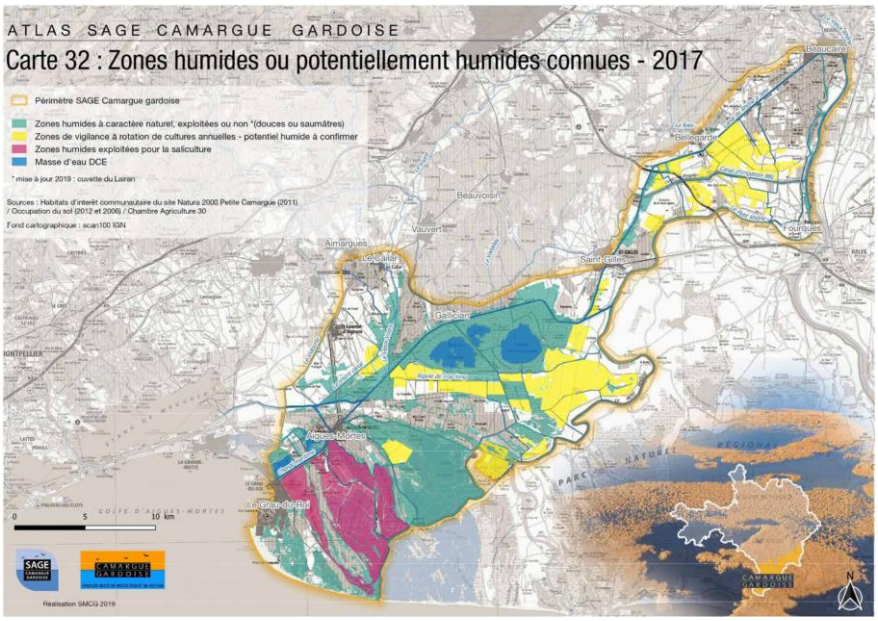


Figure 63. Extrait de l'atlas du SAGE Camargue Gardoise indiquant les zones potentiellement humides (Atlas cartographique du PAGD et du règlement, 2019)

À l'Agence, lors des discussions sur les données, cette dénomination est également source de confusion puisque d'autres données mobilisent cette appellation mais correspondent à la typologie PEE (zones humides Potentielles, Effectives, Efficaces) proposée par Mérot et ses collaborateurs (2006). Les *zones humides potentielles* selon cette typologie regroupent l'ensemble des espaces où il est possible de trouver des sols saturés ou avec de hauts niveaux d'eau. Cela peut donc intégrer de « vastes surfaces qui conservent des traits géomorphologiques et pédologiques sans être humides actuellement » (Mérot et al., 2006). Cette définition est à l'origine de la carte des milieux humides de 2014. Ces données peuvent correspondre, parfois en grande partie, à des espaces aujourd'hui non-humides, qui pourraient le (re)devenir. Or, ce n'est pas ce qui est identifié localement par les bureaux d'études sous la désignation *zones humides potentielles*.

Ainsi, si l'Agence constate l'insuffisance des inventaires de zones humides (cf. chapitre 1), les structures locales conçoivent l'action à partir de ces zonages. La définition de zones humides potentielles est donc pour eux un moyen d'identifier les secteurs devant intégrer ces zonages afin qu'ils disposent eux-aussi des dispositifs de protection associés. Ainsi, les acteurs locaux, concevant leur action uniquement selon les zonages juridiques passent sous silence des espaces qui ne sont pas humides mais qui pourraient le devenir. L'espace humide de référence étant dissocié de tout zonage, ils peinent à percevoir l'intérêt et la manière dont ils peuvent s'en saisir dans leurs missions. Il apparaît même comme une contrainte puisqu'il peut réveiller des oppositions.

Restreindre l'étendue de l'espace humide de référence

L'espace humide de référence, en raison des surfaces qu'il recouvre, ne peut pas être utilisé tout comme les inventaires de zones humides pour imposer des contraintes et restreindre les usages.

Ne sachant comment s'en servir, et craignant qu'il ne réveille des oppositions, les structures locales suggèrent des propositions techniques pour le réduire, notamment par la déduction des surfaces imperméabilisées.

Dans le bassin versant du Tech-Albères, l'absence de prise en compte de l'occupation des sols pour la reconnaissance de l'espace humide de référence est perçue comme le résultat de mon manque d'expérience et non comme un choix politique de l'Agence : « Précisons que l'occupation du sol n'est pas une donnée considérée par Mme Catteau dans son protocole de délimitation des espaces de référence. Par expérience, il nous semble utile de l'intégrer afin d'écarter les secteurs les plus anthropisés, souvent imperméabilisés (stades, voiries, parking, ZAC, …) » (Nymphalis et Nabla, 2020). Dans ce bassin, l'espace humide de référence est utilisé pour pré-localiser les inventaires de zones humides et les zones humides potentielles. Ainsi, tous les choix de l'Agence qui consistent à dissocier l'espace humide de référence des inventaires (format raster, coexistence avec surfaces imperméabilisées, résolution grossière) ne sont pas compris. Cela se traduit par plusieurs propositions : l'ajout des données d'occupation du sol, la soustraction des surfaces imperméabilisées ou encore l'utilisation de données avec une résolution plus fine.

L'appropriation du prototype développé avec l'Agence dépend donc, comme tous les dispositifs SIG, de la compréhension et de l'acceptation des hypothèses qui les sous-tendent (Barge, Joliveau, 1996). Pour le siège de l'Agence de l'Eau, il est important de changer d'objet : « on n'est plus sur les zones humides mais sur la continuité du fonctionnement » (représentant du siège de l'Agence de l'Eau, entretien, 2020) et cela implique de ne pas revenir à des cartes de pré-localisation de zones humides. Il y a donc un dialogue de sourds entre l'Agence et ses partenaires locaux. Les requêtes SIG sont utilisées sans considération de la proposition politique de l'Agence : elles restent un outil de prélocalisation. Ces tactiques détournent l'outil tel qu'il est pensé par l'Agence. Bien qu'elle soit l'un des principaux financeurs des plans de gestion stratégique de zones humides, l'Agence peine à imposer un changement vers des politiques zones humides plus intégrées, dépassant les délimitations d'inventaires.

Dans le bassin du Tech-Albères, l'espace humide de référence est présenté sur le registre de la concurrence et non de la complémentarité avec les données d'inventaires. Pour certains membres de l'Agence, l'absence d'inventaire jusqu'en 2020 traduit dans ce territoire un contexte politique défavorable à la protection des zones humides et un besoin de reconnaître dans un premier temps les zones humides existantes (référente de délégation, entretien, 2020). Pourtant, pour le siège de l'Agence, les données d'inventaires ne doivent pas être un préalable indispensable pour les PGSZH. Cela révèle que l'Agence est composite, d'où une difficulté à porter un discours unique ; cela nuit à la compréhension du message adressé aux partenaires techniques.

Le SDAGE 2016-2021 considère que suffisamment d'efforts ont été consentis pour la réalisation d'inventaires et qu'il s'agit désormais d'encourager le passage à l'action ; cela se traduit par une

restriction des possibilités de financement d'inventaires. Ainsi, dans le bassin du Tech-Albères, la comparaison entre les inventaires et l'espace humide de référence participe dans ce contexte à un argumentaire pour légitimer la nécessité de la production d'inventaires dans ce territoire. La réticence à l'utilisation de l'espace humide de référence révèle également la crainte que cela soit vu comme un zonage se substituant aux inventaires. Or, au risque de l'incohérence, les modifications apportées par le local en extrayant les occupations du sol les plus anthropisés tendent à restreindre les différences, ce qui peut amener de la confusion pour les acteurs de l'aménagement. Cette confusion avec les inventaires demande de porter une réflexion sur la manière de distinguer les bases de données et leurs objectifs. Comment justifier la complémentarité de ces bases de données dans les stratégies d'action ? Dans quelles mesures la nature des actions peut changer selon les espaces considérés ? Pour éviter ces tactiques, l'Agence doit clarifier sa stratégie et rendre davantage visible son ambition.

c. La format raster, une contrainte technique contournée si l'objectif n'est pas partagé localement

Pour s'assurer que l'espace humide de référence ne soit pas réutilisé comme un zonage, l'Agence a fait le choix du format raster jusqu'au bout de la procédure (cf. chapitre 3). Les partenaires locaux sont mal à l'aise vis-à-vis de cette proposition : « à un moment donné, il va bien falloir qu'on ait des unités » déclare une chargée de mission (experte locale, réunion de travail, 2020) qui se demande comment attribuer des objectifs à des espaces non délimités. La représentation raster est, comme l'attendait l'Agence, moins maniable que les polygones vectoriels pour modifier les résultats dans certains secteurs selon les observations de terrain. Les experts des zones humides y recourent rarement dans leur pratique habituelle des SIG et, dans leurs missions, les cartes relatives aux zones humides s'inscrivent généralement dans le cadre de logiques qui imposent le recours à des périmètres. Certains ont donc proposé de définir des limites et de produire des polygones vectoriels en gommant les irrégularités du raster. Les logiciels de SIG proposent en effet plusieurs algorithmes de conversion de raster en vecteur. Dans le module *r.to.vect* par exemple, il suffit d'entrer le raster et de cocher la case « lissage des coins des entités de la zone » pour faire disparaître l'aspect crénelé du raster et le transformer en polygones vectoriels. Ce lissage est revendiqué par les partenaires locaux auprès de l'Agence et justifié par le fait que l'objectif est de présenter cette couche aux élus (experte locale, GTZH, 2021). Les tactiques visant à esquiver le recours au format raster ne sont pas forcément cachées, pourtant elles permettent de contourner la stratégie de l'Agence qui consiste à proposer une réflexion sur un espace sans délimitation. Disposer de petites entités délimitées est justifié par le besoin d'associer une partie de cet espace avec chacune des zones humides identifiées dans l'inventaire pour faire apparaître les interrelations. Le CCTP préparatoire au PGSZH du bassin de l'Or, stipule dans les rendus une « liste des zones humides et espaces de référence » comme des objets individualisables. Dans le cadre de l'inventaire de zones humides d'un bassin versant adjacent, un « espace de fonctionnalité » est associé à chaque zone humide (Aquascop et Les Écologistes de l'Euzière, 2011) dans le but d'agir sur les périphéries

des zones humides identifiées comme prioritaires. Les logiciels de bases de données, et les SIG, peuvent apparier chaque zone humide à des espaces délimités dans d'autres bases de données. Toutefois, la proposition de l'Agence offrant une approche continue échappe volontairement à ce système.

Dans le bassin versant de l'Or, des découpages de l'espace humide de référence sont proposés selon les connaissances locales du fonctionnement ou les structures administratives (localisation des ouvrages hydrauliques, périmètres ZNIEFF, limites administratives des acteurs gémapiens, retours des techniciens locaux). Ces découpages ne sont pas établis selon une méthode systématique, le prédécoupage est travaillé sur-mesure avec les acteurs locaux, dont les élus. L'objectif est d'avoir des périmètres pertinents dans lesquels discuter des actions à mettre en œuvre pour les zones humides. Cela laisse entrevoir l'idée que la pertinence des découpages dépend davantage de leur capacité à susciter la discussion et à conduire l'action qu'à représenter la réalité du fonctionnement des zones humides : l'utilisation prévaut sur la capacité à traduire la réalité-terrain dans la conception de la donnée.

Les experts de zones humides locaux expriment également leur désarroi face à l'absence de limites et de contraintes administratives imposée depuis le siège via la production d'un nouvel outil technique : « ce n'est pas le fond qui pose problème, tout le monde est d'accord sur le fait qu'on doit s'affranchir des zonages mais c'est sur la forme, la pratique : comment on fait ? Qui a la légitimité d'agir ? Comment élaborer des projets de territoires ? » (expert local, réunion de travail, 2019). Pour cet expert local, les zonages leur attribuent une légitimité et une capacité d'action à l'intérieur de ces périmètres :

> « on ne vous a pas attendu pour savoir qu'il faut considérer un peu plus large et prendre en compte les dimensions socio-politiques mais aujourd'hui, si on n'est pas sur une véritable zone humide, on fait comment pour aller mobiliser les sous ? On fait comment pour aller fédérer les acteurs ? [...] Il y a un moment où tous les cadres et tous les contextes qui vont nous permettre de passer de la connaissance à l'action sont forcément conditionnés par le périmètre du milieu lui-même » (expert local, réunion de travail, 2019).

Pour le siège de l'Agence, le passage à l'action est entravé par le temps de production et de mise à jour des inventaires suivant le principe *connaître pour agir*. Ce chargé de mission souligne que la réalisation d'inventaires sert d'abord à accéder aux dispositifs qui permettent de passer à l'action, notamment les leviers financiers et juridiques. Les zonages sont donc considérés comme consubstantiels de l'action pour les zones humides. L'opposition dépasse les procédures SIG, elle porte sur la définition du problème rencontré. Tandis que localement, le problème posé est celui du déficit d'inventaires, pour l'Agence, c'est le fait de chercher à tout prix la production de zonages qui implique une inertie dans la protection des zones humides. Chacun reste campé sur son point

de vue et se sert des SIG pour résoudre le problème qu'il perçoit. Néanmoins, les SIG ne sont pas en mesure de répondre simultanément à ces deux attentes.

Des zonages qui conditionnent l'action publique

Au début de mon doctorat, un chargé de mission m'avait indiqué qu'en cas de destruction d'une zone humide, les opérations de restauration dans le cadre de mesures compensatoires avaient lieu à l'intérieur des périmètres d'inventaires, et non en dehors (expert local, entretien, 2019). Cette stratégie est un moyen d'éviter les contentieux. Cependant cela signifie que l'étendue des inventaires peut être restreinte par certains projets d'aménagement en contrepartie d'une amélioration des fonctions à l'intérieur des périmètres existants, sans concevoir de restauration dans les espaces qui ne répondent plus à la définition de zones humides, et sont donc en dehors de ces zonages. « En dehors des sites délimités, on est à l'aveugle » signalait l'un de ses collègues (expert local, COPIL, 2020). Cela signifie également que, même en cas de compensation, l'aménagement qui consomme de la zone humide se traduit systématiquement par la perte de surface de zones humides. Pour certains partenaires de l'Agence, l'espace humide de référence est une opportunité pour concevoir une stratégie de reconquête, en identifiant des espaces non-humides qui pourraient le devenir.

De la même manière, ce sont les périmètres de zones humides qui activent une vigilance des services de l'État dans le cadre de projets d'aménagement du territoire et l'application de la police de l'eau. Ce sont ces périmètres qui sont repris dans les documents d'urbanisme et notamment dans les documents graphiques. Certains partenaires de l'Agence sont donc intéressés par le partage de la couche espace humide de référence avec les services d'aménagement de leur territoire qu'ils fréquentent dans le cadre des avis SAGE pour les dossiers loi sur l'eau : « quand on arrive à avoir des projets à temps, on peut dire : attention, on sait que là vous allez surement avoir de l'impact sur une zone humide, donc mesures compensatoires, donc faites les études préalables correctement pour pas vous faire retoquer directement le projet » (experte locale, réunion de travail, 2020). Or, à plusieurs reprises des zonages scientifiques ont été utilisés ensuite comme zonages réglementaires ; c'est le cas des ZNIEFF par exemple (Couderchet et Amelot, 2010 ; Joliveau et Barge, 1997). De même, les inventaires de zones humides, initialement outil d'alerte, ont acquis ensuite une portée réglementaire. Ce changement de statut a coupé court aux possibilités de négociation, il est à l'origine des oppositions.

Les propositions d'utilisation de l'EHR sont donc différentes des actions envisagées à l'intérieur des périmètres d'inventaire. Dans les inventaires, il est possible de prioriser les zones humides selon l'expertise et de chercher des financements pour des projets de restauration. À l'extérieur de ces périmètres, aucune obligation réglementaire, les actions doivent se faire sur la base du volontariat. Les projets de restauration en dehors des inventaires ne peuvent pas se faire uniquement selon des préconisations techniques et dépendent de la volonté politique. Ainsi, s'il est possible de proposer

une hiérarchisation technique des actions à entreprendre au sein des espaces d'inventaires, les agents techniques ne peuvent pas imposer de priorisation technique dans les espaces situés en dehors. Seules les actions issues de dispositifs concertés sont possibles. S'il ne s'agit plus seulement de zones humides et que la protection des zones humides doit s'inscrire dans des projets de territoires aux enjeux transversaux, qui peut proposer ces réflexions et dans quels cadres ? Est-ce les acteurs locaux spécialistes des zones humides ou les acteurs locaux produisant des documents d'urbanisme ?

Avec la GEMAPI, les aides de l'Agence pour restaurer les zones humides peuvent s'appliquer à différents types d'intervention : outre les travaux de restauration, elles concernent la gestion intégrée, la gestion concertée et le soutien à l'animation (eaurmc.fr). Dans le plan de gestion stratégique du bassin de l'Or, une distinction est proposée entre les actions qui ont besoin d'être localisées et celles transversales à mener dans l'ensemble du bassin. Les actions localisées peuvent correspondre par exemple à l'adaptation des pratiques agricoles, l'élaboration d'un plan de gestion ou la restauration d'une zone humide tandis que les actions transversales correspondent à des actions de communication, de formation ou d'élaboration de stratégie foncière notamment (Symbo, 2022).

Le choix du format des données a donc une incidence sur les possibilités d'action et la manière de les concevoir. Dans le cadre d'une approche descendante, l'Agence peut décider d'imposer des formats pour contraindre à certains types d'action. Cependant, localement, s'il n'y a pas d'adhésion aux objectifs de la méthode, les contraintes techniques peuvent facilement être contournées par les tactiques des opérateurs locaux.

d. Proposition opérationnelle : penser la complémentarité des dispositifs

L'intérêt pour l'espace humide de référence est reconnu uniquement lorsque les partenaires admettent qu'il ne s'agit pas des mêmes objets, donc que les actions à mettre en œuvre sont de nature différente :

> « Il est évident que, quand on se place dans une approche fonctionnelle plus que "caractérisation de milieu", cela signifie qu'on est plus sur les mêmes objets. […] Aujourd'hui si on travaille sur un Plan de Gestion Stratégique Zones Humides, on travaille sur des zones humides, on travaille sur des enveloppes qui étaient celles des milieux. S'il est convenu, acté, de travailler sur des espaces de fonctionnement et non plus de seules zones humides, ça peut permettre pas mal de choses. » (expert local, réunion de travail, 2019).

Nous avons vu que le terme *zones humides* donne accès à certains arguments en raison de la dimension réglementaire mais limite l'action aux espaces qui répondent à cette définition. L'espace humide de référence est perçu comme un moyen de répondre à la question : « Comment intégrer

dans un inventaire des espaces qui ne répondent plus aux critères de définition de zones humides ? » (expert local, réunion de travail, 2020). Dans cette perspective, « ça veut aussi dire pouvoir intégrer les zones en creux dans les vallées alluviales » (expert local, réunion de travail, 2020). Dans la vallée de l'Encrême par exemple, l'inventaire de zones humides correspond à l'espace humide de référence duquel serait soustrait les surfaces agricoles (figure 64). Pour le chargé de mission, les zones humides « qui sont traversées par un drain, qui sont cultivées, plus de végétation ni traits d'hydromorphie caractéristique des zones humides », elles sortent donc de leur périmètre d'action, il poursuit : « vous colmatez le drain, vous arrêtez vos activités agricoles de surfaces, dans les 5 ans qui viennent vous retrouvez une approche fonctionnelle » (expert local, réunion de travail, 2020).

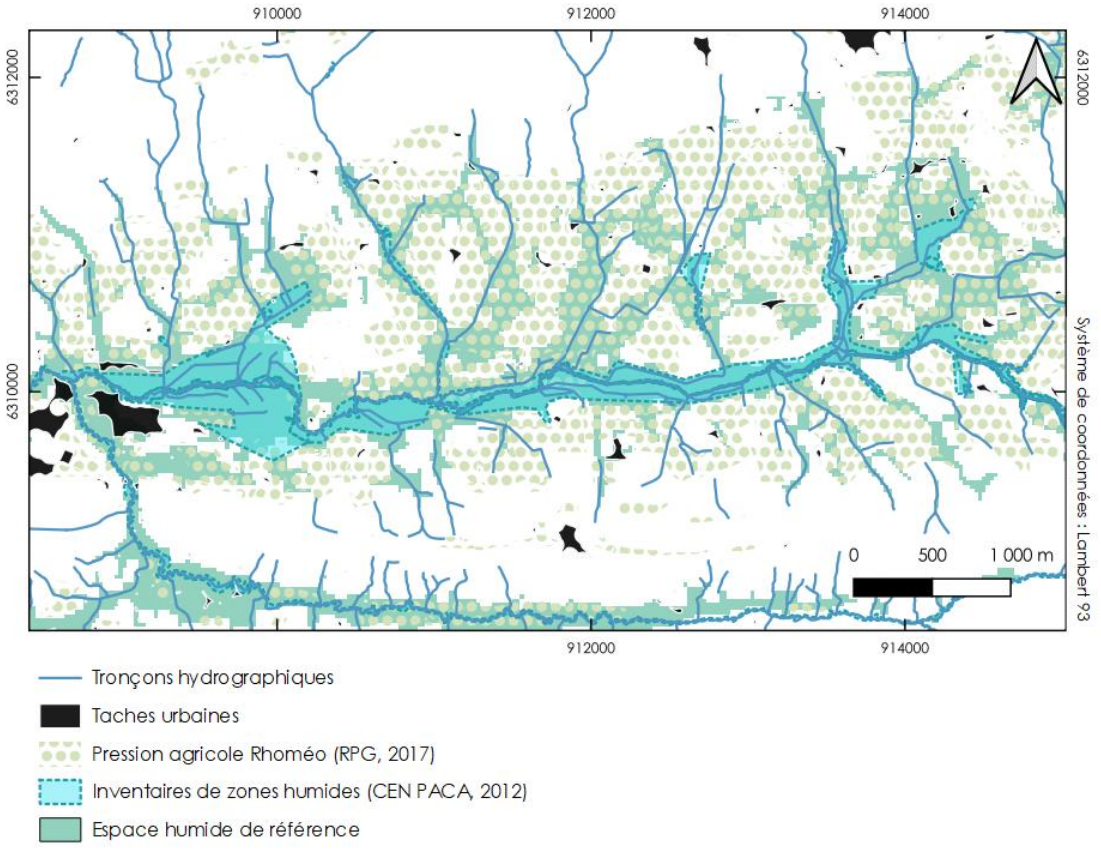


Figure 64. Un espace humide de référence correspondant soit aux inventaires, soit aux espaces agricoles

Néanmoins, pour concevoir la complémentarité, une clarification sémantique est indispensable, notamment en raison de la diversité des acteurs intervenant dans la protection des zones humides.

De la sémantique à la perte de repère dans les bases de données

Le fait de définir cet espace comme des zones qui ont été humides et ne le sont plus, pourrait inviter à le rapprocher de la notion de *milieu humide* puisque le dictionnaire SANDRE, qui formalise la sémantique dans les bases de données numériques, indique :

« un milieu humide **peut être ou avoir été** (Par exemple d'après la carte de Cassini ou la carte d'état-major (1820-1866) en couleurs) en eau, inondé ou gorgé d'eau de façon permanente ou temporaire » (SANDRE, 2018).

Néanmoins, dans certains territoires, les bases de données *milieux humides* correspondent à la fusion de différents délimitations, réalisées à plusieurs époques et dans différents contextes puisque le terme *milieu humide*, toujours d'après le dictionnaire SANDRE, « regroupe 4 grands ensembles :

- Les zones humides selon la convention RAMSAR,
- Les zones humides loi sur l'eau,
- Les zones humides loi sur l'eau 1992 avec l'arrêté d'identification et de délimitation du 24 juin 2008 modifié,
- Les marais » (SANDRE, 2018).

Ces observations révèlent qu'à l'instar des données *zones humides potentielles*, les bases de données *milieux humides*, peuvent renvoyer à plusieurs définitions. Ces différences peuvent paraître mineures, pourtant, elles gênent les débats entre mes commanditaires et leurs partenaires locaux. La représentante d'une délégation de l'Agence alerte sur la difficulté de « se retrouver entre toutes les couches » (représentante de délégation, GTZH, 2020), d'autant plus quand l'objectif *in fine* est de les partager avec des non-spécialistes des zones humides.

Même en interne, la distinction milieux humides/zones humides ne fait pas l'unanimité. Lors d'une réunion, une référente d'une délégation réagit à une présentation du siège en demandant « on parle de milieux humides maintenant ? », l'interlocuteur du siège répond que le terme *zones humides* répond à la définition réglementaire pour la police de l'eau et que *milieux humides* est l'équivalent des zones humides mais « déguisé » pour pouvoir produire la cartographie nationale sans réveiller d'oppositions (GTZH, 2020). Une autre référente insiste sur le fait que ce n'est pas tout à fait équivalent et que pour les partenaires locaux, les milieux humides peuvent intégrer les masses d'eau telles que les lacs, ou les masses d'eau de transition à l'instar des zones côtières. Cela montre que le mot « milieu humide », initialement créé pour pacifier les débats et sortir de la dimension coercitive des zones humides, engendre, quelques années après, une grande confusion.

La définition de ces termes a une incidence sur la délimitation des objets sur lesquels sont pensées et menées les actions. Dans ce contexte, un référent met en garde quant à la multiplication des concepts : d'abord les zones humides, puis les milieux humides et désormais une nouvelle « notion compliquée » : l'espace humide de référence (référant de délégation, GTZH, 2021).

Face à ces constats, je produis un document pour clarifier les différentes bases de données existantes et leur articulation (figure 65). Ces considérations sémantiques alimentent la réflexion sur les éléments de langage prévus dans les livrables. Quelle est l'incidence de la difficulté de

communication dans le rejet de la méthode localement ? À quoi l'Agence doit-elle être vigilante dans ces éléments de langage pour susciter l'adhésion de ses partenaires ?

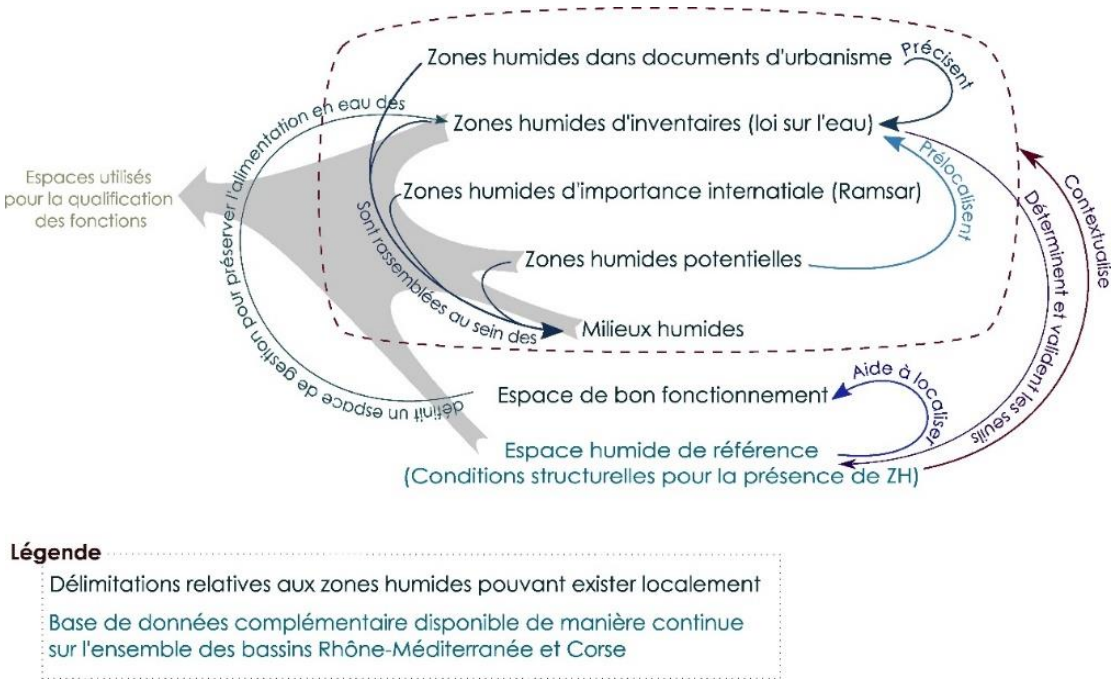


Figure 65. Articulation entre les bases de données existantes relatives à l'humidité des espaces

Dans ce document, pour chaque base de données est indiquée la ou les définition(s) prise(s) en compte, le processus d'acquisition des données et l'utilisation qui en est faite. Pour chacune de ces rubriques, un encadré informe des conséquences sur les caractéristiques de l'information spatiale.

Localement, dans les procédures d'aménagement, ces notions circulent et ne sont comprises par aucun des interlocuteurs. Je constate durant le doctorat que mes interlocuteurs, quelle que soit leur spécialité, peinent à concevoir qu'un même objet puisse être traduit par différentes bases de données dans le SIG. Ils souhaiteraient que la science les aide à sortir de toutes ces nuances pour ne retenir qu'une couche de données.

Pourtant, pour chaque base de données, selon le type d'espace qu'elles rassemblent et leurs caractéristiques, différents types d'actions peuvent être envisagés (figure 66). L'expression « actions en faveur des zones humides » est régulièrement employée par l'ensemble de mes interlocuteurs sans être définie. Lors d'un comité de pilotage du PGSZH du bassin de l'Or, un tour de table est proposé pour ouvrir la réunion : chaque personne présente, élus locaux et agents techniques, doit donner brièvement un exemple d'action en faveur des zones humides (COPIL, 2021). Cette expérience permet de prendre conscience de la diversité des actions envisagées. Certaines propositions sont dépendantes des zonages de zones humides : « appliquer la police de l'eau », « gérer ces zones » ou « restaurer, respecter, entretenir ». D'autres peuvent concerner ces zonages ou des espaces plus larges « stratégie foncière », « gestion concertée entre riverains », « adapter les

usages » ou encore « aménagement du territoire ». D'autres encore sont indépendantes de toute considération spatiale : « sensibilisation du grand public », « éducation des enfants ».

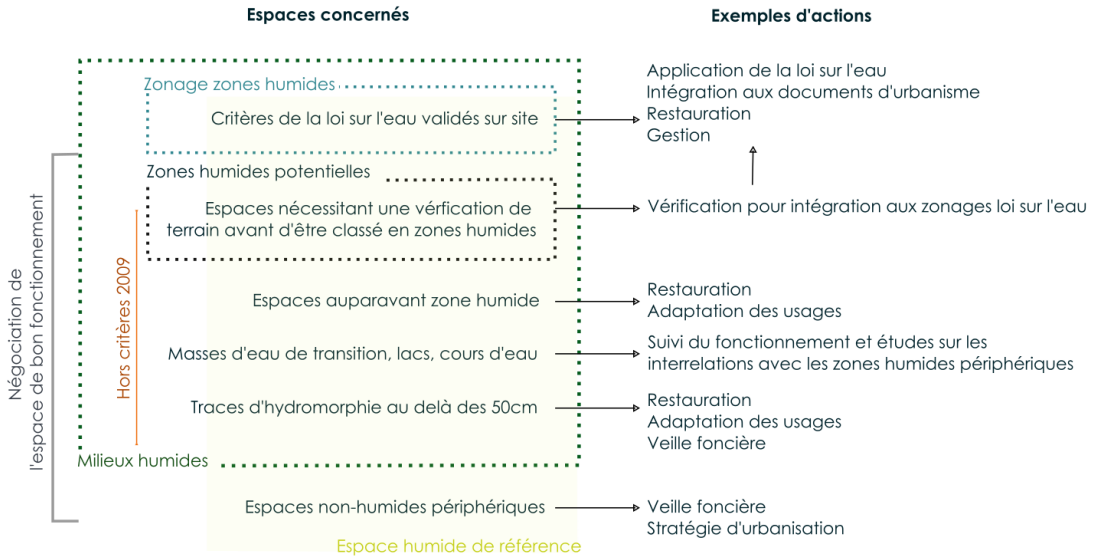


Figure 66. Possibilités d'actions selon les espaces considérés

Les actions pouvant être menées dans les zones humides avérées et potentielles font partie des missions des experts locaux des zones humides. Au-delà de ces périmètres, des partenariats doivent être engagés avec d'autres types d'acteurs, d'où l'objectif de la concertation voulue par l'Agence.

À l'occasion d'une restitution de travaux de thèse dans un webinaire, un agent d'une DREAL intervient en commentaires : « Le classement en EHR [espace humide de référence] de l'ensemble de la plaine de la Crau (Bouches du Rhône) est surprenant au premier abord, car une large partie (100 km²) de cette plaine est constituée d'une steppe aride unique en Europe de l'Ouest (le coussoul) dont la préservation en l'état (milieu xérique) est une priorité majeure. Il conviendra d'expliquer qu'un EHR n'a PAS SYSTÉMATIQUEMENT […] vocation à devenir une zone humide ». Il paraît en effet nécessaire de souligner que l'espace humide de référence peut correspondre à des zones humides ou des espaces périphériques. Il ne s'agit pas d'un état de référence à retrouver.

Toutefois, au sein de l'institution, la prise de connaissance de ces éléments interroge certains référents des délégations : pourquoi défendre un espace qui n'est pas reconnu comme zone humide alors que les partenaires locaux disent avoir déjà beaucoup à faire avec les zones humides connues et dégradées (GTZH, 2020). Dans un document interne préparant la mise en œuvre des PGSZH, l'Agence suggère que tous les futurs PGSZH soient basés sur des outils géomatiques et l'espace humide de référence au lieu des inventaires (Plans de gestion stratégiques, document vulgarisé, point d'avancement, janvier 2020). Or, il apparaît peu pertinent d'avoir les mêmes objectifs sur un espace d'inventaires ou sur l'espace humide de référence. Est-il possible d'imaginer la complémentarité de plusieurs méthodes SIG selon les objectifs recherchés par les partenaires locaux ?

La proposition d'une réflexion simultanée sur plusieurs espaces pour la gestion de l'environnement est ancienne : elle se retrouve en 1930 dans la distinction des sites classés et des sites inscrits, en 1960 dans la distinction entre le cœur de Parc et la zone périphérique, en 1982 dans la distinction entre ZNIEFF de type 1 et ZNIEFF de type 2. En 1996, lors d'un colloque concernant le zonage des espaces naturels, Patrick Blandin proposait de distinguer un « espace de dépendance fonctionnelle » autour de l'espace patrimonial (Maurin *et al.*, 1998). Pourtant, la réflexion simultanée dans les périmètres d'inventaires et dans un espace plus large relatif à leur contexte de formation et de fonctionnement n'est pas spontanée.

Conclusion intermédiaire

Les propositions de modifications locales participent à l'appropriation de la méthode et des incertitudes inhérentes. À travers elles, nous pouvons observer les craintes que soulèvent parmi les experts locaux des zones humides l'adoption d'un nouvel outil cartographique. Nous observons que l'Agence et ses partenaires locaux n'ont pas le même point de vue sur la gestion des zones humides en raison de leurs niveaux d'action respectifs. Ils ne partagent pas le même regard sur les inventaires, le premier considérant que la procédure retarde le passage à l'action et réserve la réflexion stratégique aux seuls experts tandis que les seconds considèrent les inventaires comme consubstantiels de leurs missions. À la stratégie de l'Agence qui consiste à donner à voir des espaces plus larges, matricielles, dans le cadre de démarches concertés, s'opposent les tactiques des partenaires locaux qui cherchent à restreindre ces périmètres ou à les redécouper en zones délimitées. Ces oppositions apparaissent toutefois assez feutrées, elles s'expriment surtout à travers le SIG. L'Agence dispose de peu de marge de manœuvre face aux tactiques des opérateurs locaux. Ces observations montrent que les contraintes techniques sont vaines, peu importe les précautions, des tactiques sont mises en place pour satisfaire le besoin des producteurs des données. Une réflexion sur plusieurs espaces simultanés nécessite de comprendre ce qui les différencie et de clarifier les actions en faveur des zones humides qui peuvent être mises en œuvre selon l'appartenance ou non à des zonages. L'EHR n'est finalement pas aussi factuel qu'attendu, selon les objectifs de ces producteurs, des opérations différentes peuvent être mises en place.

2.2. Cartes de fonctions, reflets de différentes positions

L'observation de l'appropriation de la méthode par les partenaires locaux permet d'identifier les marges de manœuvre mobilisées pour remplir en parallèle leurs objectifs locaux. La diversité des propositions va à l'encontre de la neutralité suggérée par le SIG et souligne que les choix entrepris au cours de la fabrique cartographique sont orientés par les objectifs de gestion.

a. Scores de fonctions, le mirage techno-scientifique

La priorisation des actions à partir de l'attribution de scores aux fonctions et aux pressions est plébiscitée, notamment en raison de sa dimension opérationnelle. Les rapports préexistants, pouvant être affiliés à des PGSZH, ont recours à des scores, tout comme les PGSZH en

construction dans le bassin de l'Or et du Tech-Albères. Aucune structure locale ne s'en est passée. Cela signifie que la priorisation technique est déterminante dans la pratique de ces acteurs. Il est nécessaire de comprendre pourquoi et les effets que cela produit. Il s'agit également de tenir compte dans les futures propositions de cet usage qui n'était pas prévu initialement : soit pour concevoir l'intégration de scores, soit pour imaginer d'autres structures de données géographiques incompatibles avec cette utilisation.

Des scores pour prioriser les zones humides

Dans le document présentant les fondements théoriques à la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, Gayet et ses coauteurs (2016b) notent que l'utilisation de scores offre une vision synthétique mais déplorent le fait que l'attribution de scores génère des difficultés pour la comparaison et l'interprétation des résultats. Les scores globaux masquent l'hétérogénéité des processus mis en jeu dans la réalisation des fonctions, induisent des difficultés dans la compréhension des éléments qui en sont la cause et dans la compréhension des changements dans le cadre d'une étude diachronique. Pour éviter cela, la méthode nationale d'évaluation des fonctions propose une restitution indicateur par indicateur (Gayet *et al.*, 2016a). C'est dans cette perspective que le premier prototype invite à une restitution fonction par fonction (cf. chapitre 3).

L'effet boîte noire engendré par l'attribution de scores est particulièrement bien illustré dans l'un des bassins versants. Une note est attribuée pour les fonctions et une autre pour l'intensité des pressions, ces deux notes sont additionnées avec une pondération : 2/3 pour les fonctions et 1/3 pour les pressions. Les scores sont présentés uniquement pour chaque zone humide ou selon le nombre d'hectares de zones humides par intervalle de scores. Ainsi, il est difficile d'observer l'effet performatif de ce choix de pondération. La représentation des résultats possibles sous forme de tableau aide à percevoir ces effets (tableau 9).

Tableau 9. Matrice des scores possibles selon le niveau des fonctions et des pressions

		Fonction (2/3)				
		1	2	3	4	5
Pression (1/3)	1	1	1,66	2,32	2,98	3,64
	2	1,34	2	2,4356	3,32	3,98
	3	1,68	2,34	2,5512	3,66	4,32
	4	2,02	2,68	2,6668	4	4,66
	5	2,36	3,02	2,7824	4,34	5

Les producteurs de l'étude considèrent que seuls les scores supérieurs à 3 (en vert) sont pris en compte pour mener les investigations de terrain. La représentation sous forme de tableau montre pourtant que cette note peut cependant représenter deux réalités différentes : une fonction d'intensité 2/5 avec une pression maximale (5/5) ou une fonction forte (4/5) à très forte (5/5) avec un niveau de pression variable. Cette stratégie revient à ne pas penser l'action sur tous les espaces dont la note est inférieure à 3, à l'instar de toutes les zones humides où la fonction est considérée comme moyenne. Le recours aux scores implique donc de s'interroger sur les zones humides qui sont mises en évidence par ces méthodes : est-ce uniquement les mieux connues ? Les zones humides en contexte agricole, avec des fonctions plus faibles, échappent-elles à tout objectif ?

Jean-Laurent Hentz et le bureau d'étude O2Terre (2014), dans un rapport d'expertise, indiquent que la note globale ne permet pas de déterminer des actions concrètes à mettre en œuvre. Toutefois, la mise en carte de ces notes, malgré l'effet boîte noire, permet d'avoir une approche globale en distinguant par exemple plusieurs secteurs dont les caractéristiques sont différentes. C'est le cas dans le bassin de l'Or dans lequel le résultat des scores permet de distinguer trois secteurs : le pourtour de la lagune bordé par des espaces remarquables qui font l'objet de divers documents de gestion (A), la plaine du Vidourle à l'est avec des fonctions moins importantes et caractérisée par des usages agricoles (B) et l'amont du bassin, où les zones humides concernent des fonds de vallées, moins soumis à des pressions agricoles ou urbaines, également moins connus des gestionnaires (C - figure 67). En distinguant ces trois secteurs, spontanément, la chargée de mission locale identifie différentes stratégies à adopter, en considérant par exemple que la plaine du Vidourle, à vocation agricole, ne peut pas avoir des objectifs équivalents aux secteurs préservés autour de la lagune (réunion de travail, juillet 2020).

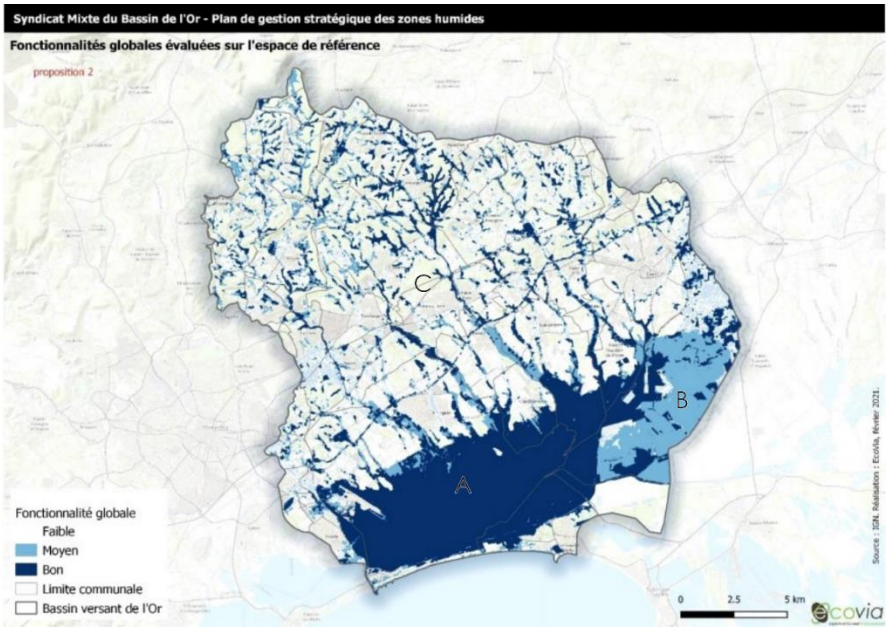


Figure 67. Extrait d'une note méthodologique intermédiaire, la fonctionnalité globale correspondant au cumul des fonctions (Symbo, 2022), modifié pour ajouter les trois secteurs identifiés (A, B et C)

Le plan de gestion stratégique des zones humides (PGSZH) doit définir les zones humides sur lesquels agir en priorité (Duffy *et al.*, 2013). Les tables attributaires associées aux polygones d'inventaires de zones humides contiennent parfois des informations concernant les fonctions identifiées sur le terrain, notamment par la formalisation dans certains selon des standards spécifiques. Celles-ci sont parfois agrégées sous forme de scores pour élaborer une priorisation technique (cf. chapitre 3, section 1). Cela rend les résultats particulièrement dépendants de la qualité des données recueillies pendant la phase d'inventaires.

La priorisation apparaît simplifiée par l'attribution de scores puisqu'il est possible avec ces méthodes de choisir les zones humides à prioriser selon un seuil défini de manière arbitraire. On m'explique que les élus peuvent avoir une vision des actions possibles et, selon le budget qu'ils souhaitent allouer, ils peuvent définir les zones humides qui feront l'objet d'actions en prenant celles avec les notes les plus élevées. Plusieurs référents zones humides des délégations de l'Agence de l'Eau me confient qu'il s'agit d'un système pragmatique qui permet de prioriser l'action selon des critères plus objectifs que le dire d'expert. Les scores permettent d'attribuer un rang de priorité pour chaque polygone de zones humides. Cela témoigne d'une conception de l'action très descendante, depuis la sphère technique vers celle politique. Ainsi, il peut être « reproché à ces méthodes d'être technocratiques et de donner le pouvoir au technicien, qui par le biais d'une méthode faussement objective, amènerait l'instance politique à entériner ses propres choix » (Barge et Joliveau, 1996). La boîte noire conçue depuis la sphère technique exclut toute implication de la sphère politique. Jean-François Guay et Jean-Philippe Waaub (2015), dans la revue *L'Aménagiste*, rappellent au sujet de la planification territoriale que le recours aux méthodes multicritères doit donner un éclairage sur différentes propositions pour que le décideur s'en saisisse : il ne s'agit pas

d'imposer une solution. Néanmoins, dans les revues d'écologie, les systèmes multicritères sont souvent présentés comme des méthodes objectives, pour évaluer la vulnérabilité des zones humides par exemple (Rodríguez-Merino *et al.*, 2020). Cela pose la question du système de valeur véhiculé par le producteur de ces méthodes et sa légitimité : « lorsque la décision est de nature publique, la conception de l'outil doit aussi répondre à des questions concernant le point de vue que l'outil traduira : qui fixe ce point de vue ? ou, ce qui revient au même, qui est l'auteur de l'outil et quelle est sa légitimité ? Est-ce une personne ou un groupe ? Faut-il prendre en compte, et comment, le point de vue d'autres acteurs ? » (Joerin *et al.*, 2011).

La volonté de produire une priorisation technique nécessite le recours à des objets vectoriels, puisqu'il n'y aurait pas de sens à prioriser des pixels. Le recours aux scores exige des approches fondées sur le zonage : des inventaires, des zones humides potentielles ou l'espace humide de référence découpés en plusieurs secteurs. Pourtant, pour le bassin de l'Or, le format raster est considéré « plus proche de la réalité » (experte locale, entretien, 2022) puisqu'il ne donne pas une information polygone par polygone et révèle l'hétérogénéité pouvant exister à l'intérieur des vastes zones humides.

La production de scores a un impact sur l'entièreté de la méthode : du choix du format à la structuration des données en entrée.

Une gradation des données indispensable sans être nécessairement pertinente

Produire des scores implique de sortir de la représentation binaire proposée par l'Agence. Plusieurs propositions suggèrent de distinguer différentes intensités de réalisation des fonctions.

Cela se traduit par des seuils établis dans les bases de données. Dans le bassin versant, il est proposé de graduer les valeurs de l'IDPR en 5 classes : très faible, faible, modéré, fort ou très fort. Or, cette base de données est le résultat d'un calcul qui mesure la différence entre un réseau hydrographique existant et un réseau hydrographique théorique, issu d'une modélisation à partir de données topographiques. Cela permet d'identifier grossièrement là où il y a plus de chance que le processus d'infiltration soit majoritaire. Néanmoins l'échelle de cette donnée reste le 1/50 000. Cette même donnée dans le bassin de l'Or est jugée peu précise et une réflexion est menée sur les autres jeux de données accessibles pour qualifier la recharge de la nappe (experte locale, réunion de travail, 2020).

La gradation se joue également lors du cumul des indicateurs de sous-fonctions par fonction (tableau 10 issu du tome 4 du PGSZH, Symbo, 2022). La méthode proposée dans le chapitre 3 a pour but que tous les espaces puissent réaliser des fonctions, les zones humides de pente par exemple, ne peuvent pas remplir de fonction d'épanchement des crues, cela n'en fait pas des zones humides d'importance moindre ; d'où la volonté de ne pas cumuler les fonctions.

Tableau 10. « Notation globale des fonctions » (extrait tome 4 du PGSZH – Symbo, 2022)

Tableau 16 : Notation globale des fonctions

Fonction	Nombre de sous-fonctions remplies		
Hydrologique	0	1 à 2 fonctions remplies	3 à 4 fonctions remplies
	Faible/non significatif (note 0)	Moyen (note 1)	Bon (note 2)
Biogéochimique	0	1 fonction remplie	2 fonctions remplies
	Faible/non significatif (note 0)	Moyen (note 1)	Bon (note 2)
Biologique/écologique	0	1 fonction remplie	2 fonctions remplies
	Indéterminé (note 0)	Moyen (note 1)	Bon (note 2)

Le cumul des fonctions interpelle sur les données mobilisées : certains indicateurs de sous-fonctions mobilisent des données similaires, plusieurs utilisent l'occupation des sols par exemple. Cela posait déjà question au chapitre précédant et devient ici problématique. Cette donnée, reprise pour plusieurs sous-fonctions, devient déterminante puisqu'elle intervient dans plusieurs indicateurs qui sont additionnés : cela crée des redondances et certaines bases de données sont surreprésentées. L'occupation des sols peut-elle avoir tant d'importance dans la priorisation de l'action pour les zones humides ?

Dernier exemple, dans un autre bassin, les pressions ont également été graduées. La formule utilisée ci-dessous renseigne sur les partis pris, notamment par l'observation de la pondération, en vert.

> Pressions_bilan = ("ER-SANS-SURF-IMP@1"=1 AND "Pression_bati@1"=1)*2 + ("ERSANS-SURF-IMP@1"=1 AND ("Pression_bati@1"=0 AND "pressions_routes_ferrees@1"=1))*1 + ("ER-SANS-SURF-IMP@1"=1 AND "pression_agricoles_parcelles@1"=1)*1 + ("ER-SANS-SURF-IMP@1"=1 AND "pression_paturage@1"=1)*2

Cette formule signifie que la pression induite par le pâturage, pondérée par un facteur 2, pèse autant que la pression liée au bâti ayant le même coefficient de pondération. Ces pressions sont considérées comme plus importantes que la pression agricole, pondérée par un facteur 1. Cela questionne : est-ce que le pâturage (bois pâturés, surfaces pastorales) est aussi impactant que l'imperméabilisation des sols sur les fonctions des zones humides ? Est-ce que le pâturage a un effet plus néfaste que les autres pratiques agricoles dans ce bassin versant ?

Une neutralité illusoire

Déterminer si les scores mettent en évidence les zones humides les mieux préservées ou les zones humides dégradées avec un potentiel fort en cas de restauration nécessite une immersion dans les rouages de ces processus. Les scores mettent en exergue quelques zones humides, souvent les plus remarquables, au détriment des zones humides jugées plus banales. Certains partenaires locaux reconnaissent qu'actuellement, les stratégies développées portent majoritairement sur la fonction

biodiversité, une animatrice SAGE explique par exemple que la gestion est monofonctionnelle, elle constate que la fonction biodiversité est au cœur de l'attention au détriment de celles hydrologique et biogéochimique (réunion de travail, 2020). Cela s'explique par plusieurs raisons.

La répartition des scores selon le nombre de sous-fonctions

L'analyse menée au cours de la mission de 2018 révèle que lorsque chaque fonction dispose du même nombre de points, certaines sous fonctions possèdent davantage de valeurs que d'autres puisque le nombre de point attribué à la fonction est plus ou moins subdivisé en sous fonctions. Parallèlement, le nombre de fonctions varie selon les études, certains intègrent une fonction sociétale. Dans certains cas, l'attribution de scores implique une importance prépondérante des dimensions sociétales au détriment de sous fonctions hydrologiques par exemple (Catteau, 2018). Cela montre que la discrétisation par fonction et sous-fonction, dépendante du bagage théorique de l'opérateur, a une incidence sur la note finale.

La pondération

La pondération des fonctions, variable d'une étude à l'autre, n'est pas neutre. Souvent à dire d'experts, elle introduit des choix politiques des opérateurs techniques qui ne sont pas forcément exprimés explicitement. Certains revendiquent le fait que la priorisation soit orientée selon les intérêts politiques du porteur de projet. C'est le cas par exemple de l'outil développé par le CEN Bourgogne-Franche-Comté. Le porteur de projet doit renseigner au début de la démarche les services dépendants des fonctions qu'il souhaite favoriser dans son territoire, et selon ses choix, l'outil technique suggère des cartes de priorisation. Dans ce cadre, le décideur ne doit pas déterminer uniquement un seuil budgétaire : s'il est porteur de projet, il peut décider des orientations qu'il souhaite donner pour la gestion des zones humides inventoriées dans son territoire. Lors d'une présentation de cet outil à des élus, ces derniers s'enquièrent également du devenir des zones humides non-prioritaires (COPIL, 2021). Cela légitime la stratégie de l'Agence, son ambition de proposer une réflexion sur l'ensemble des zones humides, et pas uniquement celles les plus remarquables.

L'étude des scores questionne donc les partis pris de leurs producteurs et le rôle des dispositifs participatifs dans la démarche. Cela souligne la nécessité de concevoir conjointement l'outil technique et la procédure qui l'accompagne pour qu'il soit le résultat d'un processus participatif.

L'interprétation des bases de données

Dans un bassin versant, une étude préalable a produit une couche d'occupation des sols à une échelle plus fine que les données Corine Land Cover. Cela correspond à ce qu'attendait l'Agence, quand elle demandait aux structures locales d'adapter avec des couches aux résolutions spatiales plus fines.

Pourtant, l'observation d'autres opérateurs réalisant le classement de l'occupation des sols à dire d'experts me pose question sur la manière dont la première proposition a été conçue. Cette position *de l'extérieur* me permet de prendre conscience de la dimension décisive de cette étape et de la manière dont elle est révélatrice de la conception des compatibilités spatiales entre la réalisation des fonctions des zones humides et les usages du sol. En déterminant les « surfaces cultivées extensives » ou les « surfaces rudéralisées » comme favorable ou défavorable à la rétention par ralentissement du ruissellement, il y a un parti pris. Est-on vraiment en mesure de déterminer que les secteurs identifiés comme « eaux douces permanentes » jouent un rôle dans le stockage du carbone ? L'approche par fonction telle qu'elle est conçue valorise-t-elle la compatibilité avec les espaces agricoles ?

Ces choix sont orientés par la finalité des cartes, l'un des experts locaux me confiait : « *Ça va nous augmenter la note finale [de la fonction]. Est-ce qu'il n'y a pas quand même un intérêt à fortifier la chose [pour sensibiliser les élus] ?* » (entretien, 2020). Mais ne peut-on pas partir du « principe qu'une démonstration convaincante emporte l'adhésion sans que son auteur ait besoin de peser sur des décisions » (Laslaz, 2017) ? Plus qu'une intention de tricher, il y a surtout un besoin de trancher pour répondre au formalisme du SIG et à une conceptualisation de la fonction qui impose de définir ce qui est favorable ou non aux fonctions. Cela montre que cette étape ne peut pas répondre à l'idéal de neutralité de l'expertise.

Les tactiques utilisées par les opérateurs locaux font de l'outil SIG un dispositif de priorisation technique, justifié par une plus grande neutralité. De même, c'est la quête de neutralité de l'Agence qui justifie l'adoption d'un discours sur les fonctions. Pourtant ce terme est orienté dans un objectif de gestion. Ce n'est pas un problème en soi de suivre cet objectif mais jouer sur la neutralité apportée par le SIG pose question lorsque les cartes produisent un discours prescriptif. Pour Céline Granjou (2003), « l'expertise scientifique utilisée pour camoufler les responsabilités politiques ou économiques est l'une des conséquences les plus néfastes de la mythification de la science ». Cela conduit à la question suivante : est-il possible d'aborder les fonctions sans prendre parti ?

b. Les fonctions, confrontations de deux points de vue

Comme pour l'EHR, on retrouve pour les cartes de fonctions une opposition entre la vision bassin et celle locale. Plusieurs raisons expliquent la nécessité de procéder localement à des ajustements locaux de la méthode proposée en 2018 pour le bassin : adapter les requêtes aux spécificités locales, faire valoir ses connaissances, ajouter des données pour améliorer la précision ou valoriser des études locales antérieures. Dans les paragraphes suivants, il s'agit de porter l'attention sur la manière dont les bases de données formalisent le changement d'échelle et de point de vue ?

Une souplesse des protocoles SIG pour intégrer les spécificités locales

Certaines propositions répondent à la présence de configurations particulières dans le bassin versant. La structure en charge du bassin de l'Or, par exemple, propose d'ajouter une fonction « submersion marine », d'autant qu'elle dispose de données géographiques concernant les surfaces inondables identifiées à l'occasion de l'étude Territoire à Risque Important d'Inondation de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas, en réponse à la directive inondation. Cette structure suggère également que la fonction de stockage ne concerne pas uniquement les espaces en amont du bassin versant. Elle indique à l'occasion d'un échange de documents de travail que « les zones en bordure d'étang (et même l'étang) sont de grosses zones de stockage pour ce territoire » (document de travail, octobre 2020). Ce type de proposition répond aux attentes de l'Agence qui propose que les structures partenaires puissent amender la démarche.

Toutefois, les autres propositions de modification révèlent des dissensus d'ordre conceptuel sur la perception des fonctions.

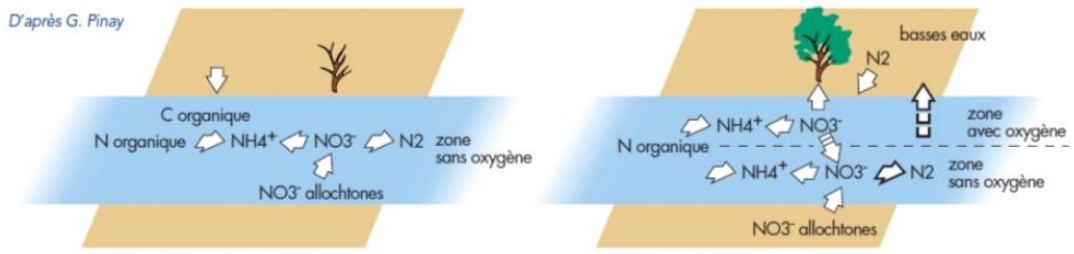
Des modifications révélatrices d'un rapport de force pour faire valoir ses connaissances

D'autres propositions d'adaptations correspondent à des divergences dans l'interprétation des fonctions et sous-fonctions.

Entre incompréhension et manque de données

Pour la fonction dénitrification par exemple, le bureau d'études du Tech-Albères s'oppose à l'intégration du critère de surface en eau et explique :

> « c'est l'alternance entre conditions aérobies et anaérobies qui favorise la régulation des nutriments au sens large (dont notamment l'azote ammoniacal NH4 qui passe par une nitritation $NO2^-$ et une nitratation $NO3^-$, donc par une phase aérobie).



> Se limiter à la seule dénitrification dans la régulation des nutriments amène un biais car seules les surfaces en eau sont considérées, alors que la régulation des nutriments se fait aussi au sein d'autres espaces [humides] de référence, notamment des zones humides avec alternance entre conditions aérobies et anaérobies.

Cette fonction pourrait être qualifiée comme suit « Régulation des nutriments ». La régulation des nutriments est conditionnée par deux phénomènes :

- La rétention, influencée par la rugosité de la végétation, la pente ;
- La dégradation, influencée par l'alternance entre conditions aérobies et anaérobies.

Elle pourrait être évaluée, sans biais, sur l'ensemble des espaces de référence et des zones humides potentielles avec intégration de la pente et de la rugosité de la végétation (ce qui permettra de dire que les zones agricoles dénudées sont moins propices à la rétention) et intégration de l'alternance entre conditions aérobies et anaérobies, dont les critères d'appréciation, sans expertise du sol, restent à définir. » (document de travail, 2020).

Ce qui est intéressant, c'est que cette suggestion laisse penser que la proposition de l'Agence résulte d'une incompréhension des processus. Or, elle résulte plutôt d'un manque de données compatibles avec l'échelle RMC : quelles données sont disponibles pour identifier l'alternance entre conditions aérobies et anaérobies ? Dans le processus de généralisation, le raisonnement suivant a été suivi : les secteurs plats où la nappe est possiblement affleurante, la périphérie des plans d'eau ou les espaces qui ne sont pas concernés par des activités agricoles sont vraisemblablement plus favorable à cette fonction. Cette approximation est effectivement grossière, la généralisation implique une simplification, et le prisme proposé questionne la place attribuée à l'agriculture dans la réalisation des fonctions : est-ce forcément opposé ? La rugosité de la végétation a une incidence, c'est pourquoi l'occupation des sols a été prise en compte et il est possible de mobiliser la télédétection pour identifier ce paramètre de manière plus fine. Cependant, dans quelles mesures cela rallonge-t-il les délais et pour quels bénéfices ?

Cette réponse traduit donc un rapport de force sur le plan de la connaissance du terrain et des processus en jeu dans le but d'assurer sa propre légitimité à proposer des requêtes géomatiques. Ainsi, en plus du rapport de force entre agents techniques et politiques observé dans les scores de fonctions, il y a une confrontation interne à la sphère technique, entre les acteurs spécialistes des zones humides selon leur niveau d'action. En outre, la proposition d'une évaluation « sans biais » questionne le rapport positiviste à l'instrument technique.

Les stations d'épuration, au carrefour des interprétations

L'intégration de la base de données des points de rejet des stations d'épuration est proposée régulièrement dans les requêtes SIG. Lors d'un comité technique, un participant s'exclame : le paramètre est « simple parce qu'on peut mettre des buffers » (COTECH, 2020). Pourtant l'interprétation de cette donnée fait l'objet de débat. Si la majorité de mes interlocuteurs s'accordent pour que les cartes fassent le lien entre la présence d'une station d'épuration et le fonctionnement biogéochimique des zones humides, le sens de cette relation est largement discuté et plusieurs

positions sont observées. Pour certains, cette présence constitue une source potentielle de pollution en cas d'incident, donc une pression sur la zone humide. *A contrario*, pour d'autres, cette présence indique que les rejets de polluants vers le milieu sont limités, cela traduit donc une préservation de la fonction épuratrice. Enfin, plusieurs considèrent que cela constitue le signe d'une fonction biogéochimique « boostée », donc plus élevée qu'ailleurs. Ces interprétations divergentes ne sont pas conciliables dans une même carte. La simplicité apparente de l'application d'une zone tampon (ou *buffer*) autour du point localisant la station d'épuration nécessite d'indiquer s'il s'agit d'une zone de pression, de préservation ou de renforcement de la fonction. Cela rejoint le paradoxe des services écosystémiques : la protection des inondations peut être assurée par un barrage mais « il ne faut pas conclure qu'il faut artificialiser les zones humides » (chef de projet SIG, conversation informelle, 2020). Au siège de l'Agence, le fait que la fonction soit renforcée par la présence d'une station d'épuration est un message qu'elle souhaite éviter « les zones humides ne sont pas des digesteurs naturels qui pourraient être détournés pour participer à l'épuration des eaux domestiques » (représentante du siège de l'Agence, commentaire sur document de travail, 2022). Pourtant, cette idée n'est pas partagée par l'ensemble de ses membres.

Cela révèle que les fonctions ne sont pas des objets aussi neutres qu'ils n'y paraissent. La transposition matérielle des représentations implique des distorsions systématiques des spatialités en raison du prisme de chaque individu (Caron et Roche, 2001 ; Mark *et al.*, 1999). Le discours associé aux documents cartographiques fait l'objet de débats pour déterminer la meilleure manière de communiquer auprès d'un public non-expert des zones humides. Plus que la représentation neutre d'un savoir scientifique, les cartes sont avant tout perçues dans un processus communicationnel (Jacob, 1992).

Des modifications pour valoriser des données existantes

Lors de ma première mission en 2018, chaque nouvelle personne rencontrée proposait d'ajouter une base de données dont elle avait connaissance, au détriment de toute considération pour les caractéristiques de ces bases de données. J'observe le même phénomène pour les structures locales.

Pour le bassin du Calavon-Coulon par exemple, un agent d'une délégation de l'Agence, spécialisé dans les cours d'eau, propose à la structure locale de mobiliser les bases de données du Système d'Information sur les Ouvrages Hydrauliques (SIOUH) et du Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (SYRAH-CE). Pourtant SIOUH propose des données ponctuelles et SYRAH-CE des données attachées aux tronçons de linéaires de cours d'eau. La première est renseignée de manière variable par les services de l'État. La seconde correspond aux résultats de requêtes dépendantes de différentes bases de données (notamment Corine Land Cover, la BD CARTO de l'IGN ou encore le Recensement Général Agricole) dans une zone tampon autour du cours d'eau. Ainsi, ces données n'apportent pas plus d'informations et leur format est

peu propice à une représentation continue des fonctions. Sans discuter de ces effets, le chargé de mission coupe court à cette proposition en indiquant que « l'apport de l'indicateur était quand même marginal » (expert local, réunion de travail, 2020). Cela est particulièrement intéressant. D'une part, les caractéristiques des bases de données sont peu discutées, d'autre part, l'incidence des indicateurs pris individuellement sur la méthode globale n'est pas mesurée.

De la même manière pour le bassin de l'Or, à l'occasion du premier comité technique, la prise en compte de plusieurs bases de données est suggérée, notamment l'intégration de la densité d'espèces à partir des bases de données existantes, comme celle du Système d'Information de l'Inventaire du Patrimoine Naturel (SINP). Or, cette base de données, alimentée par les acteurs de la protection de l'environnement, est mieux renseignée dans les secteurs fréquentés par les naturalistes ou faisant l'objet d'une gestion spécifique. Dès lors, on retrouve ce que Xavier Amelot et ses coauteurs (2017) définissaient comme une forme de circularité :

> « une forme de circularité […] entre connaissance et protection : « c'est connu donc c'est protégé » ; « c'est protégé donc c'est observé et c'est (re-)connu ». À l'inverse, des zones blanches d'observation sont mises en évidence : non connues donc non protégées, non protégées donc non observées et non connues ».

D'où une hésitation à intégrer cette base de données.

L'observation du choix des données par les partenaires apparaît comme une mise en abymes de mes propres pratiques : cela renvoie par effet miroir les choix réalisés parfois inconsciemment dans la première mission (chapitre 3). Cette comparaison met en évidence des *a priori* et des partis pris tacites à l'origine de la méthode.

De nombreux ajustements peuvent être réalisés en ajoutant ou en retranchant des données et en adaptant le vocabulaire. Cependant, ces modifications, pour être au plus près de la réalité que perçoivent les producteurs de l'information, impliquent de ne pas perdre de vue l'objectif final de la carte. Est-elle un simple outil de communication ou peut-elle avoir une dimension heuristique ?

Il existe effectivement une opposition entre le besoin de l'Agence de disposer d'une régularité des données et le besoin local d'un ajustement à partir des connaissances existantes. La satisfaction de ces deux objectifs se formalise par la coexistence de plusieurs modélisations. Est-il possible de concevoir des couches SIG, régulières dans le bassin, qui puissent être appropriées localement ? Il s'agirait de concevoir la coexistence de données, produites selon différents points de vue. Cela pose la question de la circulation de l'information géographique entre les niveaux d'action.

c. Circulation de l'information géographique, entre méthodes descendantes et ascendantes

La possibilité de s'approprier les méthodes en apportant des modifications implique la coexistence de plusieurs méthodes dont les objectifs et les niveaux d'actions divergents. Entre les données produites par l'Agence et celles produites par les structures locales, il y a une perte de repères. Tous

ces acteurs souhaitent que l'information circule, pourtant, la profusion de bases de données apparaît illisible. Quels effets apportent cette démultiplication des bases de données ? Comment comprendre les enjeux et les différences posés par le choix entre plusieurs méthodes ?

Une crainte de l'approche descendante

Localement les agents techniques craignent de ne plus pouvoir faire remonter leur expérience de terrain. Certaines structures voient la proposition initiale de l'Agence comme un outil technocratique, dont l'utilisation obligatoire pour bénéficier d'aides financières, nécessite un effort technique important pour peu de résultats opérationnels. L'un d'entre eux parle d'une « usine à gaz » (expert local, entretien, 2019). Le recours aux SIG doit accélérer la phase technique pour que les partenaires locaux passent davantage de temps sur les aspects de concertation. Pour les interlocuteurs du bassin du Calavon-Coulon, les chargés de missions indiquent que le temps alloué a été sous-estimé par l'Agence. S'ils ne regrettent pas la démarche, ils s'interrogent sur l'efficacité des outils géomatiques compte tenu du temps passé (COPIL, 2020). Les chargées de missions du bassin de l'Or expliquent également qu'elles y ont passé du temps et considèrent la mise à disposition d'une couche de l'espace humide de référence par l'Agence comme un gain de temps pour les prochaines structures à s'engager dans un PGSZH (entretien, 2022). D'autres indiquent que leurs interlocuteurs de l'Agence souhaiteraient un outil de priorisation systématique et simplificateur « clic clic et du coup je finance ou pas » (entretien, 2021). Pour ces partenaires, cette idéalisation de l'outil technique va à l'encontre du temps alloué aux réflexions méthodologiques. L'outil technique est considéré comme un moyen de se substituer à la réflexion.

De plus, les structures locales qui ont proposé des alternatives avant ou pendant mes travaux doctoraux s'interrogent sur la coexistence avec les propositions de l'Agence. Il y a la crainte qu'une approche homogène s'opère au détriment des spécificités locales, lesquelles justifient l'hétérogénéité des inventaires et des modes d'évaluation des fonctions. La concordance entre les échelles d'action et l'information géographique est un point de questionnement central :

> « S'ils nous sortent une cartographie à l'échelle Rhône-Méditerranée et que dès que tu descends à l'échelle du bassin versant, il y a 60% des informations qui s'inversent complétement et puis quand tu descends à l'échelle de l'EPCI, voire du site, c'est l'inverse de ce qui se passe dans le bassin versant… » (expert local, réunion de travail, 2019).

Cette phrase montre la crainte du différentiel entre l'échelle de l'information spatiale et l'échelle d'action. Cela montre la recherche de sens derrière l'information spatiale et l'attention portée au discours qui pourra l'accompagner. Cette articulation entre les échelles d'action fait l'objet de nombreux débats entre l'Agence et ses partenaires, comme l'illustrent ces questions relevées dans le chat d'un webinaire :

« comment se fait le passage de l'échelle BV [bassin versant] à la qualification des enjeux et priorités locales ? » (expert local, réunion de travail, 2022)

« comment allez-vous passer de niveau macro PGSZH […] à des actions très opérationnelles (maîtrise foncière, changement de pratiques, restauration, etc.) ? Un niveau intermédiaire d'animation et de requalification fine sera-t-il nécessaire ? (autre expert local, réunion de travail, 2022)

La production de données géographiques fait naître la question des intérêts de ces productions à d'autres échelles. Un chargé de mission indique : « je comprends l'intérêt d'un travail qui serait de construire une boite à outils comme ça pour le gestionnaire pour construire ses cartographies, je perçois moins l'intérêt à l'échelle RMC » (expert local, réunion de travail, 2020). Pour son collègue, cela apparaît plus naturel : « ils ont des grands chiffres, des grandes surfaces. Ils peuvent se dire j'ai un potentiel d'autant et je fixe comme objectif autant » (expert local, réunion de travail, 2020). Cette méfiance se retrouve au sein de l'Agence vis-à-vis du projet de cartographie national : « qu'est-ce que le ministère cherche à faire avec une carte comme ça ? » (référent de délégation, GTZH, 2020).

Pourtant, tous espèrent une circulation de l'information

L'ambition initiale est de profiter de l'outil technique pour fluidifier la circulation des données entre les niveaux d'actions. Pourtant, cette fluidité n'est pas une évidence, la circulation ne s'effectue pas de manière autonome : il faut concevoir des articulations (Denis, 2018). Dans certains cas, les acteurs locaux proposent des dispositifs ascendants pouvant être compilés au niveau RMC : « ce travail-là, à mon avis, il doit se mettre en œuvre à l'échelle du bassin versant, quitte à ce qu'ensuite ça soit agrégé au niveau de RMC » (expert local, réunion de travail, 2020). Parfois, l'ambition est un système où l'information circule davantage entre les niveaux d'action :

« Ce qui serait intéressant c'est d'avoir un outil abouti qui soit déployable de manière homogène à l'échelle du territoire [de l'Agence] et qui après, ponctuellement, localement, puisse être complété plus finement avec de la donnée qui permette de préciser tout ça. J'espère que […] vous avez déjà anticipé ça. Je vais tourner ça sous forme de question : Est-ce que vous avez commencé à travailler sur la façon de capitaliser ces retours de façon à faire quelque chose de structuré à l'échelle du bassin et homogénéisé ? En clair, faire un outil qui soit homogène et qui puisse redescendre à l'échelle de tous les territoires du bassin et qui, une fois enrichi, une fois nourri des expertises locales, puisse remonter, encore une fois de façon retravaillée, naturellement, et standardisé, de sorte à avoir une information enrichie à l'échelle bassin. Donc un va-et-vient entre deux échelles. » (expert local, réunion de travail, 2019).

Les mots de cet expert local renvoient à ceux de l'Agence dans la définition des livrables attendus au terme du doctorat. Pourtant, la manière dont il pose le problème renvoie à une suspicion d'inaction de l'Agence, en opposition à ce qui est entrepris localement. Le ton révèle le rapport de force qui se joue autour de cette méthode entre les différents niveaux d'action. Dans cette réunion de travail, l'Agence rappelle que l'ambition est de bénéficier de leur retour d'expérience sur les données et les indicateurs sur lesquels ils ont travaillé. Il s'agit de questionner la procédure pour évaluer la pertinence d'avoir des « cartes facilement, rapidement mobilisable » produites par l'Agence à retravailler « plus finement » ensuite (référente de délégation, réunion de travail, 2019). La fascination pour la carte amène à une ambiguïté du commanditaire : qu'est-ce qui doit être retravaillé plus finement : est-ce les délimitations ?

L'ambiance qui règne dans ces réunions de travail sont toujours consensuelles, les oppositions de points de vue s'expriment à demi-mots. Ces acteurs sont liés par des liens d'intérêts. Tout le monde semble avoir la même ambition de partage de données et d'indicateurs de fonctions. C'est seulement en regardant les choix pris en compte dans les requêtes SIG que l'on peut identifier les oppositions de représentations et de pratiques qui conduisent à des choix méthodologiques différents. Le partage d'un engagement commun pour la protection des zones humides implique une absence de reconnaissance des différences de position. Pourtant, l'expression et la reconnaissance de ces divergences peut faciliter la compréhension des différentes propositions SIG qui coexistent, en ayant recours au *consensus différencié* (Noucher, 2009). Pour mes interlocuteurs, la différence est uniquement technique : le choix du vecteur au lieu du raster, le redécoupage, l'utilisation de scores pour mesurer l'intensité des fonctions. Pourtant, il s'agit également de divergences conceptuelles sur la manière d'envisager la protection des zones humides : par des dispositifs juridiques ou négociés, dans les zonages ou à l'extérieur. En cherchant un outil SIG qui réponde à toutes ces ambitions, l'Agence perd de vue ces différences. La recherche d'une solution commune, empêche de mettre en évidence leurs différentes conceptions du problème.

Des ponts entre les propositions de l'Agence et des structures locales sont recherchés, notamment pour faire le lien entre les données d'inventaires et l'espace humide de référence. Le périmètre de la zone humide, recouvre souvent de nombreux pixels du raster de l'espace humide de référence. La proposition qui revient dans l'Or et le Tech-Albères est de calculer les pourcentages de cellules détenant chaque fonction dans le périmètre de l'entité délimitée (zone humide ou zone humide potentielle). Cela implique que seules les cellules à l'aplomb d'un zonage sont considérées, les cellules à l'extérieur des zonages ne sont pas remobilisées (fig. 68a). Après des échanges avec des partenaires locaux, je propose la prise en compte des cellules dont les écoulements étaient dirigés vers les zones délimitées ou les écoulements depuis ces zones, à partir d'un raster présentant les directions d'écoulement (fig. 68b).

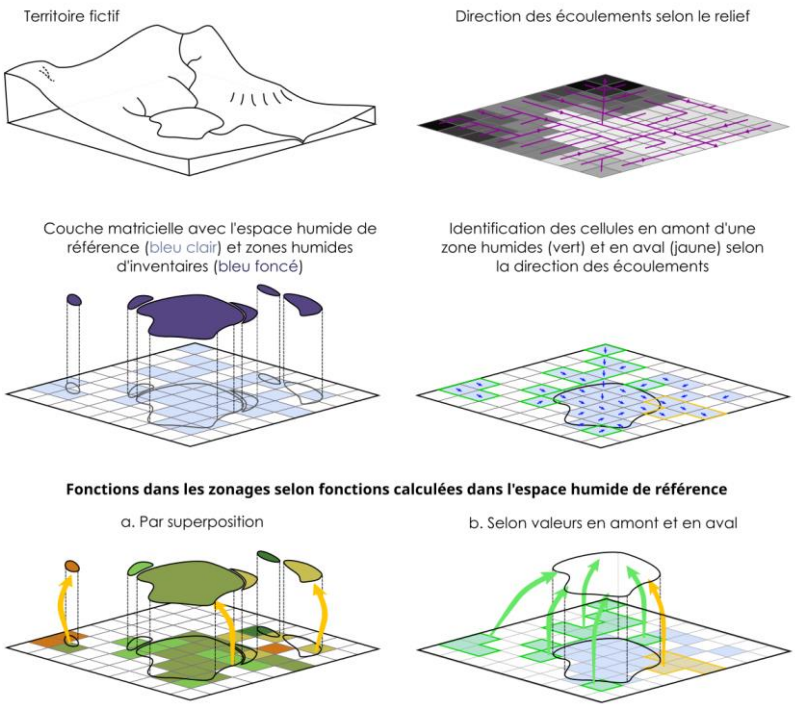


Figure 68. Recherche de concordance entre données matricielles et vectorielles

Néanmoins, la superposition, plus facile et rapide à mettre en œuvre puisqu'elle ne nécessite uniquement d'utiliser un module de statistiques zonales a été préférée pour l'opérationnel. Cependant, cela pose la question de ce qui remonte vers l'Agence de l'appropriation locale des fonctions en dehors des espaces délimités par des zonages. Cela interroge également la cohérence entre les résolutions des données : les fonctions étant produites à des résolutions spatiales beaucoup plus élevées que les zones humides potentielles et les zones humides. Ces méthodes présentent des pourcentages de fonctions, calculées par les indicateurs présentés au chapitre 3, à l'intérieur de zonage d'inventaire de quelques hectares (fig. 69). L'illusion de précision que suggèrent ces cartes, ne peut-elle pas être contre-productive ?

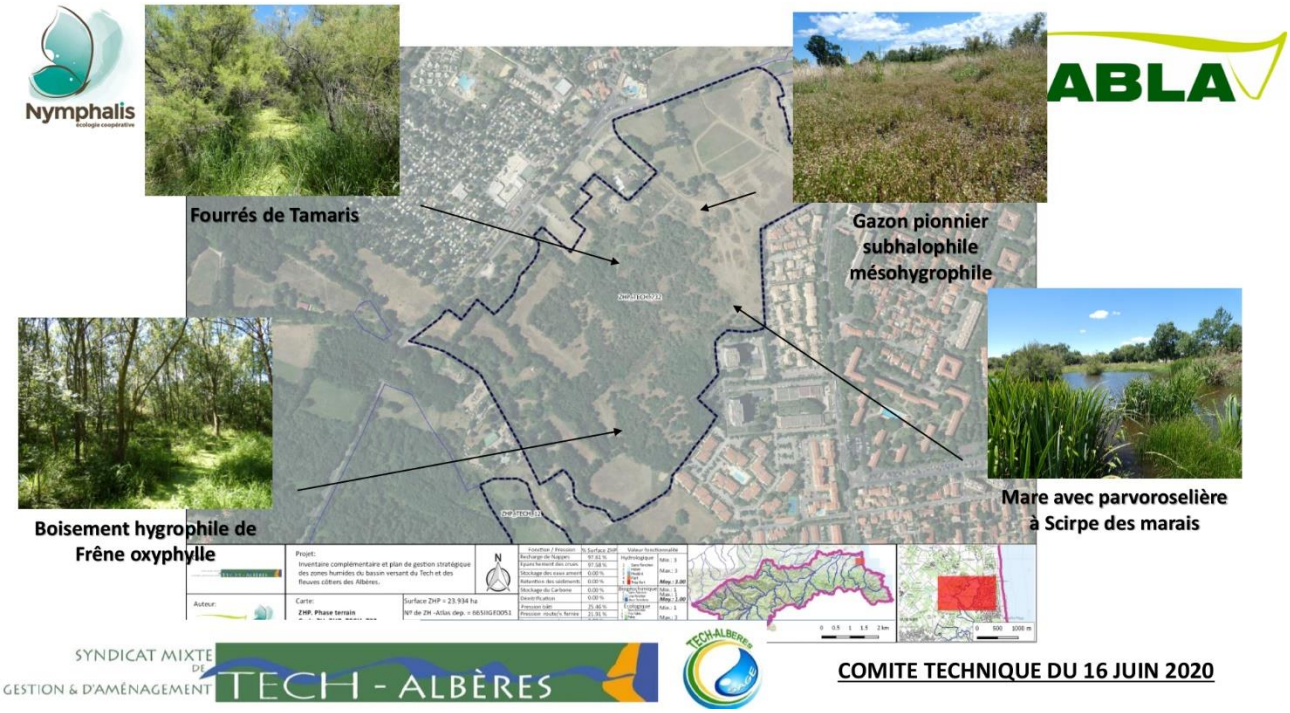


Figure 69. Exemple de présentation d'une fiche de synthèse lors d'un comité technique. Les fonctions calculées dans l'espace humide de référence sont retranscrites selon le pourcentage de surface qu'elles occupent dans la zone humide potentielle.

L'information entre les zonages et l'espace humide de référence, dont les caractéristiques et les ambitions s'opposent, circule difficilement. Le format des données les condamne à coexister puisque le passage de l'information de l'un à l'autre est peu pertinent. Il y a donc des velléités pour faire valoir la pertinence des méthodes développées localement par rapport à celle de l'Agence, et vice-versa. Chaque acteur défend la base de données conçue pour et à son échelle d'action. L'objectif de chacun est de promouvoir sa méthode. Comme l'observe Matthieu Noucher en 2009, il s'agit d'une position visant à rallier l'autre à sa vérité, ce qui apparaît contre-productif et facteur d'inertie dans la production de nouvelles propositions SIG. Comment dès lors l'Agence peut-elle concevoir l'articulation entre les propositions SIG pour mieux accueillir les craintes exprimées localement ?

Complémentarité entre les différentes propositions

Durant les GTZH, certains membres de l'Agence souhaitent que les structures locales puissent ne pas recourir aux dispositifs SIG alors que d'autres insistent pour les contraindre à y avoir recours, notamment en conditionnant les aides financières. L'absence de consensus oblige à rechercher des compromis, certains suggèrent de réaliser des méthodes hybrides qui répondent aux intérêts de chacun. Cette stratégie diplomatique doit apaiser le rapport de force qui se joue à l'intérieur de la sphère technique, entre l'Agence et ses partenaires locaux.

Les objectifs des PGSZH sont divers et peu explicites : il s'agit à la fois de savoir quelles actions financer, de contribuer à la prise en compte des zones humides dans les documents d'urbanisme, de savoir « qui va où ? » entre les différents organismes, d'impulser des actions volontaristes, de ne pas dégrader et en même temps faciliter l'atteinte des objectifs quantitatifs de restauration de zones humides.

Pour clarifier ce qui est fait et dans quel but, je mets en place un schéma présentant le lien entre les choix méthodologiques, les implications techniques de ces choix et la complémentarité de leurs résultats pour penser l'action pour les zones humides (figure 70). Cela permet de mettre à plat les différences d'approches parmi la sphère technique et montrer ce que ça implique dans les SIG. Il s'agit de favoriser la reconnaissance de différentes postures.

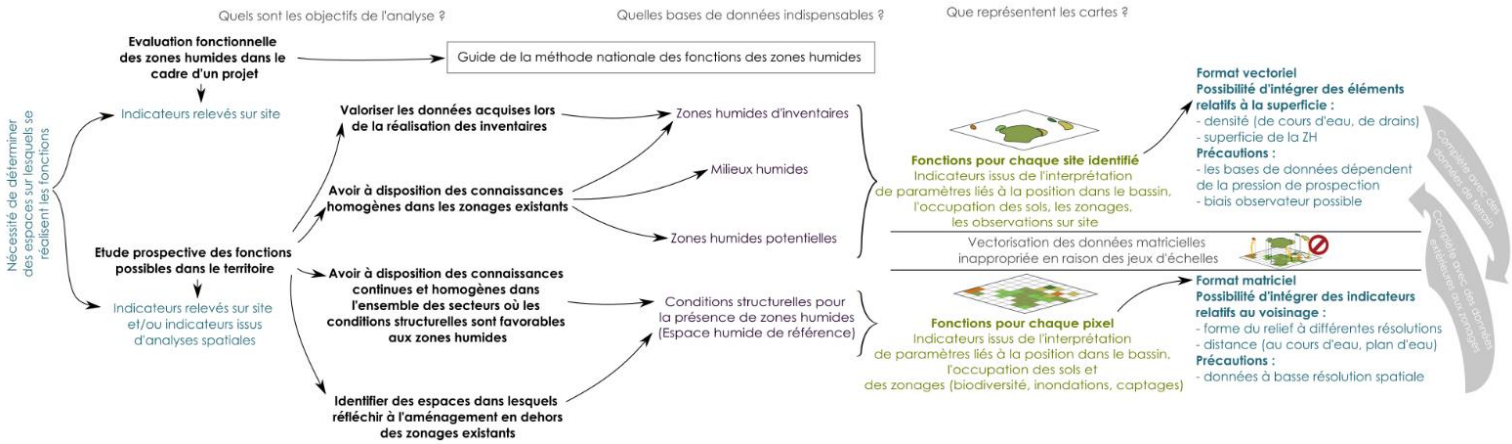


Figure 70. Coexistence dans le bassin RMC de méthodes de spatialisation des fonctions selon les objectifs et les bases de données à disposition

Ce schéma montre la coexistence possible de différentes méthodes pour reconnaître les divergences d'intérêts entre les acteurs, qui les amènent à choisir une méthode plutôt qu'une autre. Cette conception va à l'encontre de l'ambition initiale de l'Agence : un dispositif unique pouvant servir à tous les niveaux, quel que soit l'objectif. Toutefois, en montrant ces différences, il est plus facile pour l'Agence de repérer les tactiques de ces partenaires : c'est-à-dire quand l'utilisation des données n'est pas celle à laquelle on pourrait s'attendre pour l'objectif affiché.

La divergence dans la compréhension du concept de *fonction* et des objectifs sous-jacents apparaît comme un frein à la circulation de l'information. D'autres concepts connexes, peuvent-ils sortir de ces divergences ?

d. Proposition pour l'opérationnel : Une information continue à seuiller localement

Dans une communication au colloque de l'Union Géographique Internationale (UGI) en 2022, Gabrielle Bouleau explique que le cadre des fonctions et des services se limite à la connaissance détenue à un instant précis sur le rôle que peuvent avoir les écosystèmes. Ainsi, ces cadres ne permettent pas d'anticiper le caractère évolutif du savoir (Bouleau, 2022).

Cela encourage à chercher d'autres termes. Je constate que parler de fonctionnement au lieu de fonction permet d'échapper au découpage par type de fonction, qui est changeante au cours du temps. En parlant de dynamiques, de solidarités ou d'interrelations entre les espaces, de flux, on intègre davantage des processus et ce faisant des rôles possibles, dont nous n'avons pas encore connaissance.

Les parties précédentes montrent que les tactiques des opérateurs locaux tendent à transformer les procédures SIG de l'Agence pour répondre à leurs objectifs de gestion. Considérant leurs actions dépendantes des zonages, les requêtes SIG qu'ils produisent tendent à renforcer la préservation des zones humides délimitées, notamment celles dont l'intérêt patrimonial est élevé car celles-ci disposent de données mieux renseignées. Cela ne correspond pas à la stratégie du siège qui était de mettre en discussion tous les espaces, mêmes les zones humides les moins remarquables. La question de la coexistence des données est donc très prégnante, est-il possible de produire au niveau RMC des couches qui puissent être utilisées localement sans en transformer l'utilisation. Des tests sont menés pour produire une donnée neutre et continue pour laquelle localement, des seuils pourraient être définis selon la connaissance locale. En 2020, lors du comité scientifique de la thèse, Matthieu Noucher propose de parler d'un « référentiel customisable » pour décrire ces données produites de manière systématique qui pourraient être précisées localement par l'apport de connaissance.

À plusieurs reprises, l'Agence demande de « montrer la continuité du fonctionnement sans jugement de valeur » (carnet de terrain, 2019). Cela signifie : ne pas spéculer sur les effets néfastes que peuvent avoir les activités anthropiques ni sur la survalorisation des espaces dont les espèces sont jugées patrimoniales. Ce changement culturel est tel que la première version du prototype SIG proposé avec l'Agence au chapitre 3 n'a pas réussi à répondre à cet enjeu. De plus, la proposition doit être indépendante de tout zonage, alors qu'habituellement, les fonctions sont calculées à l'intérieur d'espaces délimités. Ces demandes restreignent d'emblée les données et paramètres pouvant être pris en compte. La position dans le bassin versant apparaît rapidement comme un paramètre intéressant car cela influence le fonctionnement des zones humides, indépendamment des activités anthropiques. En effet, « l'hydrologie de la zone humide, et donc ses processus et fonctions, sont dépendants de la manière dont les apports d'eau sont connectés à la zone humide et peuvent être compris et évalués en utilisant le concept de connectivité » (Singh et Sinha, 2019).

Des tests méthodologiques sont donc menés sur la position relative au relief et aux cours d'eau. Il s'agit d'explorer la notion de connectivité et la définition du voisinage par SIG. La loi de Tobler définit en effet la dépendance spatiale : « tout interagit avec tout mais les choses proches interagissent plus que les choses éloignées » (Tobler, 1970).

La connexion des zones humides au réseau hydrographique est considérée comme un facteur déterminant pour leur fonctionnement. La référente d'une délégation de l'Agence insiste sur le fait

que l'objectif derrière l'espace humide de référence et les fonctions des zones humides, c'est de « reconquérir les masses d'eau » (référente de délégation, entretien, 2020). Dans le vocabulaire de l'Agence, les masses d'eau correspondent aux tronçons de cours d'eau ou formations hydrogéologiques pour lesquels des objectifs ont été établis dans le cadre de la directive cadre sur l'eau. L'objectif est d'investiguer différents paramètres pour évaluer la relation aux cours d'eau dans chaque maille du territoire, peu importe la résolution choisie.

Lorsqu'il s'agit de déterminer les fonctions dans des polygones de zones humides, des indicateurs renseignent en effet sur la densité de cours d'eau, leur longueur ou encore leurs caractéristiques (rectilignes ou méandriformes). La nécessité de produire une représentation continue pose la question de ce qui peut être renseigné et invite à tester différentes alternatives. Pour cela, je mobilise les échanges avec les partenaires locaux pour essayer de traduire de nouvelles propositions dans une dynamique qui s'apparente davantage à une approche participative du SIG.

La position relative aux cours d'eau, un indicateur du fonctionnement ?

Une experte locale de zones humides indique que, dans un objectif de restauration, « si on s'éloigne du cours d'eau, c'est compliqué de remettre en mouvement » (experte locale, réunion de travail, 2020). Cela justifie d'estimer la distance aux cours d'eau de chacune des mailles de l'espace humide de référence.

Techniquement, il est aisé de calculer la distance aux cours d'eau avec différents algorithmes tels que *r.grow* de GRASS GIS qui fournissent la distance en mètres par rapport aux tracés du réseau hydrographique (figure 71).

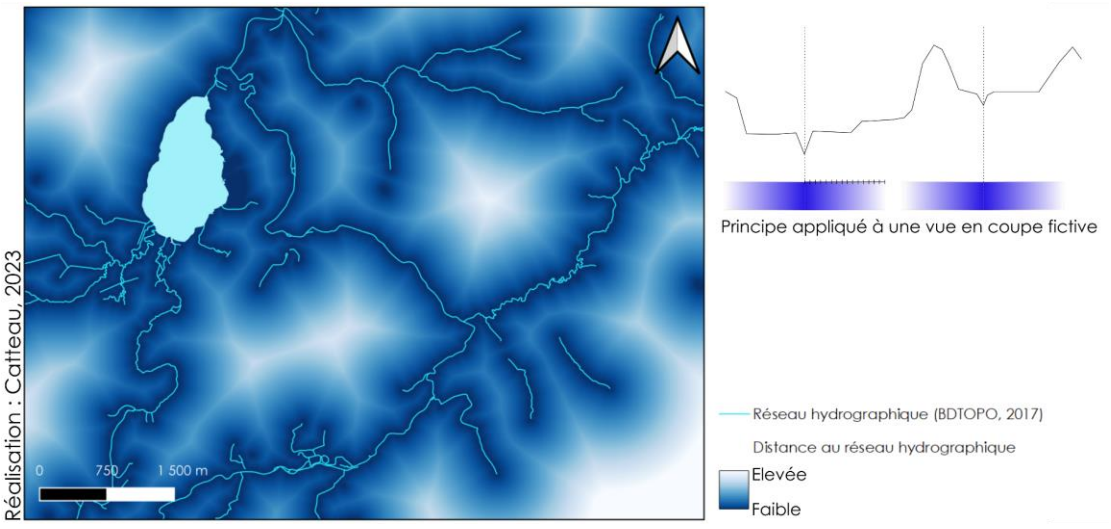


Figure 71. Distance au réseau hydrographique

Néanmoins dans des contextes avec plus de relief, la distance aux cours d'eau n'est pas le seul paramètre déterminant, il y a aussi la distance verticale aux cours d'eau. À distance égale du réseau hydrographique, être positionné en haut d'un versant ou dans le fond de vallée a une incidence.

Un membre de l'Agence relate une expérience antérieure dans le val de Saône : des secteurs à distance du lit mineur sont des zones humides puisque la nappe alluviale est affleurante en raison de leur altitude par rapport au cours d'eau et il propose un schéma (figure 72).

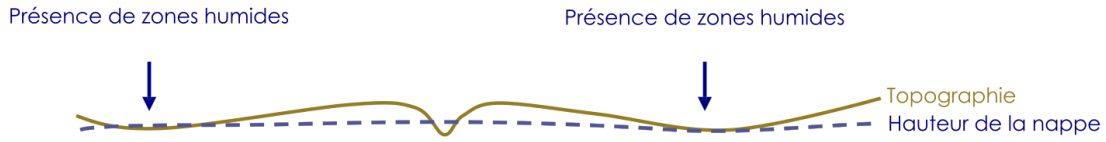


Figure 72. Schéma proposé par un membre de l'Agence pour souligner l'importance de prendre en compte des secteurs à distance du cours d'eau dont l'altitude est peu élevée

Plusieurs essais de traitements et un examen des possibilités offertes par les logiciels libres nous conduisent à calculer la distance latérale au cours d'eau pondérée par la pente. Pour cela, il faut créer un raster de pente et l'intégrer comme couche de pondération dans le module *r.cost* dans le champ *input*, autrement nommé *grid cell cost information* et charger dans *start_raster* celle correspondant au réseau hydrographique (fig. 73).

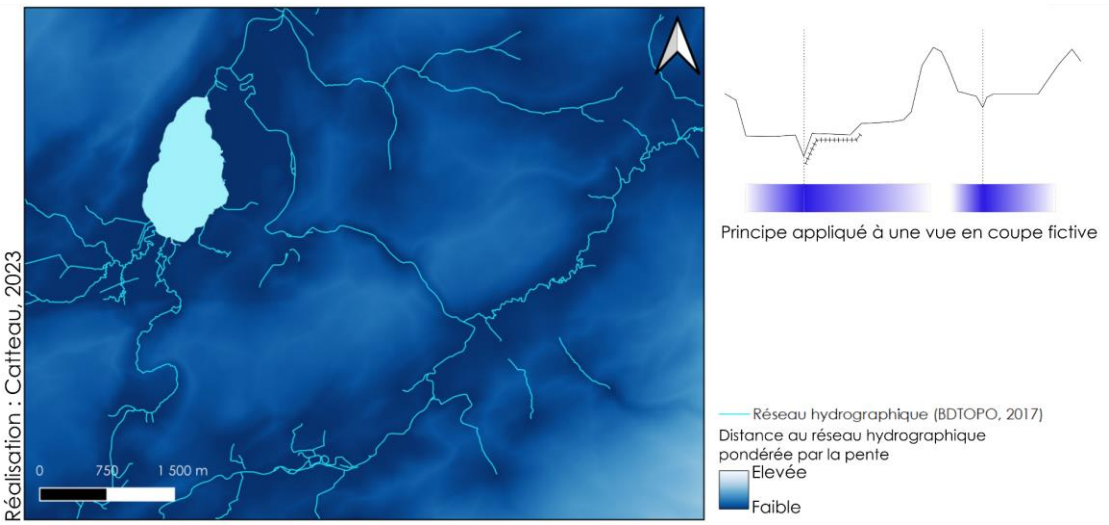


Figure 73. Distance au réseau hydrographique pondérée par la pente

Dans ces résultats, plus la distance au réseau hydrographique augmente et plus la déclivité est forte, plus la valeur est élevée : la relation au cours d'eau est moindre, d'où le choix de teintes plus claires.

L'avantage de cette technique est qu'elle donne une indication sur la distance verticale et horizontale. Plus l'indice est bas, plus il y a de chance que l'espace concerné soit lié aux cours d'eau adjacent, plus il est élevé, plus il y a de chance pour que l'espace, s'il est zone humide, soit lié au fonctionnement d'une nappe perchée.

Pour la fonction hydrologique, il est possible de qualifier la relation de chaque maille de l'espace humide de référence par rapport aux cours d'eau. Cela permet de montrer si l'espace est plutôt influencé par une nappe perchée ou des écoulements superficielles, ou par les dynamiques de cours d'eau et la nappe alluviale.

Le choix de la base de données représentant le réseau hydrographique a une incidence sur les résultats et leur validité. En effet, dans certains bassins versants, des canaux sont surélevés par rapport à la topographie et totalement déconnectés du fonctionnement de la plaine alluviale qu'ils traversent. De plus, certains cours d'eau sont temporaires, d'autres non, cela peut être intéressant de le préciser. Un chargé de mission confirme cet intérêt : « cela peut avoir du sens, vu les épisodes climatiques » (expert local, commentaire sur un document de travail, 2020).

Des données non-prescriptives, à s'approprier localement

Lors d'une sortie de terrain dans le Lubéron (2020), nous constatons que l'interprétation de cette information ne peut pas être systématique.

Dans un premier cas, les chargés de missions présents trouvent l'espace humide de référence trop large en raison de la présence d'une terrasse alluviale dans le fond de vallée. Celle-ci est mise en évidence par la distance pondérée par la pente (figure 74). Les secteurs les plus foncés révèlent des fonctionnements probablement fortement influencés par le cours d'eau.

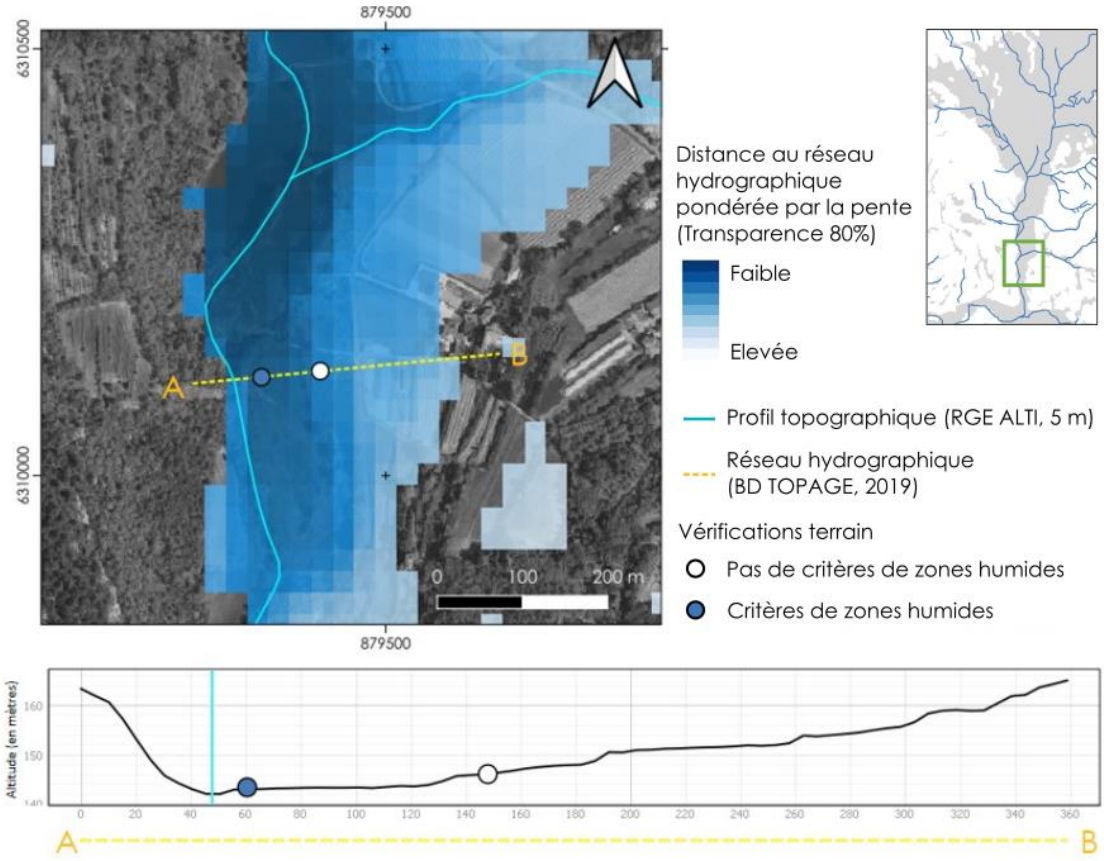


Figure 74. Présence de zones humides et proximité au cours d'eau dans la vallée de l'Imergue, à l'ouest de Gordes

Dans un autre secteur de la vallée, aucun indice d'humidité n'est visible à proximité du cours d'eau. Une hypothèse avancée est le drainage ; le paysage est marqué par des fossés fortement encaissés. En revanche, des indices d'humidité sont présents à environ 100 m du cours d'eau, l'hypothèse proposée est la présence d'une nappe perchée, 5 m au-dessus du niveau du cours d'eau le plus proche.

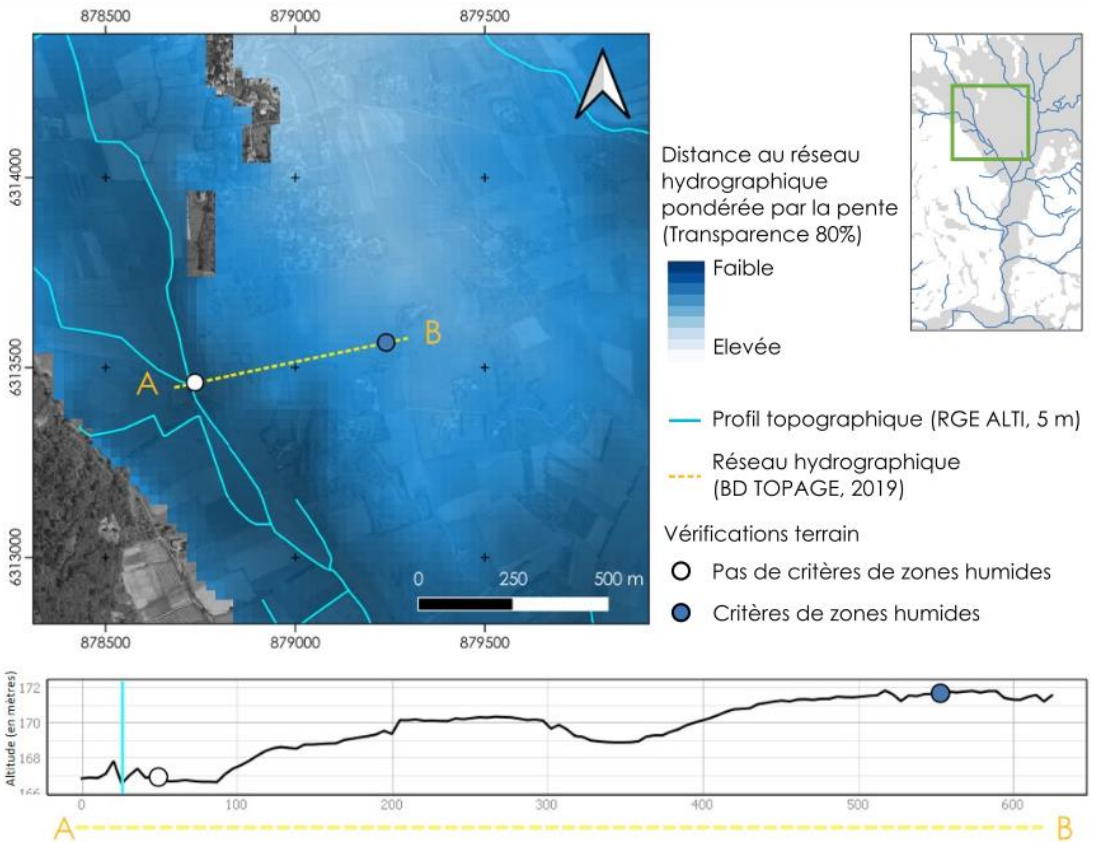


Figure 75. Présence de zones humides et proximité du cours d'eau à proximité des Pourquiers, à Gordes (84)

Cela met en évidence le caractère non systématique de la présence de caractéristiques humides selon la proximité du cours d'eau. Cette donnée ne permet donc pas de déterminer la présence ou non d'une zone humide et ce n'est pas l'objectif. Toutefois, en cas de présence de zone humide, elle apporte une information sur l'incidence du cours d'eau dans le fonctionnement hydrologique.

La proximité de ces secteurs, situés dans une même vallée indique l'importance de la connaissance locale. Cette donnée peut être produite de manière continue dans l'ensemble du bassin. Elle apporte de l'information mais son format l'empêche d'être prescriptive. Ce type de données apparaît pertinent pour faire le lien entre deux niveaux d'actions puisqu'elle ne s'oppose pas avec des données qui seraient produites localement, en revanche, il est possible de déterminer des seuils sur le terrain si besoin à partir de la connaissance locale. N'étant pas orientée par des objectifs de gestion, elle apparaît plus neutre, tout en renseignant sur le fonctionnement.

Mais comment évaluer la pertinence ?

Ces propositions SIG sont concomitantes des échanges avec un chargé de missions dans le bassin de l'Aude, j'en profite pour lui demander ce qu'il pense de ces représentations. Il manifeste un intérêt et m'explique que « si [le] cours d'eau [est] incisé, les espaces de référence ne seront « que » des zones d'expansion de crue car la zone humide « candidate à restauration » sera trop éloignée de la nappe d'accompagnement » (expert local, commentaire sur un document de travail, 2020).

Cela suggère que cette donnée pourrait apporter de l'information en cas de projet de restauration pour identifier des espaces qui pourraient être « candidat » en raison de leur proximité avec le niveau des cours d'eau. Pour illustrer le phénomène d'incision, il m'envoie une photographie accompagnée d'une description :

« on voit en bordure de ce ruisseau cette prairie, cultivée en luzerne actuellement, elle pourrait topographiquement être une zone humide [mais] le ruisseau est incisé, 4 m par endroit, les deux photos ne sont pas faciles à appréhender vu la végétation […]

L'eau ne peut stagner bien longtemps avec une prairie si haut perchée... » (expert local, extrait de courriel, 2020)

Figure 76. Extrait d'un mail avec la photographie l'accompagnant en pièce-jointe

Toutefois, les discussions, à distance en raison des contraintes sanitaires, n'aboutissent pas. Mon interlocuteur n'a pas accès à un SIG. Malgré l'intérêt qu'il porte sur le plan conceptuel, il se projette peu dans l'utilisation de cette information pour la définition de stratégies zones humides. Au fil de nos échanges, je m'aperçois qu'il cherche dans les requêtes SIG des arguments supplémentaires pour la sensibilisation des élus. Cela m'interroge sur la manière de sortir de cet objectif communicationnel. Je commence à me demander si le fait de travailler uniquement avec des experts de zones humides permet de chercher des représentations plus neutres de ces phénomènes, étant donné leur désir de convaincre. De plus, il me fait part des travaux déjà existants sur l'incision des cours d'eau et je remets en question la pertinence de mes requêtes : qu'apportent-elles comme information supplémentaire pour l'expert local qui connaît son terrain ? En quoi cela facilite-il les pratiques des experts locaux des zones humides ? Les couches prescriptives les aident mais quelle est la plus-value de couches indicatives ?

Cela nécessite d'observer davantage la manière dont les opérateurs locaux mobilisent l'espace humide de référence et les cartes de fonctions auprès des élus locaux.

2.3. Le SIG dans les dispositifs concertés, entre recherche d'adhésion et négociation

Les adaptations de la méthode de l'Agence (sections 2.1 et 2 .2) révèlent l'appréhension des structures locales à montrer ces productions SIG. Pourtant, l'Agence demande que les couches soient partagées avec des non-experts de zones humides pour établir des stratégies pour les zones humides dans le cadre d'une concertation.

Peu d'informations sont données sur la nature et l'ambition de cette concertation, il s'agit avant tout de désamorcer d'éventuelles oppositions en obtenant l'adhésion. Cette troisième partie s'attache donc à documenter la manière dont les couches SIG sont partagées ou non par les experts locaux des zones humides.

a. Une priorisation technique au détriment de la concertation

Mes interlocuteurs souhaitent distinguer le temps de production des cartes et celui de sa diffusion auprès de la sphère politique suivant « un modèle diffusionniste classique, qui distingue le temps de la production et le temps de la dissémination » (Callon, 1999). Cette idée est très répandue, elle se retrouve chez mes commanditaires, qui parlent d'un temps de « technique pure » (comité de thèse à Bordeaux, 2019) pour asseoir la méthode avant son partage. Les acteurs locaux de la protection des zones humides adhèrent à cette proposition, comme ses partenaires institutionnels. Cela peut être illustré par la proposition d'un chargé de missions du département : « Il faut deux temps : un temps technique, puis [un temps pour] se tourner vers les élus » (agent territorial, COTECH, 2020). La carte est donc construite comme un instrument d'autorité, sa production met à l'écart les élus locaux.

Avec Emmeline Lobry, nous observons que ce postulat de deux temps distincts a une incidence sur la production SIG :

> « [Il] implique que nous nous désintéressions dans un premier temps de toute l'implication politique que pourraient avoir nos modèles et nos cartes : nos commanditaires nous demandent de ne pas aller sur le terrain du politique et nous suggèrent de rester dans la sphère de l'expertise technique.
>
> […] Pourtant, le report des discussions avec les destinataires des cartes plus tard dans le processus cartographique réduit les marges d'adaptation et les possibilités de remettre en cause les hypothèses implicites définies lors de l'étape de la modélisation (Bouleau, 2014). » (Lobry et Catteau, 2023).

C'est donc tout naturellement que la phase SIG du PGSZH est vue avant tout comme un instrument de priorisation technique, la concertation, si elle intervient, s'effectue dans un second

temps. De ce fait la concertation devient facultative. Un expert local me confie par exemple que la concertation, ce n'est « ni utile, ni constructif » (expert local, réunion de travail, 2020) mais que c'est un passage obligé, notamment en raison du principe de participation (Veyret *et al.*, 2017).

Des modalités de partage dépendantes des objectifs et du contexte politique

Selon les territoires, la volonté de partage de cette information géographique diffère. Dans certains cas, les experts locaux souhaitent limiter sa diffusion pour que la couche reste uniquement dans la sphère technique. Dans un bassin versant par exemple, ils considèrent que l'espace humide de référence est un document technique et qu'en raison du contexte politique local tendu, il doit rester un document de travail et ne pas être diffusé. Pour un expert local, l'espace humide de référence est utile mais impossible à partager avec les élus. Il considère que ce n'est « même pas la peine d'expliquer » (expert local, entretien, 2020). Cela révèle que les tensions liées aux cartes de zones humides sont telles, qu'elles conduisent à aller à l'encontre du droit à l'information. La personne référente de la délégation locale de l'Agence, suivant plusieurs bassins versants dans la région, confirme que le climat politique est plus tendu dans certains secteurs et les différents degrés de maturité des territoires implique des ambitions de concertation adaptées (référente de délégation, entretien, juin 2020). En effet, une autre chargée de missions de la même région relate qu'un élu local lui a déjà demandé s'il y avait déjà une stratégie globale pour les zones humides. Cette demande émanant de la sphère politique, la réalisation du PGSZH a été bien accueillie et les élus locaux ont été associés assez tôt dans le processus (experte locale, réunion de travail, 2020).

En dehors de la concertation, certains experts locaux perçoivent l'information géographique produite comme un outil prospectif pouvant être utilisé pour localiser les secteurs propices aux mesures compensatoires. Ils considèrent dès lors que cette information peut être partagée uniquement localement sur les secteurs concernés par un projet de compensation (réunion de travail, 2020).

Pour résumer, les experts locaux sont d'accord pour réaliser une analyse à partir de l'espace humide de référence, mais selon les projets menés localement et le contexte politique, les perspectives de partage sont différentes. Cela pose la question de la plus-value de la méthode SIG proposée s'il n'y a pas de participation. La méthode (cf. chapitre 3) capitalise la connaissance actuelle à partir de données homogènes dans le territoire. Elle ne permet pas d'en savoir davantage sur la biodiversité du territoire, ni sur les opportunités ou les projets locaux, ni sur l'ambition politique. Cela pose également la question du pouvoir du producteur et du détenteur de l'information qui choisit de la diffuser ou non.

Les observations révèlent qu'un des intérêts premiers envisagés par la sphère technique est l'argument d'autorité que véhiculent ces dispositifs techniques. La dimension prescriptive prévaut sur la compréhension de la mécanique du SIG. Cela s'explique parfois par la distance aux outils

SIG et l'absence de prise en considération des enjeux politiques dans les traitements. L'un des experts techniques nous explique par exemple qu'il ne « fouille pas dans la géomatique » et, déléguant le processus cartographique à un bureau d'études, il déclare : « je ne suis pas allé plus que ça dans la méthode » (expert local, entretien, 2020).

Le SIG, un instrument d'autorité

Le recours aux SIG « permet de légitimer notre propos de technicien » confie un chargé de missions (entretien, 2020). Cette idée se retrouve également dans le discours des référents des délégations de l'Agence qui soulignent le fait que ce soit « basé sur un concept scientifique » (référente de délégation, COPIL, 2020). Les SIG et les cartes sont sollicités en tant qu'expertise scientifique pour obtenir un "gain d'indiscutabilité" (Trépos, 1996) pour l'action publique. Un chargé d'études zones humides et biodiversité, lors d'une présentation auprès de ces homologues de la région, vante une « approche objective avec des indicateurs » (2020). Le recours au SIG est présenté comme un moyen de légitimation puisqu'il affirme « on enfonce des portes ouvertes mais ça permet d'appuyer le dire d'expert » (*ibid.*). Pourtant, dans le même temps, il reconnaît qu'« il faut critiquer et analyser les indicateurs » et que c'est en cela que réside l'intérêt de l'approche pour les experts locaux. Pour Céline Granjou, la quête de scientificité est une réponse à la « crainte de partialité dans le secteur de la gestion de la nature » par les décideurs et les gestionnaires. D'où l'ambition des experts locaux d'« emporter l'adhésion en développant des arguments d'aspect impersonnel et rigoureux » (Granjou, 2013). Ainsi, avec Isabelle Mauz (2007), elles notent l'existence d'un « impératif scientifique » dans l'action environnementale.

Le fait qu'il n'y ait « pas que le dire d'expert » est souligné, pourtant, si ce sont les données d'inventaires qui sont remobilisées, est-ce qu'il s'agit effectivement d'une amélioration de la connaissance des fonctions par le SIG ? L'approche géomatique est mobilisée pour alimenter un argumentaire et justifier des orientations déjà définies par les experts locaux des zones humides à partir de leurs connaissances. Ils s'en servent donc pour légitimer des propositions d'action dans certaines zones humides dont les périmètres sont délimités. Pour Denis Retaillé, « le besoin de localiser justifie la carte. Mais constamment brandie, cette image est donnée pour la réalité acquérant finalement un statut usurpé : celui de preuve » (Retaillé, 1996).

Le référent d'une délégation de l'Agence, envisageant le partage de l'information dans un bassin, s'interroge sur la capacité du SIG à apporter de l'information sur la contribution des zones humides à la recharge de la nappe. Lorsque je lui fais part des incertitudes inhérentes aux bases de données, celui-ci me confie : « on essaie de faire briller les yeux des élus […] on a tellement envie de vendre les zones humides qu'on les survend […] on se saborde nous-même » (2020).

L'outil cartographique est avant tout un outil de communication, de pédagogie ou de sensibilisation. Un expert local souligne la « pédagogie » mise en œuvre car « il faut faire

comprendre » (réunion de travail, 2020). Les discours témoignent également d'une méfiance envers les choix que pourraient faire les élus. Un expert nous explique que dans une situation où deux secteurs apparaissent équivalents, les élus ne feraient peut-être pas le bon choix, d'où la nécessité d'une priorisation avant tout menée par les experts techniques (expert local, réunion de travail, 2020). Il y a donc une tentation de l'expert d'adopter le rôle du décideur : la légitimité de l'expertise naturaliste se confronte à la légitimité de l'élection.

Il existe également une défiance vis-à-vis des élus et de leur implication dans le processus. Un expert local explique la difficulté à mobiliser la sphère politique sur l'enjeu zones humides : « pour eux ce n'est pas rentable et je pèse mes mots » (expert local, réunion de travail, 2020). Il ajoute « Les politiques ont une vision légitime. […] On vient semer leur parcours d'embuches » (*ibid.*). Les intérêts des élus sont donc toujours présentés sur le registre de l'opposition avec la conservation des zones humides même s'ils s'en défendent « on n'est pas là pour marquer une opposition quelconque », l'objectif est d'« amener vers du gagnant-gagnant » (*ibid.*). C'est pourquoi la présentation de l'information géographique est très réfléchie et mesurée.

b. Une présentation réfléchie et mesurée

La transmission de l'information géographique à des non spécialistes de zones humides fait l'objet d'appréhensions, c'est pourquoi elle est méticuleusement préparée, à la fois sur la sémantique choisie et sur la manière de la présenter.

Trouver les mots pour expliquer

Des chargées de mission me confient que l'espace humide de référence « fait peur » et que cela demande d'adapter les éléments de langage (expertes locales, réunion de travail, 2020). Cela souligne la pertinence de la demande de l'Agence de penser aux éléments de langage dès la production de l'information géographique.

Localement, les experts des zones humides sont unanimes sur le fait que les mots de fonction ou d'espace humide de référence ne parlent pas. Pour le terme « espace humide de référence », c'est ce que recherchait l'Agence : distinguer cet espace des zonages préexistants. Les experts locaux alertent sur le temps consacré à expliquer ces nouveaux concepts : milieux humides, espace de bon fonctionnement, fonction ou service. Dans leur discours, l'animosité est palpable : ils se sentent en difficulté avec certains concepts imposés de manière descendante par l'Agence ; l'utilisation de ce vocable garantissant l'accès à des financements. Ces difficultés sont relayées au siège de l'Agence par les référents des délégations pendant les GTZH. Ces derniers défendent le retour à des mots simples, compréhensibles par tous, pour ne pas perdre de temps. Plusieurs d'entre eux s'interrogent sur la nécessité de ces nouveaux mots qui ne facilitent pas la pratique des experts locaux des zones humides. L'une d'entre eux s'interroge sur la possibilité d'« arrêter de justifier [leurs] emplois par des termes » (référente d'une délégation, entretiens, 2020). Cela souligne une fois de plus l'importance de porter l'attention aux enjeux sémantiques.

L'espace humide de référence

La première difficulté est de définir l'espace humide de référence puisque sa définition n'est pas très claire pour les experts eux-mêmes. Il s'agit de définir à quoi ça correspond, et pourquoi c'est utilisé en parallèle des inventaires de zones humides et de zones humides potentielles. Cet espace est décrit comme de « grandes enveloppes sur le territoire, favorables à la rétention d'eau », « un grand espace où on va retrouver fortement nos zones humides et zones humides potentielles » (experte locale, COPIL, 2021). L'accent est mis sur l'indépendance vis-à-vis de l'artificialisation et présenté comme « un espace historique de présence des zones humides » (*ibid.*), « sans modification par l'homme » (expert local, COTECH, 2020). Ainsi, une confusion avec un état de référence est parfois palpable dans le discours de certains partenaires techniques et institutionnels.

Dans une réunion de partage avec des acteurs institutionnels, la première réaction des administrations est d'effectuer des comparaisons avec des couches d'informations existantes, tels que les atlas de zones humides. La qualification des fonctions en dehors des zonages suscite beaucoup d'incompréhension (COTECH, 2020).

Cette difficulté se traduit par des propositions pour renommer l'espace humide de référence. Un chargé de mission, constatant qu'il est « difficile d'échapper aux confusions [entre "zones humides"] vs "espace de référence" vs "espace de bon fonctionnement" » suggère « peut-être que l'appellation « espace de zones humides potentielles » serait plus clair ? » (webinaire de restitution aux partenaires de l'Agence, extrait du chat, 2022). Cela révèle le choc cognitif provoqué par la proposition de l'Agence : la volonté de se distinguer un espace des zones humides potentielles n'est pas comprise.

D'autres suggèrent de trouver des analogies pour faire comprendre ce qu'est l'espace humide de référence par rapport à une zone humide mais nos échanges ne font émerger aucune proposition qui puisse convenir (experte locale, entretien, 2021).

Les chargés de missions se sentent parfois peu soutenu dans l'accompagnement de ces couches SIG. Lorsqu'un chargé de missions fait part de ses inquiétudes « Sur certains territoires, l'espace humide de référence représente des surfaces considérables […]. Comment appréhender ces vastes espaces de référence ? », l'Agence répond simplement que « c'est une réalité physique » (webinaire de restitution aux partenaires de l'Agence, extrait du chat, 2022). En effet, c'est ce qu'elle considère comme « non-négociable » ; cela montre également une posture descendante de l'Agence dans la diffusion de l'outil qu'elle propose.

De fait, la compréhension étant restreinte à l'intérieur de la sphère technique, les experts locaux en charge des PGSZH se trouvent dans une position délicate lorsqu'ils doivent expliquer cet espace à leurs partenaires institutionnels ou politiques.

Un malaise qui accentue l'effet boîte noire

J'ai eu l'opportunité d'assister à la présentation de l'espace humide de référence par les opérateurs SIG du bassin de l'Or et du Tech-Albères à leurs partenaires à l'occasion de comités techniques ou de comités de pilotage. Lorsqu'il est question de cet espace, leur voix est peu assurée. Leur malaise m'est d'autant plus familier que j'y ai été confrontée *du dedans* lors de ma première mission (cf. chapitre 3) en étant dans la position de celui qui présente la proposition technique face à un public qui n'en avait jamais entendu parler.

Ce malaise se traduit parfois par une amplification de l'effet boîte noire puisque les opérateurs ne cessent de répéter : « on ne va pas entrer dans le détail technique » (expert local, COTECH, 2020). Les requêtes échappent donc à la discussion, conférant une position hégémonique à la personne aux manettes du SIG puisque ses choix ne sont pas discutés.

Le malaise peut s'expliquer également par la peur de la critique. Le résultat étant des pixels grossiers, il y a la crainte d'une perte de crédibilité, que leur expertise soit remise en cause. En effet, les interlocuteurs auxquels ils s'adressent ont assisté à la production d'inventaires de zones humides dans leurs territoires ; l'information géographique liée à ces écosystèmes a toujours été le support de la production de nouveaux zonages réglementaires.

Un glissement avec les zones humides qui justifie les appréhensions

La confusion avec les zones humides est latente, en témoigne la réaction d'un élu local lors du premier comité de pilotage qui associe la sphère politique. Celui-ci s'exclame : « Quant à l'agriculture, j'entends des bêtises : la plaine [...] a toujours été agricole, il y avait une petite zone humide. C'est une plaine où il y avait beaucoup de cultures, en particulier beaucoup de vignes, beaucoup de céréales. Il ne faut pas dire que ce n'est qu'une zone humide : ce n'est pas exact. Par contre, c'est une zone d'expansion. Moi je… ». Une chargée de missions tente d'intervenir, il proteste « laissez-moi finir s'il vous plait ! » ce qui souligne la dimension conflictuelle de la situation. Elle lance un « quand vous regardez les cartes, … ». Il l'interrompt à son tour et poursuit « C'était une zone d'expansion de crue, c'étaient des terres basses, je suis d'accord, qui ont été assainies de manière peut être pas raisonnable, je suis d'accord, mais c'étaient des terres agricoles, il n'y avait pas que du marais ! De toute façon, l'agriculture, on ne pourra pas revenir en arrière, il faudra continuer à cultiver, de façon raisonnable mais faut faire attention à ce que l'on dit ! » (COPIL, 2021). Cela montre que les zones humides sont toujours perçues en opposition avec l'agriculture. La réaction de la structure locale est d'ajouter des paramètres pour restreindre l'espace humide de référence dans ce secteur ; l'enjeu est aussi de garder de bonnes relations avec les interlocuteurs. Néanmoins, on retombe dans la négociation de périmètres. L'EHR devait justement permettre de concevoir la coexistence entre un usage agricole et la présence de fonctions de zones humides. Cette réaction illustre la rapidité du glissement qui s'opère entre « zones humides » et « espace humide de référence », que mes commanditaires appréhendaient dès la conception du projet de

thèse. Cela confirme également que l'espace humide de référence ne peut pas être présenté comme un espace où l'ambition est de restaurer des zones humides, un état de référence à reconquérir. Il révèle l'ancienneté des dynamiques sociohistoriques d'usage des zones humides et s'oppose au mythe d'un retour vers un état originel.

Les discussions avec d'autres partenaires locaux de l'Agence révèlent que rarement des compatibilités d'usage sont envisagées, notamment avec l'agriculture, alors qu'il s'agit d'un des principaux arguments de l'Agence pour recourir à l'espace humide de référence en complément des inventaires. L'un des chargés de missions me confie par exemple que, de son point de vue, « si [les secteurs] sont dans l'espace de référence, ils sont potentiellement soit à conserver-préserver, soit à améliorer » (expert local, réunion de travail, 2020). Cette information géographique est donc reçue dans une optique prescriptive.

Cela montre également que la prise en compte des zones humides dans les espaces agricoles est un angle mort des politiques en faveur de ces écosystèmes. Dans les commentaires d'un webinaire, un chargé de mission fait part du manque de moyens à disposition :

> « En dépit de la sensibilité du sujet, il faudra tout de même un jour poser la réalité du sujet agricole. Si le résultat d'un diagnostic ne séduit pas, il se doit néanmoins d'être factuel. Certaines cultures et méthodes culturales, majoritaires en PACA, font de l'agriculture une pression EFFECTIVE, et majeure, sur la qualité et la quantité de la ressource en eau, sur la fonctionnalité des milieux humides et, in extenso, sur la fonctionnalité biologique et écologique des territoires. Nous aurons d'autant plus de facilité à (sup)porter ce diagnostic que nous serons en mesure d'accompagner la profession agricole dans une révision de ces cultures et pratiques. Malheureusement, nous sommes parfaitement démunis en moyens d'accompagnement ou d'aide incitative pour accompagner les quelques exploitants parfois bien disposés. À quand des PAEC "ZH" [projets Agro-Environnementaux et Climatiques « zones humides »] comme il se fait dans d'autres agences de l'eau ? » (webinaire de restitution aux partenaires de l'Agence, extrait du chat, 2022)

L'Agence s'en défend en soulignant l'accompagnement proposé pour la mise en œuvre de mesures de protection, y compris réglementaire.

Le glissement de sens qui s'opère vers les zones humides conduit les chargés de mission locaux à la conclusion qu'il est difficile de dire qu'il s'agit d'un « zonage d'action » (expertes locales, réunion bilan, 2022). Le malaise ressenti lors de la présentation de l'espace humide de référence se dissipe lorsqu'il est question des fonctions et des zones humides potentielles.

Les fonctions

Les fonctions sont perçues comme un argument supplémentaire pour convaincre les élus de prendre en charge la question des zones humides : « c'est par là qu'on va les avoir » (expert local, entretien, 2020). Lors d'un comité technique, un partenaire institutionnel souligne que cela permet de s'intéresser à « ce qui est moins joli », aux espaces qui ne sont « pas menacés par la surfréquentation » mais par leur disparition dans l'indifférence, « sous le remblai des routes » (agent territorial, COPIL, 2021).

Plusieurs partenaires alertent sur le travail de transmission de la notion de fonction. Un chargé de missions explique qu'il y a « un problème de vocable pour passer l'info » (expert local, réunion de travail, 2020). Une animatrice SAGE indique que « c'est un gros travail de fond aujourd'hui de vulgarisation sur ce qu'est une fonction, un service. » (experte locale, réunion de travail, 2020). Cela implique d'adapter son discours : « on ne va pas aller devant certains publics en parlant des fonctions mais en parlant des services parce que c'est ce qui est le plus compréhensible » (*ibid.*). De la même manière, un chargé de mission souligne le travail de vulgarisation nécessaire pour faire le lien avec les services rendus, notamment en matière d'eau potable et d'inondation, en expliquant que « les petites bêtes ne les intéressent pas » (expert local, entretien, 2019).

Le terme « fonction » est d'autant plus difficile à expliquer qu'il n'est pas compris de la même manière par tous les experts de zones humides. En 2020, j'assiste à un débat entre trois experts locaux qui cherchent à se mettre d'accord sur ce qui relève de la fonction ou du service. De la même manière, en 2019, à l'occasion d'une discussion avec le responsable d'une réserve, j'apprends que le point de vue de l'Agence sur ce qu'est une fonction n'est pas partagé avec l'ensemble de ses partenaires :

> « pour toi la *fonction*, ce serait ce que nous on appelle la *fonctionnalité* […] On utilise plutôt le terme de fonctionnalité […] parce que tu n'es plus dans le service, et tu es plutôt sur une fonction naturelle. Et pour nous la fonctionnalité d'un milieu naturel c'est justement comment ton milieu fonctionne sans intervention humaine ou sans artificialisation humaine. Et un milieu fonctionnel, c'est un milieu où l'homme n'a aucun impact, positif ou négatif » (expert local, entretien, 2019)

Cela confirme les observations du chapitre précédant : la notion de fonction fait l'objet d'interprétations divergentes. Cela remet en cause la pertinence d'utiliser ce terme. Je m'aperçois que moi-même quand je parle de mon sujet de thèse à des personnes étrangères à la thématique des zones humides, je parle de service. Cette approximation, dans un but de vulgarisation tend à entretenir une confusion entre *fonction* et *service*. L'amalgame entre fonction et service est donc parfois réalisé consciemment pour éviter le terme fonction, appartenant à un jargon technique. La substitution du terme service par celui de fonction n'est pourtant pas satisfaisante.

Le terme *fonction* constitue donc un élément de langage qui présente plusieurs inconvénients. Il y a une confusion entretenue consciemment ou non avec le terme de *service*. Il est source d'incompréhension avec des acteurs de l'aménagement du territoire qui n'en ont pas la même définition. Il est orienté pour la gestion (cf. section 2.b) et n'est pas systématiquement favorable à une approche intégrée. Le terme « fonction » peut être appréhendé comme un surcroit d'abstraction (Devictor, 2018). Cela renforce la pertinence de parler de fonctionnement plutôt que de fonction.

Outre la question sémantique, le déroulement de la phase de concertation et son articulation avec les dispositifs SIG sont questionnés.

c. Anticiper la réception des élus

Les appréhensions se traduisent par une anticipation de la réception des élus et une préparation méticuleuse entre agents techniques.

Des réunions en amont, entre experts

Dans certains bassins versants, comme pour celui de l'Or, la présentation de l'information géographique aux élus fait l'objet de plusieurs réunions en amont, entre agents techniques.

Les discussions lors d'un comité technique révèlent que selon les secteurs, il est parfois considéré « assez simple d'associer directement les élus » dans d'autres cas, une préparation plus approfondie par les agents techniques est jugée nécessaire : « pour être efficace, bien préparer en amont » (experts locaux, COTECH, 2021). Ainsi, des phases intermédiaires s'intercalent, entre techniciens, puis avec les vice-présidents des établissement publics de coopération intercommunale (EPCI), avant d'associer les élus locaux. Il y a également la crainte de ne pas réussir à susciter de l'intérêt. Un chargé de mission s'interroge « Qu'est-ce qu'on va leur vendre ? » (expert local, réunion de travail, 2020).

Les discussions entre techniciens doivent identifier des « élus moteurs », pour s'assurer que le projet soit porté localement (experte locale, COTECH, 2021) ou veiller de la clarté du message sur ce qu'est un plan de gestion stratégique à l'échelle d'un bassin versant (experte locale, COTECH, 2021). Il s'agit également de réfléchir au rôle des élus dans le PGSZH. La question à laquelle ils doivent répondre n'est pas clairement définie par l'Agence. En effet, si l'outil technique réalise ou non une priorisation, le rôle des élus est plus ou moins passif. Une chargée de mission affirme que l'objectif est « de faire participer : on n'arrive pas avec du tout-cuit » (experte locale, COTECH, 2021).

Les débats lors des comités techniques sont à ce titre instructifs puisque les experts cherchent à déterminer la question à leur poser et ce qu'ils attendent d'eux vis-à-vis des cartes. Certains

déclarent attendre uniquement une validation des cartes théoriques. Pour d'autres, l'objectif doit être plus ambitieux : « Ils doivent pouvoir s'approprier la démarche et les résultats et se prononcer sur les leviers d'actions mobilisables en fonction du niveau d'ambition qu'ils souhaitent donner à cette stratégie en faveur des zones humides. » (compte-rendu de COTECH, 2021).

L'Agence demande que l'information géographique puisse servir « pour la concertation ». Elles sont considérées comme des « éléments pour questionner le devenir » des écosystèmes afin de répondre à la question : « on fait quoi de nos zones humides ? » (commanditaire du projet de recherche, représentant du siège de l'Agence, 2019). Cette posture est vivement critiquée par certains de ses partenaires : « [on] ne peu[t] pas mettre en concertation toutes les zones humides » ; les cartes visent uniquement à « faire de la pédagogie, amener à l'action » (expert local, réunion de travail, 2020). Ces deux postures sont pourtant portées par des acteurs qui « partagent un positionnement sur le registre de l'expertise scientifique et technique, de la connaissance des milieux et des êtres naturels et des modes d'action contribuant à leur conservation » (Granjou, 2013). Elles révèlent d'une part que la sphère politique locale, en tant que destinataire, détient un rôle plus ou moins passif selon les finalités envisagées pour ces cartes et d'autre part que la sphère scientifique et technique est composée de postures multiples. Le domaine de la protection de l'environnement n'est pas exempt de rapports de pouvoir.

Préparation du message véhiculé par les cartes

L'interprétation des cartes fait l'objet d'une anticipation. Les experts des zones humides se soucient du message véhiculé par les cartes de fonctions des zones humides. Un chargé de missions relate sa surprise suite aux travaux réalisé par un bureau d'études : « je trouve ça assez gênant de dire, enfin moi ça me pose question, cette zone humide elle n'a pas de fonction biogéochimique » (expert local, réunion de travail, 2020).

De la même manière, nous observons cette anticipation du message en Bourgogne Franche-Comté lors de la présentation de cartes avec une priorisation des milieux humides à des élus locaux. Une chargée de mission précise : « Si on devait sacrifier quelque chose, ce seraient les zones humides avec les fonctions les moins fortes » (experte locale, COPIL, janvier 2021) et un peu plus tard : « ça ne veut pas dire qu'il y a 690 ha sacrifiables » (expert local, COPIL, janvier 2021) sans que l'idée n'ait été suggéré par un participant.

Après la concertation, la vision de certains experts locaux de zones humides sur la précision des données évolue. Dans le bilan réalisé avec le bassin de l'Or, les personnes en charge du dossier m'expliquent que le manque de précision des fonctions n'est pas vraiment problématique. Le support cartographique remplit son rôle puisqu'il permet une discussion qui débouche sur des propositions d'actions (expertes locales, réunion bilan, 2023).

Certains auteurs distinguent les cartes selon leurs objectifs : celui de communication apparaît opposé à celui de visualisation (MacEachren et Taylor, 1994).

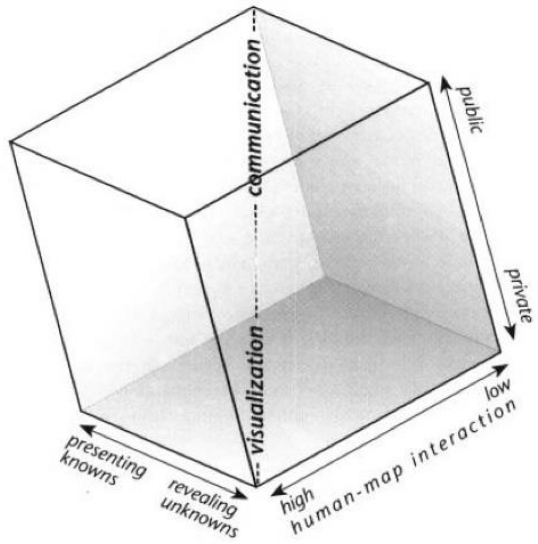


Figure 77. Selon le contexte, différents types de cartes (figure extraite de MacEachren, 1994)

Dans notre cas, le coin le plus bas correspondrait à ce qu'attendent les acteurs techniques de zones humides : une carte révélant des aspects inconnus des fonctions des zones humides, restant dans une sphère privée rassemblant les acteurs techniques et avec laquelle il est possible d'interagir. Cette carte serait distincte de la carte à destination des élus, à l'opposé du cube. La position de l'Agence demande de sortir de cette dualité. Cependant, il apparaît impossible de disposer d'une carte remplissant ces deux ambitions. Xavier Amelot (2013) propose une adaptation de ce cube pour qualifier la participation des acteurs dans le processus cartographique. Il suggère que le type de carte dépende de l'ambition de la concertation. Cela pose la question de la relation entre experts et élus locaux : les premiers souhaitent-ils fournir aux seconds une carte pour consultation ou pour collaboration ? Ces cartes, sont-elles des objets de présentation ou peuvent-elles avoir une visée exploratoire ?

d. Proposition opérationnelle : démarrer par la concertation pour revendiquer la subjectivité du SIG

L'objectif de concertation et celui de priorisation technique sont-ils compatibles ou intrinsèquement opposés ? Est-il pertinent dans certains territoires d'avoir recours uniquement à la priorisation technique ? Cela interroge sur la succession d'étapes qui compose le déroulement des PGSZH.

Selon les passages considérés dans la note technique de 2013, les étapes de traitement SIG et la concertation ne se succèdent pas de la même manière. Dans le premier cas, la concertation apparaît après la réalisation des cartes de fonctions, pressions et enjeux puisqu'il est inscrit que « L'analyse des enjeux [croisement des fonctions et pressions] permet de définir une première version du plan de gestion stratégique dans sa faisabilité technique. La volonté locale doit s'exprimer clairement sur

les fonctions avérées à préserver, mais également sur les fonctions potentielles à restaurer (objectif de reconquête) » (Duffy *et al.*, 2013), ce qui revient à suivre la chronologie de la frise ci-dessous (figure 78).

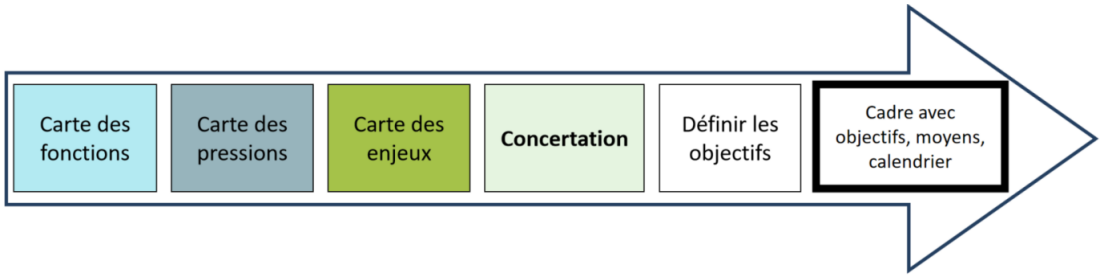


Figure 78. Succession des étapes d'un PGSZH suggérant une concertation ultérieure au processus cartographique

Un autre extrait suggère une phase de concertation plus en amont : « Des objectifs ou ambitions de maintien ou de restauration de tout ou partie des fonctions prioritaires doivent être définis (§ 3.3). Sur la base de ce constat, il revient alors au gestionnaire la tâche d'identifier les pressions à l'origine de l'altération des fonctions » (Duffy *et al.*, 2013), en suivant la frise ci-dessous (figure 79).

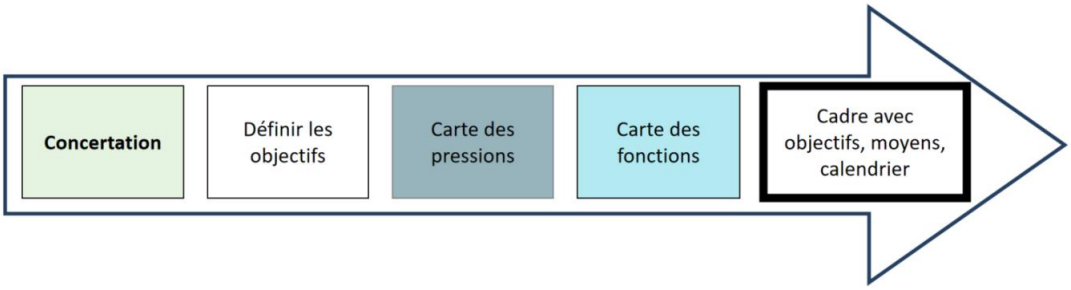


Figure 79. Succession des étapes d'un PGSZH suggérant une concertation en amont du processus cartographique

Si le premier cas de figure implique de rechercher une information qui tend vers l'exhaustivité, le second propose de cibler uniquement ce qui est demandé dans la phase de concertation initiale. Cette observation est déterminante car dans ce chapitre, nous constatons que les fonctions et leur spatialisation sont fortement dépendantes de l'expertise du producteur de l'information géographique et des enjeux qu'il perçoit dans le territoire. La reconnaissance de la subjectivité de la spatialisation des fonctions devrait nous amener à la seconde option, en reconnaissant d'abord la diversité des objectifs pour lesquels sont mobilisés les PGSZH avant de mettre en œuvre les traitements SIG qui y sont adaptés.

Dans ce chapitre nous observons que les couches SIG n'engendrent pas spontanément une participation, il est nécessaire de penser l'accompagnement de l'outil technique. Le report des discussions avec les destinataires des cartes plus tard dans le processus cartographique réduit les marges d'adaptation et les possibilités de remettre en cause les hypothèses implicites définies lors

de l'étape de la modélisation (Bouleau, 2014). Cette expérience démontre que le principe de faire une carte neutre d'un objet environnemental pouvant être utilisée dans différents contextes est illusoire. Comme il n'y a pas de finalité explicite définie en amont, les cartes de fonctions ne répondent pas à une question, elles servent uniquement d'argument pour convaincre de la nécessité de la protection des zones humides. Le SIG peut-il être un instrument heuristique, non prescriptif ?

Dans la mise en œuvre des PGSZH existants, nous remarquons que localement les questions *qui associer* ? *Pourquoi* et *sur quoi ?* sont plus difficiles qu'il n'y parait. Ces questions ne sont pas tranchées au niveau de l'Agence comme en témoignent les discussions récurrentes sur le déroulement des PGSZH lors des GTZH. Cela demande de réfléchir à la place attribuée au politique dans la démarche où traditionnellement l'expert de zones humides occupe une place déterminante.

Si les objectifs et les discours restent les mêmes que ceux qui accompagnent les inventaires, avec des données différentes, il y a peu de chance que la concertation soit pacifiée.

Dans cette expérience, l'Agence a une vision très précise de l'information géographique qu'elle souhaite en tant qu'élément de connaissances. Pourtant, tout au long du doctorat, la même question ressort à presque chaque GTZH : qu'est-ce qu'on en fait ? Elle s'interroge donc : sur quels aspects de la méthode être souple ? Sur lesquels rester intransigeants pour garantir l'homogénéité. Pour la suite de la thèse, cela questionne la possibilité de déterminer la finalité de la couche d'abord, pour ensuite ajuster le processus cartographique.

Conclusion du chapitre

La réception par les experts locaux devait être une simple étape de validation, pourtant les oppositions exprimées localement révèlent que le SIG, loin de l'outil neutre et factuel espéré, est avant tout un instrument de pouvoir sur lequel s'exerce des rapports de force. Les SIG « produisent des effets spécifiques indépendants des objectifs affichés (des buts qui leur sont assignés) et […] structurent l'action publique selon une logique qui leur appartient » (Lascoumes et Le Galès, 2005). L'analyse des propositions d'ajustement de la méthode SIG permet de construire un schéma de synthèse (fig. 80) qui associe à tous les acteurs, une autorité définie comme leur pouvoir légitime « pour signifier qu'on leur fait confiance, qu'on accueille leur avis, leur suggestion ou leur injonction, avec respect, faveur, ou du moins sans hostilité ni résistance, et qu'on est disposé à y déférer » (Boudon et Raymond, 1982). Néanmoins, la légitimation de ces pouvoirs repose sur différents registres : l'expertise, la hiérarchie administrative et financière ou encore l'élection. Les autorités affichées sont mises en concurrence : laquelle est la plus légitime à mener la production SIG ? Les SIG accueillent donc des jeux de pouvoir dans une mise en concurrence de ces légitimités selon deux plans : technique et territorial.

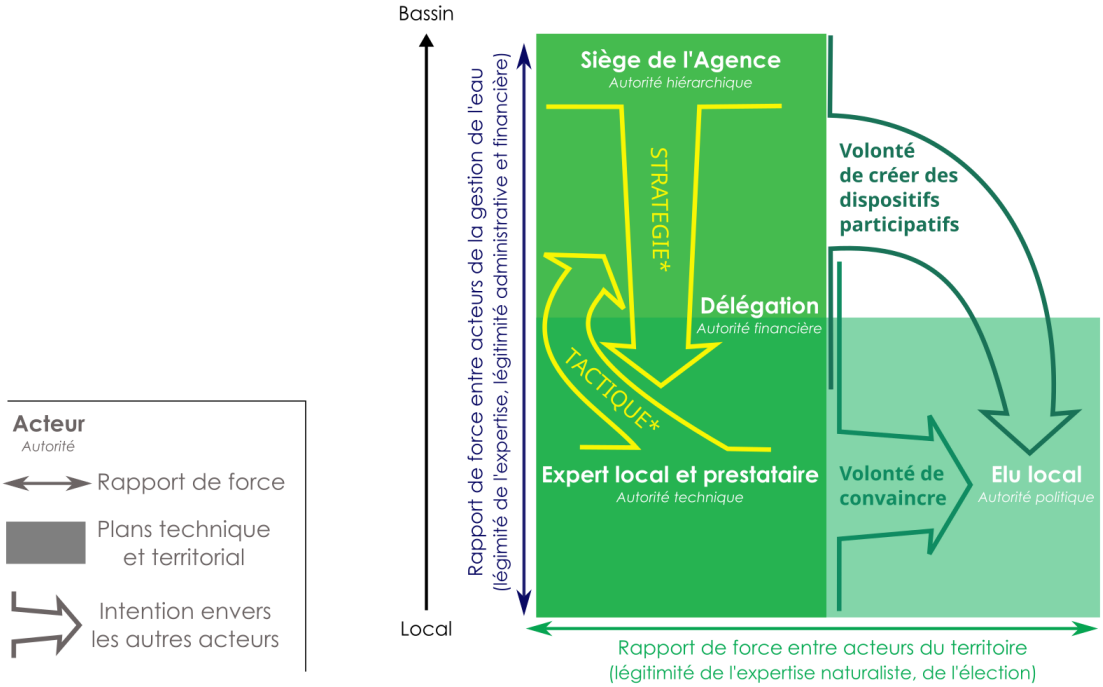


Figure 80. Relations qu'entretiennent les acteurs autour du SIG

Le premier rapport de force s'exerce dans la hiérarchie des acteurs techniques intervenant dans la protection des zones humides. Le siège de l'Agence dispose de l'autorité hiérarchique, puisque via le SDAGE, il impulse les stratégies zones humides et des dispositifs pour réguler l'action ; cela procède d'une stratégie, au sens de De Certeau, adressée aux experts locaux. La mise en place de

cette stratégie est appuyée par les délégations, instances à l'autorité financière, puisqu'elles accordent des budgets aux experts locaux répondant à la stratégie en utilisant le SIG.

L'objectif est d'intégrer les changements imposés par le haut sans changer sa pratique. Le rapport de force reste discret, il s'exprime principalement dans la manière de se saisir du SIG, d'où sa faible visibilité.

Pour impulser le changement dans les politiques zones humides, l'Agence se propose de changer d'instrument : il s'agit de ne plus se contenter des seuls inventaires de zones humides mais d'intégrer des modélisations permettant de les mettre en perspective avec les mécanismes expliquant leur présence et leur fonctionnement, comme proposé au chapitre 3. Néanmoins, nous montrons ici que les raisons du changement d'instrument ne sont pas forcément comprises ou ne suscitent pas l'adhésion. Pour l'Agence, les experts locaux pourraient s'opposer aux procédures SIG proposées au chapitre 3 mais pas au fait de vouloir sortir des inventaires. Le SIG est utilisé, mais les cadres et pratiques restent les mêmes, centrés sur les zonages d'inventaires. Ces derniers expriment leurs appréhensions : la négligence des particularités locales, une attention moindre aux études locales existantes ou encore une réactivation des oppositions. Les revendications d'ajustement à la connaissance locale vont parfois à l'encontre de l'ambition initiale de l'Agence. Cela passe par des actions *a priori* anodines : ajout de données, transformation des formats ou attribution de scores aux indicateurs par exemple.

Pourtant ces modifications témoignent d'un rapport de force interne à la sphère technique sur la manière de conduire les politiques publiques pour les zones humides. Cette opposition porte principalement sur la manière de s'adresser aux élus. Le siège de l'Agence, en se libérant des seuls zonages juridiques veut promouvoir des dispositifs participatifs intégrant ce public non-experts des zones humides dans les stratégies territoriales relatives à ces milieux. En revanche, localement, les agents techniques rencontrés ont une posture de défiance vis-à-vis de leurs élus locaux et cherchent à les convaincre. Ce faisant, ils s'instaurent une dissymétrie dans la relation, entre sachants et non-sachants, renforcée par l'effet d'indiscutabilité des SIG. Un rapport de force se met en place entre la sphère technique garante de la connaissance naturaliste et la sphère politique dont le processus de l'élection doit théoriquement garantir la légitimité de la prise de décision. Néanmoins, entre ces deux positions archétypales, certains acteurs naviguent entre ces deux objectifs, d'où un chevauchement des flèches sur le schéma.

Nous observons que dans ce cadre, l'intervention dans la production SIG permet d'affirmer son autorité. Celui qui produit depuis le SIG peut induire des choix qui préformatent les débats, en imposant certains cadres pour penser la protection de la nature. Le SIG s'impose comme un outil prescriptif dont les résultats sont indiscutables. Cependant les acteurs techniques partagent une approche positiviste des SIG : malgré les rapports de force qui s'exercent dans leur utilisation, ces outils restent présentés comme neutres et factuels. La cause commune, la protection des zones

humides, tend à une invisibilisation des rapports de force internes à la sphère technique. Certains mots sont utilisés à différents niveaux d'action mais ne correspondent pas aux mêmes objets, tels que « zones humides potentielles » ou « milieux humides ». Distinguer les tactiques, c'est-à-dire les détournements de l'outil, nécessite de comprendre ces rapports de force ainsi que la mécanique de l'outil technique. Il est difficile pour l'Agence d'imposer sa proposition de changement puisqu'elle ne perçoit pas forcément ces tactiques : cela l'amène à adopter une posture, parfois intransigeante, parfois permissive. Le temps du doctorat, le recours à une approche critique du SIG provoque une discussion sur la vision des objectifs des acteurs et sur ce qui les différencie : la proximité aux élus qu'il faut convaincre d'une part, le besoin d'homogénéité au niveau du bassin de l'autre. Chacun reconnait les enjeux spécifiques, cela permet de comparer différentes modélisations et de conceptualiser leur coexistence.

Par ailleurs, ce schéma place l'élu local en tant que destinataire du dispositif SIG, il n'intervient pas dans sa conception, réservée à la sphère technico-scientifique. Son avis est souvent uniquement attendu pour la validation de la priorisation technique. Laura Rodriguez et ses coauteurs (2018) notent que l'« impératif scientifique s'est traduit en France par une tendance à recourir à des expertises professionnelles et techniques, fondées sur l'écologie scientifique, comme seuls savoirs légitimes pour l'action sur la nature ». Le maintien des élus dans une position passive explique certainement en partie leur résistance aux dispositifs. Parallèlement, nous observons que les ajustements locaux sont comme la proposition du chapitre 3, contraints par des logiques gestionnaires dont il est difficile de s'affranchir. Les experts locaux des zones humides ne sont pas forcément experts en SIG ou en concertation. Dès lors, comment faire émerger des alternatives ? Comment sortir des cadres de pensée considérant la carte uniquement comme un moyen de convaincre ? La réserve apportée au chapitre 3 sur les procédures SIG est confirmée par les retours des partenaires techniques de l'Agence. L'Agence m'accorde donc plus de liberté pour expérimenter des façons de faire alternatives. Nous proposons dans le chapitre suivant de tester l'intégration des élus locaux dès la conception du dispositif SIG.

Chapitre 5. Troisième itération. Construction du problème avec les destinataires

« Il ne faut en aucun cas écouter ceux qui vous disent : « Ne critiquez pas, vous qui n'êtes pas capables de faire des réformes. » Ce sont là des propos de cabinets ministériels. La critique n'a pas à être la prémisse d'un raisonnement qui se terminerait par : voici donc ce qui nous reste à faire. Elle doit être un instrument pour ceux qui luttent, résistent et ne veulent plus de ce qui est. Elle doit être utilisée dans des processus de conflits, d'affrontements, d'essais de refus. Elle n'a pas à faire la loi à la loi. Elle n'est pas une étape dans une programmation. Elle est un défi par rapport à ce qui est. »

Michel Foucault, *Dits et écrits*, 1994

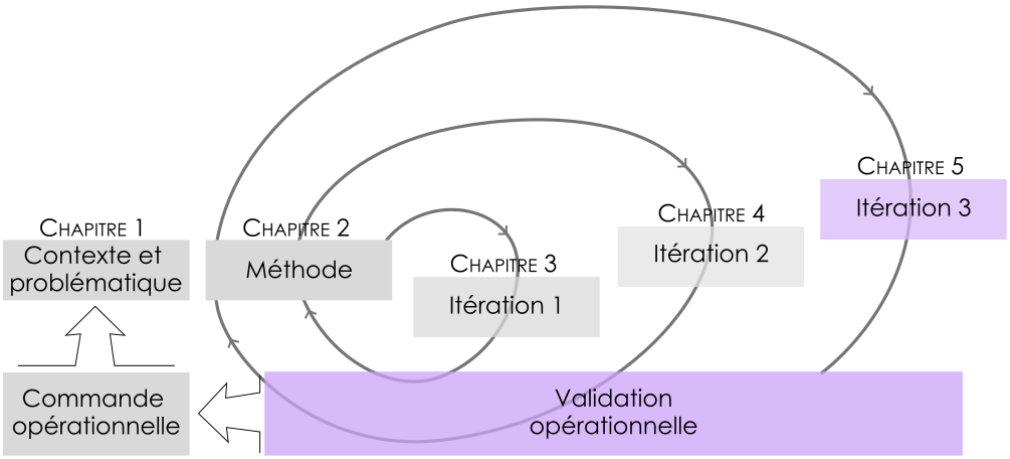


Figure 81. Le chapitre 5, une dernière itération qui boucle avec la commande opérationnelle initiale

Introduction. Les élus locaux, angle mort des itérations précédentes

Dans le chapitre 3, nous avons vu qu'un courant de la littérature scientifique présente les cartes de fonctions des zones humides comme un support de médiation pour trouver un équilibre entre la préservation de ces écosystèmes et la satisfaction d'usages économiques et récréatifs. La médiation peut être définie comme une « entremise destinée à concilier et à faire parvenir à un accord, à un accommodement des personnes ou des parties ayant des différends. » (Berthomé, 2013). Dans ces travaux, la spatialisation des fonctions est présentée comme efficace pour les missions d'un grand nombre d'acteurs, même non-spécialistes de ces écosystèmes (Maltby, 2009; Rapinel *et al.*, 2016). Le chapitre 4 montre que ces cartes demeurent principalement des supports à destination des gestionnaires. Peu d'études existent sur la réception et l'utilisation de cette information spatiale dans le processus politique. Les acteurs extérieurs interviennent souvent uniquement pour valider la méthode (Janssen *et al.*, 2005). La carte est vue comme le résultat, le plus fidèle possible, de la traduction cartographique d'un objet environnemental. Elle n'est pas systématiquement envisagée comme une construction sociale répondant à l'objectif d'un destinataire particulier. La production de l'information spatiale relative au fonctionnement des zones humides par une sphère de spécialistes participe à restreindre l'opérationnalité de l'outil en raison de son inadéquation avec les modalités d'utilisation des utilisateurs finaux.

Les élus locaux jouent un rôle décisif dans le devenir des zones humides puisqu'ils définissent des stratégies d'aménagement du territoire au niveau communal et intercommunal. Leur compréhension du fonctionnement de ces écosystèmes dans l'espace apparaît dès lors comme un enjeu majeur. Pourtant, les premiers terrains de la thèse ont privilégié le recueil des réactions d'acteurs de la gestion de l'eau, dans des démarches de plans de gestion stratégique des zones humides (chapitre 4). Les unités déconcentrées de l'Agence de l'Eau nous amènent à observer des opérations sur plusieurs bassins versants du littoral occitan et un parc naturel régional provençal. Il ressort que les partenaires utilisant les outils SIG sont uniquement des spécialistes des zones humides et de la conservation. Les entretiens avec ces acteurs révèlent que les intérêts des élus sont souvent perçus comme contradictoires avec les leurs : « on vient semer leur parcours d'embûches » nous explique l'un d'eux, « pour eux ce n'est pas rentable, et je pèse mes mots » (expert local, 2020). Un argumentaire est donc mis en œuvre pour les convaincre « il faut faire comprendre » ; « qu'est-ce qu'on va leur vendre ? » (experts locaux, mars 2020). Les élus locaux sont donc un public systématiquement tenu à l'écart de la fabrique cartographique en elle-même. L'enjeu est présenté d'emblée sur le registre du conflit et du rapport de force. Le problème est souvent réduit à l'opposition simpliste entre une « logique de développement humain » et une « logique de préservation de la nature » qui conduit, selon Pierre Lascoumes (1994), à rester volontairement dans un registre polémique stérile.

L'exclusion des non-experts des procédures cartographiques relatives aux zones humides est ancienne. La délimitation de ces écosystèmes s'inscrit dans une tradition fondée sur les savoirs experts. Auparavant dans une optique de drainage et d'assèchement, désormais pour leur préservation et leur gestion (Laganier et Franchomme, 2008). Le chapitre 4 révèle que les cartes de fonctions des zones humides restent un instrument d'autorité ; elles sont rarement conçues et mobilisées comme un instrument de négociation. Leur partage auprès des élus locaux suscite de nombreuses craintes, notamment celle d'être mal interprétées ou prises pour de nouveaux zonages réglementaires. Ces incompréhensions sont-elles dues à l'objet, la carte, ou à la manière dont celle-ci est amenée dans les débats localement ? Comment garantir une discussion apaisée autour de documents cartographiques ?

Nous partons de l'hypothèse qu'une intégration des acteurs en charge de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire, dès le processus de conception cartographique, peut faire émerger des stratégies partagées. Aysegul Turkucu et Stéphane Roche (2008) indiquent cependant que « le recours direct à la technologie (aux SIG en particulier) par le public (aux étapes de conception, comme à celles d'utilisation comme support à la réflexion), demeure extrêmement faible ». La possibilité d'utiliser les SIG comme des outils participatifs est discutée, notamment par le courant du SIG critique (Lardon et Roche, 2008 ; Pickles, 1995). Plusieurs aspects sont mis en avant : la restriction de l'accès et de l'usage en raison des compétences requises, la normalisation et la standardisation de la connaissance et le manque d'implication des utilisateurs finaux dans les phases de développement, révélateur d'approches descendantes (Turkucu et Roche, 2008). Si le recours aux SIG avec des acteurs non spécialistes reste rare pour la conception des dispositifs, certaines méthodes suggèrent des opportunités pour alimenter la conception des SIG par la mise en dialogue d'expertises multiples (Bousquet *et al.*, 2014). L'ingénierie serait adossée à des « démarches d'élaboration et d'expérimentation grandeur nature privilégiant l'analyse des besoins, des pratiques et des représentations » (Feyt, 2002).

C'est pourquoi, par l'organisation d'une série d'ateliers participatifs, nous interrogeons la possibilité de co-construction de dispositifs entre les acteurs de la gestion de l'eau et ceux de l'aménagement du territoire. Une telle démarche permet-elle de renouveler la traduction cartographique du fonctionnement des zones humides pour un meilleur ajustement des projets urbains ? La carte figée de ces écosystèmes, outil réglementaire des politiques de l'eau, peut-elle laisser la place à des outils de dialogue dynamiques à l'aide des SIG ? Enfin, la mobilisation des SIG dans le cadre d'ateliers participatifs fournit-elle uniquement des solutions géomatiques, ou peut-elle introduire une nouvelle approche politique et produire d'autres types de réponse ?

Il s'agit également de questionner l'intégration des propositions qui émergent de cette expérience par l'Agence de l'Eau RMC : le renouvellement de la méthode, en contrepoint de celles des

chapitres 3 et 4, produit-il des effets différents pour la sphère opérationnelle ? Comment ces résultats peuvent-ils s'inscrire dans la continuité des précédents ?

Cette expérimentation a fait l'objet d'une publication dans un numéro spécial de la revue Géocarrefour (Catteau et Couderchet, 2022). L'article a été repris et augmenté pour la rédaction de ce chapitre. Dans la première partie, nous exposons le contexte de l'expérimentation et la méthode. La seconde partie présente l'expérimentation territoriale avec des acteurs de la gestion de l'eau et de l'aménagement du territoire dans une suite de trois ateliers. Une dernière partie s'attache à décrire la réception de ces résultats par le commanditaire de la recherche : l'Agence de l'Eau RMC.

1. Une nouvelle méthode enrichie des expériences antérieures

Par rapport aux chapitres précédents, la méthode évolue puisqu'il s'agit de tester une production de l'information géographique ascendante en rassemblant divers acteurs concernés autour du processus de production cartographique. La proximité des acteurs interrogés dans ce chapitre est d'abord géographique (Moquay *et al.*, 2005).

1.1. Expérimenter un nouveau cadre de production de connaissances

Dans cette itération, nous avons recours à la théorie ancrée (Paillé, 2011), cette méthode est ici conçue et mise en place *a priori*. Nous instaurons en effet une méthode itérative d'analyse qualitative de la dialectique entre le processus de production cartographique et l'utilisation des résultats dans la pratique. Il s'agit de théoriser progressivement la réception de l'enjeu de préservation des zones humides dans la sphère de l'aménagement du territoire et de mesurer les effets d'une traduction cartographique plus fonctionnelle des zones humides. Les échanges sont enregistrés puis retranscrits. Des extraits sont présentés entre guillemets dans la suite de ce texte car les principes énoncés servent d'ancrage aux expérimentations SIG et à la production de propositions cartographiques. Afin de garder l'anonymat des élus tout en rendant visible la répartition de la parole, des numéros ont été attribués aux élus dont les propos sont retranscrits dans ce chapitre.

Pour co-construire des supports cartographiques, trois ateliers se succèdent, entre lesquels sont menées les expérimentations SIG (figure 82). Nous proposons de ne pas montrer de cartes d'emblée pour porter l'attention sur les principes qui régissent la modélisation et non sur le résultat cartographique (Couderchet, 2008). Cela rejoint une observation de la sociologue de l'Agence de l'Eau qui met en garde : « Dès qu'on trace un trait sur la carte […], ça crispe tout de suite » (mai 2020), elle explique « dès qu'on trace un trait, les acteurs veulent savoir ce qu'on va faire dedans » (juin, 2020). Pour discuter des principes de modélisation, nous organisons un premier temps d'échanges sans carte, comme cela a été fait pour la modélisation des continuités écologiques dans le bocage bressuirais (Bousquet *et al.*, 2014). Dans cette étude, avant de montrer les cartes, une première séquence ouvre le dialogue sur le paysage à partir d'une enquête photographique. Dans notre cas, il apparaît difficile de partir de photographies tant les zones humides peuvent prendre

des formes diverses et leur fonctionnement s'exprime de manière plus ou moins discrète. Nous présentons donc des schémas conceptuels. Ce faisant, nous prenons le parti d'une complexification de la démarche, au risque de perdre notre public non expert.

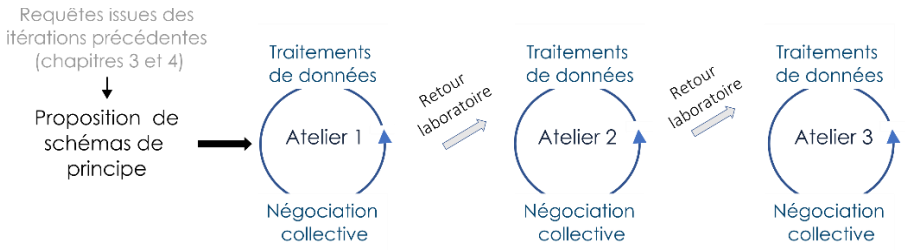


Figure 82. Une procédure pour faire dialoguer traitements de données et négociation collective autour de trois ateliers (schéma adapté de Bousquet et al. 2014)

Ainsi, les cartes ne sont plus envisagées uniquement comme l'aboutissement d'une procédure linéaire. Elles s'inscrivent dans un processus itératif de construction d'un modèle entre thématiciens, modélisateurs et politiques.

Le SIG fait partie des « représentations spatiales externes (RSE), c'est-à-dire celles qui sont objectivées dans des supports de communication et d'échange » (Moquay *et al.*, 2005). Les mettre au centre de la démarche, « provoque la participation » et favorise l'expression comme l'écrivent Patrick Moquay et ses coauteurs (2005) en faisant référence notamment aux travaux de Joliveau et Michelin (2001). Il s'agit en quelque sorte d'une forme de « map elicitation interview », une méthode consistant à mener des entretiens à partir d'un support cartographique (Moore *et al.*, 1991). Ainsi, « la représentation spatiale peut servir à exprimer des visions différentes du fonctionnement d'un système, voire des opinions contradictoires quant aux priorités d'action. » (Moquay *et al.*, 2005).

1.2. Un terrain plus restreint

Pour terrain, nous retenons la communauté de communes des Lacs et Montagnes du Haut-Doubs (figure 83), dans la haute chaîne jurassienne, dont les spécificités relatives à notre problème sont remarquables : la naturalité des milieux y est élevée, elle se traduit par de nombreux bas-marais et tourbières, dont certains s'insinuent dans le tissu des villages ; la pression foncière y est considérable, la proximité de la Suisse faisant monter les prix du terrain à bâtir à des niveaux rencontrés dans les grandes métropoles. La population de la communauté de communes a doublé en moins de 40 ans (https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=EPCI-200069565).

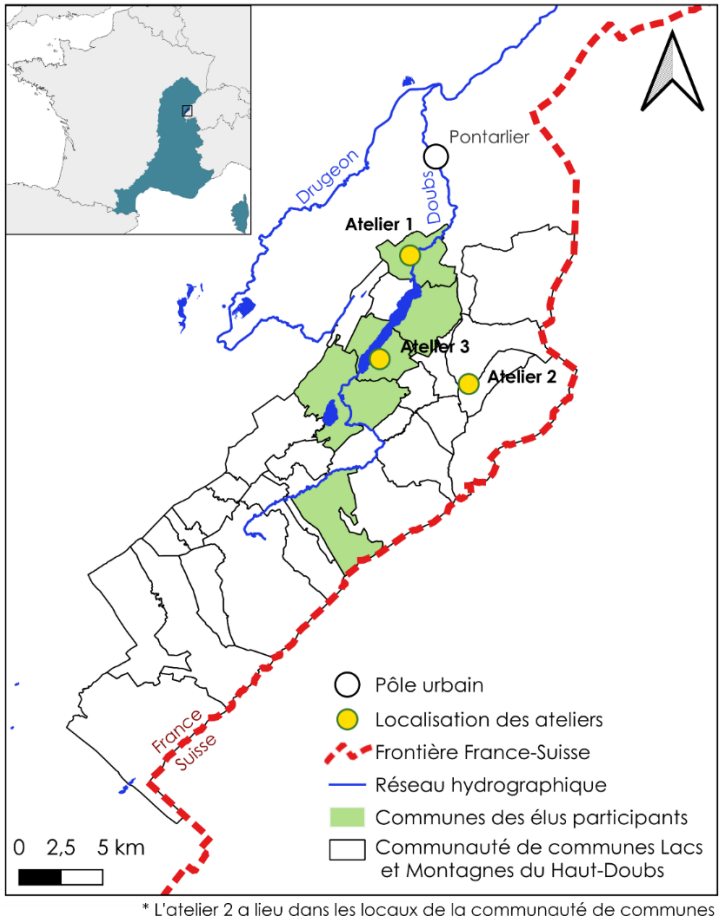


Figure 83. Des ateliers rassemblant en majorité des élus des communes bordant le Lac Saint-Point marqués par les dynamiques transfrontalières

Le contexte sanitaire dû à la pandémie de Covid-19 complique l'organisation des rencontres mais ne les empêche pas : les ateliers se succèdent depuis l'été 2020 jusqu'au printemps 2021 dans les fenêtres de non-confinement. Le premier atelier a lieu juste après les élections municipales qui ont toutes dès le premier tour renouvelé ou reconduit les conseils municipaux. Les élus présents aux ateliers sont des maires, parfois accompagnés d'un second élu du conseil municipal. Certains nous disent être arrivés à la tête de l'exécutif local un peu par hasard. Bien qu'aucun ne présente une étiquette écologiste, plusieurs affichent une sensibilité prononcée pour l'environnement, la question étant au cœur de leur campagne électorale récente. Tous ont été particulièrement marqués par la sécheresse de l'été 2018 qui, combinée aux phénomènes karstiques particulièrement actifs, a vidé le Doubs de son eau. « Ici coulait une rivière » a titré l'Est Républicain, le 4 août 2018, en légende d'une photographie particulièrement saisissante (figure 84). De plus, la quasi-totalité des élus locaux présents sont riverains du lac Saint-Point, qui a connu des étiages très bas ces dernières années, causant l'inquiétude sur l'alimentation en eau potable et la gestion des infrastructures d'assainissement.

Figure 84. Le Doubs dans le défilé d'Entreroches, entre Pontarlier et Morteau. Photographie l'Est Républicain, 4 août 2018

Parallèlement, les grands projets de restauration de zones humides dans les territoires environnants amènent les élus participants à être sensibilisés aux enjeux des zones humides remarquables. Le Drugeon, affluent du Doubs tout proche, avait subi dans les années 1960-1970 une rectification très sévère dans le cadre des travaux d'assainissement rural. Son cours s'était enfoncé dans sa plaine qui s'était asséchée. Il a été restauré à la fin des années 90 à l'aide de financements européens sur plus de 30 km. L'opération emblématique a mobilisé les élus, convaincus ou hostiles, pendant des années, les médias ont largement couvert le projet ; les bulldozers sont descendus dans le lit mineur pour lui redonner sa sinuosité. La zone classée Ramsar est désormais un élément de patrimoine et un attrait touristique de la région : « Restez à l'affût, observez et écoutez la nature qui vous entoure, nous vous assurons que vous serez récompensés ! » conseille l'Office de Tourisme de Pontarlier.

Les élus sont donc sensibilisés, l'intérêt qu'ils montrent pour l'approche que nous proposons sur leur territoire se traduit dans leur assiduité à nos réunions, toutes présidées par le Président de l'intercommunalité et animées par le même noyau de maires.

1.3. Déroulement des ateliers

Trois ateliers participatifs d'une demi-journée structurent la démarche : chacun d'entre eux débute par un temps d'échanges sur des concepts et des principes théoriques, pour explorer dans un second temps à l'aide d'un SIG projeté sur l'écran face à l'assemblée le résultat des propositions. Il

est ainsi possible de faire apparaître ou non certaines couches d'information et de se recentrer sur différents sites, au gré des demandes.

Le premier atelier a pour ambition de recueillir des matériaux relatifs à la perception des acteurs de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire sur le fonctionnement des zones humides et sur leurs pratiques des cartes. Sollicités par le Président de la communauté de communes, cinq élus se sont portés volontaires, ainsi qu'un représentant de l'administration chargé de la présentation du porter à connaissance de l'État pour les aménagements locaux. La présence de l'Agence de l'Eau, commanditaire de l'étude, donne une dimension institutionnelle à l'expérience qui reste néanmoins présentée comme une recherche doctorale. À ce groupe s'ajoutent trois chercheurs, dont je fais partie. Il s'agit d'accompagner les acteurs dans l'acquisition d'une culture théorique et méthodologique relative aux fonctions des zones humides et, au lieu de leur proposer d'emblée des solutions techniques, de les amener à construire conjointement le problème, au sens de M. Crozier et E. Friedberg (1977), des zones humides avec celui de l'aménagement du territoire. Cette première rencontre permet de recueillir leur point de vue sur les enjeux de la mise en cartes et leurs propositions d'alternatives.

Il convient de souligner que la présence d'un agent du siège de l'Agence est suffisamment rare pour intéresser d'emblée le public, d'abord interrogatif sur l'intérêt d'une telle réunion. Par la suite, c'est la réussite de la première réunion qui justifie l'assiduité de l'assistance.

Les discussions du premier atelier amènent à revenir dans le second sur la dimension réglementaire des cartes de zones humides et ses effets. Les résultats cartographiques répondant aux préoccupations énoncées sont présentés : les participants expérimentent le lien entre leur formulation des problématiques et la traduction cartographique qui en est faite. L'observation de leurs réactions et de la manière dont ils s'approprient, ou non, les supports proposés, vise à identifier de nouveaux éléments à explorer. Le groupe s'élargit par l'arrivée de trois nouveaux élus et d'un agent technique chargé des questions de zones humides dans le territoire. Le représentant des services de l'État se retire dès le second atelier en expliquant son sentiment d'illégitimité vis-à-vis de la thématique.

Le troisième atelier vise à préciser les concepts et les paramétrages du SIG, en mettant à l'épreuve de la discussion les couches d'informations dans plusieurs sites. Ce dernier rendez-vous permet de réaliser un bilan de la démarche selon les prises de parole des participants, leur investissement, l'originalité des propositions qui ont émergées et leur capacité à générer un dialogue constructif. Le groupe est stabilisé par rapport au second atelier, deux nouveaux élus locaux devant nous rejoindre se désistent au dernier moment. Nous nous interrogeons sur les effets de la dynamique collective : dissuade-t-elle d'autres élus d'intégrer la démarche en cours de route ?

1.4. Observer l'intégration des résultats de la recherche

Cette manière de produire des éléments scientifiques est assez éloignée des standards de l'Agence de l'Eau RMC. Comme dans le chapitre précédent, nous présentons les réactions de l'Agence, notamment lors des réunions du groupe thématique zones humides qui réunit à la fois les membres du siège et des délégations. La participation observante permet de mettre en lumière la réception de résultats émanant d'une approche ascendante, notamment à travers les espoirs et les interrogations suscitées. La restitution de ces discussions documente l'appropriation des résultats des ateliers par la sphère opérationnelle. Il s'agit donc de s'assurer de la possibilité d'interaction des participants avec l'outil SIG (Talen, 2000).

Il s'agit également de présenter comment ces discussions avec la pratique permettent de faire avancer les traitements géomatiques, notamment pour s'assurer de la réplicabilité des méthodes SIG dans le reste du bassin et la complémentarité avec l'information géographique existante localement. Cela participe à ajuster les livrables au plus proche des besoins formulés.

2. Des ateliers porteurs d'innovation

Les résultats sont restitués suivant l'ordre chronologique des trois ateliers pour montrer l'avancement progressif de la réflexion. Cette présentation montre la sinuosité de la progression, en portant l'éclairage aussi bien sur les succès que sur les impasses rencontrées dans la démarche.

Atelier 1 | Poser les jalons d'un travail collectif avec les élus locaux

Le premier atelier est un saut dans l'inconnu, nous ne savons pas où va nous mener cette expérience. Nous veillons donc à produire les conditions nécessaires pour favoriser le dialogue entre les participants. Nous avançons avec précautions, pour construire un vocabulaire commun et nous accorder autour de quelques principes qui régissent la modélisation par SIG. Cet atelier est également l'occasion de mettre en place un cadre de confiance pour avancer collectivement.

Nous choisissons d'attendre le deuxième atelier pour inviter les experts locaux des zones humides. L'objectif est de profiter du contexte d'expérimentation dans le cadre d'une recherche doctorale pour recueillir le point de vue des élus sur les zones humides et plus particulièrement sur leurs perceptions des cartes relatives auxquelles ils ont accès. Il s'agit de les interroger sur la manière dont ils les intègrent dans leurs stratégies d'aménagement. En effet, les observations réalisées précédemment ne nous ont pas permis de recueillir cette parole. D'une part, cela s'explique par le fait que mes commanditaires m'orientent vers des partenaires exclusivement techniques. D'autre part, les quelques fois où j'ai pu assister à des assemblées mélangeant agents techniques et politiques, leurs relations étaient dissymétriques puisqu'il s'agissait de transfert de connaissances de l'expert vers l'élu, donnant à ces derniers peu d'occasion pour réagir.

Une compréhension des cartes garantie par l'attention portée à leur introduction

Pour que cet atelier favorise le partage d'expertises entre les participants, la manière dont est amenée la carte est soigneusement réfléchie au préalable. Nous retardons sa présentation pour éviter une focalisation sur des lieux dans lesquels des intérêts sont susceptibles de crisper le débat (Couderchet, 2008). Notre prudence rejoint les craintes de l'Agence de l'Eau RMC de voir la carte soulever des oppositions, comme ce fut le cas dans d'autres territoires en raison d'un amalgame entre l'espace modélisé à partir de critères géomorphologiques et les zones humides, dont la délimitation conduit à des contraintes réglementaires. C'est pourquoi, au cours de ce premier atelier, le fonctionnement des zones humides est dans un premier temps abordé par le biais de schémas conceptuels de la circulation de l'eau (figure 85). Il s'agit d'articuler les représentations théoriques du phénomène étudié avec des connaissances empiriques. Les schémas que nous apportons déterminent la problématique, ils fixent l'objectif.

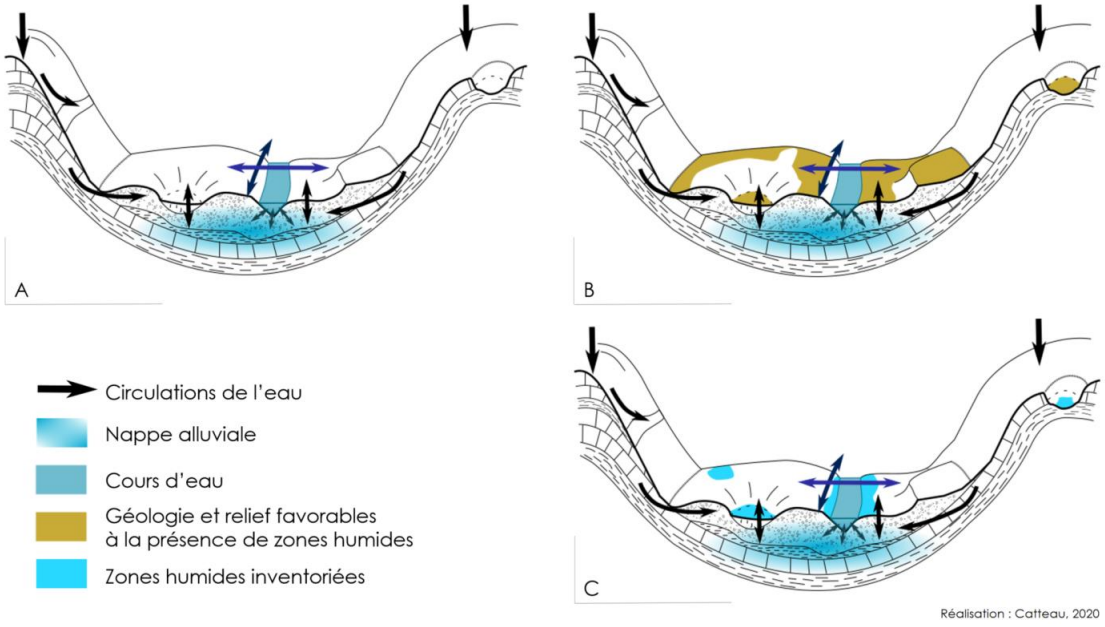


Figure 85. Schémas théoriques de la circulation de l'eau dans un fond de vallée (A), avec l'espace modélisé à partir de critères géomorphologiques (B) ou avec les zones humides (C)

Ces schémas permettent d'aborder différents forçages, naturels ou anthropiques, qui contrôlent la circulation de l'eau. La présentation de l'extrait d'un texte de Philippe Jaccottet (1970), « Paysages avec figures absentes », oriente les discussions sur les dimensions tantôt visibles, tantôt invisibles, des processus, selon les compartiments et les temporalités.

> « *Là où depuis des années, autant que je me souvienne, il n'y avait que des champs, des prés et seulement, en mémoire de l'eau, un ou deux saules, quelques roseaux, une glaciale foison de narcisses en avril, les longues pluies, en peu de jours, ont refait un étang. […] C'est une combe.* » (Jaccottet, 1970)

Cela nous permet d'introduire la proposition de l'Agence de l'Eau RMC de modéliser un espace biophysique à partir du relief et de la géologie, tel que détaillé dans le chapitre 3 (figure 85-B). Cet

espace est présenté comme un moyen de mettre en évidence des facteurs relativement invariants à l'échelle humaine. La distinction avec les zones humides est immédiatement comprise par tous.

Un participant demande si la modélisation distingue les secteurs plats correspondant aux plateaux de ceux correspondant aux vallées et dépressions. Le représentant de l'Agence souligne qu'effectivement, il n'y a pas le même fonctionnement, autrement dit la même incidence sur la circulation de l'eau dans ces deux systèmes. Nous proposons pour l'atelier suivant de tester différentes manières de traduire la position relative aux versants et leur déclivité.

Interprétation des productions SIG : un retour à la définition de « zone humide »

L'état d'esprit manifesté ainsi que le niveau d'abstraction des échanges nous incite à présenter au terme de ce premier atelier, une traduction surfacique du phénomène reconnu sur les schémas. Pourtant, dès l'affichage de cet espace avec le SIG sur l'écran de la salle de réunion, le représentant des services de l'État s'exclame « ça fait beaucoup de zones humides ! ». Cette réflexion révèle le potentiel polémique des outils cartographiques dès lors que les objets ne sont pas interprétés de la même manière par tous, et l'inquiétude du service instructeur vis-à-vis de tensions qui pourraient survenir à l'occasion du contrôle de légalité d'un projet d'aménagement.

Une fois les principes clarifiés, les élus prennent la parole : cette modélisation, correspondant à l'espace humide de référence même si elle n'est pas appelée comme tel, apparaît cohérente avec ce qu'ils connaissent du territoire. L'un d'entre eux, particulièrement à l'aise devant la représentation spatiale offerte par le SIG, présente les lieux pour lesquels il voit une adéquation :

> « Là c'est l'étang de [...], là c'est une zone qui est toute marécageuse aussi, là c'est un trou, la ligne SNCF a séparé le ruisseau de [...] mais là c'est resté du marais, là c'est vraiment humide, là ce sont les captages de [...], la mare à […] » (élu·e local·e n°1, juillet 2020)

Pour un autre, cet espace modélisé apporte un élément de compréhension. Dans le cadre d'un projet d'aménagement situé au centre de son village, bien qu'il ne soit pas dans une zone humide inventoriée, il est confronté à des contraintes physiques pour lesquels les données présentées sont une explication : « Ça c'est une explication, ça ne me choque pas du tout, c'est vraiment une explication » (élu·e local·e n°2, juillet 2020).

L'existence de secteurs bâtis là où les conditions géomorphologiques favoriseraient la présence de zones humides n'est perçue comme un problème par aucun des participants. Nous sommes surpris de ce recul par rapport à la carte. Dans nos expériences précédentes, les partenaires techniques locaux suggèrent très rapidement d'en soustraire les zones urbanisées (chapitre 4). Le rapport à la carte diffère : pour les experts, la carte est prescriptive, pour ces élus, dans le cadre de cette expérience, elle est heuristique et expérimentale.

De ces premiers échanges émerge la nécessité de faire le lien entre les espaces que nous déterminons et les inventaires de zones humides existants localement. Les élus soulignent

l'importance de pouvoir contextualiser les zones humides délimitées dans leurs documents d'urbanisme.

Des besoins de représentations cartographiques

Une autre question abordée dans l'atelier est celle de la traduction cartographique des principes sur lesquels les partenaires se sont mis d'accord : les schémas impliquent la bascule dans l'univers projectionnel (figure 86). La question de la concordance entre les résolutions et les échelles de décision est centrale. Nous questionnons la façon dont nos interlocuteurs se projettent dans l'utilisation de données vectorielles (les polygones du schéma A) et matricielles (les mailles du schéma B), ces formats conditionnant les traitements et requêtes sous SIG.

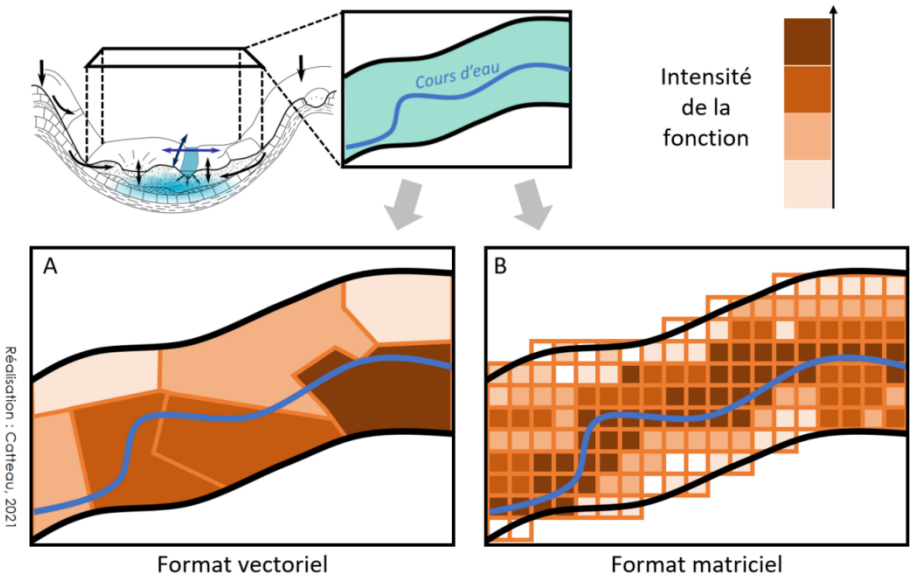


Figure 86. Schéma différenciant les formats vectoriel ou matriciel des fonctions des zones humides

Les élus locaux insistent sur la nécessité de disposer d'une vue globale pour éviter les difficultés avec des propriétaires fonciers. Pour cela, ils affirment leur préférence pour une représentation fonctionnelle des milieux sous la forme matricielle. L'un d'eux explique :

> « C'est un souci parce que, inévitablement, quand on regarde un plan, effectivement on identifie à la parcelle et ça c'est un réel souci pour porter un projet d'envergure globale […] Il va falloir avoir l'aval du propriétaire et quelque fois ça peut être compliqué : tous n'entendront pas le même message. Et effectivement, peut-être qu'en ayant un maillage comme ça, c'est plus facile à faire appréhender. Il y a un réel enjeu. » (élu·e local·e n°3, juillet 2020)

Par ailleurs, pour le représentant des services de l'État, les représentations sous forme de maillage ne sont pas opérationnelles immédiatement, pour cela elles doivent être traduites localement sous forme de zonages :

> « Ce n'est pas applicable dans le détail dans un document d'urbanisme pour dire « là … ». Ça demande un réexamen ensuite. C'est une première approche qui va donner des indications […] Les bureaux d'étude, les élus doivent retravailler ce zonage là en essayant de redélimiter plus précisément » (représentant des services de l'État, juillet 2020)

La différence d'appréciation sur les formats de données décrit l'opposition entre les acteurs politiques et le tenant de l'approche réglementaire. Alors que la présentation vectorielle ne pose pas la question de la précision, puisque la limite conserve sa forme même si l'image est grossie, le format matriciel inquiète. Le document d'urbanisme doit être présenté à l'échelle 1/2 000 ; à cette échelle, si la pixellisation est visible, le document n'est pas opposable. Pourtant, est-il possible d'opposer le format matriciel à l'idée de précision ? Cet argument questionne le choix de la résolution matricielle. La taille du pixel s'oppose-t-elle à l'opérationnalité ? Le bilan des échanges nous invite à explorer les préoccupations des participants dans l'atelier suivant.

Caractère prescriptif et neutralité

Nous observons également le caractère prescriptif de ces cartes : pour un participant, les schémas de la figure 86 suggèrent d'aménager plutôt dans les zones blanches. Cela implique pour les ateliers suivants une attention accrue aux utilisations qui peuvent être envisagées dans un but prescriptif et aux leviers techniques pour éviter ces détournements.

Pour aller plus loin dans l'utilisation qu'ils feraient de cartes de fonctions des zones humides, nous présentons des schémas représentant les types de cartes proposés par la littérature dans une vallée fictive. Nous reprenons le schéma présenté dans le chapitre 3 expliquant que dans un même territoire, deux types d'information géographique peuvent permettre d'appréhender les fonctions : les indices de la réalisation des processus sous-jacents aux fonctions (figure 87-a) ou les pressions anthropiques qui s'exercent dans chaque secteur (figure 87-b).

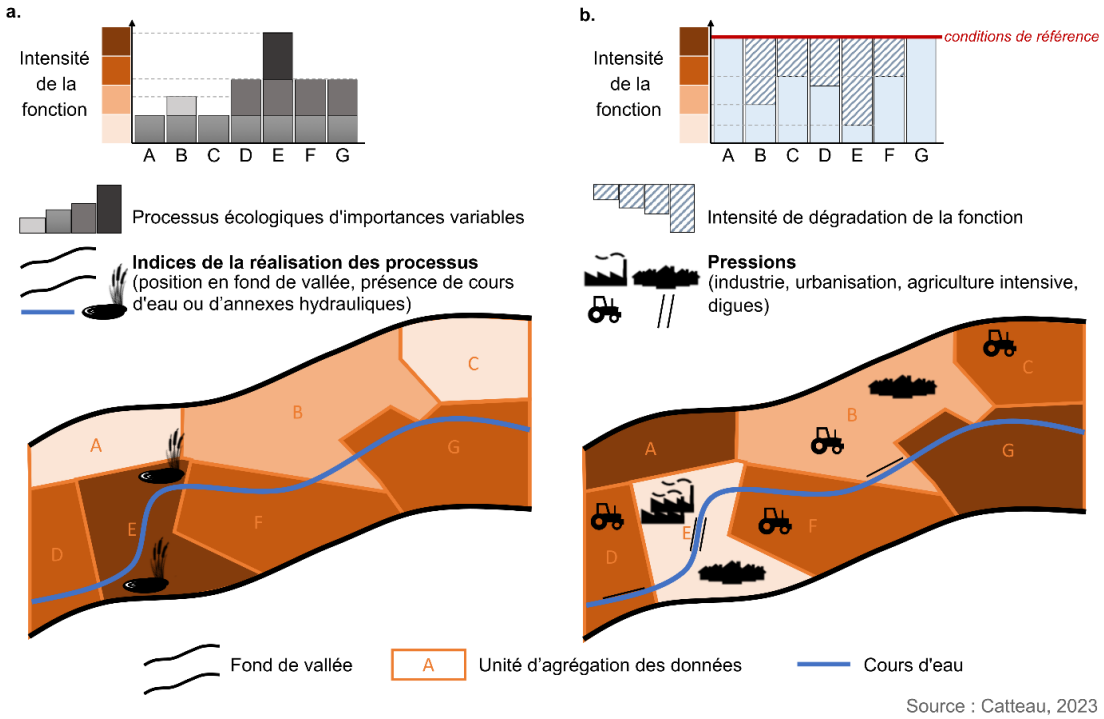


Figure 87. Variabilité de l'intensité des fonctions dans un même territoire selon la définition prise en compte

Au cours de la discussion, le représentant des services de l'État explique que si « on dégrade la zone E […] il n'y a pas uniquement un impact à cet endroit, il y a un impact sur toute la zone aval et c'est la question des solidarités qui se pose ». Cette idée de solidarité amont-aval et des relations avec les espaces avoisinants se retrouve plusieurs fois au détour de conversations qui semblent s'éloigner des zones humides, notamment celles à propos des conditions d'épandage selon la distance aux cours d'eau ou des zonages Natura 2000. Bryan Preston et Matthew Wilson (2014) notent que dans les méthodes mixtes associant SIG et recueil de discours, certaines digressions *a priori* éloignées peuvent prendre une importance initialement insoupçonnée. Pour le second atelier, nous proposons de travailler sur plusieurs représentations traduisant les relations amont-aval.

Par ailleurs, nous montrons des cartes avec la distance aux cours d'eau. Elles sont issues de l'analyse des réactions d'experts (cf. chapitre 4, 2.2.d). Pour rappel, le défi était qu'elles soient indicatives et non-orientées par des objectifs de gestion (figure 88).

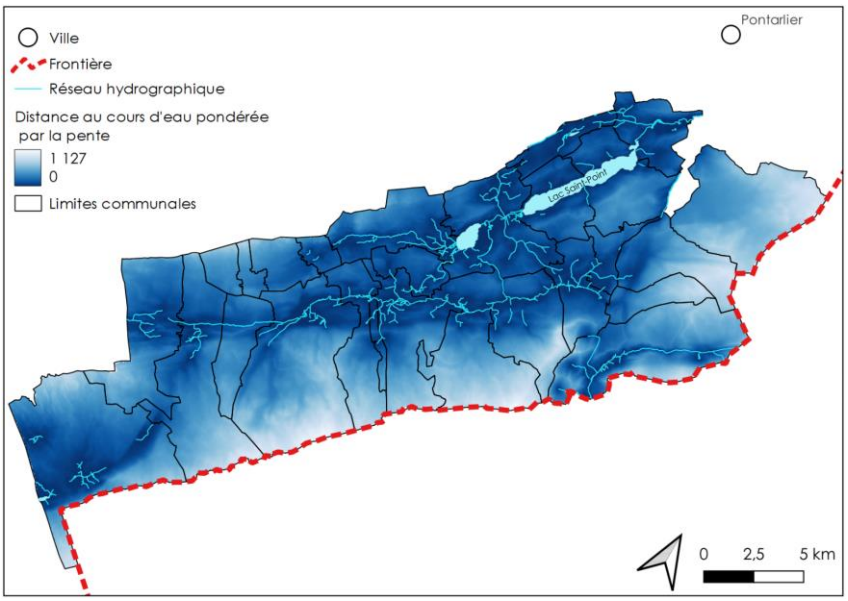


Figure 88. Identification des secteurs proches en altitude du réseau hydrographique

Ces cartes ne rencontrent pas d'intérêt particulier : comme les experts dans le chapitre précédent, les personnes présentes lors de l'atelier n'y projettent pas d'utilisation spécifique. Ainsi, la validation des cartes a radicalement changé par rapport à la première itération dont l'objectif de la démarche SIG était d'identifier une réalité physique, objectivable, pouvant être vérifié sur le terrain (cf. chapitre 3). Désormais, la conception des requêtes SIG n'est plus guidée par un idéal d'objectivité mais par l'utilisation envisagée par les participants. Cette discussion permet en effet « d'articuler la question de savoir si "ça sert" à celle de savoir si "ça marche" » (Feyt, 2002). Pour les prochains ateliers, il est donc nécessaire de veiller à ce que les éléments présentés répondent à un besoin.

Une recomposition des rapports de force et des légitimités

La présence d'un représentant du siège de l'Agence de l'Eau intrigue les participants de ce premier atelier. La démarche proposée participe à la démystification de cette institution, présentée dans le porter à connaissance des documents d'urbanisme comme lointaine et inaccessible. Le SDAGE est incarné par une personne qui est présente et porte, avec la thèse, un discours plus nuancé. L'autorité du SDAGE est relativisée, l'Agence relaie les incertitudes qui marquent les politiques de l'eau. Cet atelier de recherche discute la pertinence des procédures actuelles pour une meilleure prise en compte des enjeux zones humides, sans pour autant remettre en cause le SDAGE.

Le représentant des services de l'État se place lui comme le garant de l'application des règles associées aux zonages. Même s'il participe de façon constructive aux échanges, il explique à la suite de ce premier rendez-vous qu'il ne se sent pas à sa place et qu'il préfère ne pas poursuivre :

> « Je comprends bien votre propos, mais je ne suis pas un décideur public de l'aménagement, ni en mesure de surinterpréter ce que dit le code de l'urbanisme, à savoir respecter le SDAGE.

> Dans nos porter-à-connaissance, nous rappelons les règles à respecter et communiquons les études à disposition (L132-2 code de l'urbanisme) »
>
> « Par ailleurs, je pense que vos travaux sont encore une affaire de spécialistes et un peu éloignés de la planification d'urbanisme, domaine sur lequel je dois rester concentré (l'application du code de l'urbanisme, disons) » (courriels du représentant des services de l'État, 21 janvier 2021)

Cela révèle que la faible participation des acteurs de l'aménagement du territoire dans les processus cartographiques d'objets environnementaux ne s'explique pas uniquement par une mise à l'écart de la part des spécialistes de zones humides. Elle traduit un modèle d'organisation sectoriel dans lequel l'information géographique est partagée uniquement après sa production, la conception collective relève d'un impensé.

Le sentiment de manque de légitimité pour intervenir dans ce type de discussion est formulé par les élus locaux. Il est difficile dans ce premier atelier d'amener les élus à parler du fonctionnement des zones humides par rapport à leurs enjeux d'aménagement. Néanmoins, ne connaissant pas grand-chose de leur territoire en particulier, ce sont eux qui détiennent la connaissance locale, ce qui équilibre le rapport dans les échanges.

Ils relatent une prise de conscience par la sphère politique des enjeux liés à l'eau dans leur territoire et soulignent notamment l'impact de l'augmentation de la population sur les prélèvements pour l'eau potable et l'imbrication étroite avec les questions d'assainissement. Ils nous interpellent sur le fait que certains mécanismes qui conduisent à l'étalement urbain leur échappent : constructions à proximité des bâtiments agricoles revendues ensuite ou acquisition par des promoteurs et création de lots. Dans leurs discours, nous entendons que le développement de l'habitat est une préoccupation majeure : les problématiques environnementales (imperméabilisation des sols) rejoignent des problématiques sociales (accès à la propriété/droit au logement) et agricoles (urbanisation sur des terres agricoles situées au centre de villages). Le croisement des réflexions sur le fonctionnement des zones humides et de l'aménagement du territoire amène à poser des questions qui ne peuvent être résolues uniquement par l'expertise des gestionnaires de l'eau. L'un des élus locaux par exemple fait part de questionnements stratégiques : faut-il remplir les dents creuses pour éviter l'étalement urbain ou laisser de la nature à l'intérieur ? Est-il préférable d'avoir un bâti diffus ou concentré pour répondre aux enjeux environnementaux ? Cette reformulation du problème modifie le rôle des dispositifs SIG qui ne peuvent pas apporter de réponses systématiques à ces questions : ils ne peuvent qu'éclairer des situations particulières en apportant des éléments de réflexion.

Conclusion intermédiaire

Ces premiers résultats révèlent la capacité d'abstraction des élus locaux présents qui s'approprient les enjeux théoriques et la méthode. Les propositions de recherches sur des représentations non-

prescriptives, basées sur des formats matriciels à plusieurs résolutions, devant explorer les relations aux versants ou rendre visibles les relations amont-aval dans le fonctionnement des zones humides sont des pistes inexplorées auparavant. L'intégration de cette catégorie d'acteurs, les élus locaux, ouvre donc de nouvelles perspectives de recherche pour travailler la question en dehors des cadres établis par la littérature scientifique et technique existante. L'atelier suivant doit permettre de confirmer ou non la pertinence de ces propositions, en réintégrant également le point de vue des experts locaux des zones humides.

Atelier 2 | Apprivoiser la dialectique entre les discussions et le SIG

Le deuxième atelier permet aux participants d'expérimenter le potentiel offert par les SIG pour traduire les échanges de la séance précédente. Il s'agit en quelque sorte d'apprivoiser la dialectique entre ce qui se dit et ce qui est traduit par SIG.

Les réactions du précédent atelier induisent une attention particulière au potentiel prescriptif des productions SIG et conduisent à proposer des résultats au format matriciel à plusieurs résolutions.

Avant de présenter les propositions SIG, il convient d'énoncer les changements dans la composition des participants pour en interroger les conséquences.

Une nouvelle composition de l'assemblée qui renouvelle les rapports de force

Ce deuxième atelier se déroule, malgré nos relances, sans le représentant des services de l'État. Notre interlocuteur nous renvoie vers sa collègue du Service Eau, Risques, Nature, Forêt, qui ne peut se joindre à nous. L'Agence est toujours représentée par notre interlocuteur du siège, présent au précédent atelier. Il est accompagné par le référent zones humides de la délégation de Bourgogne-Franche-Comté. Un chercheur de Besançon est invité à assister à cet atelier en tant qu'observateur. Trois nouveaux élus, dont les communes bordent le lac Saint-Point se joignent aux discussions mais l'un d'entre eux doit s'absenter avant la fin. La chargée de mission spécialiste des zones humides dans le territoire est également présente. Il s'agit d'une figure locale, connue et reconnue au niveau national pour les importants travaux de restauration de cours d'eau et de tourbières. Le pourtour du lac Saint-Point venant d'être ajouté au site RAMSAR « Tourbières et lacs du massif du Jura », elle propose de profiter l'atelier pour remettre en fin de séance un diplôme aux élus présents.

Nous remarquons pendant la première partie de la réunion que le temps de parole est largement dominé par les agents techniques. Cela conforte l'idée, que la supériorité numérique des élus au premier atelier, et le fait que personne ne puisse contredire leurs connaissances locales a permis de les entendre s'exprimer. Leur présence à la précédente réunion leur donne une légitimité à intervenir. Les phrases prononcées par les participants lors du premier atelier, à l'origine des expérimentations SIG, sont reprises dans le diaporama. Cela a deux effets : ils perçoivent que leur discours a une incidence sur les principes SIG et que ces ateliers s'inscrivent dans un processus

dialectique ; dans le même temps, ils constatent que leurs discours de non experts des zones humides est précieux puisqu'il permet de poser le problème d'une façon nouvelle.

Pourtant, le premier atelier mené avec les élus locaux, dont l'objectif était de recueillir leur point de vue sur les zones humides a été assez mal perçu par la structure locale en charge de la gestion de ces écosystèmes qui s'est sentie exclue : « Il faut qu'on soit averti, invité » (chargé de mission, entretien téléphonique, octobre 2020, trois mois après le premier atelier). On peut comprendre qu'elle souhaite avoir le même niveau d'information que ses élus, qu'elle ne veuille pas être prise en défaut et qu'elle soit interrogative concernant la position que j'adopte. Face à cette défiance, ma première réaction a été de remettre en cause ma démarche de recherche : est-ce une trahison de ne pas les inviter ? Est-ce que mes recherches ont un impact néfaste dans le territoire ? Non, le premier atelier n'a pas perturbé leurs missions. Néanmoins, cet événement, m'a permis de me rendre compte qu'il existe une règle tacite sur la nécessité de demander l'accord aux structures de gestion locales pour parler avec les élus locaux de questions environnementales. Cela se confirme lors d'échanges autour de cette anecdote avec mes collègues de la Tour du Valat, surpris de l'absence de la structure locale lors du premier atelier (discussions informelles dans ma structure d'accueil, 2020). De la même manière, nous avions convié au second atelier, la chargée de mission d'une autre structure régionale avec qui nous avions échangé sur des outils SIG. Celle-ci a demandé avant la réunion : « Peut-être serait-il cependant nécessaire de demander à [la structure locale] si ma présence est acceptée » (courriel, décembre 2020). Un contretemps l'empêchera d'être présente mais ce faisceau d'indices met en lumière le caractère incontournable des experts locaux. Cela rejoint le propos de Muriel Darmon (2005) qui suggère de documenter les modalités d'accès au terrain, comme un objet d'étude en soi. Il s'agit de s'interroger sur les apprentissages que fournissent les difficultés d'accès.

Les conversations avec Agathe Robert (doctorante en géographie, Université Savoie Mont Blanc), rencontrée à l'occasion du colloque de l'union internationale de géographie (2022), et avec son directeur de thèse, Lionel Laslaz (géographe, Université Savoie Mont Blanc), présent lors de mon comité scientifique de thèse (2020), confirment que l'accès aux acteurs locaux pour les chercheurs en sciences sociales est parfois entravé par les acteurs de la gestion environnementale en raison de leurs craintes que ces recherches ne perturbent leurs missions. Ce constat peut pourtant expliquer en partie la difficulté à sortir des schémas de pensée gestionnaires qui gouvernent les essais de modélisation du fonctionnement humide (chapitre 3).

La discussion avec ces interlocuteurs avant la seconde rencontre révèle une crainte de voir des requêtes SIG, déconnectées du terrain, se substituer aux études qu'ils mènent localement. Ils s'interrogent sur la manière dont pourront être intégrées les données qu'ils ont récoltées sur le terrain. Une explication est nécessaire pour préciser que mon objectif n'est pas de faire un PGSZH avec uniquement des données SIG mais de comprendre le point de vue des élus sur le

fonctionnement des zones humides et sur leur utilisation des SIG. Ces craintes exprimées amènent d'autant plus à porter l'attention sur les conséquences des productions issues de mes recherches.

La présence d'experts locaux de zones humides dans ce second atelier pose la question de la place de l'expertise dans les dispositifs, du rapport qui s'établit entre le technique et le politique et du poids de la connaissance dans la décision. Dans un article de Sylvie Lardon, Salma Loudiyi et Caroline Maury (2015), les auteures revendiquent l'importance des observations pour

> « lancer une réflexion théorique sur les dispositifs participatifs impliquant des élus et des techniciens (Maury *et al.*, 2011). Plusieurs questions ont ainsi été soulevées. Quelles modifications sont induites par ces ateliers dans les rapports élus-techniciens ? Est-ce que la forme participative permet de donner « plus de poids » à certaines propositions, qui auraient été plus facilement rejetées par les élus si elles n'avaient été parées des atours de la participation ? Pourquoi les élus se mettent-ils en retrait alors qu'ils gèrent les affaires de leurs communes sur des thématiques identiques à celles abordées, et ce, en vertu de leur mandat ? » (Lardon *et al.*, 2015).

Ces questions peuvent s'appliquer à notre étude de cas.

Dimension réglementaire des zonages, quel statut donner aux productions SIG ?

Pour ouvrir les discussions de ce second atelier, un travail préparatoire est réalisé à partir du Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) de Bourgogne-Franche-Comté, du Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) et des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) des communes des élus participants ; le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) étant en phase de lancement lors de ces ateliers. L'objectif est de voir comment les zones humides et leur fonctionnement sont présentés dans les documents d'urbanisme.

Le rapport d'objectifs du SRADDET encourage à « mettre en place des modes de gestion **compatibles** avec la préservation des prairies alluviales et humides » et indique que « la **considération** de l'ensemble des milieux humides, est demandée aux documents d'urbanisme, au titre de la trame bleue, avec une vigilance accrue sur les Zones Humides suivant la définition donnée par le L.211-1 du Code de l'Environnement » (rapport d'objectifs du SRADDET, 2020). Cela permet d'ouvrir une discussion sur l'idée de *compatibilité* et celle de *considération* des espaces en dehors de la définition réglementaire.

Dans le SRCE, nous observons que des milieux humides sont présentés spatialement dans un réseau de corridors correspondant à une opération de dilatation-érosion de 1 km autour des périmètres de milieux humides, qualifiés selon leur statut de « réservoir de biodiversité obligatoire » ou « complémentaire ». Seule cette zone tampon permet de représenter des relations fonctionnelles en dehors des périmètres (figure 89).

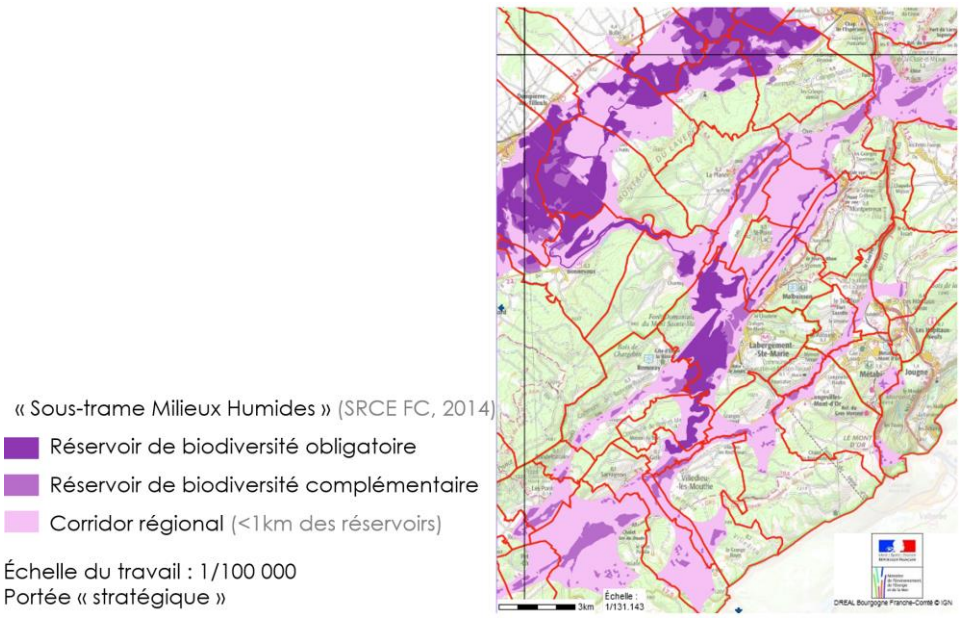


Figure 89. Milieux humides dans le SRCE Franche-Comté de 2014

Dans les PLU, nous observons que les zones humides délimitées sont systématiquement en zone naturelles et forestières (zone N) ou en zone agricole (zone A). Ces documents détaillent les expertises complémentaires menées dans les zones pressenties pour réaliser des extensions urbaines. La présence de zones humides, contrôlée par sondages pédologiques, implique le passage de certains secteurs en zone N ou A. Cela peut avoir pour conséquence une vision parfois morcelée des zones humides, qui suscite des interrogations quant aux connexions qui peuvent exister entre elles (figure 90) : les ruptures sont-elles dues à une absence de sondage ou au drainage de certaines parcelles ? Les bâtiments ou les routes coupent-ils toutes communications entre les zones humides ?

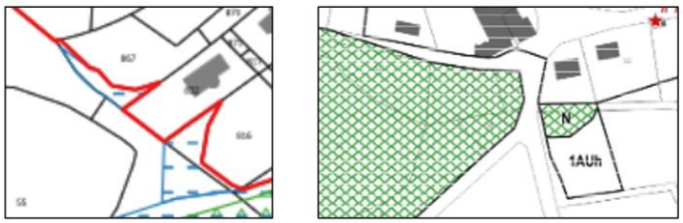


Figure 90. Extraits de documents graphiques des PLU investigués (les zones humides sont représentées par des tirets bleus à gauche, un quadrillage vert à droite)

Certains PLU distinguent dans leurs documents graphiques zones humides et milieux humides. Cela permet de poursuivre la discussion du premier atelier sur les conséquences de la dimension réglementaire des zonages. Si la zone humide a une définition précise qui permet de statuer sur le caractère de légalité d'une décision d'aménagement, le milieu humide a une définition beaucoup moins arrêtée. La mention « milieux humides » intervient deux fois seulement dans le SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021 sans être définie. Le Service d'administration national des données et référentiels sur l'eau (SANDRE) est une institution officielle. Il donne une définition dans son

dictionnaire des données (SANDRE, 2018) : « Un milieu humide est une portion du territoire, naturelle ou artificielle, caractérisée par la présence de l'eau. Un milieu humide peut être ou avoir été (par exemple d'après la carte de Cassini ou la carte d'état-major -1820-1866- en couleurs) en eau, inondé ou gorgé d'eau de façon permanente ou temporaire. L'eau peut y être stagnante ou courante, douce, salée ou saumâtre ». La définition de milieu humide est plus englobante mais elle est assez confuse, ce qui, paradoxalement, sert notre expérience : les élus sont enthousiastes en raison de la grande étendue d'espace que le milieu humide intègre. Ils questionnent d'abord la possibilité de faire valoir une dimension réglementaire à cet espace, et des préconisations associées, avant de s'interroger sur le risque que cela renforce la dimension conflictuelle des cartes relatives aux zones humides.

Ils soulignent que les données « zones humides », par leur valeur réglementaire, sont adaptées à leurs missions car elles permettent d'être réactifs en cas de projets de construction dans ces espaces :

> « face à des promoteurs, j'aime autant vous dire "c'est des requins", si vous n'avez pas un cadre [pour] dire c'est comme ça, parce que ça, ça a été voté, ça a été souhaité » (élu·e local·e n°2, janvier 2021)

> « pour ma part, si on a le maximum de support, le maximum de règles, bien sûr qu'on peut les adapter mais au moins les choses sont déjà un petit peu cadrées » (élu·e local·e n°2, janvier 2021)

La recherche de cartes qui font autorité est partagée :

> « On est soumis à des pressions sur des projets immobiliers qui nous dépassent, ça va très vite […] si j'avais eu des règlements sous le bras, ça m'aurait bien aidé parce que je ne suis pas juriste, je ne suis pas urbaniste, je ne suis pas comptable. Quand tout vous tombe dessus, un petit règlement parfois c'est bien sympathique. Mais c'est clair que si on pouvait le remplacer ce serait rudement bien. [Les promoteurs] rigolent. Ils disent attendez mais vous n'y connaissez rien, nous on veut le bien, le mieux pour votre paysage parce que c'est notre intérêt de vendre nos programmes. Alors nous quand on essaie de dire "nan mais vous êtes en train de tout dénaturer", ils rigolent. Et puis ils nous menacent, ils nous disent, enfin ils m'ont dit en l'occurrence "si vous essayez, vous allez voir ce que vous allez voir". Le plaisir c'est qu'on a essayé, on a tenu bon, et apparemment ça marche mais je peux vous dire que bon, à un moment, on n'en mène pas large » (élu·e local·e n°4, janvier 2021)

Ce témoignage met en lumière les pressions auxquelles peuvent être confrontés les élus locaux. Les éléments de connaissance sans portée réglementaire impliquent de prendre le temps de leur compréhension et de leur intégration aux documents de planification, tels qu'au Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD). Le temps nécessaire pour qu'un zonage

devienne réglementaire peut être long : si le terme « zones humides » apparaît en France dès les années 1960, il ne revêt une dimension réglementaire qu'à partir de 1992 avec la loi sur l'eau. L'urgence des changements globaux peut-elle nous permettre d'attendre de nouvelles évolutions réglementaires ? Sans la dimension juridique, lorsqu'un projet en dehors des zonages peut porter atteinte aux zones humides, l'élu qui souhaiterait le refuser ou lui imposer des modifications doit recourir rapidement à une argumentation. Or, le temps dédié à cette démonstration n'aboutit pas nécessairement par un recul du projet contre lequel ils s'opposent. Pour autant, les élus rappellent leur engagement à défendre ce qu'ils considèrent comme l'utilité publique quel que soit le temps consacré :

> « C'est évidemment gênant si vous perdez, c'est du temps que l'élu passe […] Après il faut relever les manches, il faut y aller. C'est notre boulot de tous les jours. » (élu·e local·e n°5, janvier 2021)

Par ailleurs, le caractère évolutif des définitions réglementaires est questionné : les multiples évolutions juridiques du terme « zones humides » n'impliquent pas systématiquement une mise à jour des bases de données afférentes. Ainsi, celles qui sont utilisées ne correspondent pas toujours à la définition la plus récente. Le caractère statique de la donnée peut contribuer à une approche fixiste de l'environnement au détriment d'une prise en compte du principe d'évolution des écosystèmes (Guimont et Petitimbert, 2017).

Plusieurs élus soulignent l'insuffisance des dispositifs réglementaires en évoquant les zonages Natura 2000 ou les 300 mètres autour des plans d'eau de la loi Montagne (L.122-12 du code de l'urbanisme) :

> « Là on s'aperçoit de l'imperfection de cette fameuse ligne des 300 m. Tout est bâti là-dessus aujourd'hui mais on s'aperçoit qu'il faut vraiment reculer et prendre les choses de manière beaucoup plus large. » (élu·e local·e n°5, janvier 2021).

Pour illustrer cela, la gestionnaire des zones humides locales donne deux exemples dans les communes voisines dans lesquelles les infrastructures localisées en périphérie d'une zone humide impactent directement son alimentation en eau. Les élus partagent leurs projets qui portent sur des espaces s'étendant bien au-delà des limites de zones humides, tels que la désimperméabilisation d'une cour d'école en amont. Cela révèle une appropriation des enjeux d'écoulement de l'eau, préalable à notre intervention.

Par ailleurs, cette réflexion sur les zonages, qu'il s'agit d'ouvrir, est assortie d'une autre sur la possibilité de coexistence entre du bâti et des conditions structurelles favorables à la présence de zone humide. Les élus prennent conscience que le zonage, qu'il soit zone humide ou milieu humide, ne peut intégrer les espaces urbanisés, disqualifiant ainsi la compréhension des liens fonctionnels :

« Vous l'avez bien noté, on ne peut pas aller sous le béton, donc on classe ça en [non-humide] alors qu'on sait très bien que c'est le mouvement naturel du terrain. C'est évident que cette maison-là, elle a été construite en plein milieu » (élu·e local·e n°5, janvier 2021).

La continuité des écoulements, comme traduction des relations amont-aval

En réponse à l'atelier précédent, et en lien avec cette question de continuité des écoulements de l'eau, plusieurs propositions expérimentales ont été développées pour donner une traduction cartographique aux relations amont-aval. L'une d'entre elles attire particulièrement l'attention des élus (figure 92). Techniquement, il s'agit d'un raster d'accumulation de flux pondéré par les zonages existants à l'aide du module Flow Accumulation (Top-Down) de SAGA GIS (Conrad *et al.*, 2015). L'algorithme part des points les plus hauts du modèle numérique de terrain et produit une estimation du flux qui s'écoule dans les cellules adjacentes dont l'altitude est inférieure (fig. 91). Le flux cumulé est exprimé, soit par un nombre de cellules en amont, soit comme dans notre exemple, par la surface qu'elles représentent. Plus la valeur est élevée, plus les flux modélisés convergent, se concentrent. Si aucune cellule adjacente ne possède une altitude inférieure à celles voisines, le flux est considéré comme interrompu. La pondération par les milieux humides identifiés dans la couche d'information régionale permet d'effectuer ces calculs uniquement en aval des zonages.

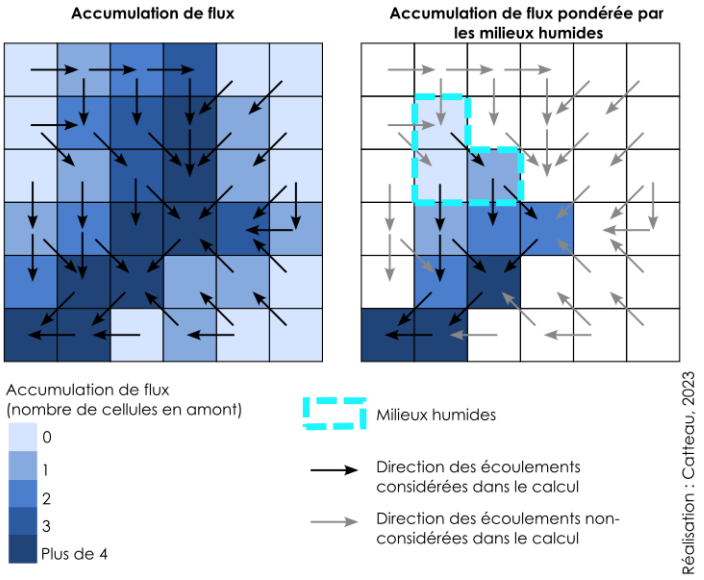


Figure 91. Schéma explicatif du principe de pondération de l'accumulation de flux

Le résultat met en évidence des lignes d'écoulements entre les entités délimitées, tantôt concentrées (valeur forte), tantôt diffuses (valeur faible) selon le relief. La préoccupation de produire de l'information à l'échelle de tout le bassin Rhône-Méditerranée nous amène à travailler avec des données topographiques dont la résolution spatiale peut paraître un peu grossière pour une commune (cartes B et C de la figure 92), d'où la comparaison avec des résultats à une résolution

plus fine (carte A de la figure 92). Nous avons parcouru le territoire des élus présents et un secteur a retenu l'attention (figure 92).

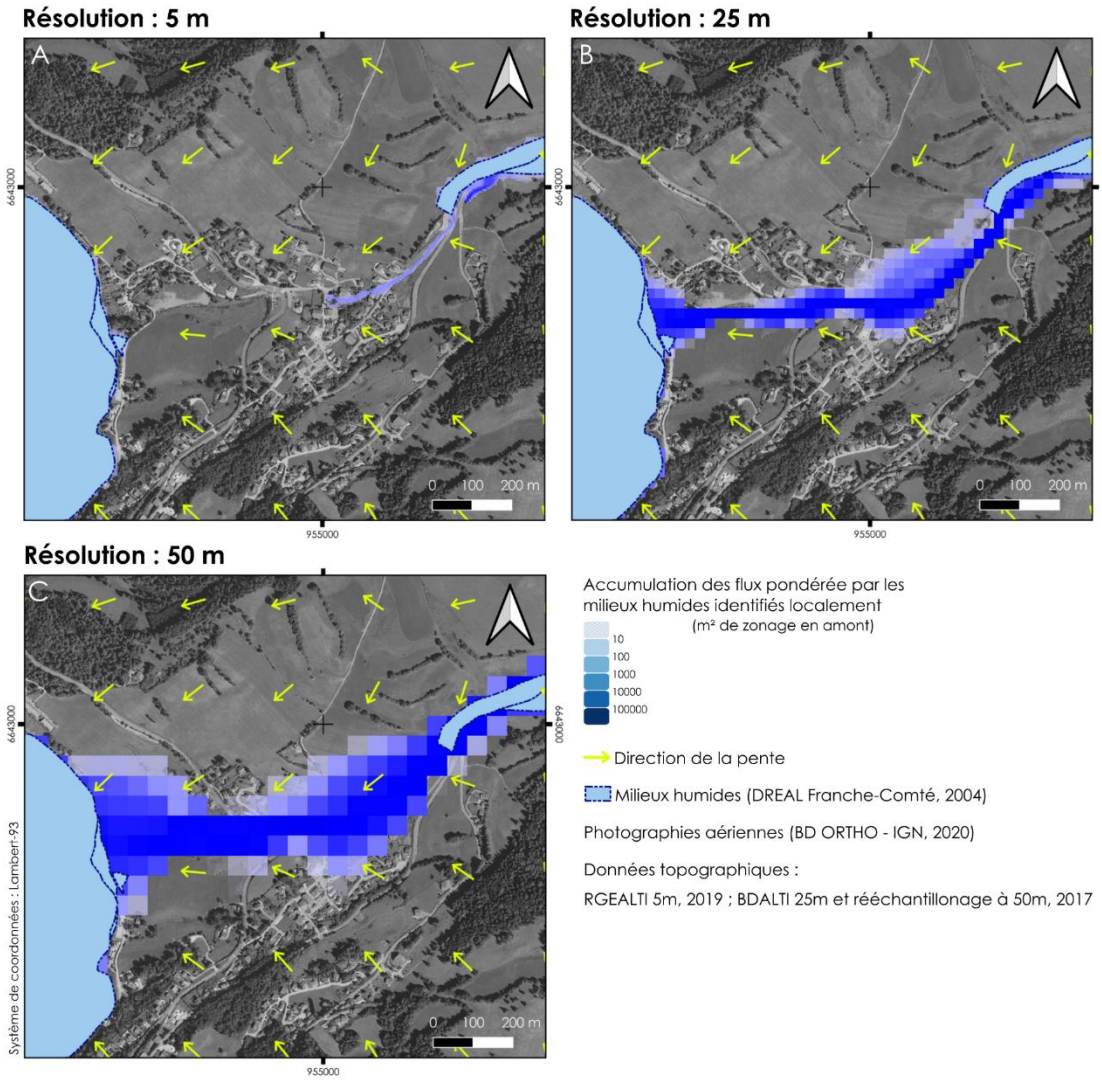


Figure 92. Accumulation des flux pondérée par les milieux humides identifiés dans la couche d'information régionale à plusieurs résolutions : 5m (A), 25m (B), 50m (C)

Le calcul de l'accumulation de flux occasionne du bruit au niveau des surfaces planes, notamment des lacs et plans d'eau ; le modèle identifiant des différences d'altitude entre les pixels, variations infimes souvent dues aux méthodes d'acquisition (figure 93). Nous avons donc décidé de présenter d'abord les résultats avec les milieux humides sous un aplat opaque (figure 93), avant d'expliquer cette spécificité, en parcourant le territoire par SIG, cela participe à la démystification de la modélisation.

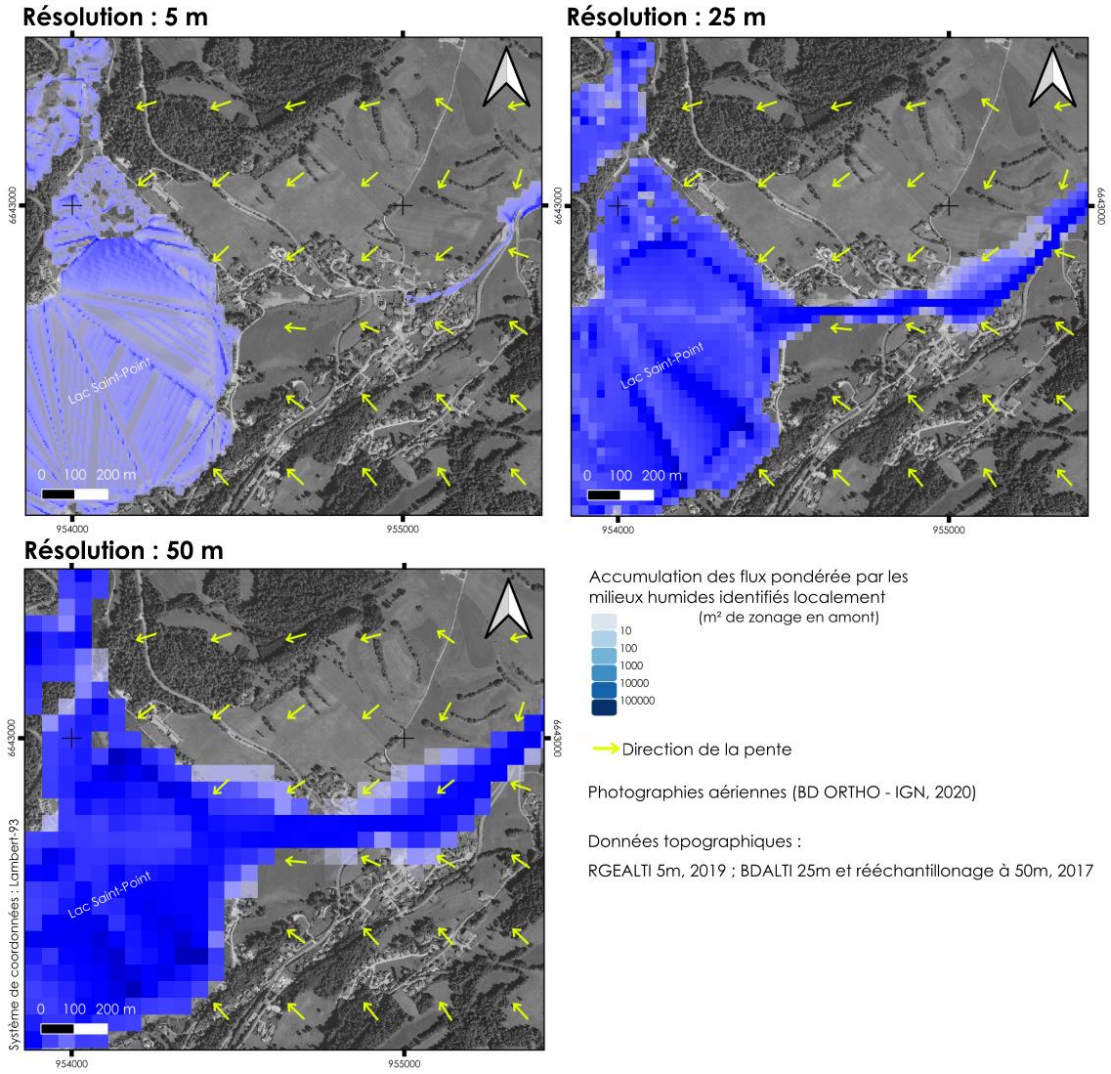


Figure 93. Le lac Saint-Point et l'accumulation des flux pondérée par les milieux humides identifiés dans la couche d'information régionale à plusieurs résolutions : 5m (A), 25m (B), 50m (C)

La carte (A) de la figure 92 met en évidence les discontinuités liées à la présence de routes perpendiculaires qui interrompent brutalement les écoulements modélisés. Les résolutions plus grossières de 25 ou 50 m (carte B et C) identifient les continuums entre les milieux humides. Les spécialistes réagissent par un déchiffrage technique de la méthode employée, ils voient la logique technique mobilisée mais pas l'application concrète. Les élus, au contraire, se projettent avec enthousiasme dans l'utilisation qu'ils pourront faire de cette information :

> « Là maintenant je comprends mieux, je comprends beaucoup mieux le corridor écologique qui est en bas, il me paraît aujourd'hui réduit comme une peau de chagrin. » (élu·e local·e n°5, janvier 2021)

> « Vous êtes en préparation du PLU, vous définissez vos zones constructibles, ça c'est un outil fantastique ! » (*ibid.*)

> « Si la municipalité précédente avait eu ces cartes, elle n'aurait jamais fait le PLU comme elle l'a fait. Là c'est tellement évident avec ça ! » (*ibid.*)

> « Je pense que ça va modifier le moindre dossier de préparation. » (élu·e local·e n°2, janvier 2021)

Cette expérience révèle la possibilité de présentation de phénomènes spatiaux continus dans une procédure qui doit conduire à la production de discontinuités, le document d'urbanisme étant constitué finalement d'un zonage et d'un règlement. Le format matriciel présenté initialement a inquiété le représentant de l'État à l'occasion de la première rencontre, il voyait la difficulté théorique et pratique qu'il y a à passer d'un format de donnée à un autre dans le fil de la procédure. Le pixel, même grossier, n'a posé aucun problème aux élus qui se plaçaient non sur le registre de la technique mais sur le registre politique. En effet, ce type de représentation constitue un élément de compréhension mais également un instrument opérationnel, un argument de décision en cas de négociation sur le foncier avec un propriétaire ou avec un promoteur.

Cet enthousiasme tout de même inattendu s'avère un véritable moteur dans la suite. Au terme de cette séance, les élus considèrent que la connaissance des axes d'écoulements entre les zonages est insuffisante pour la prise de décision, ils demandent de montrer également les axes d'écoulements de l'eau dans le reste du territoire, notamment en amont de ces zonages.

Ces propositions à différentes résolutions ont relancé la réflexion sur leurs adéquations avec les niveaux d'action. Les élus racontent la nécessité de « prendre de la hauteur » (élu·e local·e n°2, janvier 2021), d'avoir une vision globale au niveau de leur communauté de communes, pour échapper aux oppositions locales :

> « Plus la commune est petite, plus l'administré qui est en face de nous a l'impression qu'on veut se mettre en travers de son projet » (élu·e local·e n°3, janvier 2021)

Les discussions révèlent la difficulté à conserver l'échelle de construction de la donnée choisie lors de sa production selon un objectif défini. La diffusion croissante des données spatiales, notamment en réponse à la convention d'Aarhus (1998), induit la réutilisation fréquente de données produites par d'autres acteurs, dans d'autres contextes, sans considération de l'échelle de construction. Cette perte d'information implique des difficultés pour l'usage d'une même donnée entre deux niveaux d'action. L'exemple des trames vertes et bleues en Poitou-Charentes est évoqué. Les corridors construits sous un format linéaire dans les cartes au 1/100 000 des schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) ont parfois été transformés en objets surfaciques pour leur intégration dans les plans locaux d'urbanisme (Bousquet, 2016). Le format matriciel conserve visible la résolution spatiale de la construction.

Élus locaux et représentants de l'Agence de l'Eau sont satisfaits d'une présentation simultanée des résultats à plusieurs résolutions qui concordent avec leurs niveaux d'action respectifs. Cela apparaît néanmoins insuffisant pour établir une relation entre la taille du pixel et l'utilisation de l'information spatiale. Malgré plusieurs relances, les élus refusent de choisir une résolution plus qu'une autre. Ils expriment leur volonté de disposer de toute l'information.

Dynamiques d'urbanisation

Nous proposons également une représentation dynamique montrant l'évolution des taches urbaines entre 1960 et 2020, permise par la mise à disposition de bases de données produites à 5 dates entre 1960 et 2011 par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Franche-Comté. Nous suivons la même méthode pour produire à partir de la base de données TOPO (IGN, 2020), un nouveau millésime complétant la série et nous la superposons à l'espace humide de référence. Les différentes cartes sont rassemblées dans une image animée, reproduite ici en version statique (figure 94) ; l'expansion de l'urbanisation apparaît particulièrement rapide ces dernières décennies.

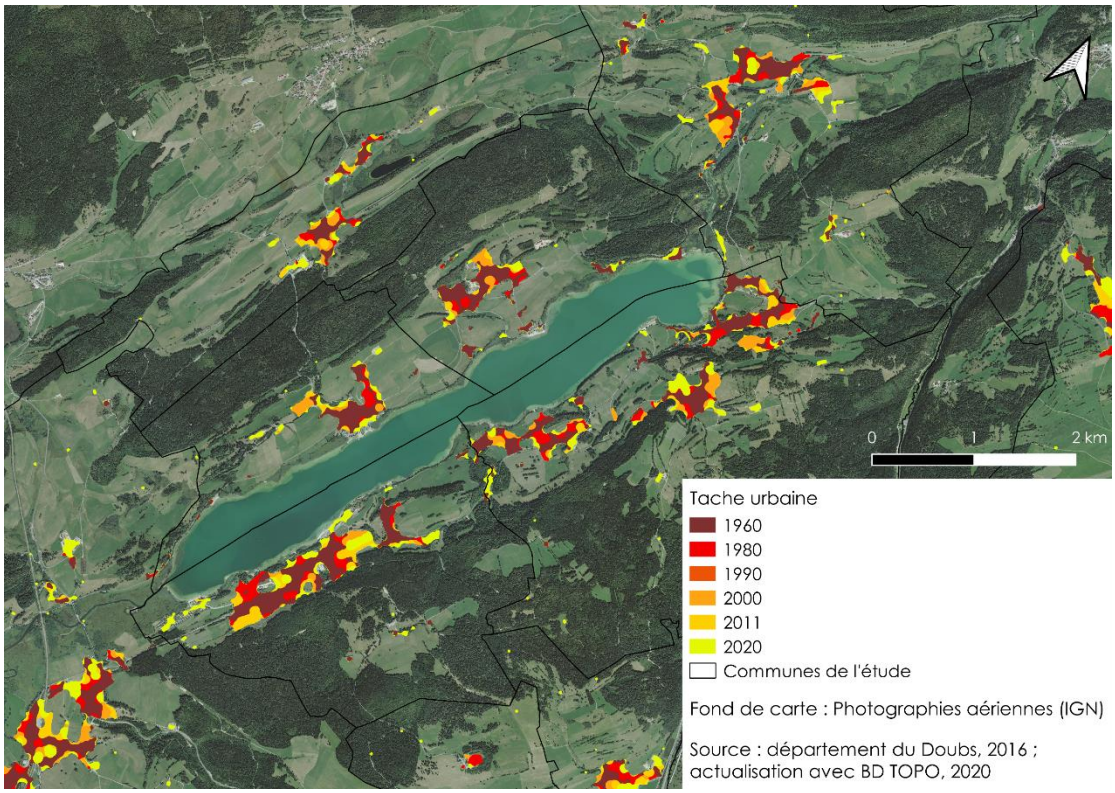


Figure 94. Représentation statique du GIF présenté lors du second atelier montrant l'extension de la tache urbaine

Cette représentation dynamique fait réagir, plusieurs élus s'exclament : « Faut arrêter ! ». Certains témoignent d'un enthousiasme : « c'est vraiment intéressant […] c'est génial » (élu·e local·e n°5, janvier 2021), d'autres des inquiétudes que ça suscite « ça fait peur […] Un cancer ! » (élu·e local·e locale n°4, janvier 2021). « C'est démonstratif […] c'est intéressant, c'est très pédagogique […] vous montrez ça à votre conseil municipal… » suggère la chargée de mission zones humides. Un élu

rebondit et propose de « le passer en boucle sur les panneaux [d'affichage de la commune] » (élu·e local·e n°5, janvier 2021).

Cette représentation s'oppose de la proposition suggérée dans le chapitre précédent par les acteurs locaux de la gestion des zones humides de soustraire des espaces bâtis de l'espace humide de référence, modélisé à partir des données topographiques et géologiques. La visualisation diachronique de l'extension de la tache urbaine au détriment de l'espace modélisé présente un intérêt dans notre cas puisqu'il fait réagir.

Les versants : une quête d'adéquation entre objectifs et bases de données

La relation entre la circulation de l'eau et la pente revient à plusieurs reprises dans les échanges. Un élu explique qu'« aujourd'hui techniquement tout est possible. Vous construisez dans des zones comme ça » explique-t-il en mimant une pente abrupte et poursuit « Et là le problème c'est que l'infiltration à la parcelle, c'est difficile, parce que vous mettez de l'eau dans la cave du voisin. Il y a tout un ensemble à prendre en compte » (élu·e local·e n°3, janvier 2021). Un autre élu parle d'un cas où un enrochement de 6 à 7 m a été réalisé pour aplanir un terrain : « il y a eu de fortes pluies ce printemps, et l'enrochement, il y a un bloc qui s'est […] dégagé sous la pression de l'eau, ce qui nous a permis de reprendre les commandes » (élu·e local·e n°2, janvier 2021). La pente et la circulation de l'eau sont pour eux des préoccupations majeures. La chargée de mission zones humides explique par ailleurs qu'un « lotissement qui a été construit il y a 20 ans a récupéré toutes les eaux pluviales [d'une] zone qui n'était pas zone humide, qui les a détournées dans un réseau d'eau pluviale : toute cette eau c'est 50% du bassin versant du marais [en aval,] même si ce n'est pas humide sur cette zone là, vous allez impacter potentiellement cette zone humide » (chargée de mission zones humides, janvier 2021).

En réponse à la demande de distinguer les secteurs plats en bas ou en haut de versants, nous proposons des couches SIG indiquant la position relative aux versants (figure 95).

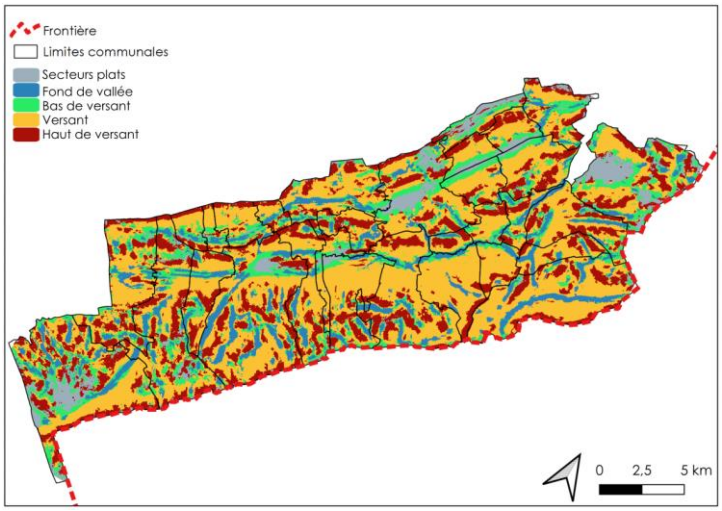


Figure 95. Caractérisation du relief par rapport aux versants

Nous expliquons que pour le SIG, excepté sur les sommets, il y a toujours un versant en amont, c'est pourquoi nous avons choisi d'utiliser un algorithme capable de reconnaître les formes du relief dans un rayon de recherche dans lequel identifier la position relative aux versants. Cette proposition remobilise le module *r.geomorphons* présenté dans le chapitre 3. Nous expliquons que derrière la figure 95, le choix de la discrétisation thématique, du rayon de recherche et la résolution spatiale des données (figure 96) ont une incidence sur les délimitations de la figure 95. Plus la résolution spatiale des données d'entrée augmente, plus le résultat est lissé : certains replats sur versants sont gommés par exemple. L'élargissement du rayon de recherche permet d'identifier le relief avoisinant : un secteur plat peut être qualifié de haut ou bas de versant (figure 96).

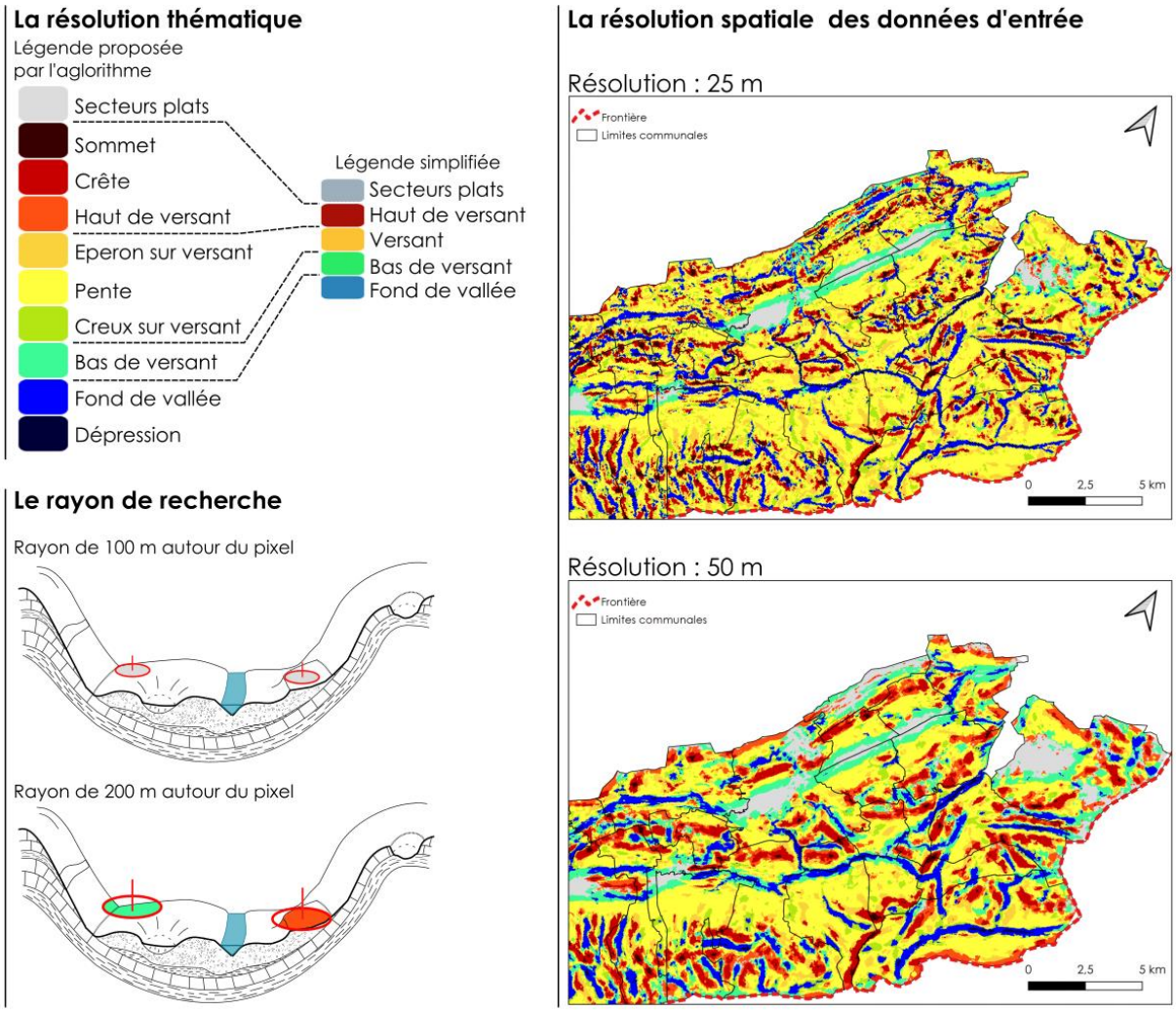


Figure 96. Incidence du paramétrage dans les cartes de positions relatives aux versants

Nous montrons également des cartes de pentes à plusieurs résolutions (figure 97).

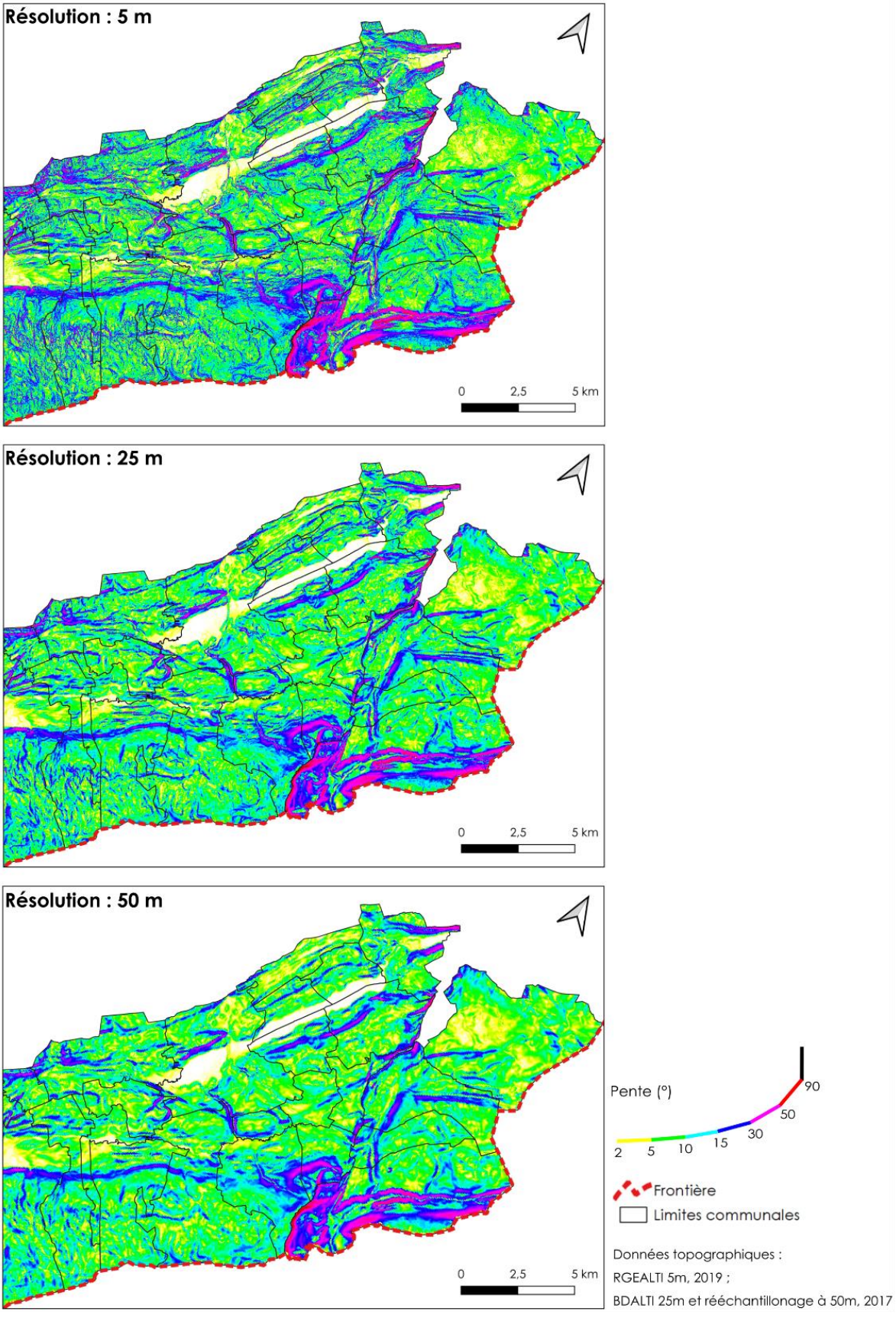


Figure 97. Cartes de pentes à trois résolutions

L'utilisation de cette information spatiale est débattue, si cela correspond aux questionnements émergeants de la séance précédente, les participants ne voient pas comment l'utiliser dans leurs pratiques. Un participant se demande si ça pourrait servir à ajuster une sorte de Coefficient d'Occupation du Sol comme il existait auparavant dans les PLU et à mener des stratégies d'infiltration selon « la déclivité » et « la nature du terrain » à travers les caractéristiques lithologiques (élu·e local·e n°2, janvier 2021). Les opportunités d'application sont plutôt floues par rapport aux rasters d'accumulation de flux. De nouvelles traductions spatiales prenant en compte la « nature du terrain » sont demandées pour le prochain atelier.

Conclusion intermédiaire

Ce second atelier souligne la difficulté de sortir de représentations sous forme de limites, de zonages. À ce stade, les représentations matricielles des écoulements de l'eau sont prometteuses puisqu'elles renouvellent la question de la dimension réglementaire et permettent de faire le lien entre les échelles d'action des participants. *A contrario*, les propositions concernant les versants ne semblent pas susciter le même enthousiasme.

La réalisation d'un atelier sans les experts locaux des zones humides au préalable donne la possibilité dans ce second rendez-vous de légitimer la parole des élus locaux et de permettre à tous les participants de s'exprimer.

Atelier 3 | Intégrer les nouvelles propositions SIG dans des dispositifs de planification

La configuration est quasiment identique à celle de l'atelier précédent. Les membres du groupe commencent à se connaître. Le principe des ateliers est intégré. Le référent zones humides de la délégation de l'Agence ne revient pas, mais le représentant du siège est toujours présent. Les élus sont les mêmes depuis le premier atelier, deux nouveaux participants s'excusent au dernier moment de ne pas pouvoir venir. La chargée de mission zones humides locales est à nouveau présente, elle apporte beaucoup d'éléments sur les projets en cours dans le territoire, ce qui permet d'attacher les propositions à des projets concrets. Ce rendez-vous étant annoncé d'emblée comme le dernier, il s'agit de réfléchir à ce qui peut être repris ou non localement.

L'impossible choix de la meilleure résolution

Pour explorer la relation entre la taille du pixel, la résolution spatiale et le niveau d'action, nous souhaitons mobiliser les connaissances des acteurs locaux, notamment à l'aide de photographies prises après le premier atelier sur les secteurs abordés durant nos échanges. Cela permet de discuter de ce que la résolution spatiale est capable de donner à voir du fonctionnement. La représentation des écoulements de l'eau appréhendée par des données à haute résolution apparait plus sensible aux infrastructures. Sur la carte (A) de la figure 98, les écoulements modélisés à partir des données topographiques à 5 m de résolution sont restreints dans l'espace, ils peuvent suivre les routes légèrement encaissées, comme l'illustre la photographie (a), prise lors d'un épisode de fonte de neige. Les arcs de cercle qui se dessinent sur le bitume, signalés par des lignes en pointillés jaunes,

correspondent aux rides qui se forment à la surface d'une fine lame d'eau couvrant la chaussée. Pourtant, des écoulements peuvent être souterrains et ne sont pas régis uniquement par la topographie des modèles numériques de terrain.

Les photographies (b) et (c) montrent la réapparition des ruissellements en aval de la route, depuis une buse dans le creux du talus, attestant la présence *a minima* d'une continuité hydraulique entre les milieux humides (figure 98). L'image (b) montre la sortie de la buse, l'eau qui s'écoule au pied du talus a fait fondre la neige. L'image (c) offre un autre point de vue, à l'aplomb de la buse, qui souligne l'escarpement sur la droite, celui-ci et reporté sur les cartes par des barbules. Nous pouvons voir qu'avec la résolution à 50 m, la traduction des écoulements n'est pas perturbée par la présence de ce talus.

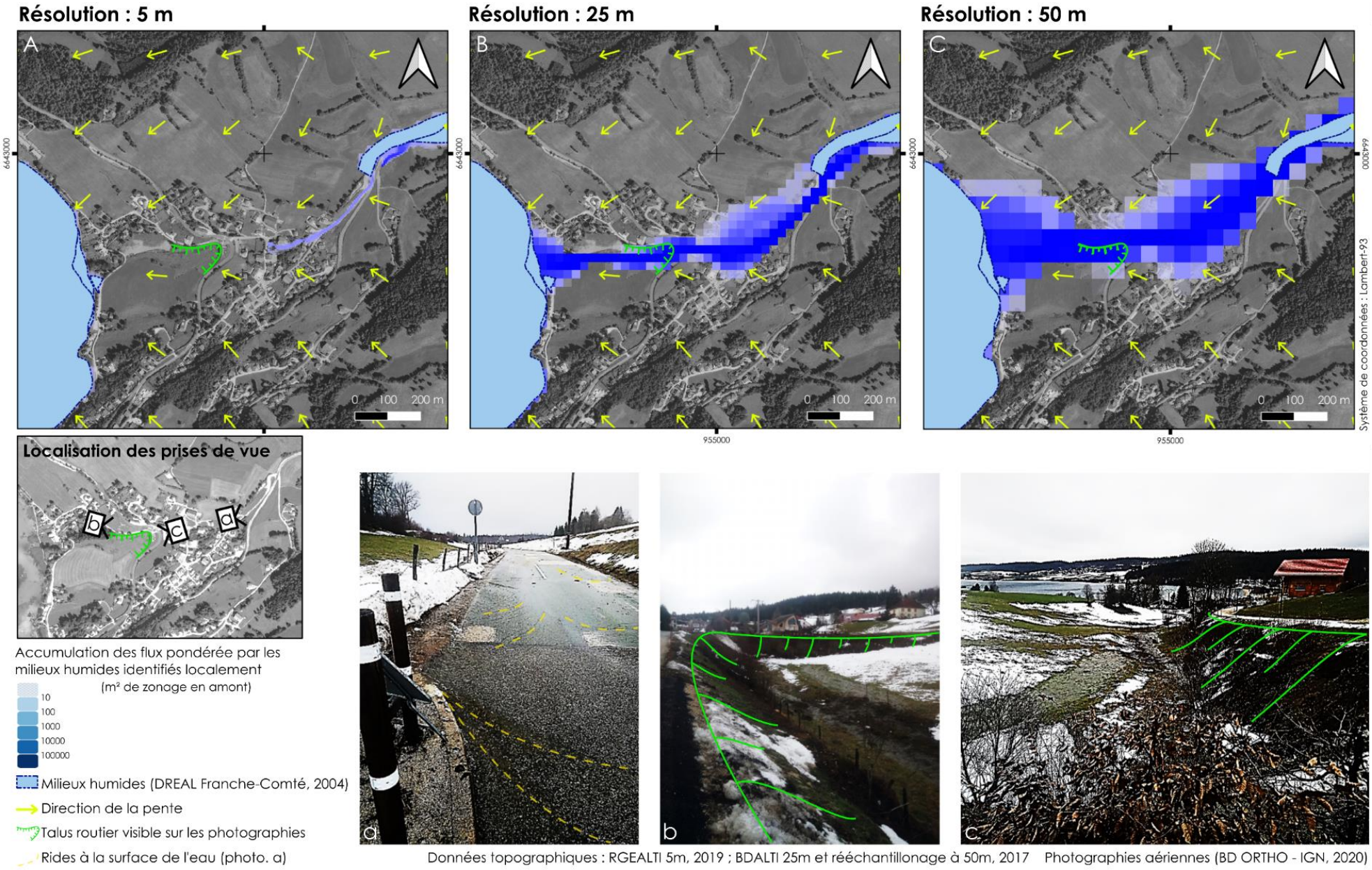


Figure 98. Mise en regard de cartes et de photos pour discuter le choix des résolutions

Au rythme des échanges, le SIG permet de tester ces différentes résolutions sur plusieurs communes, jusqu'à ce qu'un élu déclare « Peut-être qu'une résolution de 50 m, c'est plus proche de la réalité ». Face à notre étonnement, il précise « oui, ça donne les limites un peu » (élu·e local·e n°5, mai 2021). Nous alertons sur le fait que le choix de la taille de la maille influence la limite. Pourtant, les autres élus présents acquiescent « On sait bien que si [le pixel] est moins grand, on a du mal à y aller » (élu·e local·e n°3, mai 2021).

Le flou des résolutions larges offre une marge de discussion pour intégrer une dimension politique aux modèles. La nécessité d'avoir à disposition des données à basse résolution relève, d'une part, le besoin politique d'avoir une marge de dialogue avec les administrés et, d'autre part, le besoin de voir plus large, de comprendre ce qui se passe autour pour prendre des décisions sur un projet d'aménagement. Nous constatons qu'entre les résolutions de 5 m et de 25 m, il y a un changement des objets observés : à 5 m, il est possible de distinguer les fossés, les cours d'eau, les routes ou petits talus, alors qu'à 25 ou 50 m ce ne sont que les formes structurantes qui apparaissent, telles que les fonds de vallées (chapitre 3 ; Catteau *et al.*, à paraître en 2023).

Ces discussions suggèrent que, pour les élus, la résolution la plus basse est la plus opérationnelle pour la définition de stratégies dans leur territoire. Cette observation contre-intuitive est particulièrement importante pour le développement d'approches spatialisées. Le choix de la résolution spatiale des données ne doit pas immédiatement se porter sur les plus hautes résolutions mais doit être réfléchi pour ne pas mettre les décideurs dans l'embarras face à une carte trop précise, difficile à mobiliser dans l'exercice politique. Cela rejoint les échanges du premier atelier sur le choix du format des données. En outre, ces cartes offrent une cohérence à plusieurs échelles et témoignent d'une certaine élasticité dans les utilisations dont elles peuvent faire l'objet. Ainsi, elles permettent une approche multi-résolutions en mesure d'instaurer un dialogue entre différents acteurs et différents niveaux d'action. L'absence de limites nettes et la possibilité d'associer plusieurs interprétations justifient la définition de principes d'aménagement et l'absence de prescriptions précises à ce moment de la procédure.

Comme suggéré dans le précédent atelier, les axes d'écoulement sont présentés dans l'ensemble du territoire à différentes résolutions (figure 99).

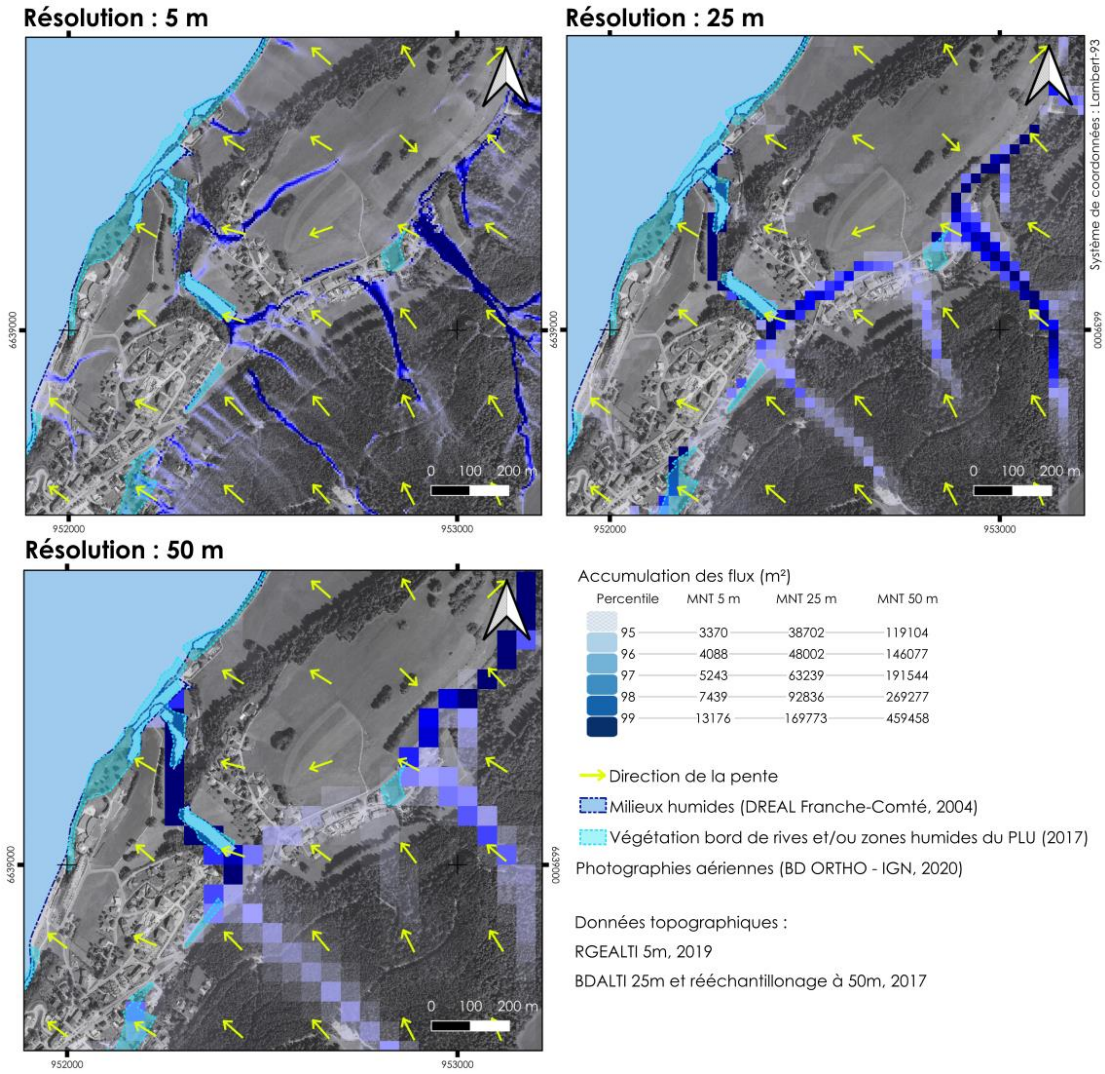


Figure 99. Modélisation de la concentration des flux à différentes résolutions spatiales

Les comparaisons sont impossibles à partir de la légende utilisée précédemment car les distributions des données ont des ordres de grandeur trop différents. Pour mettre en évidence les secteurs où les écoulements se concentrent, nous avons choisi d'ajuster la sémiologie graphique aux seuils des percentiles 95, 96, 97, 98 et 99 de chacune des distributions statistiques des données d'accumulation de flux, car plus les valeurs sont élevées, plus les flux se concentrent.

Au regard des données de la figure 99, les participants associent les résolutions à des références temporelles : la résolution fine donnerait l'organisation actuelle des écoulements entre les bâtiments et infrastructures, les résolutions plus grossières donneraient une idée des continuités possibles ou passées des écoulements. Les discussions conduisent à une prise de conscience des temporalités des aménagements par rapport au caractère humide ou non actuellement : « Il fut un temps ça a été humide » (élu·e local·e n°3, mai 2021). Par rapport aux chapitres précédents, on peut constater qu'il n'y a pas d'innovation sur le registre technique, la différence porte sur la

manière de présenter les éléments, comme supports de dialogue et non plus comme instrument d'autorité. Les résultats SIG ne sont pas présentés comme neutres ou porteur d'une quelconque autorité scientifique. Ainsi, le recours à plusieurs couches SIG pour un même objet amène à sortir d'une conception fixiste de l'environnement et permet de concevoir l'existence de dynamiques dans l'espace et dans le temps.

L'idée de retrouver un état antérieur, jugé plus naturel, est émise. Certains élus suggèrent même des opérations de désurbanisation dans certains secteurs stratégiques. Ils remobilisent en l'adaptant à leurs environnements le principe de Zéro Artificialisation Nette, déjà inscrit dans le Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable et d'Égalité des Territoires et bientôt dans la loi Climat et Résilience. D'autres, plus pragmatiques sans doute, mettent en garde contre l'impopularité de telles mesures et l'impossibilité de leur mise en œuvre.

Porter l'attention sur le choix des résolutions

Le questionnement de la résolution des données s'inscrit en écho aux réactions des experts des zones humides dans le chapitre précédent. En effet, ils soulignaient le besoin de précision et leurs craintes de se ridiculiser en montrant des représentations trop grossières. Cela rejoint des observations anciennes : « Beaucoup de concepteurs de système [d'information géographique] ont comme réflexe de produire l'information la plus détaillée, persuadés qu'elle sera toujours utile. Or, une information détaillée est aussi une information très volumineuse et très précise qui pose des problèmes de gestion : mises à jour difficiles, traitements lents, productions cartographiques illisibles, indisponibilité des modèles d'analyse à l'échelle de l'information. » (Barge et Joliveau, 1996). Plus que des enjeux techniques, cela représente également des enjeux conceptuels : « les images à très haute résolution font apparaître d'autres organisations spatiales, composées d'objets plus petits, à des niveaux d'enchevêtrement plus fins, souvent incompatibles avec les problématiques territoriales. C'est le *syndrome de l'arbre qui cache la forêt* » (Couderchet, 2008). Avec Emmeline Lobry, nous avons proposé de porter l'attention sur le choix de la résolution. Dans nos expériences respectives, nous remarquons que la résolution des données d'entrée n'est pas présentée comme un choix :

> « Les producteurs de l'information géographique promettent une acquisition de données à une résolution spatiale toujours plus haute grâce aux progrès techniques (Couderchet, 2008). Ce faisant, ils entretiennent le mythe d'une information géographique transcrite à l'échelle 1/1 (Couderchet, 2008 ; Feyt, 2002) qui permettrait de s'affranchir de la question de la résolution tout en étant synonyme d'une connaissance exhaustive du territoire. Ainsi, nous constatons que certains de nos partenaires sont convaincus qu'une réflexion sur la définition de la résolution de leur objet d'étude est inutile car la résolution la plus haute serait toujours la plus adaptée pour l'appréhender (Couderchet, 2008) : « de toute façon,

on sait qu'on n'utilisera pas cette base de données, on a bien vu qu'elle n'était pas assez précise » (responsable d'un programme scientifique, 2019).

Or, la résolution spatiale peut être envisagée comme un facteur de compréhension des phénomènes : pour savoir, par exemple, à quelle résolution spatiale la connectivité paysagère semble correspondre à la présence d'une espèce. Ainsi, l'approche critique permettrait de réinterroger et nourrir les connaissances en écologie. » (Lobry et Catteau, 2023).

Dans notre cas, la résolution n'est pas tant dépendante de l'objet à cartographier que de l'utilisation qui peut en être faite. Si dans le cadre des ateliers, nous conservons des données grossières, c'est parce qu'elles répondent aux attentes des utilisateurs. Le fait de questionner la finalité et l'utilisation envisagée des données au début de la démarche permet de renouveler la production cartographique et d'oser faire ces propositions qui s'éloignent de ce qui est présenté habituellement (chapitre 3 et 4). Pour des géographes, le fait de réfléchir à la finalité des cartes dans un second temps peut être déroutant puisque des documents de référence expliquent que la définition de l'objectif de la carte est la première étape de la procédure cartographique (Zanin et Trémélo, 2003). Or, l'apparente neutralité des données environnementales conduit à leur attribuer plusieurs objectifs : concerter, sensibiliser ou convaincre. Ces finalités ne sont pas perçues comme déterminantes dans la production des cartes : mes commanditaires parlent d'une phase de « technique pure » (novembre 2019) préalable, permettant de traduire objectivement les phénomènes naturels. Dès lors, si l'idée de l'Agence de proposer des dispositifs participatifs adossés à des SIG peut amener à renouveler ses politiques zones humides, sa conception des SIG, chargée de positivisme, la prive de propositions pouvant émaner d'utilisateurs non spécialistes des zones humides.

Les versants, un échec cartographique ?

Lors du troisième atelier nous montrons en parallèle des cartes de pente, la carte géologique locale pour observer comment les partenaires envisagent d'associer ces informations puisque la demande était de mettre en lien la pente avec la nature du terrain.

Les élus locaux réaffirment l'intérêt pour ces informations afin d'associer les problèmes d'aménagement du territoire avec ceux du fonctionnement des zones humides. Pour autant, ils ne voient pas comment les mobiliser dans une optique stratégique. Ici, la question « à quoi ça sert ? » n'obtient pas de réponse. Ces cartes ne rencontrant pas d'intérêt pour l'utilisation par les participants sont rejetées. Cela peut s'apparenter à ce que Pierre Gautreau et Matthieu Noucher nomment les « échecs cartographiques », les « cartes pour rien », amenées à disparaître (Gautreau et Noucher, 2022). Effectivement, lors de la publication des résultats de ces ateliers dans un journal scientifique, nous ne nous attardons pas, surement à tort, sur ces pistes qui n'aboutissent pas (Catteau et Couderchet, 2022). Pourtant, cela montre que si toutes les conditions sont réunies pour que ça aboutisse, parfois, ça n'aboutit pas, et cela fait partie du processus. Toutefois, nous notons

que cet essai, s'il n'est pas repris *in fine* a ouvert un échange sur la résolution des données géologiques et des décalages pouvant exister localement. Cela a permis de discuter de la pertinence de ces données à l'échelle des plans locaux d'urbanisme. Même si aucune carte ne ressort de cette expérience, la vision des élus sur l'information géographique évolue, l'expérience participe à la démystification des bases de données.

L'ouverture de la boîte noire pour assurer la participation de non-experts

La proposition de l'Agence, de favoriser une approche fonctionnelle des zones humides et le renouvellement des dispositifs cartographiques, permet de mettre en mouvement les acteurs locaux vers une territorialisation des enjeux zones humides. Les participants maîtrisant désormais les différents types de données à disposition dans le SIG (milieux humides, axes d'écoulement entre les zonages et en amont, conditions structurales) se sont sentis à l'aise au terme du troisième atelier pour discuter des projets d'aménagement passés, présents ou futurs, à l'aune de ces informations.

Le SIG constitue un outil pertinent pour passer d'un secteur à l'autre selon les discussions et pour mettre en visibilité, ou non, les informations qui se superposent. À ce moment, c'est véritablement la mise en perspectives d'une diversité d'informations spatiales qui participe à la compréhension et à la prise en compte des zones humides, aucune des bases de données présentées n'apparaissant suffisante en elle-même.

Les élus participants nous demandent s'ils pourront avoir accès aux cartes, nous nous questionnons sur la manière dont ils seront en mesure de mobiliser l'information spatiale produite collectivement au gré de ces ateliers. Un élu s'interroge : « comment nous on fait entrer ça dans la commune en termes de compétences » (élu·e local·e n°3, janvier 2021). Comme souligné en introduction, le recours au SIG pose la question des compétences nécessaires pour l'appropriation des résultats (Dunn, 2007 ; Turkucu et Roche, 2008).

Certains aboutissements de ce dernier atelier sont surprenants, comme lorsqu'un élu évoque un projet d'acquisition foncière à l'initiative de la commune pour préserver une zone humide, le représentant de l'Agence de l'Eau RMC l'informe que des dispositifs de financement sont possibles via l'institution. La chargée de missions zones humides locale complète en faisant le lien avec le projet de plan de gestion stratégique de milieux humides en cours dans le territoire. Le fait que la sollicitation vienne des élus et non des experts ou de l'Agence apparaît à contre-courant du discours dominant dans la sphère technique (chapitre 4).

Le rapport à l'expertise est renouvelé par rapport aux précédentes expériences observées (chapitre 3 et 4). Dans cette approche les élus n'interviennent pas uniquement à la fin du processus cartographique. Dans le cadre de notre expérience, le SIG n'est pas simplement utilisé pour produire des scénarios parmi lesquels choisir mais pour appréhender différentes facettes d'une réalité. Cela leur donne la possibilité d'investir leurs propres représentations et nous permet de remettre en cause les hypothèses implicites définies lors de l'étape de la modélisation (Bouleau,

2014). Ainsi, il existe plus d'une manière de mettre en cartes les fonctionnements des zones humides. Cette série d'ateliers montre un co-apprentissage de l'information géographique avec un public : « Introduire une dimension sociale, c'est ici organiser une confrontation ouverte des savoirs. » (Bouleau, 2014). Cela permet de décloisonner les expertises, en essayant de les placer à l'horizontal, en dehors de toute hiérarchie.

Intégration aux dispositifs de planification

Nous avons observé un changement de posture et une évolution dans la compréhension des enjeux. Un élu local témoigne du changement de regard porté aux zones humides :

> « il y a 20 ans, quand on parlait de zones humides, on n'y voyait plus les inconvénients […] Aujourd'hui, force est de constater qu'il y a des enjeux » (élu·e local·e n°3, janvier 2021).

Au terme de la série d'ateliers, la chargée de mission de la structure locale est satisfaite de voir l'évolution de la compréhension des participants et envisage l'expérience comme un atout pour la suite, notamment dans les autres instances où siègent les élus participants, elle évoque la Commission Locale de l'Eau du SAGE.

Plus largement, les élus s'interrogent sur la manière dont ils pourront « orienter, communiquer » (élu·e local·e n°5, mai 2021) sur l'enjeu zones humides auprès de leurs administrés. Les élus reviennent sur la pression foncière, les tentatives d'intimidation par des promoteurs et leurs difficultés à trouver des arguments tangibles pour certaines demandes non anticipées lors de l'élaboration du PLU.

Le PLU et le projet de PLUi sont revenus régulièrement dans les discussions, présentés comme l'outil de prédilection pour intégrer le fonctionnement des zones humides dans les stratégies d'aménagement du territoire. La planification a l'avantage d'être à la croisée des enjeux et de réunir divers acteurs dans des dispositifs participatifs (Lardon *et al.*, 2015). La possibilité d'incorporer les cartes produites dans le projet d'aménagement et de développement durable (PADD) a été évoquée. Toutefois, les décideurs attirent l'attention sur l'inertie de ces documents, dont la mise à jour lente (plusieurs années) et coûteuse pour les communes ne peut suivre l'arrivée de nouvelles connaissances, comme les couches d'information produites dans le cadre de ces ateliers.

Ils alertent également sur des mécanismes d'urbanisation sur lesquels ils n'ont pas la main, tels que la division parcellaire. Cette densification de l'urbanisation est difficile à contrôler. Nous constatons que la réaction des élus présents concernant l'urbanisation fait écho à la réaction d'un élu du bassin de l'Or entendu lors de l'observation d'une réunion en mars 2021 :

> « Tout le monde parle d'environnement, de biodiversité mais il n'y a pas une commune qui a été vertueuse : ça se construit à tout va, dans tous les sens. Maintenant tout arrêter d'un coup, ce n'est pas possible, ça ne s'arrêtera pas. On densifie à outrance, parce qu'on n'a pas le choix, c'est réglementaire, c'est l'état qui a transmis ces [ou « ses »] dispositions. [...]

Toutes ces discussions que j'entends, c'est un peu trop tard maintenant » (élu·e local·e n°6, mars 2021).

Notre expérience dans le Doubs a ceci de particulier, qu'à l'issue de l'exercice, les participants proposent des arguments pour une conception plus décentralisée de l'urbanisation qui remettrait en cause certains principes de l'État, tels que la densification, qui dans certains cas particuliers réduit le fonctionnement des zones humides, plus imbriqué dans les zones urbaines que ne le suggère les zonages des documents d'urbanisme. Les modèles présentés soulignent en effet la présence d'espaces urbanisés dans des structures physiques favorables à l'existence de zones humides. Cela rejoint les observations de Jean-Marc Offner (2022) au sujet de l'objectif Zéro Artificialisation Nette : malgré les intentions de préservation, il souligne le « risque d'un aveuglement arithmétique fossoyeur des approches contextualisées seules à même de concrétiser les ambitions de la transition écologique ». Ainsi, notre expérience permet une réflexion plus large sur la place de la géographie numérique dans les politiques d'aménagement (Couderchet et Catteau, 2023).

Conclusion intermédiaire

Nous observons une bonne réception des couches SIG produites. Cela s'explique par la manière dont elles ont été amenées et la démystification des outils numériques de la gestion de l'eau. Le dialogue avec les participants nous permet de sortir des cadres établis pour la spatialisation du fonctionnement des zones humides et dans l'inscription de ces écosystèmes dans la planification territoriale. Il permet une réflexion quant à l'adéquation des couches SIG aux utilisations envisagées par les participants.

Les ateliers ont fait avancer les réflexions des participants mais n'ont pas remis en cause les travaux précédents ou en cours. Ils posent néanmoins la question de l'éthique de la recherche : nos interventions ont-elles un effet négatif sur l'avancée des procédures d'aménagement ? Elles produisent *a minima* une perturbation ; d'autant que plusieurs communes sont en phase de révision de leur PLU. Les services de l'État, chargés du contrôle de légalité, ne sortent-ils pas fragilisés de ces ateliers qui remettent en question les principes qu'ils doivent appliquer dans leurs missions quotidiennes ? En contre-point, les autres participants sortent renforcés de ces ateliers, notamment en raison de leur compréhension des outils SIG et de leurs enjeux.

3. Intégration des résultats dans la réflexion globale de l'Agence

Les résultats de ces ateliers sont partagés avec l'Agence et font l'objet d'une discussion sur l'utilisation des résultats, la manière dont ils répondent à la commande initiale et dont ils s'articulent avec les propositions présentées dans les deux chapitres précédents. Cette sous-partie présente comment nous nous sommes assurés de la possibilité de réplicabilité de la méthode, de sa complémentarité avec les ressources existantes et de sa compréhension en répondant au besoin d'éléments de langage formulé par l'Agence dans le contrat CIFRE.

S'assurer de la réplicabilité de la méthode

Le retour positif des élus est remarqué, mais certains de partenaires de l'Agence suspectent que cela soit lié à un public d'élus locaux hors du commun : il s'agirait d'une exception.

La majorité des élus est sans étiquette, deux s'affichent comme « divers droite » ; le département vote majoritairement à droite. Aucun élu n'est affilié à une liste écologiste. Le lien avec l'étiquette est donc à exclure. Une hypothèse explicative peut être le renouvellement du profil des élus locaux marqué par une sensibilité croissante de la société aux questions environnementales. Un article de la gazette des communes de 24 novembre 2014[2] perçoit un déclin des maires batisseurs et explique le phénomène par la pression des administrés. Daniel Béhar, professeur à l'École d'urbanisme de Paris, explique dans une interview accordée en 2020 à Radio France que les « maires bâtisseurs » sont vus comme des « maires bétonneurs », et sont de plus en plus perçus de manière négative. Toutefois, il y a une différence entre les petites communes et les grandes villes dans lesquelles la question du logement est plus prégnante[3]. La taille des communes choisies peut avoir une influence. Cette expérience pourrait être répliquée dans des villes de plus grandes dimensions pour tester notamment les différences en termes de jeux d'acteurs. Toutefois, la majorité des communes du bassin sont rurales. L'expérience invite donc à reconsidérer les *a priori* sur le public élu.

Dans notre expérience, les élus présents possèdent déjà une sensibilité aux enjeux environnementaux, cela permet de mettre en lumière d'autres freins à la mise en place de stratégies zones humides tels que la difficulté à représenter les dynamiques temporelles, la difficulté à montrer les interactions entre les différents secteurs identifiés ou encore l'organisation sectorielle de la planification.

La question de savoir si les élus participants à cette série d'ateliers étaient représentatifs m'a longtemps travaillée. S'ils ne sont pas représentatifs, est-ce que cela remet en cause l'ensemble de la démarche ?

Il est important de rappeler ici que l'objectif de ce dispositif n'est pas d'en faire un cas d'école. Il s'agit d'observer les freins qui se présentent aux élus, au-delà de leur sensibilisation, dans une perspective exploratoire. En effet, dans le chapitre précédent (chapitre 4), nous montrons que les experts locaux des zones humides identifient le manque de sensibilisation des élus comme le principal obstacle à la mise en place de stratégies pour les zones humides. La démarche que nous proposons ne s'inscrit pas dans une démarche de sensibilisation ou de formation. Nous cherchons plutôt à leur fournir des clés d'émancipation en rendant accessible la boîte noire des SIG avec ses enjeux afin qu'ils puissent s'en saisir.

[2] https://www.lagazettedescommunes.com/297090/les-maires-batisseurs-espece-en-voie-de-disparition/

[3] https://www.radiofrance.fr/franceculture/urbanisme-la-fin-des-maires-betonneurs-5136374

Les succès d'une expérience similaire d'allers-retours entre discours et SIG (Bousquet *et al.*, 2014) permet d'envisager que le succès est lié à la manière de mener la démarche, au moins autant qu'aux personnes présentes. Dans les délais de la thèse, l'expérience ne pouvait être répliquée ailleurs, en raison du temps d'organisation des ateliers, de traitement des matériaux enregistrés et des tests SIG. Toutefois, la description des requêtes SIG est remise à l'Agence, ce qui lui permet de répliquer l'expérience si elle le souhaite.

En choisissant les derniers percentiles des distributions de données, nous pouvons répliquer la méthode sur différentes données topographiques, peu importe la résolution ou l'espace concerné. Pourtant, c'est plus la manière d'amener les choses à l'aide du SIG que les requêtes elles-mêmes qui compte. Nous pouvons questionner l'opérationnalité de ce type de traitement dans d'autres secteurs des bassins Rhône-Méditerranée et Corse. Dans des régions sans relief contrasté, comme en Camargue, la modélisation de flux est problématique car les algorithmes déterminent mathématiquement ce qui s'écoule dans les cellules adjacentes et sont peu opérant sur les secteurs plats. Cependant, dans ces territoires, d'autres besoins pourraient être exprimés : relier les zones humides selon les écoulements souterrains qui les alimentent ou les canaux existants par exemple. Inversement, la carte pour rien relative aux versants pourrait, ailleurs, trouver une utilité. Des données ou des résolutions non privilégiées ici pourraient l'être là-bas. Il s'agit donc pour l'Agence de veiller à accompagner ces productions avec pour ligne de mire l'ouverture de la boîte noire. Cela procède du modèle en réseau dans lequel « les savoirs sont toujours produits localement, et leur transport dépend du transport des dispositifs matériels, humains, techniques auxquels ils sont attachés. La généralité du savoir se construit pas à pas par déplacement, chaque déplacement enrichissant et transformant les savoirs eux-mêmes. On duplique les laboratoires et non pas les énoncés » (Callon, 1999). De la même manière, Michel Crozier et Erhard Friedberg (1977) écrivent pourtant que « L'alternative aux formules de changement technocratiques et/ou autoritaires ne peut être que l'extension et la généralisation progressive de l'expérimentation, c'est-à-dire de l'apprentissage collectif et institutionnel à tous les niveaux, ou plutôt l'organisation des conditions rendant une telle extension possible ». La réplication des ateliers serait donc plus efficace que la diffusion d'un dispositif technique.

Trouver la complémentarité avec les approches préexistantes

La démarche proposée dans ce chapitre s'inscrit à contre-courant vis-à-vis de la proposition initiale de l'Agence (chapitre 3) et des propositions locales (chapitre 4). La proposition qui émerge des ateliers modifie la question posée à l'aide des outils géomatiques. Il ne s'agit plus de répondre à la question « à quoi ça sert ? quel est le rôle de la zone humide ? » mais plutôt « comment ça fonctionne ? ». Ce faisant, un glissement s'opère : le fonctionnement n'est plus perçu à travers la réalisation des fonctions mais à travers la continuité de la circulation de l'eau.

De ce fait, les couches SIG produites ne remplissent pas les mêmes objectifs que les précédentes. La proposition issue des ateliers renseigne sur la contextualisation fonctionnelle des zones humides et remplit trois ambitions :

- Identifier des espaces dans lesquels réfléchir à l'aménagement du territoire en dehors des inventaires de zones humides existants ;
- Mettre en évidence des dépendances relatives aux apports en eau en identifiant l'origine des écoulements en amont ;
- Et mettre en évidence les continuités entre les zonages.

Ces couches ont également l'avantage de ne pas être prescriptives en matière de gestion des zones humides, elles sont juste informatives.

Néanmoins, cette proposition perturbe la circulation de l'information géographique telle que prévue initialement. Ce n'est pas un jeu de données géographiques qui fait à la fois remonter les spécificités locales, autant physiques que politiques, vers l'opérateur central et qui fait redescendre des représentations centralisées en direction des sous-bassins. Plusieurs types d'information géographiques coexistent.

Cela fait évoluer le schéma (fig. 100) soulignant les différences entre les propositions méthodologiques.

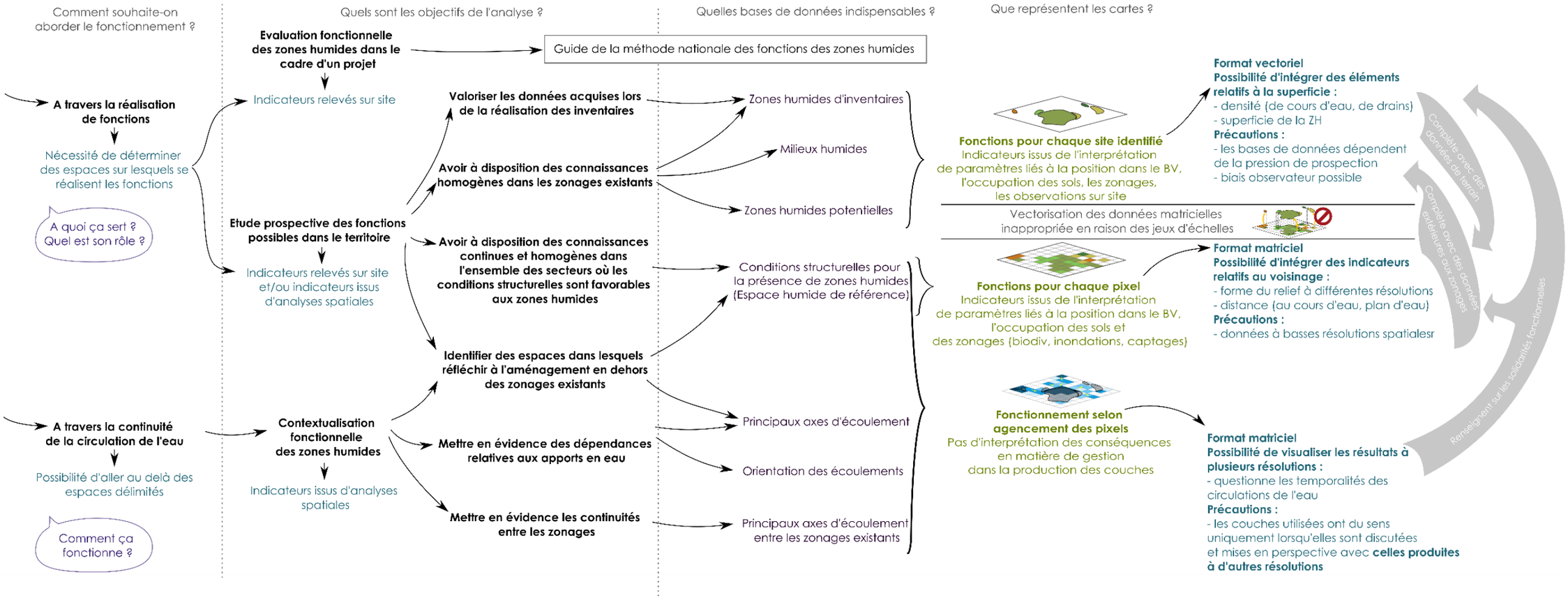


Figure 100. Coexistence des différentes propositions méthodologiques pour la mise en cartes du fonctionnement des zones humides

Ce schéma de synthèse fait partie des livrables fournis à l'Agence en 2022. Tous les objectifs attendus de l'outil SIG tel qu'il a été défini (chapitre 1) y sont retranscrits. Différentes méthodes et bases de données sont requises pour les atteindre. Cela assure leur complémentarité dans les possibilités qu'offrent chacune de ces méthodes.

Les discussions sur les livrables avec le commanditaire révèle une certaine déception de ne pas pouvoir disposer d'un outil unique répondant à l'ensemble de ses besoins. Ce schéma retranscrit l'aspect contradictoire de certaines demandes et permet à l'Agence, en choisissant ce qu'elle veut favoriser, d'investir sa vision politique. Les échanges avec l'Agence tout au long de la thèse permettent néanmoins de concevoir progressivement la coexistence de plusieurs représentations. Le référent d'une délégation affirme par exemple, à l'occasion de l'une des dernières réunions à propos des livrables qu'il a découvert la « vérité dans la diversité des approches » (référent d'une délégation, septembre 2021). À ce propos, Nicolas Bouleau écrit que « Prendre les choses autrement, appréhender le problème sous un angle nouveau, c'est le seul moyen concret et efficace de relativiser un modèle. Il était candidat à la vérité absolue, il se trouve replacé parmi des représentations construites avec des matériaux différents que nous appelons co-vérités. Celles-ci ne révèlent pas seulement des parties cachées du réel, elles modifient les enjeux, les validations à entreprendre et l'établissement des légitimités. » (Bouleau, 2014). Les légitimités ne sont plus uniquement dans la robustesse statistique des modèles mais dans l'adéquation entre l'outil et l'utilisation qui est prévue. De plus, cette démultiplication des modèles permet d'identifier certaines hypothèses implicites des précédentes itérations, telles que présenter les activités humaines comme incompatibles avec la réalisation de toutes les fonctions ou systématiquement partir d'une liste de processus sous-jacents aux fonctions par exemple. Nicolas Bouleau (2014) indique que « Cela constitue un énorme travail de s'extirper de toutes les hypothèses implicites d'un modèle, souvent plus difficile que d'en inventer un ex nihilo. On a beau savoir que tout modèle présente une part d'arbitraire, on ne perçoit pas cette liberté concrètement. ». Ainsi, la co-construction avec des non-spécialistes des zones humides ouvrent des possibilités de changement et d'innovation en proposant des modèles alternatifs.

La mise en parallèle de ces différentes méthodes invite à s'interroger sur les marges de manœuvre qu'ouvre chaque dispositif SIG en matière de participation. La « concertation » attendue peut être plus ambitieuse qu'une simple consultation.

Au fur et à mesure des itérations, la succession de propositions montre un changement dans la posture adoptée lors de la production des supports SIG et dans la conception de l'outil par l'Agence. Il s'agit progressivement d'« écarter un modèle de changement qui sommeille en chacun de nous : celui du réformateur autoritaire, du despote éclairé, qu'il soit technocrate compétent et soucieux du bien supérieur de la collectivité, agissant au nom de la connaissance rationnelle des

problèmes, ou qu'il soit commissaire du peuple investi de la mission historique de guide du prolétariat." (Crozier et Friedberg, 1977).

Reprendre les éléments de langage pour le partage de l'information avec les élus

La demande d'éléments de langage par l'Agence a d'abord été source de questionnements puisqu'elle émane d'une posture surplombante. Elle est en même temps la traduction d'une légitime inquiétude au regard des modélisations scientifiques précédentes qui ont peu considéré l'accompagnement dans les territoires. Pour la référente d'une délégation, cela participe à « ne pas brusquer les acteurs [...]. Il s'agit de construire tout un argumentaire pour une bonne adhésion des élus » (GTZH, avril 2021). Un de ses homologues fait une analogie entre les élus et des enfants à éduquer (GTZH, janvier 2021). Cette position me met mal à l'aise. Néanmoins, au cours des différentes itérations, j'ai observé les termes qui étaient compris ou non. Pour répondre aux exigences des livrables, je propose donc de faire le point sur les termes qui suscitent la discussion et d'expliquer le choix des éléments de langage de ces ateliers.

L'espace humide de référence

Il convient de noter que l'*espace humide de référence* a été sciemment présenté sans mobiliser ce terme pour ne pas perdre les participants dans une multitude de concepts. Nous remarquons la difficulté des participants à nommer cet espace. Les mots utilisés sont tous galvaudés, comme *milieux humides* (cf. chapitre 1 section 1) ou *zones humides potentielles* (cf. chapitre 4 section 1). Ils se réfèrent chacun à une définition précise qui ne correspond pas aux données mobilisées. Ainsi, la chargée de mission zones humides locale se retrouve dans l'incapacité de finir sa phrase : « Quand on ajoute ça [les traitements topographiques], plus la géologie, ça vous donne des … » (chargée de mission, janvier 2021). En effet, chaque expression se retrouve définie précisément soit (1) en raison de son utilisation comme terme juridique, soit (2) parce que le formalisme des SIG oblige à définir chaque objet représenté pour le distinguer des autres. L'information géographique est incapable de produire une unique base de données représentant les différentes facettes d'un objet, d'où la démultiplication de bases de données et des expressions associées. Ce phénomène induit une perte de repères chez les acteurs rencontrés.

Lors d'un entretien entre le premier et le second atelier avec la structure locale chargée de la gestion des zones humides, les deux agents témoignent de leurs soucis vis-à-vis des incompréhensions que soulèvent la distinction zones humides/milieux humides parmi leurs interlocuteurs, notamment parmi les élus locaux. Selon eux, cela nourrit une défiance envers la sphère technique. Ils expliquent que les élus ayant payé pour un inventaire de milieux humides ne comprennent pas pourquoi ils devraient payer une seconde fois pour un inventaire de zones humides dès qu'ils font face aux questions d'urbanisme de leur commune.

Les multiples évolutions terminologiques pour désigner l'objet zone humide sans faire référence à la dimension réglementaire n'ont pas changé la manière de concevoir les politiques zones humides dans les territoires.

Par ailleurs, le réflexe visant à considérer l'espace modélisé à partir du relief et de la géologie comme un espace de zones humides pose question (cf. paragraphe sur l'atelier 1). Au terme du premier atelier, le représentant des services de l'État propose de distinguer une « définition scientifique » des zones humides : « l'idée c'est peut-être de séparer ça de la notion de zone humide pure, qui est une notion réglementaire, qui est protégée par le SDAGE et les collectivités doivent faire tous les inventaires possibles. Là on est plus dans une notion scientifique » (représentant des services de l'état, juillet 2020). Cela montre la persistance du mythe de l'objectivation possible des zones humides et pose la question de ce qui est scientifique et de la relation ambigüe qui s'est établie dans le temps entre science et action en faveur de l'environnement.

La recherche d'un mot pour définir cet espace reste donc toujours problématique.

Le fonctionnement au lieu des fonctions

Nous avons pu constater que face à des cartes de fonctions fictives, celles-ci avaient une vocation prescriptive puisque les aménagements ou l'agriculture sont considérés comme déclassant pour les indicateurs de fonctions des zones humides. Le fonctionnement en revanche, est une notion qui peut être envisagée comme multiple : il est possible d'identifier différents fonctionnements sans considérer qu'ils soient mieux ou moins bien les uns par rapport aux autres. Il peut s'agir de fonctionnements naturels ou non. Néanmoins cela implique de ne pas parler de dysfonctionnement.

La circulation de l'eau

Nous avons également remarqué qu'en faisant appel à la circulation de l'eau dans le premier atelier, nous amenions les élus à la compréhension des phénomènes. Présenter l'eau comme le moteur des dynamiques de zones humides permet d'aborder l'influence structurelle de la géomorphologie du territoire (formes du relief, géologie) et les conséquences possibles en cas de modification ou de restriction des apports d'eau.

L'attention à la circulation de l'eau permet de ne pas recourir uniquement à l'entrée « biodiversité » et de considérer également des zones humides sans biodiversité remarquable qui jouent pour autant un rôle dans la circulation de l'eau (rétention, transfert). Cela remplit donc les attentes de l'Agence.

Relation d'interdépendance

Parler de relations d'interdépendance entre les espaces permet un langage commun. Cette expression, sans ambiguïté et compréhensible par tous, permet d'intégrer dans la réflexion des espaces au-delà des délimitations des zones humides. Elle participe à une lecture systémique du

territoire, propice au dialogue entre des acteurs d'horizons divers. Par exemple, au cours des ateliers, les élus présents ont particulièrement insisté sur le fait que les mesures prises dans leur commune auront une incidence sur les communes voisines.

Cela permet en outre de sortir d'une approche par site. Il s'agit de porter l'attention sur l'agencement, la proximité et la diversité des articulations entre les espaces du territoire. Spatialement, cela peut se traduire en partie par la qualification des relations qu'entretient un espace avec le cours d'eau, la zone humide en amont, la zone humide en aval ou encore avec les versants.

Parler d'interdépendance entre les espaces permet également de faire le lien avec des notions existantes et intégrées dans la culture technique et politique des acteurs rencontrés, telles que la solidarité amont-aval. Cela pourrait rejoindre l'idée « d'espaces de solidarités » parfois évoquée lors des ateliers.

Conclusion du chapitre

La carte, un instrument d'autorité qui devient instrument de négociation

Cette proposition, en contre-point des approches développées précédemment permet de concevoir une autre façon d'aborder les dispositifs SIG, non comme une boîte noire et un support prescriptif, mais comme un outil de négociation de l'action territoriale. Les destinataires de la méthode et des cartes qui en résultent sont plus proactifs. Leurs retours sur l'utilisation qu'ils envisagent des dispositifs cartographiques occupent une place centrale. Le fait d'être revenue à plusieurs reprises, d'abord sans puis avec la structure locale garante de l'expertise sur les zones humides du territoire, a permis de construire une confiance pour recueillir la parole des élus, en soulignant leur légitimité, celle du destinataire décideur devant mobiliser ces représentations spatiales dans une optique transversale. Les essais présentés à chaque atelier, la possibilité de laisser de côté certaines propositions donnent aux cartes une dimension heuristique. Cela permet de réinterroger des présupposés, notamment la pertinence des résolutions les plus fines.

De la simple traduction à l'agencement de données dans un but

Dans ce dispositif, il ne s'agit plus de trouver les données les plus proches de l'objet à cartographier mais d'agencer des données pour répondre aux objectifs des utilisateurs de ces cartes. La fabrique des cartes est donc orientée par une finalité. En effet, chaque proposition fonctionne sur le plan technique, les ateliers permettent de déterminer si les propositions servent dans la pratique des participants. La démystification des SIG participe à renouveler le rapport à la donnée et aux incertitudes. Cela se perçoit notamment à travers les discussions sur les résolutions spatiales de l'information géographique. Les données mobilisées restent toujours statiques, comme la topographie, néanmoins, l'approche multi-résolutions offre une représentation moins fixiste car les

différentes résolutions permettent de discuter de l'incidence des choix politiques en matière d'aménagement.

La complexité n'est pas un frein à la compréhension ni à la participation

L'expérience met en lumière la capacité d'abstraction des élus locaux. Cela va à l'encontre des *a priori* suggérés par certains experts des zones humides et révèle la plus-value de leur intégration en amont du processus, et non uniquement après la réalisation des cartes. Il ne s'agit pas ici de simplifier pour garantir la compréhension des élus, mais de cheminer pour essayer de comprendre conjointement les problèmes que posent ces représentations dans toutes leurs dimensions. La compréhension des sous-jacents techniques permet une meilleure réception. La superposition des taches urbaines à l'espace humide de référence, décrite comme impossible à présenter à des élus dans les chapitres précédents, semble dans notre cas, ne pas poser de problèmes. L'absence d'opposition à l'information géographique dépend également du statut qui lui est conféré. Ici, nous rappelons tout au long de la démarche le caractère provisoire des propositions et notre volonté d'éviter les propositions prescriptives.

Les SIG, par leur complexité, restent un frein au dialogue. C'est l'explication des implications des choix méthodologiques et l'accompagnement qui permettent d'intégrer des participants sans compétences prérequises en SIG. Le recours à des schémas et cartes fictives apparaît un support propice pour ouvrir des discussions sur les principes de modélisation. Ils permettent de s'assurer de la compréhension de l'ensemble des participants.

L'innovation intervient

Le dispositif favorise les possibilités d'innovation. Les propositions sortent des approches zonales pourtant nous observons que la gestion à l'aide des zonages est très ancrée, il est difficile d'aller vers des alternatives, comme le montre la volonté d'apposer une dimension juridique à la notion de milieu humide. De même, la carte comme un outil prescriptif est un paradigme auquel il s'avère difficile d'échapper.

Contrairement aux expériences présentées dans les chapitres 3 et 4 durant lesquelles nous cherchions des solutions, dans ce troisième mouvement nous cherchons à construire collectivement le problème pour produire un résultat sur-mesure. Nous nous sommes attachés à la construction d'un problème, comme le suggère Hervé Brédif (2006). S'ouvrent alors de nouveaux champs de réflexions tels que l'interrogation des directives nationales, notamment celle sur la densification (Couderchet et Catteau, 2023). L'entrée par le problème, et non par la solution, complexifie l'intégration de l'enjeu relatif aux zones humides dans les projets locaux, l'objectif étant d'opérer par une succession d'aller-retour entre la discussion et les manipulations SIG.

Le manque de sensibilisation des élus locaux n'est pas la seule cause expliquant le déficit de prise en compte des zones humides dans la planification territoriale. Il y a également l'organisation sectorielle, le cloisonnement des différentes sphères, le manque de possibilités données aux élus.

Ce troisième mouvement revendique une recherche *par* l'action. La question politique, formulée à chaque atelier, est placée comme point de départ de la démarche scientifique et nous la maintenons comme fil conducteur. De plus, nous observons des résultats concrets, des retombées dans le territoire, pour les participants *a minima*, mais nous disposons de peu d'informations sur la persistance de ces résultats. Si ce dispositif a une incidence localement, nous pouvons nous demander quelles conséquences cette expérience aura pour l'Agence : qu'est-ce qui est repris dans les pratiques de cette institution ?

Les possibilités d'appropriation par l'Agence font intrinsèquement partie des résultats de cette étude. Nous pouvons observer l'évolution de cette structure vis-à-vis de l'expertise, du rapport à la science et aux logiciels SIG. La possibilité de répliquer la méthode est déterminante et nous pouvons légitimement nous poser la question de ce qui sera répliqué : les résultats SIG ou la démarche concertée ? Cela dépend des objectifs auxquels l'Agence souhaite répondre et dépend des moyens financiers, humains, temporels qu'elle choisit d'allouer pour y parvenir. La figure représentant la complémentarité des différentes approches doit aider à comprendre leur coexistence.

Toutefois, dans le discours, nous observons un changement. La demande initiale d'éléments de langage visait à convaincre certains acteurs d'agir et à se prémunir des mésinterprétations, cela traduisait un rapport hiérarchique entre sachant-non sachant. Finalement l'objectif de ces éléments de langage n'est pas tant de chercher l'adhésion que d'identifier les mots et expressions compris par tous, ceux qui mobilisent, et d'identifier ceux qui laissent perplexes.

Conclusion. Les solutions techniques ne doivent plus être pensées sans considération pour leur réception

> *Éclairer la boîte noire algorithmique apparaît comme un gage de crédibilité et de pertinence pour la prise de décision. Début 2023, la réévaluation à la baisse de la perte de zones humides dans le monde depuis les années 1700 (Fluet-Chouinard et al., 2023) est relayée dans la presse. Des études précédentes avançaient des chiffres allant jusqu'à 87 % de zones humides dégradées ces trois derniers siècles (Davidson, 2014), justifiant l'urgence de la conservation ; cette nouvelle étude n'annonce qu'une perte de 20 %. Les auteurs précisent que cette moindre quantité de zones humides dégradées ou détruites à travers le monde ne doit pas entamer la volonté de poursuivre les efforts de conservation.*

Le premier temps de la conclusion revient sur le cheminement de la thèse et la mise en visibilité progressive de la subjectivité des dispositifs techniques. Cela permet dans un second temps de souligner les effets de la mobilisation des approches critiques du SIG tout au long du projet. Puis, un troisième temps fait la synthèse des apports d'une position intermédiaire, pour la recherche et la pratique. Cela permet de conclure sur l'importance à accorder à la réception des dispositifs, dès leur production, et ouvre plusieurs perspectives de recherche.

La subjectivité des dispositifs techniques

L'organisation administrative de la thèse a pour originalité de rassembler trois structures avec des rapports différents aux SIG et à la protection des zones humides. Cela oblige une circulation entre les mondes de la recherche et de la pratique, entre les sciences sociales et les sciences naturelles. Cette circulation entre plusieurs épistémologies dans le champ de l'environnement a été particulièrement enrichissante. La construction de prototypes SIG oblige à débattre des concepts et des ambitions derrière les représentations cartographiques. Ces discussions dévoilent la pluralité des sciences et des contradictions entre les différents regards qu'elle offre sur la protection des zones humides, depuis la gestion, les sciences de la conservation ou la géographie. Dans mon expérience doctorale, je découvre que la recherche reste cloisonnée. Sans que j'y sois préparée, je deviens médiatrice entre différentes postures scientifiques pour m'assurer de ne pas perdre l'un des partenaires dans la recherche. Mon cheminement m'amène à abandonner l'idée d'une science unique et objective pour la concevoir plurielle, dans une « interobjectivité » (Latour,1994) autour du dispositif SIG. L'écriture de cette recherche traduit un inconfort pour rendre compte de ces tensions. Les mots utilisés par Élise Demeulenaere (2022) sont justes, il s'agit de prendre le « risque d'exposer des situations tendues dans lesquelles il m'était difficile de démêler les éléments personnels des éléments structurels ». L'interdisciplinarité engage des enjeux éthiques.

L'inconfort est renforcé par ma proximité et mon attachement au monde naturaliste. Comme une partie de mon entourage, je suis issue d'une formation similaire à celle des experts de zones humides que je côtoie dans cette enquête. Ainsi, au début de cette thèse, je partage avec eux un

regard positiviste sur le SIG qui s'explique par la formation universitaire que nous avons reçue. Prendre conscience des effets de mes productions SIG me bouscule et m'amène à changer la trajectoire de ma recherche, à quitter les postulats, conclusions et méthodes de la science à laquelle je me sentais appartenir. Cela crée un décalage avec ces partenaires dont j'étais initialement proche. Comment rendre compte de ce déplacement sans pour autant trahir leur position, me désolidariser sans les mettre en défaut ? Cela rend difficile la mise à jour, de manière objectivante, de certains rapports de force dans lesquels ils sont pris et des tactiques qu'ils déploient. Cela a été source d'hésitations, de malaise mais aussi un élément fondamental dans la construction de ma posture scientifique. Cela m'a obligé à trouver de nouveaux outils pour suivre mon objet de recherche et me détacher de la posture positiviste initiale (cf. chapitre 2).

Ce déplacement occasionne un changement de regard sur les propositions antérieures au doctorat, une reconstruction scientifique. Ainsi, si le nombre important de livrables et d'articles scientifiques que j'avais publiés me laissait envisager une écriture de thèse rapide et sereine, l'obligation de revenir sur l'expérience initiale et d'exprimer ma position a sérieusement compliqué l'entreprise. Pour que l'approche critique et les chapitres 4 et 5 soient intelligibles, je devais restituer cette première expérience et en montrer les limites. La critique n'avait plus la forme d'une discussion de la méthode telle que je la présentais avant mon entrée en doctorat, une explication *a posteriori* de ses limites, elle devenait consubstantielle de la méthode. Il s'agissait également d'exprimer ma propre position, ma thèse, et non de légitimer une idéologie (cf. chapitre 3). Rendre l'échec constructif apparaît compliqué dans la recherche, les publications qui en font état sont rares, c'est sûrement encore plus difficile dans la pratique. Cette expérience montre l'échec d'un système, débordant largement le cadre de ma propre recherche, qui admet de proposer des solutions techniques sans considérer la possibilité de leur discussion par leurs destinataires.

Pour restituer ce déplacement, la théorisation ancrée permet de rendre compte des itérations et des changements qui interviennent dans la conception du problème. L'objectif initial posé par l'Agence était de proposer, en plus des dispositifs juridiques qui font autorité, un outil de dialogue pour concevoir les stratégies zones humides. Dans les différentes itérations, nous constatons qu'autorité et dialogue se trouvent liés de manière dialogique : ces principes opposés sont unis sans perdre leur dualité (Morin, 2018). La figure 101 reprend le plan, présenté à chaque début de chapitre (1), puis résume les conclusions des mouvements successifs pour faire du SIG un instrument de dialogue avant le passage à l'action (2), ce qui permet de réagencer ces conclusions dans un schéma de synthèse (3). L'avancement par itérations traduit une tension des partenaires de la sphère opérationnelle entre la volonté de plus de participation pour agir au-delà des limites d'inventaires et dans le même temps la crainte d'un affaiblissement de la protection par le recours à des dispositifs participatifs.

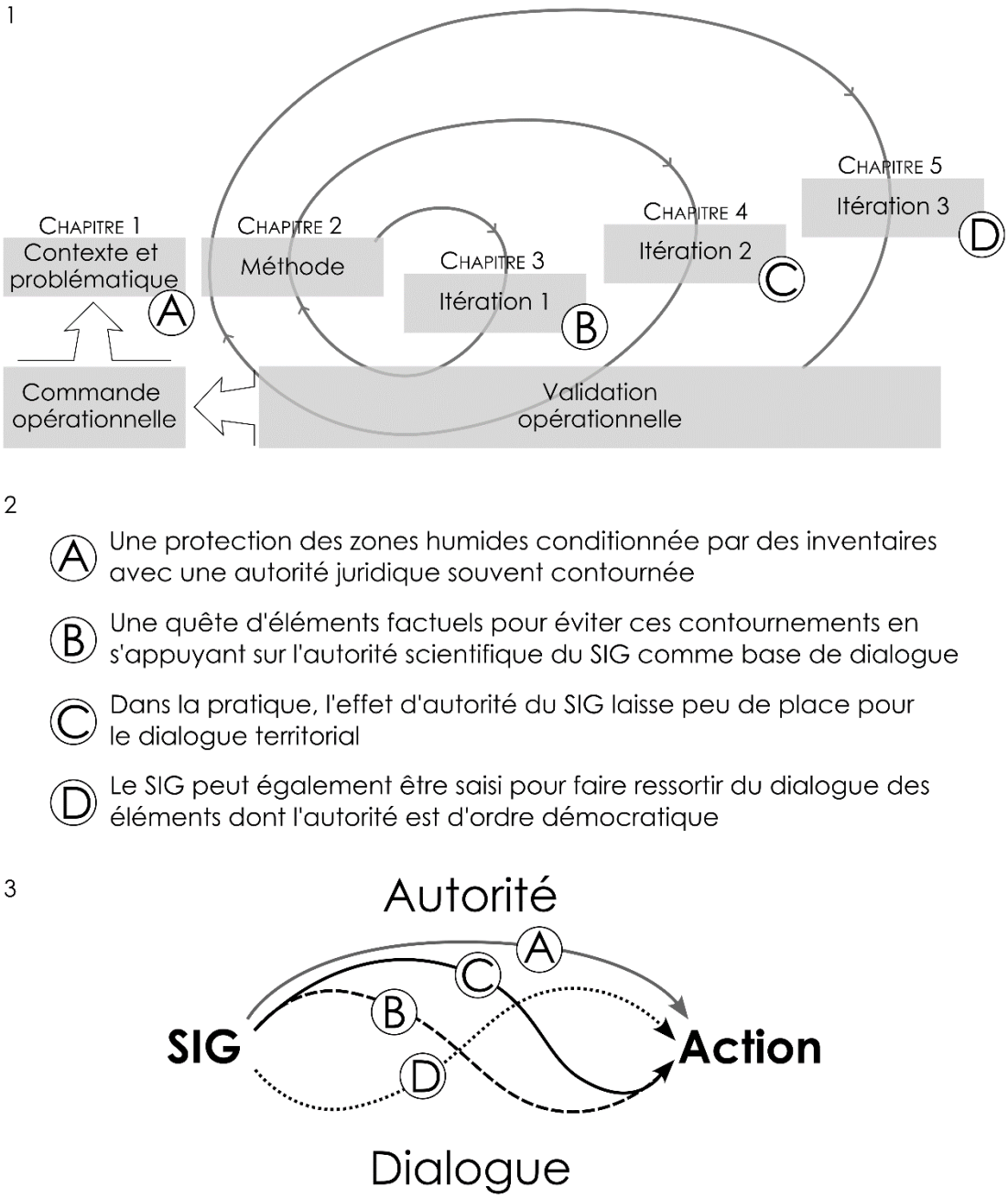


Figure 101. Résumé des mouvements de la thèse, dans lesquels le SIG est utilisé comme outil d'autorité ou de dialogue pour la mise en œuvre d'actions en faveur des zones humides

Le chapitre 1 rappelle que dans la pratique, les SIG accélèrent la circulation des inventaires de zones humides et leur utilisation comme des zonages, avec des effets performatifs. Les SIG constituent donc un auxiliaire pour mener des actions en faveur des zones humides en s'adossant à la dimension juridique pour faire autorité : en théorie, aucun dialogue n'intervient dans la définition de ces périmètres (A sur la figure 101). Ces zonages préservent des zones humides de certaines pressions et autorisent des mesures de protection et de reconquête. Néanmoins, ils conduisent également à des stratégies de contournement en minimisant l'étendue de ces zonages par une exploitation des faiblesses de la définition réglementaire.

Pour échapper à cette situation, l'Agence propose comme solution de recourir au SIG. Il s'agit de fournir des éléments factuels faisant autorité en raison de leur neutralité scientifique et de cibler davantage ce qui doit faire l'objet de discussion : la stratégie d'action plus que les délimitations (B sur la figure 101). Toutefois, en portant l'attention aux mécanismes SIG, le chapitre 3 révèle que l'autorité n'est pas liée au caractère factuel des objets représentés mais à l'effet boîte noire et à l'apparente complexité de la procédure pour le profane.

Le chapitre 4 montre que renoncer à cet effet d'autorité au profit d'un accroissement du dialogue provoque l'opposition. Une grande partie des experts locaux craint une remise en cause des dispositifs actuels de protection. Cette défiance se traduit par un accaparement des dispositifs techniques. Le SIG est un outil pour convaincre, voire pour imposer. L'effet d'autorité reste lié à l'apparente complexité des procédures. Les stratégies zones humides restent cantonnées aux actions à l'intérieur des périmètres d'inventaires.

Enfin, le chapitre 5 propose de dépasser cette défiance envers la sphère politique pour explorer ce qu'elle peut apporter, en tant que destinataire, dans la conception du dispositif pour une conservation plus intégrée des zones humides. Acteurs experts et profanes sont rassemblés à l'occasion d'une série d'ateliers pour rechercher ensemble des éléments factuels pouvant répondre à leurs besoins. La boîte noire est éclairée à l'aide de schémas, les principes de modélisations et les procédures sont débattus. Le dialogue est fécond puisqu'il aboutit à plusieurs propositions, d'abord sur le registre technique puis sur celui de la conservation des milieux. Les élus participants envisagent même de reprendre certaines bases de données pour alimenter leurs plans locaux d'urbanisme ou s'en servir comme arguments contre certains promoteurs. L'autorité qu'ils confèrent au dispositif n'est plus celle de la production scientifique et technique, elle arbore la légitimité de la production collective et démocratique. Le SIG devient un instrument heuristique plus que communicationnel.

Approches critiques du SIG : fil rouge et fil d'Ariane

Cette thèse peut également être lu à travers le fil rouge des approches critiques du SIG. Celles-ci prennent plusieurs formes :

- La mise à l'épreuve des données et traitements utilisés dans la littérature scientifique. Il s'agit de questionner la capacité des données à représenter l'objet empirique en portant l'attention sur les métadonnées et en mesurant l'incidence des choix méthodologiques.
- La comparaison de modèles décrivant un même objet pour identifier les partis pris sous-jacents. Ces modèles peuvent être issus de la littérature ou de partenaires techniques.
- L'identification des décalages entre l'information géographique et les discours de mes commanditaires ou de divers utilisateurs en analysant de manière parallèle la mécanique du SIG et les discours.

- Enfin, la mise en place de dispositifs participatifs pour la production collective d'une information géographique alternative. Il s'agit d'associer les destinataires des cartes, non spécialistes de la thématique, pour faire émerger de nouveaux principes de modélisation.

Plus qu'un fil rouge, l'approche critique du SIG a été mon fil d'Ariane pour m'extirper de mes batailles intérieures. Dans ce champ, j'ai trouvé des concepts pratiques et concrets pour porter l'attention sur les rapports de force sous-jacents aux SIG que je subissais sans pouvoir les identifier clairement. Cela m'a permis de sortir de la dissonance entre l'idéal attendu, les discours et ce que produisait le SIG.

En donnant toute sa place à l'utilisation et aux rapports de force autour de la production du SIG, j'ai pu réorienter mes expérimentations. Ce recours à la critique pose la question de ma légitimité à critiquer et celle des éventuels effets non-productifs de la critique, il fait appel à l'éthique. La proposition de critique féministe de Nadine Shuurmann et Géraldine Pratt (2002) a été un déclencheur pour affirmer cette posture, car celle-ci se définit justement en opposition à l'idée d'une critique surplombante qui ne ferait que pointer des erreurs. Au contraire, la critique qu'elles défendent met un point d'honneur à l'empathie envers le sujet et à la nécessité de rester force de proposition. L'empathie pour l'Agence, à laquelle j'ai appartenue, et pour ses partenaires, issus de formations universitaires proches de la mienne, empêche une critique surplombante et nuance les rapports de pouvoir en transcrivant leur complexité. La critique des SIG est constructive, elle répond à la demande de l'Agence, puisqu'elle transparait dans les livrables alors qu'elle n'y était pas attendue. Si certaines critiques radicales suggèrent de s'extirper des dispositifs numériques, l'obligation de résultats, lié au contexte Cifre, force le retour au SIG. Cela revêt également un intérêt stratégique pour la pérennité des propositions et met en garde contre d'autres systèmes SIG, conçus de manière plus technocratiques. Enfin, conçue depuis l'opérationnelle, cette posture critique ne délégitime pas les dispositifs antérieurs. Même dans la proposition du chapitre 5, les inventaires de zones humides demeurent. Néanmoins, leur statut évolue : auparavant central, ils constituaient un préalable déterminant et incontournable, ils deviennent une information à mettre en perspective avec d'autres pour concevoir le fonctionnement au-delà des périmètres administratifs. De manière intentionnelle, pour répondre à la demande de l'Agence, la critique ne délégitime pas le zonage, elle propose de l'articuler à d'autres propositions.

Cette critique s'inscrit à contre-courant d'un contexte scientifique qui reste dominé par des approches majoritairement positivistes des SIG, soulignant leur scientificité et insistant sur les promesses. Ainsi, mon déplacement entre les trois polarités scientifiques de mes partenaires institutionnels révèle l'aveuglement général suscité par les SIG et la technique en invitant à réinterroger notre rapport à la scientificité.

Tous mes partenaires furent bienveillants : la Tour du Valat, l'Agence de l'Eau RMC et l'UMR Passages. Ainsi, le regard critique porte sur la difficile interaction entre les sciences. Il s'agit de

respecter les différentes positions tout en révélant leur difficile compatibilité. Depuis les sciences de la gestion ou de la conservation de l'environnement, le recours aux sciences sociales est vu comme une manière d'analyser la réception des cartes ou des SIG, pour améliorer la transmission de l'expertise scientifique. Considérer ses partenaires scientifiques comme un terrain de recherche conduit à une posture difficile à tenir. Comment éviter que cela soit vu comme une trahison comme dans certaines expériences (Demeulenaere, 2022). Pourtant, l'expérience doctorale souligne la nécessité d'historiciser les productions SIG et de les replacer comme des constructions sociales. L'absence de sciences sociales montrant la difficulté à promouvoir localement la couche modélisée des milieux humides dans les années 2000, rend les oppositions intangibles. Seuls les discours de certains experts de zones humides traduisent cet échec. Cela justifie l'investissement initial de l'Agence de l'Eau dans le financement de ma thèse. Relancer la modélisation tout en veillant à l'accompagnement.

Recherche-action, revendiquer une posture intermédiaire

Dans l'exercice doctoral, j'ai découvert qu'il existe différentes manières d'articuler science et action. Au gré des évolutions de la thèse, cette relation a produit différents résultats. J'ai dû apprendre à me laisser surprendre, sortir de mes certitudes, bifurquer. Parfois inconfortable, cette position intermédiaire a été particulièrement enrichissante sur le plan de la connaissance. J'apporte à la pratique, la pratique m'apprend.

Recherche et pratique s'aident mutuellement à sortir de leurs impasses. La pratique donne la direction à prendre et l'impulsion initiale, interroge la pertinence de la recherche et teste la faisabilité du déploiement des innovations proposées tant sur le plan technique que social. En retour, la recherche apporte des concepts ou méthodes pour penser autrement la pratique, questionne les présupposés, impose la reformulation des problèmes sous différents angles, replace les dispositifs socio-techniques dans leur historicité. Cela nécessite de modifier le rapport à la Science en refusant sa position surplombante et autoritaire (Latour, 2008) et en concevant l'existence de sciences au pluriel (Coutellec, 2015).

Dans la recherche, la liste de livrables attendu est une boussole, en formalisant par écrit l'idéal vers lequel tendre. Cet horizon commun entre les partenaires institutionnels du projet doctoral permet de chercher, au-delà des barrières disciplinaires, des éléments de compréhension. J'ai eu longtemps le sentiment tenace de culpabilité de ne pas avoir produit l'outil attendu par l'Agence. Une impression d'échec. Pourtant, au terme de la recherche, je constate que l'apport de la recherche dépasse la liste initiale de livrables.

Certains bénéfices sont difficilement quantifiables. Je constate par exemple que les personnes impliquées dans le dispositif de recherche-action ont désormais une approche plus pragmatique des SIG, conscient des rapports de force qui s'y exercent, des limites conceptuelles et des enjeux de transparence. À l'Agence, cela se confirme par exemple lors d'une discussion avec la référente

d'une délégation huit mois après la remise des livrables. Elle m'indique qu'elle n'a pas remobilisé les documents produits mais que les retours d'expérience, et notamment ceux concernant l'expérimentation relatée au chapitre 5 a fait avancer sa réflexion. Un an après, elle m'explique qu'ils réfléchissent à la manière de s'approprier les résultats dans leurs dispositifs (référente d'une délégation, 2023). À la Tour du Tour du Valat, en 2022, après un webinaire sur la nouvelle modélisation nationale des milieux humides, mon responsable souligne que sans porter l'attention à la sémantique, on recommencera toujours les mêmes débats et on fera toujours face aux mêmes oppositions. Cela montre un renversement de posture puisqu'au début de ma thèse, il me demandait justement de ne pas prêter attention aux enjeux sémantiques pour rester concentrer sur le SIG (chef de projet, 2022). Enfin, à l'UMR Passages, l'exercice montre la nécessité d'aller vers la pratique et de prendre au sérieux les postures positivistes ; de placer l'éthique de la science naturelle comme de la science sociale à l'endroit où elle interfère avec le jeu territorial (professeur des universités, 2023).

Ainsi, dans mon cheminement, j'embarque tous les partenaires avec la satisfaction des changements qui interviennent à la fin du processus, bien loin d'une liste de livrables établie en début. La thèse, qui s'est élaborée au fil des expériences, dans le temps de la recherche, constitue l'ultime livrable, celui que je peux simultanément remettre à mes commanditaires et à l'université.

Des instruments techniques, pour quels objectifs ?

L'immersion dans la pratique met en évidence l'omniprésence du SIG dans la gestion des zones humides, outil incontournable quel que soit le niveau d'action. Elle documente des façons de faire métier telles que la légitimation des décisions par le recours à des analyses multicritères, la validation par la profusion de données, leur disponibilité primant sur leur pertinence, ou encore la recherche de données qui s'approcheraient au plus près du concept écologique. L'étude du dispositif socio-technique permet de comprendre pourquoi, même lorsque les acteurs savent les méthodes scientifiquement insatisfaisantes, ils y ont recours. Plusieurs explications sont pointées : manque de moyens, manque de culture de l'information spatialisée ou encore obligation à fournir des dispositifs techniques pour l'accès à certains financements.

Pourtant, des co-vérités et de nombreuses bases de données coexistent. Les zones humides ne font pas exception. Les entretiens et les observations révèlent une grande confusion des opérateurs parmi toutes les bases de données dont les dénominations se ressemblent. Cela implique une difficulté à communiquer entre les différents niveaux d'actions, mais également entre les sphères technique et politique : une zone humide potentielle ou un milieu humide ne correspond pas au même objet selon le siège de l'Agence, les structures locales ou encore les élus. Cela varie également d'un territoire à l'autre. Après une période de foisonnement cartographique depuis les années 1990, le temps est peut-être venu de leur articulation, de l'étude de leurs complémentarités et de leurs contradictions. Revendiquer la subjectivité du SIG peut éviter certaines oppositions dans lesquelles

chaque acteur présent défend la base de données qui correspond le plus à ses attentes, en cherchant à faire valoir la supériorité de son point de vue.

Pourtant, les productions SIG ne sont jamais envisagées comme des construits sociaux. Le SIG est toujours présenté comme un outil donnant des éléments factuels, élaboré exclusivement par la sphère technique. La quête de légitimité passe par le SIG qui donne à l'expertise un « gain d'indiscutabilité » (Trépos, 1996). Le recours à l'argument d'autorité s'explique par une hiérarchie des connaissances et une faible reconnaissance de l'expertise de terrain. Pourtant, quel que soit l'effort consenti pour la production, la structuration et le traitement de données, les SIG sont aveugles à certaines particularités que seul l'agent de terrain peut percevoir (contexte géohistorique, enjeux politiques, par exemple). La dépréciation de cette expertise a notamment été nourrie par la proximité de certains acteurs avec le militantisme environnemental. L'utilisation du SIG comme un outil d'autorité leur donne une crédibilité de court terme qui pourrait jouer en leur défaveur si les élus locaux prenaient conscience des présupposés et des incertitudes non affichées.

Le recours à l'autorité du SIG exprime plus largement une défiance à l'égard des élus locaux. Les enjeux environnementaux sont présentés de manière contradictoire avec ceux de l'aménagement, d'où une infantilisation de ce public qui se traduit par la multiplication d'actions de pédagogie et de sensibilisation, plus ou moins marquée selon les territoires. Dans cette recherche, nous constatons que ces préjugés restreignent l'action à l'intérieur de zonages existants (les inventaires) et confirment des propositions finalement peu ambitieuses. Le chapitre 5 montre que s'ils veulent agir, les élus locaux disposent de peu de marges de manœuvres. Accorder une place à leur investissement implique un nouveau positionnement des acteurs techniques. Les acteurs techniques sont souvent tiraillés entre deux ambitions contradictoires : convaincre et proposer un dispositif participatif. Or, le SIG ne peut être à la fois instrument communicationnel et instrument heuristique. Ces deux ambitions structurent un rapport de force entre les différents niveaux d'action des acteurs de la gestion de l'eau. Face aux stratégies de l'Agence de déploiement d'un outil participatif, des tactiques silencieuses de contournement sont mises en œuvre lors de l'ajustement du dispositif technique ou de sa présentation aux non-spécialistes. La proposition de l'Agence n'est pas toujours bien reçue par les spécialistes locaux des zones humides, ces derniers y voient une approche technocratique donnant peu de place à l'intégration de leurs connaissances. Ce double rapport de force, entre les acteurs institutionnels de la gestion des zones humides et entre technique et politique se traduit par une inertie du renouvellement des politiques zones humides. En dépit de sa position centrale, l'Agence a un pouvoir limité quant au renouvèlement des politiques zones humides au-delà des périmètres d'inventaires. L'outil SIG ne peut pas, seul, changer la protection de l'environnement ou celle des zones humides.

Si la sphère technique décide de se saisir du SIG comme d'un outil de dialogue, il est nécessaire que la carte n'arrive pas d'emblée. Porter des éléments indiscutables sur la table des négociations

empêche les destinataires de s'en saisir. La carte oriente la négociation sur les délimitations alors que l'enjeu réside dans la discussion des principes de leur production. Cela vaut pour les PGSZH, peut-être pouvons-nous étendre la conclusion aux autres outils de conservation de la nature. Si l'on veut susciter le dialogue, l'ouverture des marges de manœuvre est nécessaire. La carte et ses limites fixées *a priori* ferme ces marges. Cela rejoint ce qu'écrivaient Crozier et Friedberg : « Pour [qu'un problème soit] traité, il doit toujours être repris et redéfini, soit pour ajuster aux caractéristiques des jeux déjà en opération, soit pour permettre la création de ces incertitudes "artificielles" sans lesquelles aucun marchandage, aucun jeu n'est possible. » (Crozier et Friedberg, 1977).

Cette réflexion ancienne valide la demande initiale de l'Agence d'accompagnement de l'outil dans les territoires et rejoint la conclusion plus actuelle de Pierre Gautreau (2021) : « Les solutions pour que la gestion collective des problèmes environnementaux puisse effectivement incorporer ces représentations alternatives ne passeront donc pas par une (impossible) réforme de la fabrique de l'information, mais par celle des cadres politiques de prise de décision, dans lesquels l'information ne doit être qu'un élément parmi d'autres considérations ». C'est pourquoi, les solutions techniques ne doivent plus être pensées sans considération pour leur réception.

Perspectives

Alors que les enjeux Science-Société sont à l'agenda des politiques de recherches, notamment avec les campagnes récentes pour le label « Science avec et pour la société » (SAPS), nous pouvons proposer des projets qui ne soient ni du transfert, ni de la collecte de données citoyennes. Il est possible de concevoir des projets de recherche avec les acteurs territoriaux pour questionner leurs manières de se saisir des SIG, outils désormais présents dans toutes les administrations. Leur diffusion à travers les sciences et la société ces quarante dernières années, ainsi que la faible préoccupation pour les enjeux conceptuels et démocratiques de leur utilisation, en font un objet de recherche sur lequel il est nécessaire de s'attarder à travers le prisme des sciences sociales. La dimension transversale de l'objet oblige à dépasser les horizons disciplinaires et sectoriels. Cette thèse montre qu'une recherche en immersion depuis la pratique renforce le dialogue science-société en en faisant bénéficier les deux parties. La recherche hors les murs assure un retour réflexif sur la praxis, elle (re)territorialise également la production de savoirs, en adoptant un modèle en réseau plutôt qu'un modèle diffusionniste : « La généralité du savoir se construit pas à pas par déplacement, chaque déplacement enrichissant et transformant les savoirs eux-mêmes. On duplique les laboratoires et non pas les énoncés » (Callon, 1999).

Cette proximité avec la pratique suppose une adaptation de la recherche, notamment pour concevoir une posture critique des SIG compatible avec les enjeux et les temporalités de la pratique. Cela passe nécessairement par la déconstruction des promesses relayées par les producteurs de données ou d'autres scientifiques. C'est pourquoi, mobiliser une approche critique des SIG en

contexte opérationnel est un défi : comment le faire accepter ? Comment en démontrer l'efficacité ? La question se pose avec d'autant plus d'acuité dans le champ de l'environnement que des critiques écolo-septiques vise à rassurer l'opinion en niant certains problèmes environnementaux. L'approche critique que nous proposons est d'un autre ordre : il s'agit de rendre visible les processus de production des connaissances. Les frilosités à porter des critiques dans le champ de l'environnement s'expliquent-elles par le risque d'être affilié aux détracteurs de la cause environnementale ou de leur fournir des arguments ? De manière paradoxale et en dépit de l'urgence écologique, concevoir les SIG dans une approche critique est une condition de l'efficacité des mesures de conservation.

Références

ADAMUS P., 1983, *A method for Wetland Functional Assessment*. Washington DC, Federal Highway Administration.

ADAMUS P., 2013, "Wetland Functions: Not Only About Size", *National Wetlands Newsletter*, pp. 18-19.

ADAMUS P., DORNEY J. R., 2018, "Chapter 1.0 - History of Wetland and Stream RAMs", pp. 343-351 in: DORNEY J., SAVAGE R., TINER R. W., ADAMUS P. (eds.), *Wetland and Stream Rapid Assessments*. Academic Press. https://books.google.fr/books?id=TmpoDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

ADAMUS P., STOCKWELL L. T., CLAIRIN E. J., MORROW M. E., ROZAS L. P., SMITH R. D., 1991, *Wetland Evaluation Technique (WET). volume 1: literature review and evaluation rationale*. Vicksburg, Miss., Springfield, Va., U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.

AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE, ASCONIT CONSULTANTS, ÉCOSPHERE., 2007, Guide méthodologique pour l'identification des secteurs à zones humides fonctionnelles et prioritaires pour la gestion de l'eau. Gérer et préserver les zones humides d'Adour-Garonne. Agence de l'Eau Adour Garonne.

AGENCE DE L'EAU ARTOIS-PICARDIE, s.d., L'eau dans le bassin Artois-Picardie. Cartographie des zones à dominante humide [en ligne]. http://www.artois-picardie.eaufrance.fr/eau-et-biodiversite/zones-humides/article/cartographie-des-zones-a-dominante

AGENCE DE L'EAU RHIN MEUSE., 2014, Guide méthodologique d'inventaire et de hiérarchisation des zones humides pour le bassin Rhin-Meuse [en ligne]. http://www.eau-rhin-meuse.fr/zones_humides

AGENCE DE L'EAU RHONE-MEDITERRANEE CORSE., 2002, *Panoramique RMC 2002*.

AGENCE DE L'EAU RHONE-MEDITERRANEE CORSE., 2015, Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux 2016-2021. Corse, Lyon.

AKRICH M., 1987, "Comment décrire les objets techniques ?", *Techniques & Culture*, Vol. 9, pp. 49-64.

AKRICH M., CALLON M., LATOUR B. (éds.)., 2013, *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*. Paris, Presses des Mines. http://books.openedition.org/pressesmines/1181

ALAM T., GURRUCHAGA M., O'MIEL J., 2012, "Science de la science de l'État : la perturbation du chercheur embarqué comme impensé épistémologique", *Sociétés contemporaines*, Vol.87, N°3, pp. 155-173.

ALBALADEJO C., CASABIANCA F., 1997, "Éléments pour un débat autour des pratiques de recherche-action.", pp. 127-149 in: *La recherche-action : Ambitions, pratiques, débats*. 30, Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, INRA, Paris.

ALBER A., PARMENTIER H., PIEGAY H., 2007, *Extraction des plaines alluviales à l'échelle du réseau hydrographique : une première étape pour la caractérisation physique des cours d'eau*. Poster. Conférence ESRI 2007.

ALPHANDERY P., FORTIER A., 2015, "Les données naturalistes à l'épreuve de la transparence", *Études rurales*, N°195, pp. 127-144.

AMELOT X., 2013, "Cartographie participative pour le développement local et la gestion de l'environnement à Madagascar : empowerment, impérialisme numérique ou illusion participative ?", *L'Information géographique*, Vol. 77, N°4, pp. 47-67.

AMELOT X., COUDERCHET L., NOUCHER M., 2017, "Données institutionnelles et données contributives sur la biodiversité, quelle légitimité ?", *Mappemonde*, N°120. http://journals.openedition.org/mappemonde/2861

ANDRE-LAMAT V., COUDERCHET L., HOYAUX A.-F., 2009, "Petits arrangements avec le développement durable", *Éducation relative à l'environnement*. Regards - Recherches - Réflexions, Vol. 8. http://journals.openedition.org/ere/2236

AQUASCOP, LES ECOLOGISTES DE L'EUZIERE., 2011, Inventaire des zones humides du bassin versant Lez-Mosson-Etangs-Palavasiens (34).

ARONSON J., FLORET C., LE FLOC'H E., OVALLE C., PONTANIER R., 1993, "Restoration Rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands.", *Restoration Ecology*, pp. 168-187

ARPIN I., CHARVOLIN F., FORTIER A., 2015, "Les inventaires naturalistes : des pratiques aux modes de gouvernement", *Études rurales*, N°195, pp. 11-26.

ASCONIT CONSULTANTS, ISTHME, 2011, *Cartographie des zones à dominante humide et enjeux des politiques publiques associées. Rapport méthodologique.* Agence de l'eau Adour-Garonne, 41p.

ASCONIT CONSULTANTS, KAIROS, VISU., 2016, *Élaboration d'un Plan de Gestion Stratégique des zones humides sur le territoire du SAGE « Gravona, Prunelli, golfes d'Ajaccio et de Lava ».* Communauté d'Agglomération du Pays Ajaccien.

BAIZE D., DUCOMMUN C., 2014, "Reconnaître les sols de zones humides. Difficultés d'application des textes réglementaires", *Étude et Gestion des Sols*, Vol. 21, pp. 85-101.

BARGE O., JOLIVEAU T., 1996, "Démarche territoriale et systèmes d'information géographique pour une gestion concertée de l'eau", *Revue de géographie de Lyon*, Vol. 71, N°4, pp. 297-309.

BARNAUD G., 2000, "Du sauvetage d'espèces et de milieux prestigieux à la restauration de fonctions et de valeurs", pp 329-349 in: Fustec É, Lefeuvre J.-C. (Éd.) *Fonctions et valeurs des zones humides*. Paris, Dunod.

BARNAUD G., 2010, "De la protection des oiseaux d'eau à la valorisation d'infrastructures naturelles", in: *Actes du colloque « Zones humides, chasse et conservation de la nature » tenu à la Maison de la baie de Somme et de l'oiseau, 17-19 juin 2009*, Collection Paroles des Marais Atlantiques. https://www.estuarium.org/v1/site/revues.htm#16

BARNAUD G., FUSTEC E., 2007, *Conserver les milieux humides: pourquoi? comment?* Versailles, Quæ éditions ; Educagri éditions.

BARTOLDUS C., 1999, *A comprehensive review of wetland assessment procedures: a guide for wetland practitioners*. St. Michaels, Md, Environmental Concern Inc.

BEAUD S., WEBER F., 2003, *Guide de l'enquête de terrain : produire et analyser des données ethnographiques*. Paris, Éd. Découverte.

BEAUPIED D., 2006, *Quelles méthodes et quelles données pour la reconnaissance de milieux ? Une approche innovante sur le site Natura 2000 Val de Loire*. Mémoire de master 2 Recherche, Géographie,

Développement, Territoires, Cultures, sous la direction de COUDERCHET L., Université Michel de Montaigne, Bordeaux 3, 94p.

BERGANDI D., BLANDIN P., 2012, "De la protection de la nature au développement durable : Genèse d'un oxymore éthique et politique", *Revue d'histoire des sciences*, Vol. 65, N°1, pp. 103-142.

BERTHIER L., BARDY M., CHENU J.-P., GUZMOVA L., LAROCHE B., LEHMANN S., LEMERCIER B., MARTIN M., MEROT P., ESQUIVIDANT H., THIRY E., WALTER C., 2014, *Enveloppes des milieux potentiellement humides de la France métropolitaine. Notice d'accompagnement.* Ministère d'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie. http://geowww.agrocampus-ouest.fr/metadata/pdf/Notice_MPH_France.pdf

BERTHOMÉ K. « Concertation » in : CASILLO, R. BARBIER, L. BLONDIAUX, F. CHATEAURAYNAUD, J.-M. FOURNIAU, R. LEFEBVRE, C. NEVEU, & D. SALLES (eds.), *Dictionnaire critique et interdisciplinaire de la Participation*, DicoPart (1ère édition). GIS Démocratie et Participation. https://www.dicopart.fr/concertation-2013

BEVEN K. J., KIRKBY M. J., 1979, "A physically based, variable contributing area model of basin hydrology", *Hydrological Sciences Bulletin*, Vol. 24, N°1, pp. 43-69.

BINHAMMER, J., 1994, *Lake Champlain wetlands acquisition study.* Technical Report No. 8, Lake Champlain Basin Program, Grand Isle, VT.

BIORET F., ESTEVE R., STURBOIS A., 2009, *Dictionnaire de la protection de la nature*. Rennes, Presses universitaires de Rennes.

BIOTOPE, 2018, *Étude de caractérisation des enjeux épuratoires liés aux zones humides du bassin de la Bourbre. Rapport de l'étude.* Syndicat Mixte d'Aménagement du Bassin de la Bourbre.

BLANDIN P., 2009, *De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité*, Collection Sciences en questions, Éditions Quae. https://www.cairn.info/de-la-protection-de-la-nature-au-pilotage-de-la-bi--9782759203062.htm

BOTREL É., POLIDORI L., 2020, *Le pixel et la balance: les images de télédétection pour le droit foncier*. Paris, LexisNexis.

BOUDON R., BOURRICAUD F., 1982, *Dictionnaire critique de la pensée sociologique*, Paris, PUF.

BOULEAU G., 2019, *Politisation des enjeux écologiques: de la forme au motif environnemental*. London, ISTE éditions.

BOULEAU G., 2022, "What may unknown anti-worms teach us about nature epistemology of the Anthropocene?", *Présentation au colloque "Le temps des géographes" de l'Union Géographique Internationale, 21 juillet 2022, Paris.*

BOULEAU G., DEUFFIC P., 2016, "Qu'y a-t-il de politique dans les indicateurs écologiques?", *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol.16, N°2. https://journals.openedition.org/vertigo/17581

BOULEAU N., 2004, "Modélisation et contre-expertise", *Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public*, N°459, pp. 462-468.

BOULEAU N., 2014, La modélisation critique. Versailles Cedex, Éditions Quæ. http://www.cairn.info/la-modelisation-critique--9782759221998-page-7.htm

BOURDIEU P., 1994, *Raisons pratiques: sur la théorie de l'action.* Paris, Éditions du Seuil.

BOUSCARY P., 2020, *Localisation de l'espace de référence des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée.* Mémoire de master 2 Master Gestion Territoriale du Développement Durable, sous la direction de COUDERCHET L., Université Bordeaux-Montaigne, Bordeaux 3, 70 p.

BOUSQUET A., 2016, *Cartographie et participation : vers une pluralisation des sources de connaissance : application à la Trame Verte et Bleue dans le bocage bressuirais*. Thèse de doctorat en géographie, sous la direction de COUDERCHET L., Université Bordeaux 3, Pessac. https://www.theses.fr/2016BOR30011

BOUSQUET A., COUDERCHET L., GASSIAT A., HAUTDIDIER B., 2013, "Les résolutions des bases de données « occupation du sol » et la mesure du changement", L'Espace géographique, Tome 42, N°1, pp. 61-76.

BOUSQUET A., NOUCHER M., COUDERCHET L., AMELOT X., NAGELEISEN S., 2014, "Mettre en dialogue les expertises scientifiques, techniques et habitantes. Études de cas et propositions méthodologiques à partir de l'expérimentation d'ateliers de cartographie participative sur les continuités écologiques du bocage bressuirais (France)", *5e colloque du réseau OPDE - Des outils pour décider ensemble "se mobiliser ensemble, pour décider ensemble"*, Oct 2014, Yverdon-les-Bains, Suisse. pp.102-120.

BOWKER G. C., 2000, "Mapping biodiversity", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol.14, N°8, pp. 739-754.

BREDIF H., 2006, "Au-delà de la médiation", pp. 157-160 in: *La formation au dialogue territorial, quelques clés issues d'une réflexion collective*. GUIHÉNEUF P.-Y., CAUCHOIX F., BARRET P. CAYRE P. (éds.), Educagri « collection Transversales ».

BRGM., 2019, "Science ouverte : le BRGM donne un accès gratuit à ses cartes géologiques | BRGM" https://www.brgm.fr/fr/actualite/actualite/science-ouverte-brgm-donne-acces-gratuit-cartes-geologiques

BRINSON M. M., 1993, *A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands*, U.S. Army Corps of Engineers Washington, DC, 103.

BRINSON M. M., 2009, "The United States HGM (hydrogeomorphic) approach", pp. 486-512 in: MALTBY E., BARKER T. (eds.) *The wetlands handbook*. Chichester, UK; Hoboken, NJ, Wiley-Blackwell.

BRINSON M. M., RHEINHARDT R., 1996, "The Role of Reference Wetlands in Functional Assessment and Mitigation", *Ecological Applications*, Vol.6, N°1, pp. 69-76.

BRUN É., BETSCH J.-M., BLANDIN P., HUMBERT G., LEFEUVRE J.-C., MARINVAL M.-C., 2007, "Postures des scientifiques et interdisciplinarité dans le champ de l'environnement", *Natures Sciences Sociétés*, Vol.15, N°2, pp.177-185.

BRUNEL S., PITTE J.-R., 2010, *Le Ciel ne va pas nous tomber sur la tête*. Paris, JC Lattès.

BUNGE, W., 1971, *Fitzgerald: Geography of a revolution*. Cambridge, MA: Schenkman.

BUREL F., BAUDRY J., 1999, *Écologie du paysage : concepts, méthodes et applications*. Paris, Éditions Technique et Documentation.

BURKHARD B., KROLL F., NEDKOV S., MÜLLER F., 2012, "Mapping ecosystem service supply, demand and budgets", *Ecological Indicators*, Vol.21, pp. 17-29.

CALBÉRAC Y., 2010, *Terrains de géographes, géographes de terrain. Communauté et imaginaire disciplinaires au miroir des pratiques de terrain des géographes français du XX^e siècle*. Thèse de doctorat en

géographie sous la direction de LEFORT I., Université Lumière Lyon 2, Lyon. https://theses.fr/2010LYO20110

CALBERAC Y., 2011, "Le terrain des géographes est-il un terrain géographique ?", *Carnets de géographes*, N°2. https://journals.openedition.org/cdg/2783

CALLON M., 1999, "Ni intellectuel engagé, ni intellectuel dégagé : la double stratégie de l'attachement et du détachement", *Sociologie du travail*, Vol.41, N°1, pp. 65-78.

CALLON M., LASCOUMES P., BARTHE Y., 2014, "À spécialiste, spécialiste et demi", pp. 105-151 in: *Agir dans un monde incertain*. La Couleur des idées. Paris, Le Seuil. https://www.cairn.info/agir-dans-un-monde-incertain-essai-sur-la-democrat--9782020404327-p-105.htm

CALOW P., 1987, "Towards a Definition of Functional Ecology", *Functional Ecology*, Vol.1, N°1, pp. 57-61.

CARON C., ROCHE S., 2001, "Vers une typologie des représentations spatiales", *L'Espace géographique*, Vol. 30, N°1, pp. 1-12.

CATROUX M., 2002, "Introduction à la recherche-action : modalités d'une démarche théorique centrée sur la pratique", *Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité. Cahiers de l'Apliut*, Vol. XXI N° 3, pp. 8-20.

CATTEAU S., 2017, *Tests méthodologiques pour la localisation des zones humides dans le bassin Rhône-Méditerranée et la qualification des fonctions et pressions*. Mémoire de master 2 Sciences des Environnements Continentaux et Côtiers, sous la direction de LE BOT S., Université de Rouen Normandie, 50 p.

CATTEAU S., 2018. *Prendre en compte les fonctions et les pressions des zones humides. Travail expérimental en vue de l'élaboration d'outils géomatiques pour accompagner les plans de gestion stratégique des zones humides*, Tour du Valat et AERMC.

CATTEAU S., CHAMBAUD F., COUDERCHET L., GRILLAS P., à paraître en 2023, "Un cadre spatial et fonctionnel pour des politiques zones humides : du défi conceptuel et technique aux enjeux praticiens. Applications à des sous-bassins versants des fleuves côtiers méditerranéens français", *Actes du colloque « Géohistoire des zones humides d'ici et d'ailleurs », juin 2023, Tulcea, Presses Universitaires du Midi.*

CATTEAU S., COUDERCHET L., 2022, "Les Systèmes d'Information Géographique pour discuter l'articulation entre le fonctionnement des zones humides et l'aménagement du territoire", *Géocarrefour*, Vol.96, N°2.

CATTEAU S., LOBRY E., à paraître, "Prendre en compte les dimensions temporelles de l'information géographique environnementale dans l'action publique territoriale", *Natures Sciences Sociétés.*

CEDFELDT P. T., WATZIN M. C., RICHARDSON B. D., 2000, "Using GIS to Identify Functionally Significant Wetlands in the Northeastern United States", *Environmental Management*, Vol.26, N°1, pp. 13-24.

CEFAÏ D., 2010, *L'engagement ethnographique*, École des hautes études en sciences sociales, Paris, 637p. IN : JACQUINOD, F., 2014, *Production, pratique et usages des géovisualisations 3D dans l'aménagement du territoire.* Thèse de doctorat de géographie sous la direction de JOLIVEAU T., Université Jean-Monnet, Saint-Étienne.

CEN PACA, 2017, *Plan de gestion stratégique des zones humides - Période 2018-2023. Vallée du Riou Tort, commune de Thorame-Basse (Alpes de Haute-Provence).* Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur. Sisteron, 90 p.

Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (CNRTL), 2012, *Portail lexical, en ligne* : https://www.cnrtl.fr

CERTEAU (DE) M., 1990, *L'invention du quotidien.* Paris, Gallimard.

CHAMBAUD F., 2001, *Influence du milieu, de la fauche et de la pâture sur la biodiversité et la valeur fourragère des prairies inondables du Val de Saône bourguignon*. Établissement national supérieur d'enseignement agronomique de Dijon.

CHAMBAUD F., BOUSCARY P., 2022, *L'espace humide de référence : un nouveau référentiel en appui à la gestion des zones humides. Concept, méthode, résultats, utilisation.* Collection Eau & Connaissance. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse.

CHAMBAUD F., COUDERCHET L ., BEAUPIED D., BARGEOT L., CHEVALIER B., 2008, "De paysage en environnement, reconnaissance de milieux et définition des enjeux dans le cadre des document d'objectif Natura 2000" pp. 379-389 in : GALOP D. (eds.), *Paysage en environnement : de la reconstitution du passé aux modèles prospectifs*, Annales littéraires de l'Université de Franche-Comté.

CHAMBAUD F., LUCAS J., OBERTI D., 2012a, *Guide pour la reconnaissance des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. Volume 1 : méthode et clés d'identification*. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse. https://www.eaurmc.fr/upload/docs/application/pdf/2017-05/2012-guide-zones-humides-rm-vol1.pdf

CHAMBAUD F., LUCAS J., OBERTI D., 2012b, *Guide pour la reconnaissance des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. Volume 2 : fiches écorégions et clés d'identification*. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse.
https://www.eaurmc.fr/upload/docs/application/pdf/2017-05/2012-guide-zones-humides-rm-vol2.pdf

CHAMBAUD F., OBERTI D., 1995, *Étude des milieux naturels du val de Saône. Typologie et caractérisation fonctionnelle des prairies inondables du val de Saône de Jussey à Mâcon (département 70, 21, 71, 01).* Agence de l'Eau RM&C, Ministère de l'Environnement, Syndicat Mixte d'Étude pour l'Aménagement du bassin de la Saône et du Doubs. Rapport de la Cellule d'Application en Ecologie de l'Université de Bourgogne pour le Laboratoire d'Ecologie de l'Université de Bourgogne.

CHAMBAUD F., OBERTI D., 2001, *Inventaire des zones humides de Bourgogne vol. 2 : notice descriptive de la carte 1/100 000ème des zones humides de Bourgogne.* DIREN Bourgogne, Agences de l'Eau LB, RM&C, SN. Rapport de la Cellule d'Application en Écologie de l'Université de Bourgogne.

CHAMBAUD F., OBERTI D., 2002, *Sage Bourbre : Inventaire des zones humides "Loi sur l'Eau" de la vallée de la Bourbre (Isère).* Syndicat Mixte d'Aménagement du Bassin de la Bourbre.

CHAMBAUD F., OBERTI D., 2007, *Test des outils typologiques "sols de l'INRA" pour le diagnostic de zones humides du bassin Rhône-Méditerranée sur 11 zones (Plateau Lyonnais, Isère, Alpes, Hauts Plateaux de l'Ardèche, Gorges du Verdon, Zone littorale de Port Leucate).* Agence de Bassin RM&C.

CHAMBAUD F., OBERTI D., GODREAU V., 2003, "Utilisation de quelques renoncules prairiales comme indicateur biologique du niveau d'hydromorphie des sols". *Fourrages*, n° 173, pp 23-35.

CHAMBAUD F., OBERTI D., SIMONNOT J.-L., 1997, *Importance des nappes perchées dans le déterminisme écologique des communautés végétales de la prairie du val de Saône*. Bulletin scientifique Bourguignon, n°49, pp 79-91.

CHAMBAUD F., SIMONNOT J.-L., 2018, *Guide technique du SDAGE Délimiter l'espace de bon fonctionnement des zones humides*. Lyon, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse.

CHARAUDEAU P., 2013, "Le chercheur et l'engagement. Une affaire de contrat", *Argumentation et Analyse du Discours*, N°11. https://journals.openedition.org/aad/1532

CHARTIER D., RODARY E., 2016, *Manifeste pour une géographie environnementale*. Géographie, écologie, politique. Presses de Sciences Po, « Académique » https://www-cairn-info.fr/manifeste-pour-une-geographie-environnementale--9782724618402-page-13.htm

CHRISMAN N., 1999, "Trading Zones or Boundary Objects: Understanding Incomplete Translations of Technical Expertise", *Computer science*.

CIZEL O., GROUPE D'HISTOIRE DES ZONES HUMIDES., 2010, *Protection et gestion des espaces humides et aquatiques : guide juridique d'accompagnement des bassins de Rhône–Méditerranée et de Corse. Pôle Lagunes méditerranéennes*, Agence de l'eau RMC, 566 p. http://download.pole-lagunes.org/web/2010/fevrier/guide_juridique/Guide_juridique_Cizel2010.pdf

COHEN M. J., CREED I. F., ALEXANDER L., BASU N. B., CALHOUN A. J. K., CRAFT C., ET AL., 2016, "Do geographically isolated wetlands influence landscape functions?", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol.113, N°8, pp. 1978-1986.

COLE C., 2006, "HGM and wetland functional assessment: Six degrees of separation from the data?", *Ecological Indicators*, Vol.6, N°3, pp. 485-493.

COLLET C., 1992, *Systèmes d'information géographique en mode image*. PPUR, « Gérer l'environnement » https://www.decitre.fr/livres/systemes-d-information-geographique-en-mode-image-9782880742393.html

COLLIGNON B., RETAILLE D., 2010, "Introduction", *L'Information géographique*, Vol.74, N°1, pp. 6-8.

CONEIN B., DODIER N., THEVENOT L. (éds.), 1993, *Les objets dans l'action. Raisons pratiques, épistémologie, sociologie, théorie sociale*. Paris, Éd. de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

CONRAD, O., BECHTEL, B., BOCK, M., DIETRICH, H., FISCHER, E., GERLITZ, L., WEHBERG, J., WICHMANN, V., AND BÖHNER, J., 2015, *System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA)* V. 2.1.2, Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007.

COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT R., FARBER S., GRASSO M., HANNON B., ET AL., 1997, "The value of the world's ecosystem services and natural capital", *Nature*, Vol.387, N°6630, pp. 253-260.

COUDERCHET L., 1993, *Télédétection et géosystème. Interprétation des images satellitaires en échelles emboitées : d'une approche régionale a une analyse et une cartographie des systèmes alluviaux*. Thèse de doctorat en géographie sous la direction de WIEBER J.-C., Besançon.

COUDERCHET L., 2008, *Le paysage comme paradigme, Discussion sur les zonages écologiques et paysagers et leur production*. Bordeaux, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Michel de Montaigne Bordeaux 3.

COUDERCHET L., AMELOT X., 2010, "Faut-il brûler les Znieff ?", *Cybergeo : European Journal of Geography*. http://journals.openedition.org/cybergeo/23052

COUDERCHET L., CATTEAU S., 2023, "Expertise et action publique : la géographie numérique au secours des politiques d'aménagement", *L'Information géographique*, Vol.87, N°3, pp. 63-84.

COUDERCHET L., CHAMBAUD F., CATTEAU S., à paraître, "De la reconnaissance des habitats alluviaux à la définition fonctionnelle des espaces humides. Allers-retours entre les bassins de la Loire et du Rhône" *Colloque « 20 ans de la Zone Atelier Loire (ZAL) », octobre 2022, Orléans.*

COUDERCHET L., CHAMBAUD F., OBERTI D., 2001, *Cartographie expérimentale des milieux humides de la basse vallée du Doubs (25). Diagnostic phytoécologique des gradients hydriques et texturaux, identification des habitats CORINE Biotopes*. DIREN Bourgogne.

COUTELLEC L., 2015, *La science au pluriel: essai d'épistémologie pour des sciences impliquées*. Versailles, Éditions Quae.

CRAFT C., 2016, "Chapter 6: Forested wetlands" pp. 129-160 in : *Creating and restoring wetlands: from theory to practice,* , Elsevier, Waltham.

CREED I. F., ALDRED D. A., SERRAN J. N., ACCATINO F., 2018, "Maintaining the Portfolio of Wetland Functions on Landscapes: A Rapid Evaluation Tool for Estimating Wetland Functions and Values in Alberta, Canada", pp. 189-206 in: DORNEY J., SAVAGE R., TINER R. W., ADAMUS P. (eds.), *Wetland and Stream Rapid Assessments*. Elsevier. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978012805091000027X

CROZIER M., FRIEDBERG E., 1977, *L'acteur et le système: les contraintes de l'action collective*. Paris, Éditions du Seuil.

DARMON M., 2005, "Le psychiatre, la sociologue et la boulangère : analyse d'un refus de terrain", *Genèses*, Vol.58, N°1, pp. 98-112.

DAVIDSON N. C., 2014, "How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area", *Marine and Freshwater Research*, Vol.65, N°10, pp. 934-941.

DAVIS C. A., DVORETT D., BIDWELL J. R., 2013, "Hydrogeomorphic Classification and Functional Assessment", pp. 29-68 in: ANDERSON J.-T., DAVIS C.A. (eds.), *Wetland Techniques*. Dordrecht, Springer Netherlands. http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-6907-6_2

DE GROOT R. S., WILSON M. A., BOUMANS R. M. J., 2002, "A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services", *Ecological Economics*, Vol.41, N°3, pp. 393-408.

DEMEULENAERE É., 2022, "Trois expériences et un enseignement. De quelques inconforts de la recherche interdisciplinaire et participative autour d'enjeux de biodiversité", *Tracés. Revue de Sciences humaines*, N°22, pp. 97-116.

DENDALETCHE C., 1997, *Les Pyrénées : La vie sauvage en montagne et celle des hommes*. Lausanne, Delachaux et Niestlé.

DENIS J., 2018, *Le travail invisible des données: éléments pour une sociologie des infrastructures scripturales*. Paris, Mines ParisTech.

DEPRAZ S., 2013, "Protéger, préserver ou conserver la nature ? ", *Géoconfluences* http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/a-la-une/notion-a-la-une/notion-a-la-une-proteger-preserver-ou-conserver-la-nature

DERRUAU M., 2010, *Les formes du relief terrestre: notions de géomorphologie*. Paris, A. Colin.

DESBOIS H., 2015, "La carte et le territoire à l'ère numérique", *Socio. La nouvelle revue des sciences sociales*, N°4, pp. 39-60.

DEVICTOR V., 2018, *La prise en charge technoscientifique de la crise de la biodiversité*. Thèse de doctorat en philosophie sous la direction de BENSAUDE-VINCENT B., Université Paris I, Université Panthéon-Sorbonne.

DOBSON J. E., 1983, "Automated Geography", *The Professional Geographer*, Vol.35, N°2, pp. 135-143.

DORNEY J. R., SAVAGE R., TINER R. W., ADAMUS P. (eds.)., 2018, *Wetland and Stream Rapid Assessments: Development, Validation, and Application*. London, United Kingdom ; San Diego, CA, Academic Press. https://books.google.fr/books?id=TmpoDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

DRAGUT L., EISANK C., 2011, "Object representations at multiple scales from digital elevation models", *Geomorphology*, Vol.129, N°3-4, pp. 183-189.

DUFFY L., SIMONNOT J.-L., STROFFEK S., CHAMBAUD F., 2013, "Eléments de méthode pour la définition d'un plan de gestion stratégique des zones humides - Note du secrétariat technique du SDAGE - Doctrine "Zones humides " du bassin Rhône-Méditerranée", Agence de l'Eau RMC.

DUFOUR S., ARNAULD DE SARTRE X., CASTRO M., LE CLEC'H S., OSZWALD J., 2014, "Cartographie, services écosystémiques et gestion environnementale. Entre neutralité technicienne et outil d'empowerment", 205-224 in: ARNAULD DE SARTRE X., OSZWALD J., CASTRO M., & DUFOUR S. (eds.), *Political ecology des services écosystémiques*. Bruxelles, Editions scientifiques internationales.

DUNN C. E., 2007, "Participatory GIS — a people's GIS?", *Progress in Human Geography*, Vol.31, N°5, pp. 616-637.

ÉCOLOGISTES DE L'EUZIERE, 2018-2019. *Diagnostic des prairies alluviales et de la trame turquoise dans le Bassin de l'Or*

ELWOOD S., COPE M., 2009, *Qualitative GIS: A mixed methods approach*. Thousand Oaks, CA, Sage.

EMELIANOFF C., 2013, "Écologie (Géographie et)", pp. 312-313 in: LÉVY J. & LUSSAULT M. (éds.), *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Paris, Belin.

ÉTIENNE M. (éd.)., 2010, *La modélisation d'accompagnement. Une démarche participative en appui au développement durable*. Editions Quae. https://www.quae-open.com/product/15/9782759213894/la-modelisation-d-accompagnement

EVRARD C., 2006, *Les agences de l'eau: entre recentralisation et décentralisation*. Paris, l'Harmattan.

FAURE G., HOCDE H., 2010, "9. Les dispositifs opérationnels, les méthodes et les outils", pp. 121-132 in: FAURE G., GASSELIN P., TRIOMPHE B., HOCDÉ H., TEMPLE L., *Innover avec les acteurs du monde rural. La recherche-action en partenariat*. Editions Quæ.

http://www.cairn.info/innover-avec-les-acteurs-du-monde-rural--9782759206070-page-121.htm

FENNESSY M. S., JACOBS A. D., KENTULA M. E., 2007, "An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands", *Wetlands*, Vol.27, N°3, pp. 543-560.

FEUILLET T., COSSART É., COMMENGES H., 2019, *Manuel de géographie quantitative: concepts, outils, méthodes*. Malakoff, Armand Colin.

FEYT G., 2002, "La couverture cartographique nationale à l'épreuve des technologies" in: DEBARBIEUX B., VANIER M. (Éd.), *Ces territorialités qui se dessinent*. Monde en cours. Zarautz.

FEYT G., 2011, "Les visages et les usages de l'information géographique dans le processus de décision territorial", pp. 131-152 in: WALSER O., THÉVOZ L., JOERIN F., SCHULER M., JOOST S., DEBARBIEUX B., DAO H. (éds.), *Les SIG au service du développement territorial*. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.

FINDELI A., 2005, "La recherche-projet : une méthode pour la recherche en design", pp. 40-51 in: MICHEL, R. (eds.), *Erstes Design for schungs symposium*. Zurich, Swiss Design Network.

FIORI S., THOMAS R., 2016, "L'immersion par corps des chercheurs. Expérimentations méthodologiques à Salvador Da Bahia et Caracas", *Corps*, Vol.14, N°1, pp. 229-237.

FIRESTEIN S., 2012, *Ignorance: How It Drives Science*, Oxford University Press, Inc., New York.

FISCHESSER B., 1982, *La vie de la montagne*. Milan, Chêne/Hachette.

FLUET-CHOUINARD E., STOCKER B. D., ZHANG Z., MALHOTRA A., MELTON J. R., POULTER B., et al., 2023, "Extensive global wetland loss over the past three centuries", *Nature*, Vol.614, N°7947, pp. 281-286.

FREEMAN T. G., 1991, "Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid", *Computers & Geosciences*, Vol.17, N°3, pp. 413-422.

FUSTEC É., LEFEUVRE J.-C., 2000, *Fonctions et valeurs des zones humides*. Paris, Dunod.

GALLIA SANA, I-MAGE CONSULT, CERE, 2006, *Cartographie des zones à dominante humide du bassin Seine-Normandie*. Annexes.

GAUTIER E., CHAMBAUD F., COUDERCHET L., 2002, *Approche méthodologique des paysages fluviaux de la Loire, application à la Loire Bourbonnaise,* Actes du colloque Les paysages ligériens, pp. 195-203.

GAUTREAU P., 2021, *La Pachamama en bases de données : Géographie politique de l'information environnementale contemporaine*. Travaux et mémoires. Paris, Éditions de l'IHEAL. http://books.openedition.org/iheal/9387

GAUTREAU P., NOUCHER M., 2022, "L'adieu aux cartes. Refaire de la cartographie critique au temps du numérique", 77-99 in: DEBARBIEUX B. & HIRT I. (eds.), *Politiques de la carte*. ISTE Group. https://www.istegroup.com/fr/produit/politiques-de-la-carte/?/48395

GAYET G., BAPTIST F, BARAILLE L., CAESSTEKER P., CLEMENT J.-C., GAILLARD J., GAUCHERAND, S., ISSELIN-NONDEDEU, F., POINSOT C., QUÉTIER, F., TOUROULT, J., BARNAUD, G. 2016a, *Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides - version 1.0*. Onema. http://www.zones-humides.org/sites/default/files/images/methode%20ZH/guidezh-complet.pdf

GAYET G., BAPTIST F, BARAILLE L., CAESSTEKER P., CLEMENT J.-C., GAILLARD J., GAUCHERAND, S., ISSELIN-NONDEDEU, F., POINSOT C., QUÉTIER, F., TOUROULT, J., BARNAUD, G., 2016b, *Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides – version 1.0. Fondements théoriques, scientifiques et techniques*. Onema, MNHN, Rapport SPN 2016 – 91.

GAYET G., CAESSTEKER P., 2020, "Couvrez ces milieux humides que je ne saurais voir sur cette carte !", *Zones humides Infos*. Société nationale de protection de la nature, N°99, p. 20.

GERMON J.-C., COUTON Y., 1999, "La dénitrification dans les sols : régulation de son fonctionnement et applications à la dépollution". *Courrier de l'environnement de l'INRA*, n°38, pp. 67-74.

GIRARD S., 2022, "Géographe engagé.e par et pour son terrain en temps de crise : quelles implications éthiques et méthodologiques ?" *Intervention au colloque "Le temps des géographes" de l'Union Géographique Internationale, juillet 2022* https://hal.science/hal-03829096

GISBERT M., LEPOULTIER A., MERCIER B. & PARIS M. – CEN Franche-Comté –, 2020, *Note technique : outils d'aide à la priorisation des milieux humides. Pôle Milieux Humides Bourgogne-Franche-Comté. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse*, DREAL Bourgogne-Franche-Comté, Région Bourgogne-Franche-Comté.

GLASER B. G., STRAUSS A. L., 1967, *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Aldine Transaction. https://www.taylorfrancis.com/books/9780203793206

GODET L., 2010, "La « nature ordinaire » dans le monde occidental", *L'Espace géographique*, Vol.39, N°4, pp. 295-308.

GODET L., 2012, "Conserver une nature ordinaire : une aspiration commune, des motivations différentes ?", *Cahiers nantais*, N°2, pp.81-86.

GODET L., 2015, "La conservation de la biodiversité dans un contexte de changements globaux", in: R. Mathevet & L. Godet (eds.), *Pour une géographie de la conservation: biodiversités, natures et sociétés*. Colloques & Rencontres. Paris, L'Harmattan.

GOLD R. L., 1958, "Roles in Sociological Field Observations", *Social Forces*, Vol.36, N°3, pp. 217-223.

GRAMOND D., 2013, "Requalifier les zones humides continentales : Logiques et paradoxes", *Géocarrefour*, Vol.88, N°4, pp. 247-256.

GRAMOND D., 2014, "Géohistoire environnementale : contours sémantiques et conceptuels. Discussions sur les héritages et patrimoines reconnus aux zones humides fluviales", *Développement durable et territoires*. Économie, géographie, politique, droit, sociologie, Vol. 5, n°3. http://journals.openedition.org/developpementdurable/10585

GRANJOU C., 2003, "L'expertise scientifique à destination politique", *Cahiers internationaux de sociologie*, Presses Universitaires de France, Vol.114, N°1, pp.175-183.

GRANJOU C., 2013, *Micropolitiques de la biodiversité Experts et professionnels de la nature*. Brussels, P.I.E-Peter Lang S.A., Éditions Scientifiques Internationales. https://www.peterlang.com/view/product/61686?format=EPDF

GRANJOU C., MAUZ I., 2007, "Un « impératif scientifique » pour l'action publique ? Analyse d'une compétition pour l'expertise environnementale", *Socio-logos. Revue de l'association française de sociologie*, N°2. https://journals.openedition.org/socio-logos/893

GRANJOU C., MAUZ I., COSSON A., 2010, "Le recours aux savoirs dans l'action publique environnementale : un foisonnement expérimental", *Sciences de la société*, N°79, pp. 115-129.

GRASS Development Team, 2017, *Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software,* V. 7.2. Open Source Geospatial Foundation.

GRISELIN M., 2010, "La présence sur le terrain est-elle toujours nécessaire en géoscience ? Exemple des programmes d'hydro-glaciologie au Spitsberg (79°N)", *L'Information géographique*, Vol.74, N°1, pp. 27-39.

GUAY J.-F., WAAUB J.-P., 2015, "Une approche d'analyse SIG et aide multicritère à la décision pour la planification territoriale", *L'Aménagiste, la revue de l'aménagement du territoire au Québec*, Vol.29, N°1, pp. 5-9.

GUETTE A., CARRUTHERS-JONES J., GODET L., ROBIN M., 2018, "« Naturalité » : concepts et méthodes appliqués à la conservation de la nature", *Cybergeo : European Journal of Geography*. http://journals.openedition.org/cybergeo/29140

GUILLEMETTE F., 2006, "L'approche de la Grounded Theory; pour innover?", *Recherches qualitatives*, Vol.26, N°1, pp. 32-50.

GUIMONT C., PETITIMBERT R., 2017, "Instruments de l'action publique et approche fixiste de la biodiversité : le cas des inventaires naturalistes", *Norois. Environnement, aménagement, société*, N°244, pp. 77-89.

HANSON A. R., SWANSON L., EWING D., GRABAS G., MEYER S., ROSS L., WATMOUGH M., KIRKBY J., 2008, *Wetland Ecological Functions Assessment. An overview of approaches.* Sackville, Canada, Service canadien de la faune, 59 p .

HARLEY J. B., 1989, "Deconstructing the map", *Cartographica*, Vol. 26, N°2, pp. 1-20. http://hdl.handle.net/2027/spo.4761530.0003.008

HARVEY F., CHRISMAN N., 1998, "Boundary Objects and the Social Construction of GIS Technology", *Environment and Planning, A: Economy and Space*, Vol.30, N°9, pp. 1683-1694.

HAUCK J., ALBERT C., FÜRST C., GENELETTI D., LA ROSA D., LORZ C., ET AL., 2016, "Developing and applying ecosystem service indicators in decision-support at various scales", *Ecological Indicators*, Vol.61, pp. 1-5.

HEINICH N., 2002, "Pour une neutralité engagée", *Questions de communication*, N°2, pp. 117-127.

HENTZ J.-L., O2TERRE., 2014, *PHASE 2 : Hiérarchisation des zones humides*, *Inventaires et stratégies d'intervention. Zones humides des Gardons.*

HERVE D., 2013, "Chapitre 5. La modélisation environnementale, un outil du politique ?", pp. 155-185 in: BLANC-PAMARD C., PINTON F., RAKOTO RAMIARANTSOA H. (eds.), *Géopolitique et environnement : Les leçons de l'expérience malgache. Objectifs Suds.* Marseille, IRD Éditions. http://books.openedition.org/irdeditions/3542

HOLLIS G. E., HOLLAND M. M., MALTBY E., LARSON J. S., 1988, "Wise use of wetlands", *Nature and Resources* (UNESCO), Vol. XXIV, N°1.

INRA, 2018, "Base de Données Géographique des Sols de France à 1/1 000 000 version 3.2.8.0, 10/09/1998", https://doi.org/10.15454/BPN57S, Portail Data INRAE, V1.

IVOL-RIGAUT J.M., 1998, *Hydroécorégions et variabilité des communautés du macrobenthos sur le bassin de la Loire-Essai de la typologie régionale et référentiel faunistique*. Thèse de doctorat sous la direction de TACHET H., Université Claude-Bernard Lyon 1, Lyon.

JACCOTTET P., 1970, *Paysages avec figures absentes*. Paris, Éditions Gallimard.

JACOB 1992, *L'empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*. Albin Michel.

JACQUINOD F., 2014, Production, pratique et usages des géovisualisations 3D dans l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat de géographie sous la direction de JOLIVEAU T., Université Jean-Monnet, Saint-Étienne.

JANSSEN R., GOOSEN H., VERHOEVEN M. L., VERHOEVEN J. T. A., OMTZIGT A. Q. A., MALTBY E., 2005, "Decision support for integrated wetland management", *Environmental Modelling & Software*, Vol.20, N°2, pp. 215-229.

JARLETON J., 2009, *Identification des Zones Humides d'Intérêt Environnemental Particulier (ZHIEP) et des Zones Stratégiques pour la Gestion de l'Eau (ZSGE) sur le bassin de la Vienne*. Rapport de stage de master Sciences de la Terre, de l'Eau et de l'Environnement. Ingénierie des Hydrosystèmes et des Bassins Versants, sous la direction de LORIOT S., Université François-Rabelais, Tours.

JASIEWICZ J., STEPINSKI T. F., 2013, "Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms". *Geomorphology*, Vol. 182, pp. 147-156.

JATON F., 2022, "Éléments pour une sociologie de l'activité de programmation", *RESET. Recherches en sciences sociales sur Internet*, N°11. https://journals.openedition.org/reset/3829#tocto1n4

JAX K., 2005, "Function and "functioning" in ecology: what does it mean?", *Oikos*, Vol.111, N°3, pp. 641-648.

JOERIN F., BARBONNE R., RONDIER P., LAVOIE R., 2011, "Les systèmes d'indicateurs, pour le meilleur ou pour le pire ?", pp. 153-170 in: WALSER O., THÉVOZ L., JOERIN F., SCHULER M., JOOST S., DEBARBIEUX B., DAO H. (éds.) *Les SIG au service du développement territorial*. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.

JOLIVEAU T. ET MICHELIN Y., 2001. « Modèles d'analyse et de représentation pour une prospective paysagère concertée : deux exemples en zone rurale » pp. 239-266 in : LARDON S., MAUREL P., PIVETEAU V. (eds.), *Représentations spatiales et développement territorial*, Hermès, Paris.

JOLIVEAU T., 2004, *Géomatique et gestion environnementale du territoire. Recherches sur un usage géographique des SIG*. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches en Sciences Humaines, Université de Rouen.

JOLIVEAU T., BARGE O., 1997, "Quels découpages territoriaux pour la gestion de l'environnement ?", pp. 369-388 in: *Les découpages du territoire. Dixième entretiens Jacques Cartier. Lyon, les 8, 9 et 10 décembre 1997*. INSEE Méthodes. Paris. https://www.epsilon.insee.fr/jspui/bitstream/1/17922/1/imethode76-77-78.pdf

JONES K., LANTHIER Y., VAN DER VOET P., VAN VALKENGOED E., TAYLOR D., FERNANDEZ-PRIETO D., 2009, "Monitoring and assessment of wetlands using Earth Observation: The GlobWetland project". *Journal of Environmental Management*, Vol. 90, pp. 2154-2169.

JUNKER B. H., 1960, *Field Work*. The University of Chicago Press, Chicago.

KEMMIS, S., R. MCTAGGERT (eds.), 1988, *The Action Research Planner*. Victoria, BC : Deakin University Press.

KOLLEKTIV ORANGOTANGO+., 2018, *This is not an atlas: a global collection of counter-cartographies*. Bielefeld, Transcript Verlag.

KUSLER, J., 2006, *Recommendations for Reconciling Wetland Assessment Techniques. Association of State Wetland Managers*, Berne, NY, USA.

LAGANIER R., FRANCHOMME M., 2008, "Chapitre 2. Cartographie réglementaire et gouvernance : permanence et évolution à travers l'expérience de la cartographie des zones inondables et humides", pp. 321-347 in: KERGOMARD C., SCARWELL H.-J. (eds.), *Environnement et gouvernance des territoires : Enjeux, expériences, et perspectives en région Nord-Pas de Calais*. Environnement et société. Villeneuve d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion. http://books.openedition.org/septentrion/15723

LAMBERT N., YSEBAERT R., ZANIN C., 2015, "Comprendre le territoire européen. Deux outils cartographiques à l'appui de la réflexion en aménagement du territoire", *L'Information géographique*, Vol.79, N°1, pp. 45-54.

LARDON S., 2005, "Une charte pour la modélisation d'accompagnement : pour quoi faire ?", *Natures Sciences Sociétés*, Vol.13, N°2, pp. 177-179.

LARDON S., LOUDIYI S., MAURY C., 2015, "Ateliers participatifs de mise en œuvre du Scot du Grand Clermont", pp. 165-182 in: *Partenariats pour le développement territorial*. Sciences & Technologies. Versailles, Éditions Quæ. https://www.cairn.info/partenariats-pour-le-developpement-territorial--9782759224081-p-165.htm

LARDON S., ROCHE S., 2008, *Représentations spatiales dans les démarches participatives: production et usages*. Paris, Hermès Science.

LARRÈRE, C., LARRÈRE R. (eds.), 1997, *La crise environnementale*. Paris, INRA.

LARSON J. S., 2009, "Methodologies for wetland assessment", pp. 467-485 in: MALTBY E., BARKER T. (eds.) *The wetlands handbook*. Chichester, UK; Hoboken, NJ, Wiley-Blackwell.

LASCOUMES P., 1994, *L'éco-pouvoir: environnements et politiques*. Paris, La Découverte.

LASCOUMES P., LE GALES P. (Éd.)., 2005, *Gouverner par les instruments*. Paris, Presses de la Fondation nationale des sciences politiques.

LASLAZ L., 2017, "Jalons pour une géographie politique de l'environnement", *L'Espace Politique*, N°32. http://journals.openedition.org/espacepolitique/4344

LATOUR B., 1994, "Une sociologie sans objet ? Note théorique sur l'interobjectivité", *Sociologie du travail*, Vol.36, N°4, pp. 587-607.

LATOUR B., 2007, "Interlude sous forme de dialogue", pp. 205-228 in: *Changer de société, refaire de la sociologie*. Poche / Sciences humaines et sociales. Paris, La Découverte. https://www.cairn.info/changer-de-societe-refaire-de-la-sociologie--9782707153272-p-205.htm

LATOUR B., 2008, *Politiques de la nature: comment faire entrer les sciences en démocratie*. Paris, La Découverte.

LATOUR B., CALLON M., 1991, *La science telle qu'elle se fait. Anthologie de la sociologie des sciences de langue anglaise*. La Découverte. https://cairn.info/la-science-telle-qu-elle-se-fait-1991--9782707119988.htm

LE CLEC'H S., DUFOUR S., OSZWALD J., GRIMALDI M., JEGOU N., 2014, "Spatialiser des services écosystémiques, un enjeu méthodologique et plus encore", pp. 205-224 in: ARNAULD DE SARTRE X., OSZWALD J., CASTRO M., & DUFOUR S. (eds.), *Political ecology des services écosystémiques*. Bruxelles, Editions scientifiques internationales.

LE CLEC'H S., OSZWALD J., DECAENS T., DESJARDINS T., DUFOUR S., GRIMALDI M., ET AL., 2016, "Mapping multiple ecosystem services indicators: Toward an objective-oriented approach", *Ecological Indicators*, Vol.69, pp. 508-521.

LEBAUT S., MANCEAU L., 2015, "Potentialités des images Landsat pour l'identification et la délimitation de zones humides à l'échelle régionale : l'exemple de l'Est de la France". *Physio-Geo : Géographie physique et Environnement*, Vol. 9, pp. 125-140.

LECOMTE J., 1999, "Réflexions sur la naturalité", *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, Vol.37, pp. 5–10.

LEDENVIC P., 2011, "Doctrine « zones humides » du bassin Rhône-Méditerranée"

LEWIS N., 2001, *La gestion intégrée de l'eau en France : critique sociologique à partir d'une étude de terrain*. Thèse de doctorat en sociologie sous la direction de DELÉAGE J.-P., Université d'Orléans, Orléans.

LINCOLN R. J., BOXSHALL G. A., CLARK P. F., 1998, *A dictionary of ecology, evolution, and systematics. Cambridge*, New York, Cambridge University Press.

LOBRY E., CATTEAU S., 2023, "Sous la carte, des jeux d'acteurs : cartographie de l'environnement et SIG critique", *Cybergeo: European Journal of Geography*. https://journals.openedition.org/cybergeo/40355

LUCAS J., 2011, *Participation à l'élaboration d'un guide d'identification des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée.* Mémoire de master 2 Ecologie et Développement Durable, sous la direction de OBERTI D, LAMBERT E., Institut de Biologie et d'Ecologie Appliquée, 41p.

LUGINBÜHL Y., 1989, "Paysage élitaire et paysages ordinaires", *Ethnologie française*, Vol.19, N°3, pp. 227-238.

LUSSAULT M., THIBAULT S., 2013, "Aménagement (Géographie et)", in: LÉVY J. & LUSSAULT M. (eds.), *Dictionnaire de la géographie*. Paris, Belin.

LYON, J. G., MCCARTHY J., 1995, *Wetland and environmental applications of GIS*. Lewis Publishers, New York.

MACEACHREN A., TAYLOR, D. (eds.), 1994, *Visualization in Modern Cartography*. Elsevier, New York.

MAHMOUDI D., SHELTON T., 2022, "Doing Critical GIS", *ACME: An International Journal for Critical Geographies*, Vol.21, N°4, pp. 327-336.

MALTBY E., 2009, "Functional Assessment of Wetlands", 1-11 in: FINLAYSON C. M., EVERARD M., IRVINE K., MCINNES R. J., MIDDLETON B. A., VAN DAM A. A., Davidson N. C. (eds.), *The Wetland Book*. Dordrecht, Springer Netherlands. http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-6172-8_293-1

MALTBY E., BARKER T., CONOR L., 2009, "Development of a European Methodology for the Functional Assessment of Wetlands", pp. 513-544 in: MALTBY E., BARKER T. (eds.) *The wetlands handbook*. Chichester, UK; Hoboken, NJ, Wiley-Blackwell.

MARIN C., 2022, *Être à sa place*. Paris, Éditions de l'Observatoire.

MARK D. M., FREKSA C., HIRTLE S. C., LLOYD R., TVERSKY B., 1999, "Cognitive models of geographical space", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol.13, N°8, pp. 747-774.

MATHEVET R., GODET L. (eds.)., 2015, *Pour une géographie de la conservation: biodiversités, natures et sociétés*. Paris, L'Harmattan.

MATHIAN H., SANDERS L., 2015, "Temporalités et objets géographiques", *L'Information géographique*, Vol. 79, N°2, pp. 55-64.

MAURIN H., LE LAY G., DE FERAUDY E., 1998, *Zoner les espaces naturels ? Objectifs, méthodes et perspectives*. Synthèse du séminaire tenu à Paris le 2 décembre 1996. Paris, Museum national d'histoire naturelle.

MAURY C., LOUDIYI S., LARDON S., 2011. *Effets de la participation dans un dispositif d'élaboration du SCoT du Grand Clermont*. Colloque GIS PPP, Fafape, Aix, 10 février 2011.

MAZAGOL P.-O., MARTIN R., PORTERET J., THYRIOT C., ETLICHER B., 2008, "Pré-détermination de zones humides sur le bassin Loire-Bretagne", *SIG 2008 : Conférence francophones ESRI*, Oct 2008, Versailles.

MEINARD Y., MANGOS A., 2022, "Un cadre empiriste pour l'analyse des savoirs/pouvoirs – application à trois dynamiques clés des sciences et politiques de biodiversité", *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, Vol. 13, N°1. https://journals.openedition.org/developpementdurable/20500#tocto1n4

MERAD M., 2019, "Chapitre 10. Le géographe et l'aide à la décision : comment se saisir de la complexité, des incertitudes et des risques ?", pp. 191-208 in: BATTON-HUBERT M., PINET F., DESJARDIN E. (eds.) *L'imperfection des données géographiques*. London : ISTE editions.

MERMET L., BARNAUD G., 1997, "Les systèmes de caractérisation des zones humides : construire l'expertise sous pression politique", *Nature Sciences Sociétés*, Vol.5, N°2, pp. 31-40.

MEROT P., HUBERT-MOY L., GASCUEL-ODOUX C., CLEMENT B., DURAND P., BAUDRY J., THENAIL C., 2006, "A Method for Improving the Management of Controversial Wetland". *Environnemental Management*. Vol. 37, No. 2, pp. 258–270.

MÉROT P., HUBERT-MOY L., GASCUEL-ODOUX C., CLEMENT B., DURAND P., BAUDRY J., ET AL., 2006, "A Method for Improving the Management of Controversial Wetland", *Environmental Management*, Vol.37, N°2, pp. 258-270.

MICHEL-GUILLOU É., 2014, "La représentation sociale du changement climatique : enquête dans le sens commun, auprès de gestionnaires de l'eau", *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, Vol.104, N°4, pp. 647-669.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (eds.)., 2005, *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC, Island Press.

MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE., 2021, *Cartographie des milieux humides. Projet de recherche et de développement 2021-2022*. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ECO_Flyer%20milieux%20humides_Web_page.pdf

MOORE I. D., GRAYSON R. B., LADSON A. R., 1991, "Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications", *Hydrological Processes*, Vol.5, N°1, pp. 3-30.

MOQUAY P., LARDON S., MARCELPOIL E., PIVETEAU V., 2005, "Représentations spatiales et proximité institutionnelle dans les processus de développement territorial", pp. 201-214 in: *Proximités et changements socio-économiques dans les mondes ruraux*. Versailles, Éditions Quæ. https://www.cairn.info/proximites-et-changements-sociaux-economiques-dans--9782738011831-p-201.htm

MORIN E., 2018, *Connaissance, ignorance, mystère*, Pluriel

NATIONAL RESEARCH COUNCIL., 1995a, "Wetland Definitions: History and Scientific Basis. History of terminology.", in: *Wetlands: Characteristics and Boundaries*. Washington, DC. https://www.nap.edu/read/4766/chapter/5

NATIONAL RESEARCH COUNCIL., 1995b, "Functional assessement of wetlands", 215-226 in: *Wetlands: Characteristics and Boundaries*. Washington, DC, The National Academies Press. https://www.nap.edu/read/4766/chapter/12

NIU Z., GONG P., CHENG X., GUO J., WANG L., HUANG H., SHEN S., WU Y., WANG X., WANG X., YING Q., LIANG L., ZHANG L., WANG L., YAO Q., YANG Z., GUO Z., DAI Y., 2009, "Geographical characteristics of China's wetlands derived from remotely sensed data". *Science in China Series, D: Earth Sciences*, Vol. 52, No. 6, pp.723-738.

NOUCHER M., 2009, La donnée géographique aux frontières des organisations: approche socio-cognitive et systémique de son appropriation. Thèse de doctorat en géographie, Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 225 p.

NOUCHER M., 2023, *Blancs des cartes et boîtes noires algorithmiques*. Paris, CNRS Editions.

NOUCHER M., GAUTREAU P., 2013, "Le libre accès rebat-il les cartes ?", *Les Cahiers du numerique*, Vol. 9, N°1, pp. 57-83.

NYMPHALIS, NABLA, 2020, *Note technique de la phase 1 : délimiter l'espace de référence des zones humides. Inventaire complémentaire et plan de gestion stratégique des zones humides du bassin versant du Tech et des fleuves côtiers des Albères*, version 2.

O'SULLIVAN D., 2006, "Geographical information science: critical GIS", *Progress in Human Geography*, Vol.30, N°6, pp. 783-791.

OBERTI D., CHAMBAUD F., DIDIER B., 2007, *Contribution à une typologie des prairies de fauche naturelle traditionnelles du PNR du Queyras*. Les annales du Mont Viso.

OBERTI D., CHAMBAUD F., SIMONNOT J. L., 2003, "Formalisation d`une méthode de délimitation des zones humides selon les critères de la loi sur l`eau : application à la région Bourgogne", *Ingénieries - E A T*, N°36, pp. 19-27.

OBERTI D., CHAMBAUD F., SIMONNOT J.-L., 2003, "Formalisation d'une méthode de délimitation des zones humides selon les critères de la Loi sur l'Eau : application à la région Bourgogne". *INGENIERIE : agriculture, eau, territoire*, n°36, pp. 19-27.

OBERTI D., MAUPETIT B., CHAMBAUD F., SIMONNOT J.-L., 2000, *Inventaire des zones humides de Bourgogne. Volume 1 : concepts, méthodes et typologies. Cellule d'Application en Écologie.*

OFFNER J.-M., 2022, "ZAN, contre-enquête, de l'impasse légaliste de l'arithmétique foncière à l'ambition régulatrice de la gouvernance des sols". *Urbanisme*, 22 août.

OLIVIER DE SARDAN J.-P., 2008, *La rigueur du qualitatif. Les contraintes empiriques de l'interprétation socio-anthropologique,* Louvain-La-Neuve, Anthropologie prospective, Academia-Bruylant.

PAILLE P., 2009, "Recherche-Action" in : MUCCHIELLI A., (Éd.), *Dictionnaire des méthodes qualitatives en sciences humaines*, Vol.3e éd., pp. 213-225. https://www.cairn.info/dictionnaire-methodes-qualitatives-en-sciences--9782200244491-p-213.htm

PAILLE P., 2011, "L'analyse par théorisation ancrée", *Cahiers de recherche sociologique*, N°23, pp. 147-181.

PALSKY G., 2013, "Cartographie participative, cartographie indisciplinée", *L'Information géographique*, Vol.77, N°4, pp. 10-25.

PETTER M., MOONEY S., MAYNARD S., DAVIDSON A., COX M., HOROSAK I., 2013, "A Methodology to Map Ecosystem Functions to Support Ecosystem Services Assessments", *Ecology and Society*, Vol.18, N°1. https://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss1/art31/

PICKLES J. (Éd.)., 1995, *Ground truth: the social implications of geographic information systems*. New York, NY, Guilford Press.

PIERRE D., 2002, *Annexe de l'atlas cartographique du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais. Prélocalisation des aires favorables à l'existence de zones humides dans le SAGE*. Note méthodologique & premiers résultats.

POPPER K., 1985, *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique*. Payot, (éd. orig. angl., 1963).

PRESTON B., WILSON M. W., 2014, "Practicing GIS as Mixed Method: Affordances and Limitations in an Urban Gardening Study", *Annals of the Association of American Geographers*, Vol.104, N°3, pp. 510-529.

PUECH P., 2015, "Géographie de l'environnement et territoire : rendez-vous manqués ?", 63-78 in: MATHEVET R., GODET L. (éds.), *Pour une géographie de la conservation: biodiversités, natures et sociétés*. Colloques & Rencontres. Paris, L'Harmattan.

RAMADE F., 2002, *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. Paris, Dunod.

RAPIN A., FONTANEL F., CHAMBAUD F., 2021, *Les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et biologiques des zones humides. Éléments de connaissance. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse.* https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/sites/sierm/files/content/2021-04/202101_Bilan_des_connaissances_zh.pdf

RAPINEL S., 2012, *Contribution de la télédétection à l'évaluation des fonctions des zones humides : de l'observation à la modélisation prospective*. Thèse de doctorat en géographie sous la direction de HUBERT-MOY L., Université Rennes 2, Rennes.

RAPINEL S., FABRE E., DUFOUR S., ARVOR D., MONY C., HUBERT-MOY L., 2019, "Mapping potential, existing and efficient wetlands using free remote sensing data", *Journal of Environmental Management*, Vol.247, pp. 829-839.

RAPINEL S., HUBERT-MOY L., CLÉMENT B., MALTBY E., 2016, "Mapping wetland functions using Earth observation data and multi-criteria analysis", *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol.188:641.

RAPINEL S., CLEMENT B., HUBERT-MOY L., 2019, "Cartographie des zones humides par télédétection : approche multi-scalaire pour une planification environnementale", *Cybergeo : European Journal of Geography.Cartographie, Imagerie, SIG*. http://journals.openedition.org/cybergeo/31606

REGNAULD H., 2013, "Physique (Géographie)", pp. 782-784 in: LEVY J., LUSSAULT M., *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Paris, Belin.

REGNAULD H., 2016, "Écologie, géographies (physique et humaine) : entrelacements conceptuels et irritations de surface", 297-316 in: BRAILOWSKY Y., INGLEBERT H. (Éd.), *1970-2010 : les sciences de l'Homme en débat*. Hors collection. Nanterre, Presses universitaires de Paris Nanterre. http://books.openedition.org/pupo/2830

RETAILLE D., 1996, "La vérité des cartes", *Le Débat*, Vol.92, N°5, pp. 87-98.

RHEAUME J., 2008, "La recherche-action : un nouveau mode de savoir?", *Sociologie et sociétés*, Vol.14, N°1, pp. 43-51.

RHOMEO., 2014, *La boîte à outils de suivi des zones humides*.

RODRÍGUEZ-MERINO A., GARCÍA-MURILLO P., FERNÁNDEZ-ZAMUDIO R., 2020, "Combining multicriteria decision analysis and GIS to assess vulnerability within a protected area: An objective methodology for managing complex and fragile systems", *Ecological Indicators*, Vol.108, 105738.

ROONEY R. C., ROYALL O., ROBINSON D. T., COBBAERT D., TRITES-RUSSELL M., WILSON M., 2022, "Evaluating the development and use of a rapid wetland assessment tool (ABWRET-A) in policy implementation in Alberta, Canada", *Environmental Science & Policy*, Vol.136, pp. 575-587.

ROQUEPLO P., 1991, "L'expertise scientifique : convergence ou conflit de rationalités ?", pp. 43-80 in: THEYS J., LIBER V., PALACIOS, M.-P. *Environnement, science et politique. Les experts sont formels*. Environnement, science et politique. Les cahiers du GERMES. Paris, GERMES, Cahier n°13

ROQUEPLO P., 1992, "L'expertise scientifique, consensus ou conflit ?", pp. 183-198 in: THEYS J., KALAORA B. (éds.), *La terre outragée, les experts sont formels !* Paris, Éditions Autrement.

ROUCHI C., 2017, "Réflexivité et recherche-action en contrat CIFRE, quand les contraintes du terrain deviennent opportunités", *Nouvelles perspectives en sciences sociales*, Vol.13, N°1, pp. 211-224.

SAJALOLI B., 1996, "Les zones humides : une nouvelle vitrine pour l'environnement", *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, Vol.73, N°2, pp. 132-144.

SANCHEZ A., ABDUL MALAK D., GUELMAMI A., PERENNOU C., 2015, "Development of an Indicator to Monitor Mediterranean Wetlands", *PLOS ONE*, Vol.10, N°3, e0122694.

SANDRE., 2018, "Milieu humide", in: *Dictionnaire des données. Description des milieux humides*. Version 3. OIEau, AFB, Forum des Marais Atlantiques, DEB. http://www.sandre.eaufrance.fr/ftp/documents/fr/ddd/mhi/3/sandre_dictionnaire_MHI_3.pdf

SCHUURMAN N., 2000, "Trouble in the heartland: GIS and its critics in the 1990s", *Progress in Human Geography*, Vol.24, N°4, pp. 569-590.

SCHUURMAN N., PRATT G., 2002, "Care of the Subject: Feminism and Critiques of GIS", *Gender, Place & Culture*, Vol.9, N°3, pp. 291-299.

SINGH M., SINHA R., 2019, "Evaluating dynamic hydrological connectivity of a floodplain wetland in North Bihar, India using geostatistical methods", *Science of The Total Environment*, Vol.651, pp. 2473-2488.

SOULE B., 2007, "Observation participante ou participation observante? Usages et justifications de la notionde participation observante en sciences sociales", *Recherches qualitatives*, Vol.27, N°1, pp. 127-140.

SOULÉ M., 1985, "What is conservation biology?", *BioScience*, Vol.35, pp. 727-734.

STAR S. L., GRIESEMER J. R., 1989, "Institutional Ecology, `Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39", *Social Studies of Science*, Vol.19, N°3, pp. 387-420.

STECK J.-F., 2012, "Être sur le terrain, faire du terrain", *Hypothèses*, Vol.15, N°1, pp. 75-84.

SYMBO, 2022. *Plan de gestion stratégique des zones humides du Bassin de l'Or*. Tome 4.

TALEN E., 2000, "Bottom-Up GIS: A New Tool for Individual and Group Expression in Participatory Planning", *Journal of the American Planning Association*, Vol.66, N°3, pp. 279-294.

TINER R. W., 2003, *Correlating Enhanced National Wetlands Inventory Data With Wetland Functions for Watershed Assessments: A Rationale for Northeastern U.S. Wetlands*, U.S. Fish and Wildlife Service, National Wetlands Inventory Program, Region 5, Hadley, MA.

TINER R. W., 2018, "Chapter 2.2.1 - A Landscape-Level Wetland Functional Assessment Tool: Building a Framework for Watershed-Based Assessments in the United States", pp. 21-47 in: DORNEY J., SAVAGE R., TINER R. W., ADAMUS P. (eds.), *Wetland and Stream Rapid Assessments*. Academic Press. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128050910000177

TOBLER W. R., 1970, "A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region", *Economic Geography*, Vol.46, pp. 234-240.

TORRE A., AZNAR O., BONIN M., CARON A., CHIA E., GALMAN M., ET AL., 2006, "Conflits et tensions autour des usages de l'espace dans les territoires ruraux et périurbains. Le cas de six zones géographiques françaises", *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, N°3, pp. 415-453.

TOUCHART L., BARTOUT P., 2020, "La masse d'eau : le détournement administratif d'un concept géographique", *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, Vol.74, pp. 65-78.

TREPOS J.-Y., 1996, *La sociologie de l'expertise*. Paris, Presses universitaires de France.

TRIPLET P., 2019, *Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature*.

TTI PRODUCTION, ACER CAMPESTRE, 2012, *Etude de prélocalisation des zones humides sur le territoire du SAGE Nappe de Pays de Beauce et ses milieux aquatiques associés. Phase 2 : hiérarchisation des enveloppes de zones humides*. Syndicat du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiverais, 142p.

TURKUCU A., ROCHE S., 2008, "Classification fonctionnelle des Public Participation GIS", *Revue internationale de géomatique*, Vol.18, N°4, pp. 429-442.

VARIN M., THÉAU J., FOURNIER R. A., 2019, "Mapping ecosystem services provided by wetlands at multiple spatiotemporal scales: A case study in Quebec, Canada", *Journal of Environmental Management*, Vol.246, pp. 334-344.

VEYRET Y., LAGANIER R., SCARWELL H.-J., 2017, "Chapitre 9. Gestion de l'environnement : acteurs, actions, territoires", 193-224 in: *L'environnement*. Cursus. Paris, Armand Colin. https://www.cairn.info/l-environnement--9782200618605-p-193.htm

VIHERVAARA P., MONONEN L., NEDKOV S., VIINIKKA A., 2018, *Biophysical Mapping and Assessment Methods for Ecosystem Services*. Deliverable D3.3 EU Horizon 2020 ESMERALDA Project.

VILLA J. A., BERNAL B., 2018, "Carbon sequestration in wetlands, from science to practice: An overview of the biogeochemical process, measurement methods, and policy framework", *Ecological Engineering*, Vol.114, pp. 115-128.

VINCK D., 2009, "De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. Vers la prise en compte du travail d'équipement", *Revue d'anthropologie des connaissances*, Vol.3, N°1, pp. 51-72.

VOLVEY A., 2013, "Terrain", 312-313 in: LEVY J., LUSSAULT M. *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Paris, Belin.

WACQUANT L., 2000, *Corps et âme*. Carnets ethnographiques d'un apprenti boxeur, Marseille, Agone.

WALKER W. E., HARREMOËS P., ROTMANS J., VAN DER SLUIJS J. P., VAN ASSELT M. B. A., JANSSEN P., KRAYER VON KRAUSS M. P., 2003, "Defining Uncertainty: A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support", *Integrated Assessment*, Vol.4, N°1, pp. 5-17.

WEBER M., 1919, *Le savant et le politique*. Paris. Union Générale d'Éditions.

WILDER, T.C., ROBERTS, T.H., 2002, *A Regional Guidebook for Applying the Hydrogeomorphic Approach to Assessing Wetland Functions of Low-Gradient Riverine Wetlands in Western Tennessee*. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, ERDC/EL TR-02-6.

WILSON M. W., 2017, *New lines: critical GIS and the trouble of the map*. Minneapolis, University of Minnesota Press.

WOOD J., 1996, The Geomorphological Characterisation of Digital Elevation Models. Thèse de doctorat de géographie, Université de Leicester.

YOKOYAMA R., SHLRASAWA M., PIKE R.J., 2002, "Visualizing topography by openness: a new application of image processing to digital elevation model". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 68, pp. 257-265.

ZANIN C., TREMELO M.-L., 2003, *Savoir faire une carte: aide à la conception et à la réalisation d'une carte thématique univariée*. Paris, Belin, 199 p.

ZRO B. G. F., KOTCHI V., SORO D., NIANGORAN C. K., BAKAYOKO S., KOUAME F. K., 2014, "Intégration de données topographiques et hydrographiques en vue de la localisation des zones humides potentielles de fond de vallée : cas du périmètre de la région du Bélier en Côte d'Ivoire". *Physio-Géo – Géographie Physique et Environnement*, Vol. 8, pp. 231-249.

« Zones humides Infos », 1997, Société nationale de protection de la nature, n°20.

Liste des figures

Figure 1. L'investissement de l'Agence de l'Eau RMC pour une approche fonctionnelle des zones humides 16
Figure 2. Un plan de thèse qui se construit depuis une commande opérationnelle 19
Figure 3. Un premier chapitre qui part de la commande opérationnelle 21
Figure 4. Le territoire d'action de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse, deux bassins hydrographiques indépendants des découpages administratifs français 24
Figure 5. Un vaste territoire subdivisé en quatre délégations 25
Figure 6. L'Agence de l'Eau au cœur d'un réseau de partenaires agissant à différents niveaux pour les zones humides 26
Figure 7. Une succession cyclique des SDAGE (source : https://www.gesteau.fr/presentation/sdage) 27
Figure 8. Exemple de la diversité de formes que peuvent prendre les zones humides dans les bassins Rhône-Méditerranée et Corse 29
Figure 9. Extrait du panoramique RMC 2002 (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse, 2002) 30
Figure 10. Discontinuité des inventaires au niveau des limites administratives 31
Figure 11. Carte nationale des milieux potentiellement humides 34
Figure 12. Captures d'écran réalisées à différents niveaux de zoom depuis la couche « pré-localisation des zones humides 2023 » disponible sur la plateforme SIG en ligne : http://sig.reseau-zones-humides.org/) 37
Figure 13. Objectifs et livrables attendus par l'Agence de l'Eau RMC dans le cadre de la consolidation de la méthode (« Développement du sujet de recherche pour la demande de bourse Cifre », 2018) 41
Figure 14. Une position à l'intersection de 3 structures en immersion parmi des acteurs aux postures variées 43
Figure 15. Une complémentarité des rôles de chacun des interlocuteurs 51
Figure 16. Couverture d'ouvrage (Collet, 1992) 55
Figure 17. L'opérateur SIG, entre les commanditaires et les utilisateurs 56
Figure 18. Un chapitre présentant la méthode mise en place pour la première itération et les ajustements nécessaires pour les suivantes 62
Figure 19. Schéma de Recherche-Action d'après Kemmis et McTagger (1998), extrait de Catroux, 2002 67
Figure 20. Évolution du prototype selon un processus itératif 68
Figure 21. Succession des trois itérations dans le temps 72
Figure 22 : Distribution des sites d'étude dans le Bassin Rhône-Méditerranée Corse 74
Figure 23. Un terrain qui s'ouvre au gré des rencontres et des opportunités 76
Figure 24. Un terrain plus localisé dans l'espace 77

Figure 25. Schéma représentant le corpus discursif avec les événements recensés 80
Figure 26. Le chapitre 3, un chapitre central dans le manuscrit, premier aboutissement de la commande opérationnelle et point de départ des itérations suivantes 87
Figure 27. Pourcentage de zones humides (à gauche, en nombre ; à droite, en surface) par RVAU ayant une valeur élevée (a) à faible (d) en Alberta (Creed et al., 2018) 95
Figure 28. Spatialisation des fonctions des zones humides à l'échelle des HGMU (Rapinel, Clément et al., 2019) 96
Figure 29. Zones humides dans le bassin de Lewis Creek, les plus sombres remplissent 3 fonctions (Cedfeldt et al., 2000) 97
Figure 30. Plan de Gestion Stratégique des Zones Humides dans la vallée du Riou Tort (carte extraite de CEN PACA, 2017) 98
Figure 31. Hiérarchisation des zones humides dans le bassin versant du Lez-Mosson Etangs palavasiens (carte extraite de Aquascop - Les Ecologistes de l'Euzière, 2011) 99
Figure 32. Analyse géomatique des fonctions pour identifier différents secteurs d'intérêt (figure extraite de Hentz et O2Terre, 2014) (à noter que dans cette étude, la notion d'enjeu correspond aux fonctions) 101
Figure 33. Exemple de carte pour la fonction ralentissement du ruissellement (Asconit Consultants et al., 2016) 102
Figure 34.Fiches pour l'identification et la caractérisation des zones humides (A et B) et carte des écorégions dans le bassin (C) extraits du guide (Chambaud et al., 2012b) 105
Figure 35. Une réponse à la commande par itération jusqu'à la validation de l'Agence 106
Figure 36. Formes élémentaires du relief : Plan, Talweg, Crête, Col, Sommet, Dépression (Wood, 1996) 111
Figure 37. Angles du zénith et angles du nadir au sein de rayons de recherche (Jasiewicz & Stepinski, 2013) 112
Figure 38. Module r.geomorphon : A – Localisation des points visibles les plus lointains sur les 8 axes autours de la cellule centrale, B – Identification de 10 configuration de relief, C – Exemple de résultat cartographique (D'après le manuel de GRASS GIS (GRASS Development Team, 2017)) 112
Figure 39. Pentes calculées à partir du MNT dans les inventaires de zone humide, exemple de distributions pour 3 écorégions aux profils différents et pour l'ensemble des inventaires du bassin Rhône-Méditerranée 117
Figure 40. Artefacts (marbrures) dues au seuil établi pour appréhender la courbure du terrain au nord-est de St-Gély-du-Fesc 118
Figure 41. Relief considéré comme favorable au fonctionnement des zones humides dans les bassins Rhône-Méditerranée Corse 120
Figure 42. Schéma de croisement des données 121

Figure 43. Résultat du croisement de l'analyse du relief et de la géologie (extrait de Chambaud et Bouscary, 2022) 122
Figure 44.Validation des résultats par des sondages pédologiques réalisés le long d'un transect perpendiculaire au fond de la vallée de la Veyle à l'est de Vonnas et production d'un schéma simplifié 123
Figure 45. Schéma des quatre configurations identifiées par la matrice de coïncidence 125
Figure 46. La Veyle, un bassin versant favorable aux zones humides 128
Figure 47. Comparaison entre l'espace modélisé et les inventaires de zones humides 129
Figure 48. L'Argens, un fleuve méditerranéen 130
Figure 49. Éléments expliquant les divergences entre la distribution de l'espace humide de référence et les inventaires : A – en raison des données géologiques au niveau de la zone humide "La Resclauve - Vallée du Caramy" (encadré 1 figure 48) ; B – en raison de la présence d'artefacts le long du cours d'eau ; C – en raison des délimitations des inventaires, ensemble appelé « mares temporaires dans la Montagne de Roquebrune » (encadré 2 figure 48) 131
Figure 50. Vue aérienne et vue en coupe de la distribution des inventaires de zones humides et de l'espace identifié à partir des caractéristiques abiotiques dans la vallée de l'Argens entre Le Cannet-des-Maures et Lorgues (encadré 3 sur figure 48) 132
Figure 51. Un partage de l'espace humide de référence entre inventaires de zones humides et des espaces agricoles (localisation : encadré 4 de la figure 48), source de l'inventaire : CEN PACA, 2015 133
Figure 52. Une traduction qui fait naître des questionnements multiples 138
Figure 53. Indicateurs, descripteurs et données utilisés pour la fonction de réduction des pics de crue (les valeurs entre crochets correspondent à leur pondération (Rapinel et al., 2016) 145
Figure 54. Exemples de cartes attendues par l'Agence : à gauche, exemples dans le bassin du Calavon-Coulon ; à droite, exemple dans le bassin du Lez-Mosson-Etangs palavasiens 149
Figure 55. Variabilité de l'intensité des fonctions dans un même territoire selon la définition prise en compte 153
Figure 56. Des fonctions plus ou moins statiques selon les données mobilisées 156
Figure 57. Le chapitre 4, l'itération dans laquelle les prototypes sont à l'étroit 165
Figure 58. Synthèse des prises de contacts avec les acteurs de la gestion des zones humides 170
Figure 59. Présentation du terrain du chapitre 4 171
Figure 60. Une organisation hiérarchique entre le siège de l'Agence, ses délégations et les partenaires locaux 173
Figure 61. Organigramme simplifié de la méthode de l'Agence (Bouscary, 2020) 177
Figure 62. Confrontation de la modélisation de l'espace humide de référence par l'Agence et par le bureau d'études intervenu localement (extrait de Bouscary, 2020) 178

Figure 63. Extrait de l'atlas du SAGE Camargue Gardoise indiquant les zones potentiellement humides (Atlas cartographique du PAGD et du règlement, 2019) 181
Figure 64. Un espace humide de référence correspondant soit aux inventaires, soit aux espaces agricoles 187
Figure 65. Articulation entre les bases de données existantes relatives à l'humidité des espaces 189
Figure 66. Possibilités d'actions selon les espaces considérés 190
Figure 67. Extrait d'une note méthodologique intermédiaire, la fonctionnalité globale correspondant au cumul des fonctions (Symbo, 2022), modifié pour ajouter les trois secteurs identifiés (A, B et C) 194
Figure 68. Recherche de concordance entre données matricielles et vectorielles 206
Figure 69. Exemple de présentation d'une fiche de synthèse lors d'un comité technique. Les fonctions calculées dans l'espace humide de référence sont retranscrites selon le pourcentage de surface qu'elles occupent dans la zone humide potentielle. 207
Figure 70. Coexistence dans le bassin RMC de méthodes de spatialisation des fonctions selon les objectifs et les bases de données à disposition 208
Figure 71. Distance au réseau hydrographique 210
Figure 72. Schéma proposé par un membre de l'Agence pour souligner l'importance de prendre en compte des secteurs à distance du cours d'eau dont l'altitude est peu élevée 211
Figure 73. Distance au réseau hydrographique pondérée par la pente 211
Figure 74. Présence de zones humides et proximité au cours d'eau dans la vallée de l'Imergue, à l'ouest de Gordes 213
Figure 75. Présence de zones humides et proximité du cours d'eau à proximité des Pourquiers, à Gordes (84) 214
Figure 76. Extrait d'un mail avec la photographie l'accompagnant en pièce-jointe 215
Figure 77. Selon le contexte, différents types de cartes (figure extraite de MacEachren, 1994) 226
Figure 78. Succession des étapes d'un PGSZH suggérant une concertation ultérieure au processus cartographique 227
Figure 79. Succession des étapes d'un PGSZH suggérant une concertation en amont du processus cartographique 227
Figure 80. Relations qu'entretiennent les acteurs autour du SIG 229
Figure 81. Le chapitre 5, une dernière itération qui boucle avec la commande opérationnelle initiale 232
Figure 82. Une procédure pour faire dialoguer traitements de données et négociation collective autour de trois ateliers (schéma adapté de Bousquet et al. 2014) 236
Figure 83. Des ateliers rassemblant en majorité des élus des communes bordant le Lac Saint-Point marqués par les dynamiques transfrontalières 237

Figure 84. Le Doubs dans le défilé d'Entreroches, entre Pontarlier et Morteau. Photographie l'Est Républicain, 4 août 2018 238
Figure 85. Schémas théoriques de la circulation de l'eau dans un fond de vallée (A), avec l'espace modélisé à partir de critères géomorphologiques (B) ou avec les zones humides (C) 241
Figure 86. Schéma différenciant les formats vectoriel ou matriciel des fonctions des zones humides 243
Figure 87. Variabilité de l'intensité des fonctions dans un même territoire selon la définition prise en compte 245
Figure 88. Identification des secteurs proches en altitude du réseau hydrographique 246
Figure 89. Milieux humides dans le SRCE Franche-Comté de 2014 251
Figure 90. Extraits de documents graphiques des PLU investigués (les zones humides sont représentées par des tirets bleus à gauche, un quadrillage vert à droite) 251
Figure 91. Schéma explicatif du principe de pondération de l'accumulation de flux 254
Figure 92. Accumulation des flux pondérée par les milieux humides identifiés dans la couche d'information régionale à plusieurs résolutions : 5m (A), 25m (B), 50m (C) 255
Figure 93. Le lac Saint-Point et l'accumulation des flux pondérée par les milieux humides identifiés dans la couche d'information régionale à plusieurs résolutions : 5m (A), 25m (B), 50m (C) 256
Figure 94. Représentation statique du GIF présenté lors du second atelier montrant l'extension de la tache urbaine 258
Figure 95. Caractérisation du relief par rapport aux versants 259
Figure 96. Incidence du paramétrage dans les cartes de positions relatives aux versants 260
Figure 97. Cartes de pentes à trois résolutions 261
Figure 98. Mise en regard de cartes et de photos pour discuter le choix des résolutions 264
Figure 99. Modélisation de la concentration des flux à différentes résolutions spatiales 266
Figure 100. Coexistence des différentes propositions méthodologiques pour la mise en cartes du fonctionnement des zones humides 275
Figure 101. Résumé des mouvements de la thèse, dans lesquels le SIG est utilisé comme outil d'autorité ou de dialogue pour la mise en œuvre d'actions en faveur des zones humides 284

Liste des tableaux

Tableau 1. Livrables attendus par l'Agence 63
Tableau 2. Comparaison de l'incidence de la résolution des données topographiques dans le bassin de la Veyle 114
Tableau 3: Limites subalpin/alpin selon la localisation dans le bassin RMC (extrait de Chambaud et al., 2012). 119
Tableau 4. Matrice de coïncidence pour les 7 sous-bassins versants tests (surface concernée exprimée en km² et en pourcentage du sous-bassin versant) 126
Tableau 5. Pourcentage d'inventaires contenus dans l'espace identifié à partir de l'analyse du relief et de la géologie pour chaque bassin versant 127
Tableau 6. Méthode SIG proposée dans le cadre du SAGE « Gravona, Prunelli, golfes d'Ajaccio et de Lava » (Asconit Consultants et al., 2016) 143
Tableau 7. La méthode développée avec l'Agence en 2018 148
Tableau 8. Caractéristiques des données mobilisées 157
Tableau 9. Matrice des scores possibles selon le niveau des fonctions et des pressions 192
Tableau 10. « Notation globale des fonctions » (extrait tome 4 du PGSZH – Symbo, 2022) 196

Annexes

Annexe 1 : Tableau présentant les différentes écorégions et leur surface par rapport à l'ensemble du bassin Rhône Méditerranée

ID	NOM_ZONE	ETAGE	KM²	Pourcentage du bassin RM	Pourcentage cumulé
8	Plaine de la Saône et de la Bresse	Collinéen	9 063	7,49	7,49
45	Garrigues subcévenoles	Collinéen	6 051	5,00	12,48
61	Plaine alluviale méditerranéenne	Collinéen	5 854	4,83	17,32
11	Rhône amont	Collinéen	5 426	4,48	21,80
35	Plaine alluviale du Rhône et de l'Isère	Collinéen	5 383	4,45	26,24
44	Collines calcaires de Basse Provence	Collinéen	4 940	4,08	30,32
49	Massifs des Alpes internes	Subalpin et Alpin	4 920	4,06	34,39
19	Plaines de l'Aude et de l'Hérault	Collinéen	4 393	3,63	38,02
31	Préalpes du Dauphiné	Montagnard	4 387	3,62	41,64
56	Plateaux haut-Saônois	Collinéen	4 001	3,30	44,94
10	Côtes calcaires Est	Collinéen	3 944	3,26	48,20
29	Préalpes du Sud	Montagnard	3 871	3,20	51,40
58	Plateaux jurassiens	Collinéen	3 449	2,85	54,25
47	Bordure orientale du Massif Central	Collinéen	3 091	2,55	56,80
3	Haute - Chaîne du Jura	Montagnard	2 876	2,37	59,17
57	Bordure dignoise	Collinéen	2 597	2,15	61,32
42	Plateaux surélevés du Jura	Montagnard	2 556	2,11	63,43
18	Collines des Maures et l'Estérel	Collinéen	2 144	1,77	65,20
28	Val de Drôme et autres affluents	Collinéen	2 066	1,71	66,91
6	Dépression périvosgienne	Collinéen	1 936	1,60	68,51
16	Vallées des Basses Cévennes et bordure rhodanienne	Collinéen	1 851	1,53	70,04
15	Basses Cévennes schisteuses	Collinéen	1 834	1,52	71,55
21	Pyrénées orientales	Montagnard	1 792	1,48	73,03
51	Préalpes du Nord	Montagnard	1 727	1,43	74,46
55	Avant-monts du Languedoc	Collinéen	1 649	1,36	75,82
23	Collines et massif du Luberon	Collinéen	1 625	1,34	77,16
7	Collines sous-vosgiennes	Collinéen	1 583	1,31	78,47
25	Plaine littorale méditerranéenne	Collinéen	1 530	1,26	79,73
54	Collines marneuses de Basse Provence	Collinéen	1 498	1,24	80,97
37	Collines calcaires méditerranéennes	Collinéen	1 485	1,23	82,20
32	Préalpes schisteuses	Montagnard	1 477	1,22	83,42
38	Massifs alpins sédimentaires	Subalpin et Alpin	1 402	1,16	84,57
9	Dombes	Collinéen	1 226	1,01	85,59
53	Confluence Vallées Buech et Durance	Collinéen	1 185	0,98	86,57
27	La Narbonnaise	Collinéen	1 167	0,96	87,53
62	Bordure orientale des Pyrénées	Collinéen	1 061	0,88	88,41
41	Massifs Chablais-Aravis	Montagnard	1 058	0,87	89,28
24	Collines pyrénéennes	Collinéen	1 020	0,84	90,12
36	Massif des Ecrins - Mont-Blanc	Subalpin et Alpin	1 009	0,83	90,96
17	Alpes subalpines	Subalpin et Alpin	957	0,79	91,75
12	Monts d'Ardèche et Pilat	Montagnard	878	0,73	92,47
33	Collines de Haute-Saône	Collinéen	870	0,72	93,19
59	Collines molassiques entre Rhône et Isère	Collinéen	859	0,71	93,90
60	Valensole	Collinéen	839	0,69	94,59
30	Massif calcaire du Vercors	Montagnard	817	0,67	95,27

39	Neiges éternelles alpines	Nival	721	0,60	95,86
22	Hautes-Pyrénées orientales	Subalpin et Alpin	530	0,44	96,30
4	Collines belfortaines	Collinéen	474	0,39	96,69
43	Forêts alluviales de Saône	Collinéen	456	0,38	97,07
26	Corbières	Collinéen	429	0,35	97,42
48	Mercantour	Subalpin et Alpin	423	0,35	97,77
14	Mont Lozère et Hautes-Cévennes	Montagnard et Subalpin	369	0,30	98,08
13	Massifs de Caroux et de l'Espinouse	Montagnard	356	0,29	98,37
40	Hautes-Préalpes calcaires	Subalpin et Alpin	308	0,25	98,63
52	Plateaux calcaires de Provence	Montagnard	295	0,24	98,87
20	Montagne noire audoise	Montagnard	290	0,24	99,11
2	Dépôts glaciaires jurassiens	Montagnard	269	0,22	99,33
5	Vosges cristallines	Montagnard	252	0,21	99,54
46	Bassins périphériques du Morvan	Collinéen	178	0,15	99,69
34	Massif du Dévoluy	Subalpin et Alpin	158	0,13	99,82
50	Hauts-plateaux et chaîne du Vercors	Subalpin	133	0,11	99,93
1	Jura subalpin	Subalpin	89	0,07	100,00

Annexe 2 : Éléments clés concernant les sites d'étude sélectionnés

Sous bassin versant du SDAGE 2016	Km²	Ecorégions (ann. 1)	Problématiques spécifiques	Spécificités géographiques	Structures locales, projets initiés sur les territoires et données disponibles
Lez-Mosson-étangs Palavasiens	709	19 45 61 25	Urbanisation (Montpellier et zone littorale) Risques d'inondation (BV + submersion marine)	Petits cours d'eau méditerranéens (permanents et temporaires) et lagunes côtières	SYBLE (Syndicat du Bassin du Lez) Parc Naturel + Conservatoire du littoral Inventaires 2014 EBF porté par le syndicat Stage MNHN concernant les fonctions Travaux TdV 2016/18 sur la cartographie du service écosystémique de régulation des crues (projet SWOS) Projet MedESCWET (Plan Bleu/TdV) sur l'étude du rôle des étangs Palavasiens pour la protection contre les submersions marines
Argens	2730	18 44 54 57	Déséquilibre quantitatif : prélèvements Agriculture Hydro-électricité Urbanisation dans le lit majeur Risques d'inondation	Petits cours d'eau méditerranéens (permanents et temporaires) Petits réservoirs Relief peu élevé Peu de zone littorale	Syndicat Mixte de l'Argens > approche Zone d'Expansion de Crue > lance une stratégie foncière Inventaire zones humides 83 mis à jour en 2017

Guil	728	31 38 49	Enjeu Alimention en Eau Potable Intéressant pour comparer avec les bassins fortement anthropisés car peu d'urbanisation	Contexte de montagne (Alpes) Etages montagnard, subalpin et alpin Multiples petites zones humides	Conservatoire d'Espaces Naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur **Parc Naturel Régional du Queyras** Conservatoire Botanique National Alpin
Calavon (Coulon)	1027	23 29 37 61	Altération de la qualité de l'eau en aval d'Apt (rejets industriels et domestiques) Problèmes quantitatifs : prélèvements agricoles et urbains	Régime torrentiel irrégulier Etages collinéen à montagnard	PNR du Luberon > lance Plan de Gestion Stratégique (PGS) > souhaite homogénéiser les inventaires > Réserves de biosphère sur le Calavon
Affluents moyenne Durance Gapençais	324	31 53 29 +34	Fortes pressions d'urbanisation (Gap) et d'agriculture	Etages collinéen et montagnard + sub-alpin et alpin sur un petit espace	