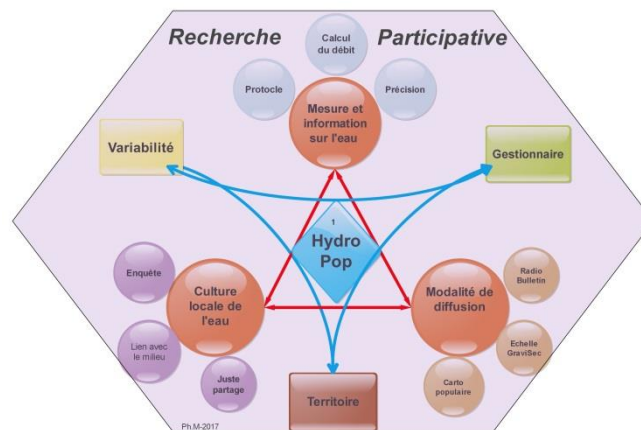




HydroPop-1

De l'hydrologie populaire et participative ?

(2017 – 2018)



Rapport final
Novembre 2019

Responsable scientifique

Philippe MARTIN,

Professeur des universités, Avignon Université

ESPACE UMR 7300, CNRS,

Aix Marseille Université, Université de Nice, Avignon Université

(UMR ESPACE Avignon, 74 rue Louis Pasteur, F-84029 Avignon)



Ont contribué à la rédaction de ce rapport :

Philippe Martin, Avignon Université, ESPACE UMR 7300

Pierre-Alain Ayral, IMT Mines Alès, ESPACE UMR 7300

Patricia Cicille, CNRS, ESPACE UMR 7300

Jean-François Didon-Lescot, CNRS, ESPACE UMR 7300

Annick Douguédroit, Aix Marseille Université, ESPACE UMR 7300

Sophie Sauvagnargues, IMT Mines Alès, ESPACE UMR 7300

Pour citer cette étude

MARTIN PH., AYRAL P-A., CICILLE P., DIDON-LESCOT J-F., DOUGUÉDROIT A., SAUVAGNARGUES S., 2019, «HydroPop : De l'hydrologie populaire et participative ? », ZABR, Agence de l'eau, action B28, rapport final, 152 p. <http://www.graie.org/zabr/index.htm>

Ont également contribué à cette étude :

Sylvie Morardet, Irstea, G-Eau

Saliou Kamara, chercheur associé ESPACE UMR 7300

Ingrid Canovas, post-doctorante, IMT Mines Alès

Nadine Grard, Inra, ESPACE UMR 7300

Jean-Marc Domergue, Inra, ESPACE UMR 7300

Christian Lopez, IMT Mines Alès

Nathalie Brachet, CNRS, ESPACE UMR 7300

Mathieu Coulon, CNRS, ESPACE UMR 7300

Alexia Bouffel, Avignon Université, ESPACE UMR 7300

Alice Brasquies, stagiaire, IUT d'Avignon, département STID

Anaïs Bavarot, stagiaire, Université Grenoble Alpes, master GÉOÏDES

Klervi Barré-Valtaer, stagiaire, Université Grenoble Alpes, master GÉOÏDES

Sarah Hassini, stagiaire, IEP Toulouse, master Risques, Science, Environnement et Santé

Billy Pottier, stagiaire, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, ENSG, Master Carthagéo

Stanislas Mvoula-Ntsoumou, stagiaire, Université de Strasbourg, master Observation de la Terre et Géomatique



Table des matières

1	Introduction (Ph.M).....	7
1.1	Rapports changeants à la nature	8
1.1.1	Pressions anthropiques variables	9
1.1.2	Rapports à la nature et niveau de vie	9
1.2	Réarticuler le monde sur la base des lieux	10
1.2.1	Des trajectoires écologiquement et socialement performatives.....	11
1.2.2	Place du savoir et du sachant.....	12
1.3	Contexte d'une analyse convergente des acteurs	13
1.3.1	Capacité d'établir une mesure du phénomène : la plateforme expérimentale d'ESPACE : PlaTex-ESPACE	14
1.3.2	Impluviosité et climat méditerranéen	15
1.3.3	De la construction de l'aridité	15
1.3.4	La sécheresse : un construit sociétal.....	16
1.4	Historicité et géographie du phénomène	16
1.4.1	Évolution historique	17
1.4.2	Dialectique des causes de la tension.....	18
1.4.3	Géographie de la sécheresse	19
1.5	Dimension esthétique de la sécheresse.....	20
1.5.1	Ce qui est sec est généralement mort.....	21
1.5.2	Abandon de la microhydraulique ancestrale.....	21
1.6	Trame du projet	22
1.6.1	Contexte géographique et sociétal de l'étude	23
1.6.2	Bilan hydrologique et bon état écologique de la Zone Critique	24
1.6.3	Ressources et besoins en eau.....	25
1.6.4	Adossement et déclinaison du programme HydroPop.....	26
1.6.5	Comment mieux partager l'eau	28
1.6.6	Produire une science impliquée.....	29
1.6.7	Un réseau dense de stations hydrométriques de basses eaux.....	30
1.6.8	Quelle culture locale de l'eau ? Quels savoirs vernaculaires ?	30
2	De l'hydrologie populaire et participative (Ph.M)	33
2.1	Hydrologie populaire.....	33
2.1.1	Espaces « ruraux » périphériques.....	34
2.1.2	Gestion commune des biens communs.....	35
2.1.3	Logo, label et autres visuels	35
2.2	Hydrologie participative	37

2.2.1	Étymologie	37
2.2.2	Structuration d'une recherche participative.....	38
2.2.3	Enceinte pour discuter les problématiques qui remontent du terrain.....	39
2.2.4	Savoirs et équité.....	39
2.2.5	Intervenants et déterminants dans une recherche participative	40
2.2.6	Qu'est-ce qui est demandé aux populations qu'est-ce qui est attendu par les populations ?	42
3	Acquisition de l'information hydrologique (PhM, JFDL).....	45
3.1	Contexte hydroclimatique général.....	46
3.2	Caractéristiques des stations temporaires d'étiage	49
3.2.1	Localisation des stations.....	49
3.2.2	Morphologie des stations.....	51
3.2.3	Type de matériel	51
3.2.4	Résolution, précision et représentativité de la mesure.....	54
3.3	Fonctionnement du réseau de mesure.....	55
3.3.1	Tournées	56
3.3.2	Perturbation de la mesure (barrage, panne)	57
3.3.3	Les jaugeages et les courbes de tarage	58
3.4	Modalités de calculs	61
3.4.1	Automatisation de certaines tâches.....	61
3.4.2	Calcul de la hauteur d'eau chaque 5 mn à partir de la relation $H_{lu} = f$ (charge hydraulique de la sonde).....	62
3.4.3	Correction de la hauteur en fonction de perturbations diverses (barrage)	62
3.4.4	Transformation des hauteurs d'eau en débit à haute résolution.....	63
3.4.5	Détermination des débits moyens journaliers et hydrogrammes comparatifs	64
3.5	Principe et description des échelles GraviSec	67
3.5.1	Comment rendre compte in situ de l'état hydrologique d'un tronçon de rivière ?	67
3.5.2	Méthodologie statistique, calcul des seuils des échelles GraviSec.....	69
3.5.3	Définition statistique des seuils et problème de la temporalité.....	70
3.5.4	Structure de ces relations	71
3.5.5	Mise en œuvre	73
3.5.6	Matérialité des échelles, aspects techniques et design.....	73
3.5.7	Installation et gestion des échelles GraviSec.....	75
4	Diffusion rapide des informations (Ph.M., JFDL).....	77
4.1	Diffusion générale d'information	77
4.1.1	Fiches hydrologiques.....	77
4.1.2	Bulletin de l'eau radiodiffusé	78
4.1.3	Les conférences, prises de parole et articles de vulgarisation	80

4.2	Diffusion d'information in situ.....	81
4.2.1	Document d'information générale.....	81
4.2.2	Flyer des échelles GraviSec.....	82
4.2.3	Les actions « externes »	84
5	Perceptions des rivières et des ressources en eau (PC)	87
5.1	Méthodologie.....	87
5.1.1	Les objectifs des enquêtes	87
5.1.2	Les modalités de l'enquête 2017	87
5.1.3	Le questionnaire 2017	90
5.1.4	Les méthodes de traitement des données.....	94
5.2	Le profil des répondants	96
5.2.1	Les principales caractéristiques de la population enquêtée en 2017.....	96
5.2.2	Les variables sociologiques	96
5.2.3	Les variables spatiales	97
5.2.4	Les types de populations.....	99
5.3	Les rivières cévenoles en été	101
5.4	Le cycle de l'eau.....	104
5.5	La gestion de l'eau en été	108
5.5.1	Les seuils de vigilance d'alerte et de crise.....	108
5.5.2	Les restrictions des usages de l'eau en cas de sécheresse.....	109
5.6	La compréhension du vocabulaire hydrologique.....	110
5.7	Intérêt des populations.....	112
5.7.1	Les rivières cévenoles, un cadre de vie	112
5.7.2	Un intérêt certain pour la ressource en eau.....	115
5.7.3	Quatre thématiques liées à la ressource en eau.....	117
5.7.4	Une temporalité omniprésente.....	120
5.8	Réception de la démarche par les populations.....	121
5.8.1	L'intérêt pour le programme HydroPop	121
5.8.2	Des perceptions diverses de l'objectif.....	121
5.8.3	De l'utilité des données recueillies	122
5.9	L'intérêt pour la démarche	123
5.9.1	Les échelles Gravisec, un outil performant à améliorer	123
5.9.2	La plateforme collaborative.....	124
5.9.3	Les pêcheurs, déjà des observateurs	125
6	Plateforme cartographique et participative (PAA - SS)	127
6.1	Rappel des objectifs du volet participatif	127
6.2	Méthodologie.....	128

6.2.1	Organiser la participation	128
6.2.2	Susciter la participation	132
6.2.3	Recueillir la participation	132
6.3	Résultats lors de l'été 2018.....	136
6.3.1	Les données des chercheurs.....	136
6.3.2	Le volontaire lecteur.....	137
6.3.3	Le volontaire observateur	137
6.3.4	Le volontaire expert.....	138
6.4	Les limites et perspectives.....	138
7	Conclusions (Ph.M).....	141
7.1	Retour d'expérience.....	142
7.2	Vers HydroPop-2.....	145
8	Publications et communications.....	148
8.1	Jeux de données.....	148
8.2	Articles	148
8.3	Mémoires d'étudiants	148
8.4	Communications.....	149
8.5	Plateforme cartographique.....	149
9	Bibliographie	151

1 Introduction (Ph.M)

L'importance des ressources en eau disponibles dans les années et décennies à venir est une question qui préoccupe de plus en plus les autorités françaises et les gestionnaires ([http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Catégorie:Ressources en eau](http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Catégorie:Ressources_en_eau)). Différents éléments, dont le changement climatique, mais aussi les modes de vie et le développement de la population se traduisent (et se traduiront) par une variation des ressources disponibles. Les Agences de bassin, en particulier l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse identifie déjà bien des bassins où s'exerce une pression trop forte sur la ressource.

La question de la sécheresse qui est définie par une tension entre l'offre du milieu et la demande de la société compte tenu des besoins du milieu, est, et devrait devenir de plus en plus importante. Il s'agit donc de savoir comment gérer le rapport entre une demande qui devrait croître, quels que soient les usages, en fonction de volumes qui pourraient diminuer, ou peut-être ne pas être disponibles au bon moment. Au-delà des solutions techniques qui permettent de réduire les tensions, il faut bien admettre, et ce sera notre hypothèse centrale, qu'un ajustement durable de la demande à l'offre nécessitera des adaptations auxquelles la population devra souscrire et auxquelles elle devra participer. Ces évolutions devront en outre être politiquement et économiquement possibles.

La question de la sécheresse a donc une dimension populaire qu'il faut prendre en considération, qu'il faut essayer de penser voire de conceptualiser. Pour être cohérent avec cette dimension populaire, lors de cet effort épistémologique et technique, il doit donc être fait appel à la population, à sa participation, dans la recherche d'une solution optimale, ou du moins dans la définition de la moins mauvaise possible, pour chaque territoire. Il s'agit donc bien de conjointre une dimension technique, hydrologique et une dimension sociétale relevant des sciences de l'homme et de la société pour chaque territoire porteur d'un risque de tension autour de la ressource en eau.

Pour avancer dans cette voie nous avons choisi de nous pencher sur la question des ressources en eau en Cévennes qui est une région à la trajectoire spécifique comme nous le verrons ci-dessous, mais où se développe une activité touristique qui contribue à générer des tensions récurrentes, mais spatialement plutôt spécifiques (tête de bassin...). En raison de leurs caractéristiques assez particulières (relief de montagne, climat méditerranéen, zone de socle, occupation humaine ancienne, pérenne et temporaire...) elles peuvent être considérées comme un espace modèle pour au moins poser les problèmes. Ceci est en outre permis par l'existence, depuis près de quarante ans, de mesures hydrologiques depuis les croupes du mont Lozère jusqu'aux basses collines de la région alésienne. De plus une réflexion et une collaboration engagées depuis des années avec les syndicats de bassin confèrent à cette dynamique un gage certain de réussite.

Si un acquiescement, voire une participation de la population à cette transformation sont requis, cela présuppose que celle-ci soit informée le plus possible de la situation et, au mieux, accepte de participer à la définition de bonnes solutions, de bonnes pratiques. Il faut donc construire un corpus hydrologique qui soit partagé. Ceci ne pourra se faire sans solliciter des structures anthropologiques profondes qui d'une façon générale organisent localement les rapports à la nature.

La question de la sécheresse s'insère donc dans un problème plus vaste qui est celui des rapports de l'homme à la nature, de sa position, séparée ou incluse dans la nature et, au-delà, de ce que représente la nature pour l'humanité. C'est, par exemple, tout le problème des prélèvements sans qu'ils ne soient des prédateurs, mais aussi des rejets sans qu'ils ne soient des pollutions, c'est-à-dire un viol de la nature. La position du curseur entre ces deux situations extrêmes est donc essentielle et politique, tout comme l'est la conception des populations sur ce qu'il est acceptable de faire avec la nature. Les débats actuels sur le bien-être animal montrent que les curseurs bougent.

Il est toutefois impossible, sauf à faire un travail trop technique, désincarné, déhistoricisé..., de ne pas s'interroger sur ce que sont ces populations (autochtones pour partie, mais aussi déterminantes par les ordres, les impulsions en particulier politiques qu'elles donnent sans être du

« pays »), sur les arrière-plans sociologiques, économiques... comme sur les structures anthropologiques qui déterminent les comportements, les choix, les aspirations.

Ce sujet est certes immense et nous n'avons pas la possibilité ici, ni d'ailleurs l'intention de l'aborder dans toutes ses dimensions et conséquences. Toutefois, il nous semble important, si ce n'est de l'éclairer, du moins de donner des éléments de réflexion qui montrent que cet arrière-plan doit être analysé avec soin tellement il est complexe et déterminant.

Dans la mesure où nous choisissons de rompre avec la position *ex cathedra* du scientifique et que nous assumons le fait que la population (locale et influente) a un rôle à jouer, il convient de balayer à grands traits quelques thématiques qui sous-tendent cette posture. La science impliquée, participative, populaire, les démarches action... sont ainsi très complexes dans la mesure où elles nécessitent de s'inscrire dans plusieurs champs à la fois, champs qui doivent en outre être conjugués.

1.1 Rapports changeants à la nature

Si l'on conçoit cette question sur le temps long, il faut rappeler qu'en Occident, dans l'Antiquité, se forge une société polythéiste (animisme...) où, à l'échelle humaine, pour des raisons évidentes de sécurité, de survie, etc. c'est le groupe, la tribu, le clan... qui domine l'individu, et c'est le groupe, la tribu, ou le clan qui règle les rapports à la nature, à la Terre. Ceci est d'ailleurs très général encore aujourd'hui dans presque toutes les sociétés premières, pour ne pas dire primitives (Callicott J. B., 2011).

La période qui s'ouvre avec la mort du Christ verra s'établir un nouveau schéma qui articulera le paradis et le niveau terrestre et qui permettra d'abord le divorce progressif de l'individu et du groupe, initiant ainsi la naissance de l'individualisme, lequel atteint un niveau sans précédent avec la Révolution industrielle, la Révolution française et la promulgation des Droits de l'Homme.

Cette séparation en autorisera une autre qui est celle de l'homme et de la nature, là aussi à partir de conceptions largement françaises (cartésianisme) qui assimilent la nature à une machine. La science mathématisée permettra en outre de mettre en œuvre une exploitation plus complète de la nature rendue possible par sa désacralisation.

Cette exploitation se fera aussi en fonction des réflexions de John Locke (1632-1704) qui définira, à partir de la production accrue réalisée grâce à la productivité d'un agriculteur sur une parcelle de terrain, en raison de son apport personnel de travail, la propriété privée, dont le propriétaire peut tirer un usufruit, mais qu'il peut aussi bien détruire (cf. l'agriculture « minière ») ou vendre en cédant ses droits appuyés sur un « cadastre » dont la logique remonte à la romanité (centuriation...). C'est donc cet acteur paysan, propriétaire du sol qui individuellement va définir pratiquement en Occident les rapports à la nature et les modalités de son exploitation sur fond de progrès techniques.

Or cet acteur voit ses effectifs, sa position sociale et économique, et sa capacité politique se dégrader profondément depuis des dizaines d'années. L'une des conséquences de cette évolution anthropologique majeure est que la pensée des rapports à la nature s'est déplacée d'une population qui avait une fréquentation continue et une pratique journalière de la nature vue à la fois comme un potentiel de production et un risque, un problème, à une population qui tire très peu sa subsistance directement de la nature et qui vit généralement en milieu urbain où les risques naturels sont limités et contrôlés, mais où se déploie une nature artificialisée, des jardinières de bords de fenêtre aux parcs stéréotypés. Ce n'est que lors de la migration saisonnière des vacances d'été pour l'essentiel que le Français du XXI^e siècle reprend contact avec une nature plus sauvage, plus authentique sur ses lieux de villégiature, mais dont il a une image particulière, une conception liée à son état, à ses fonctions. Ce sont ces populations que pour partie nous retrouvons en Cévennes.

1.1.1 Pressions anthropiques variables

Comme le montrent différents exemples ethnographiques (Callicott J.B., 2011) ainsi que le niveau actuel des productions agricoles, l'introduction de l'agriculture, donc la recherche d'une productivité plus importante, est allée de pair avec l'augmentation localement de la densité humaine, et dans une certaine mesure avec des solutions culturelles visant à limiter au moins les densités locales (exode rural...) et parfois le développement des populations (célibat...), ce qui évitait, en partie, de subir des famines et/ou d'avoir à conquérir d'autres terres.

Toutefois, un tel système déployé en fonction d'un flux constant d'énergie renouvelable assez faible pouvait, s'il était mal « réglé » culturellement, mettre à mal la nature locale, voire conduire à un effondrement de la société (Diamond J., 2006) en raison d'une surexploitation qui dépassait, pour un niveau technique particulier, les possibilités du milieu naturel disponible.

Sans en être arrivé à la situation de l'Île de Pâques, il faut convenir que la France d'Ancien Régime, du XVII^e siècle en particulier, tend vers un tel état comme le montre l'étendue restant alors de ses forêts, et les remarques portées dans les Cahiers de doléances de 1789.

En Cévennes, l'importance des faïsses (des terrasses de culture) tout comme celle d'une micro hydraulique (béal...) encore bien visible montrent à quel point ce territoire, ces terroirs, ont pu être exploités ; la végétation arborée (en dehors des arbres de rapports : châtaigniers...) étant alors particulièrement réduite. Dans de tels systèmes à faible énergie, l'exploitation de la nature est d'autant plus forte que les capacités de travail humain sont importantes. Mais quand il s'agit de survie, on peut imaginer que la protection de la nature est envisagée de façon particulière au travers d'une tension forte entre la nécessité d'une production immédiate et celle d'une « préservation » de productions à venir. Les rapports à la nature, à l'eau — trop présente ou trop rare — s'inscrivent dans ces cadres spécifiques contraints par la technique.

L'introduction des énergies fossiles (et leurs corollaires : carbochimie...), et, en France particulièrement lors de la Révolution, le passage d'une propriété seigneuriale à une propriété citoyenne par le truchement de la phase d'hyperinflation générée par les assignats gagés sur les biens confisqués de l'Église et des Aristocrates, va conduire à une riche paysannerie. Celle-ci poussera l'exploitation de la nature à des niveaux inconnus, avant que l'exode rural et l'importation massive de produits alimentaires après la Seconde Guerre mondiale, déterminant une baisse tendancielle des prix agricoles en monnaie constante, ne viennent provoquer une relaxation de la pression exercée globalement sur la nature, du moins en particulier dans les secteurs les moins productifs comme les Cévennes. Celles-ci se vident de leur population et leurs terroirs retournent en masse à un état climacique, même là où des restaurations avaient été pratiquées (plantations de pins noirs d'Autriche sous le Second Empire, etc.).

Ainsi la population sera maximale en Cévennes entre 1850 et 1860, après un doublement entre 1750 et 1850, ce qui la porte à 40 h/km². En 1968 il ne restera plus que 30 % de cette population qui aura chuté de 3 % par an entre 1890 et 1914 ; la Première Guerre mondiale constituant en outre une césure majeure en raison des pertes massives d'hommes jeunes et de la chute du taux de reproduction durant les combats (Gautier D, 1996, p.286 et suivantes).

1.1.2 Rapports à la nature et niveau de vie

Cela étant une forte élévation du niveau de vie a résulté de tous ces changements anthropologiques, et c'est tout le problème, car personne ne veut aujourd'hui et ne peut politiquement revenir au niveau anté d'organisation et de vie tel qu'il a pu être observé avant la Révolution industrielle et depuis dans les populations dites anciennement sous-développées. Cette situation correspond donc à un ensemble de contraintes sociopolitiques dont il faut tenir compte.

Cette conception occidentale de la séparation de l'homme et de la nature qui remonte pour partie à l'Antiquité grecque a certes de très bons côtés, mais aussi de très problématiques que l'on désigne sous les appellations diverses de pollution, d'atteinte à la nature, de perte de la biodiversité... ; ces atteintes ayant, par rapport aux pressions historiquement exercées, changé, plus de nature, en raison de l'introduction, pour accroître la production, de toute une série de substances (chimique en particulier) ou de techniques (mécanisation...), que localement d'intensité.

La situation cévenole est de ce point de vue largement en opposition de phase avec d'autres territoires en raison de la relaxation observée, du retour de la méga faune (sanglier, cervidé...) et globalement en raison d'une amélioration sensible de la qualité paysagère de ces vallées (remontée biologique, reforestation, amélioration de l'état des cours d'eau...). De même l'agriculture y est devenue relictuelle et largement tournée vers des produits de terroirs à haute valeur ajoutée et gustative (oignons doux, fromages de chèvre...). Si on ajoute à cela la quasi-fermeture de toutes les activités minières (métaux, charbon...) et industrielles (métallurgie, tissage...), nous sommes face à un territoire spécifique, mais qui est peut-être structurellement assez comparable à toutes les aires définies comme périphériques à des métropoles (Guilluy Ch., 2015). En cela les Cévennes pourraient être un modèle un peu en avance sur son temps.

Cela étant, depuis quelques dizaines d'années, avec des différences locales et saisonnières, on observe une petite augmentation de la population, qui, en particulier l'été, commence à peser sur ce milieu fragile (Cabanel P., 2014). Les premiers signes de cette tension renaissante apparaissant dans la gestion de l'eau (AEP, eau ludique, agricole...), laquelle doit se conformer à la législation européenne traduite en droit français (volumes prélevables... ; cf. <https://www.eaufrance.fr/les-principaux-textes-en-vigueur>).

Plus largement, comment dès lors sortir de cette aporie qui articule un niveau de vie qui ne pourrait être abandonné que sous la contrainte (effondrement économique toujours possible, mais évidemment non souhaitable) et le souhait de préserver la nature dans un moment où l'individualisme est fort et où l'on voit renaître secondairement des groupes, des communautés, des clans, etc. (Maffesoli M., 2017) peu en phase avec les questions de préservation de la nature ? Par où donc commencer, et comment aborder un tel problème, essentiellement anthropologique, de cohabitation avec (dans) la nature ? Avec l'écologie profonde (*deep ecology*) A. Næss (1989, 1996) a ouvert une voie de réflexion sur ces questions.

Rappelons que dans un balancement historique, « Dionisos, Dieu “chthonien”, autochtone, c'est-à-dire habitant cette terre-ci ne manque pas de succéder à Prométhée, figure emblématique du mythe du Progrès ; progressisme toujours en attente d'un monde *à venir*. Le progressisme, suite logique du messianisme sémitique, tend à considérer le monde comme un “objet” que le “sujet” humain doit dominer. [...] Certes, le monde est désaxé. [Mais] n'est-ce point ce qui arrive à chaque fin de civilisation ? » s'interroge M. Maffesoli (2017, p.12-13).

Pourrait ainsi émerger à la suite de cette oscillation une sensibilité écosophique, une éthique de l'environnement qui ne conduirait plus à la prétention de dominer la nature, mais qui induirait de la suivre, de la comprendre autrement pour, en utilisant sa force, porter plus loin ou au moins aussi loin, mais en l'abîmant bien moins (voire plus du tout), les biens faits dont elle nous gratifie. Tel est au fond le challenge essentiel qu'il est possible de poser, d'aborder expérimentalement au travers de la question de la sécheresse.

1.2 Réarticuler le monde sur la base des lieux

Dès lors, il faut tisser, ou retisser des liens avec la nature, et si la géographie est la science des lieux (Vidal de la Blache P., 1913), on oublie trop souvent que le lieu fait lien, que le milieu local est aussi un tissu constitué de l'entremêlement de liens qui en font sa richesse et sa résilience. « Le lieu est

un creuset, un abri duquel naît, s'élabore, se conforte la vie personnelle et communautaire » note aussi M. Maffesoli (2017, p.168-169).

Il s'agit donc d'une certaine façon de revenir à la réalité, à la matérialité de l'expérience vécue, à un rapport esthétique dans un cadre rationnel qui associe une dimension analytique (scientifique) à des perceptions, à des conceptions, à des préjugés peut être à reforcer au sein d'une communauté, d'un groupe habitant ici une vallée, là un piémont. Il s'agit donc aussi de penser et de développer une morale des racines, une éthique qui cimente la vie locale, commune.

Il convient ainsi de faire sentir, de faire partager, fût-ce à partir d'idées simples, que nous ne pouvons plus être trop prédateurs ! Que nous devons renoncer à être « comme maître et possesseur de la nature », c'est-à-dire en fait à être Dieu ! Et avec Spinoza il faut (re) concevoir que s'il y a quelque chose d'infini, d'incommensurable, peut-être de radicalement au fond totalement incompréhensible, c'est bien la nature à l'intérieur de laquelle, et issue de laquelle, l'humanité se trouve. Il s'agirait donc de retrouver une osmose avec le monde, à toutes les échelles et particulièrement à l'échelle locale.

1.2.1 Des trajectoires écologiquement et socialement performatives

L'une des pistes à envisager est d'essayer de définir localement, là où la population vit, des trajectoires pour leur milieu qui soient socialement et écologiquement responsables, c'est-à-dire fondées sur une réarticulation de la personne et du groupe et de ces derniers avec la nature. Ces trajectoires dans certains cas peuvent s'initier loin de la situation souhaitable (stationnaire ?) à atteindre et donc s'envisager sur le temps long, et sans nécessairement déployer des moyens lourds de requalification des territoires, mais en utilisant la force vitale de la nature, comme nous le montre le développement actuel du couvert végétal en Cévennes.

Mais pour que cela ait une possibilité de succès, il faut pouvoir « embarquer » les individus et le ou les groupes dans une démarche de reconsidération des rapports de l'homme et de la nature, sans perdre de vue les dimensions économiques. Il faut dépasser l'individualisme et le progressisme qui fondent une logique de domination laquelle aboutit à une logique de dévastation, pour aller vers une réarticulation des trois échelles majeures des milieux comme creuset de vies, à savoir l'échelle individuelle, celle plus petite de la communauté locale et celle encore plus petite de la nature.

Comme cela peut difficilement se faire initialement sur toutes les thématiques possibles, il devient nécessaire d'en choisir au moins une qui soit emblématique et très sensible. Notre position est de partir de la question de l'eau, eau indispensable à la vie, eau présente dans toutes les cultures et les religions ; eau qui intervient dans de très nombreux moments de la vie soit comme facteur de production, soit comme élément de jeu, soit comme dimension fondatrice de la vie.

Dans cette perspective la phase qui permet cette réflexion n'est pas celle où l'eau est trop abondante et presque uniquement destructrice (la crue, éclair en Cévennes), mais celle où l'eau est rare, où la tension entre les besoins humains et l'offre du milieu s'accroît. Dans cette situation, estivale en zone méditerranéenne, il y a là métaphoriquement comme une marche au désert, une exposition progressive des communautés à un stress qui peut, qui doit, conduire à une réflexion, à des prises de décision et à des actions.

Dès lors, il faut certes quantifier cet état d'aridité croissante en partie fondée sur une impluviosité (l'absence de pluie), mais il faut aussi et surtout réassocier la population, les personnes, les élus, les acteurs des territoires, etc. à la démarche. C'est l'enjeu du « participatif » qui se propose de dépasser la logique client-serveur (le consommateur d'eau potable vs les services distributeurs de l'eau par exemple) pour aller vers un nouveau rapport entre l'individu et son groupe (socioprofessionnel, politique, territorial, etc.) et la nature. Chacun est alors appelé à participer à la construction des connaissances sur le problème de la sécheresse avant de devoir délibérer sur les solutions possibles.

D'une certaine façon en donnant de l'information au travers de conférences, de points radio, en proposant l'échange et le débat systématique, en cherchant à associer la population par une démarche participative, etc. nous essayons de reconstruire, en nous fondant sur une thématique spécifique, un nouveau rapport à la nature qui soit populaire, partagé par la population, car il ne semble pas possible de pouvoir dessiner et de faire suivre à des milieux des trajectoires vers des états bien plus satisfaisants sans que cela soit porté par une population qui aurait bien compris tous les intérêts qu'elle pourrait, qu'elle pourra, tirer d'une telle évolution.

1.2.2 Place du savoir et du sachant

Cela étant il y a à l'évidence un problème de position du « sachant », de celui qui possède une connaissance particulière, technique, universitaire ou de chercheur. Comment soutenir la nature dans les vallées cévenoles tout en soutenant les communautés qui y vivent quand on est un « sachant » telle est la première question que l'on doit se poser ? Quelles positions ou postures doivent être adoptées pour une efficacité maximale ?

La première idée est qu'une nature de qualité sera une aide, soutiendra les communautés locales et qu'en retour ces communautés locales devraient, pour leur propre avenir, favoriser une nature de qualité, des milieux riches et variés, etc. En d'autres termes, il faut faire confiance aux populations locales, à leur capacité d'évaluer les situations et de choisir des options globalement satisfaisantes. Comment aider à cela ? Comment dans certains cas initier de telles évolutions, dans d'autres simplement les suivre ?

De dessus ou du dehors cela devient impossible, car l'écoute du « sachant », par la population, est devenue aujourd'hui fort distraite. On ne voit dans les grandes messes écologiques, dans les ateliers divers et variés, dans les conférences thématiques que des personnes cultivées, appartenant à la *silver* génération, et venant en apprendre un peu plus lors d'un moment intellectuellement gratifiant. Si nous ne pouvons plus être au-dessus ou en dehors, il faut donc être dedans, dans la communauté, dans la nature et avoir une légitimité à cet entrisme.

Les acteurs fondamentaux sont alors pour l'essentiel les citoyens qui ont souvent bien d'autres problèmes que ceux liés à l'état de la nature à affronter et les élus locaux, pleins de bonne volonté, mais très réalistes sur ce qui peut être fait et ce qui peut être accepté, tout comme les professionnels de la gestion des territoires. Le scientifique dans ce cadre n'est qu'une ressource, pas un prescripteur et encore moins un instructeur. Il peut, il se doit d'accompagner, pas d'évangéliser ! Il peut être là en amorçage, en catalyseur, mais la dynamique doit pouvoir être populaire. Toute la question est qu'elle le soit pour toute une série de raisons : richesse des solutions, acceptabilité, performativité, portabilité...

Il faut donc arriver à passer du participatif à la trajectoire autogérée d'un milieu, d'une vallée, d'un canton, etc. fusse pour espérer retrouver la « sauvagitude », recevoir un label de rivière sauvage comme le Galeizon, affluent du Gardon d'Alès, lui encore dégradé. Cela nécessite bien évidemment que les assemblées locales aient une capacité de décision sans laquelle la participation populaire est vaine. Mais cela implique aussi que le gestionnaire de terrain et que la déclinaison locale du pouvoir politique national accepte une diversité de postures et une construction sur le temps long de solutions adaptées à chacun des territoires. Tout cela conduit à la nécessité d'une décentralisation forte et à une prise de responsabilité locale par les acteurs du territoire.

On voit dès lors que le challenge est immense et qu'il n'est pas particulièrement technique, mais largement anthropologique, territorial, sociétal, politique et fondamentalement structurel. Ce sont nos structures anthropologiques issues des Lumières et de la Modernité triomphante qu'il faut réinterroger pour essayer de mettre sur pied un nouveau rapport qui devra être organiciste entre l'homme et la nature. La survie de l'humanité semble à ce prix (?). Ce modeste travail HydroPop sera peut-être un tout petit pas en ce sens.

1.3 Contexte d'une analyse convergente des acteurs

La Zone Atelier Bassin du Rhône a créé en 2015 un site atelier dit Rivières cévenoles (SA_RivCev) qui couvre les bassins de l'Ardèche, de la Cèze et du Gardon. Plusieurs séminaires, alors tenus avec les gestionnaires de bassin (Ardèche claire, AB-Cèze et l'EPTB Gardons – ex SMAGE des Gardons), ont dégagé un consensus autour de la problématique suivante : différentes évolutions naturelles et anthropiques, dont les soldes migratoires et naturels, mais aussi le changement climatique, font apparaître, et/ou pourraient faire apparaître de plus en plus, une tension sur la ressource en eau dans ces bassins, laquelle doit être partagée entre les usages purement anthropiques et les besoins de la nature afin qu'elle se maintienne, autant que possible, dans un bon état écologique nécessaire à une pérennité des établissements humains sur le temps long (Souque B., 2016).

Cette question relevant des sciences de la Terre, mais aussi des sciences de l'homme et de la société, se double d'une dimension réglementaire impérative qui conduit à des plans de gestion de la ressource en eau (PGRE), en particulier durant les périodes de faibles précipitations.

Cette volonté politique, pour pouvoir être acceptable et acceptée par les populations, doit être fondée scientifiquement, donc s'appuyer sur une évaluation aussi correcte que possible des disponibilités en eau au regard des besoins des populations, mais elle doit aussi, dans la mesure où la ressource en eau est rare en certains secteurs en période de faibles précipitations, viser à une participation de la population à la gestion de la ressource, afin d'obtenir d'elle de bonnes pratiques, en particulier un usage à bon escient des ressources hydriques.

Pour atteindre de tels objectifs, notre idée est de nous appuyer sur trois considérations :

1. la science proposée aux gestionnaires et, de façon plus générale, à la population doit être une science impliquée (Coutellec L., 2015) qui se différencie d'approches plus classiques dans lesquelles le scientifique est en position de surplomb et est assez peu immergé dans les sociétés locales ;
2. les informations collectées, mises sous une forme accessible, compréhensible autant que possible par tous et toutes, doivent être données à la population aussi rapidement que possible, par exemple chaque semaine ; celle-ci peut donc être informée (au mieux année après année), et suivre l'évolution des situations — variables selon les sous-bassins — et commencer à réfléchir aux différents problèmes ; se pose alors la question du niveau de connaissance et de l'intérêt que la population a pour ces questions de ressources en eau, niveau et intérêt qu'il faut évaluer et au mieux faire progresser ; cela peut se faire au travers d'une enquête qui se fonde sur *n* dialogues et focalisations ;
3. la population, ou plus particulièrement la partie qui souhaite être plus active au regard du problème, doit pouvoir être associée à la recherche tant dans le cadre de retours que certaines personnes pourraient faire lors de conférences, de rencontres, etc. que dans le cadre d'une participation à l'acquisition de données par des mesures et/ou des observations (observateurs bénévoles occasionnels – OBO) ; l'équipe du programme n'étant pas assez nombreuse pour couvrir l'ensemble du territoire pris comme sujet d'étude ces apports sont des plus utiles. Une fois impliquée, « embarquée », la population, et plus particulièrement les participants au programme, pourraient progressivement définir de bonnes pratiques et peser au travers par exemple des Conseils municipaux ou territoriaux sur les décisions à prendre.

Pour partie, ces réflexions ont émergé dans un travail de thèse entre 2012 et 2016 porté par l'UMR ESPACE – Avignon Université et l'IMT Mines Alès qui avaient préalablement identifié un problème de ressources en eau, ce qui a donné lieu à la recherche d'un financement auprès du Ministère de la Recherche (bourse ministérielle), sur la criticité des basses eaux (Canovas I, 2016 ; Codirection Ph. Martin — S. Sauvagnargues ; Canovas I. et al, 2016).

Ces problématiques sont aujourd'hui reprises (en 2019) par le Conseil départemental du Gard qui a lancé une étude sur ces questions à l'échelle du département. Celle-ci fait suite à une étude sur

les ressources en eau du karst hettangien de la région d'Alès et du karst urgonien du nord de Nîmes portée par l'EPTB Gardons, étude à laquelle l'UMR ESPACE – Avignon Université a apporté son concours (mesures de débits, participations aux CoPil...).

1.3.1 Capacité d'établir une mesure du phénomène : la plateforme expérimentale d'ESPACE : PlaTex-ESPACE

L'UMR ESPACE – Avignon Université dispose d'une antenne de terrain à Saint-Christol-lès-Alès qui réalise depuis des dizaines d'années (les premiers travaux remontent à 1981) des mesures hydrologiques depuis le sommet du mont Lozère jusqu'au piémont carbonaté des garrigues de Nîmes.

Pour cela elle dispose de stations intégrées dans l'OHM-CV (l'Observatoire Hydrométéorologique Méditerranéen Cévennes-Vivarais) lui-même partie prenante de l'infrastructure de recherche OZCAR (Observatoires de la Zone Critique : Applications et Recherche).

L'UMR est aussi coanimatrice du Site Atelier Rivières cévenoles (SA_RivCev ; Ph. Martin coanimateur) elle se trouve en capacité, de fournir d'une part une évaluation du phénomène des basses eaux, en particulier dans la partie de socle des bassins cévenols, et de piloter, d'autre part, en association avec l'IMT Mines Alès, et le laboratoire G-Eau de l'Irstea Montpellier, une recherche à la charnière homme — milieu.

La plateforme expérimentale PlaTex-ESPACE est ainsi constituée d'un réseau de mesure hydrologique de surface et souterrain qui couvre différentes altitudes, différents substrats et différents milieux. Certaines de ses stations ont fonctionné quasiment sans interruption depuis plus d'un tiers de siècle. À ce dispositif pérenne vient s'ajouter une acquisition dédiée de données en rapport avec différents projets ou recherches. Ces installations supplémentaires pouvant être pérennes sur une période généralement assez courte (quelques années) ou temporaires lors d'une année civile (stations dites d'étéage).

C'est ainsi qu'à la demande de l'EPTB Gardons, avec lequel ESPACE travaille depuis de nombreuses années, a été installé, dès l'été 2015, un réseau temporaire (fonctionnel seulement lors de la période de basses eaux) de mesure des débits d'étéage (au sens vernaculaire). Ce réseau est constitué d'une dizaine de stations. Les stations ont été réparties dans le bassin amont sur socle des Gardons. Des données sur les débits de basses eaux ont donc ainsi été acquises lors d'un premier conventionnement (financement de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse) de trois ans (2015, 2016, 2017) reconduit depuis pour trois autres années (2018, 2019, 2020). Dans ce cadre, la demande adressée à l'UMR ESPACE – Avignon Université n'était qu'hydrométrique ; les livrables étant les débits moyens journaliers de la dizaine de stations fonctionnant lors de la période de basses eaux (avril-mai => aout-septembre).

Il nous est toutefois rapidement apparu que cette démarche et ces données pouvaient être mieux valorisées si on réfléchissait sur ce que pouvait être un réseau temporaire d'étéage, sur son établissement (localisation des stations...), sur son fonctionnement (pas de temps, durée de collecte...), sur ses buts spécifiques (données à produire : débit, température, conductivité...) et ses limites (représentativité, ergonomie...) et au final sur la définition même d'un outil dont la généralisation pourrait être envisagée dans d'autres cas ou situations. Cette démarche réflexive conduit en outre à questionner et devoir formaliser les bonnes pratiques tant techniques (capteur...) qu'ergonomiques (tournée, durée, coût...). C'est un des objectifs spécifiques qui a été poursuivi dans le programme HydroPop (2017–2018). Ceci a conduit en outre à une action de formation à partir des protocoles et méthodologies mis en place dans ce réseau temporaire, lequel sera livré au gestionnaire à la fin de l'année 2020.

1.3.2 Impluviosité et climat méditerranéen

Beaucoup de climats, et en particulier le climat méditerranéen, sont marqués par une impluviosité et par la variabilité de leur niveau d'aridité, lequel peut évoluer en tendance ; tendance qui peut être aujourd'hui soumise à un forçage anthropique dont rendent compte les études sur le changement climatique.

Le climat méditerranéen se caractérise par une saison sèche d'été récurrente et par une variabilité interannuelle naturelle — comme le montre la chronique depuis 1877 des débits de la fontaine de Vaucluse (Martin Ph., Kabo R., 2015 ; Martin Ph., 2016, 2019) — et/ou forcée par le changement climatique. En relation avec cette variabilité apparaissent de façon plus ou moins régulière des périodes souvent pluriannuelles de plus grande impluviosité. Ceci génère un potentiel d'aridité, lequel induit un potentiel de sécheresse.

Que le climat méditerranéen devienne plus aride n'aurait guère d'importance si cette possible évolution ne s'appliquait pas à des territoires — en particulier français — supports d'un établissement humain en constant développement (soldes naturel et migratoire positifs, attractivité touristique...). Cet établissement humain nécessite en outre de plus en plus d'eaux aptes à répondre aux besoins croissants des utilisateurs, lesquels peuvent aussi bénéficier de ressources naturelles (fleuves, rivières majeures...) ou anthropiques (canaux...) plus ou moins locales.

On discriminerait ainsi entre des territoires positionnés sur ou à proximité d'une ressource majeure, comme dans le sud de la France, le Rhône ou la Durance, qui ne seront vraisemblablement jamais (à l'échelle humaine) concernés par une sécheresse majeure, et ceux situés loin de telles ressources, comme les bassins amont de rivières secondaires telles l'Ardèche, la Drôme, l'Arc, la Cèze, le Gardon, l'Hérault... qui peuvent connaître de telles situations, voire se développer, localement, des tensions fortes sur la ressource en eau ; certaines années connaissant un niveau des basses eaux satisfaisant, alors que d'autres apparaîtront comme très déficitaires. Nombre de ces bassins comme celui des Gardons ou de la Cèze présentent des déséquilibres quantitatifs pérennes qu'il faudrait en outre pouvoir résorber.

Les moments de ces phases de sécheresse peuvent, en outre, être fort variables. Par exemple 2017 a connu une sécheresse persistante de fin d'été et d'automne qui a affecté notablement le couvert végétal. *A contrario*, l'été 2018 en raison de précipitations conséquentes de printemps n'a pas été problématique. L'été 2019 s'annonçait assez mal avec des précipitations d'automne et d'hiver peu importantes, ce qui a eu des conséquences sur le remplissage des aquifères. De petites pluies de printemps ont permis un démarrage de la saison estivale avec des niveaux assez normaux. La quasi-absence de pluies lors de l'été, y compris à la fin de l'été a conduit à une situation très tendue qui a poussé les autorités à prendre des dispositions très contraignantes (arrêtés sécheresse). La réflexion doit donc s'inscrire et tenir compte de cette grande variabilité, laquelle pourrait être affectée par les changements climatiques en cours au moins pour ce qui est du retour à l'atmosphère de volumes d'eau par évaporation et évapotranspiration très liés à la température et secondairement aux vents catabatiques en climat méditerranéen français.

Dans ces territoires l'offre en eau est ainsi aujourd'hui en question, car nous ne savons expliciter l'effet des évolutions tendanciennes en cours sur la fréquence et l'intensité des événements rares (forte aridité), ni d'ailleurs prévoir les poussées d'aridité pluriannuelles (cf. la Californie) potentiellement génératrices de sécheresses longues comme au début des années 1920 et entre 1945 et 1950 en Europe.

1.3.3 De la construction de l'aridité

Même si elle peut être impactée par le changement climatique en cours, l'aridité sera définie dans ce rapport comme un fait de nature correspondant à une faible présence ou une absence d'eau

liquide à la surface ou subsurface de la Terre (réserve utile des sols et production des aquifères). Elle peut être classiquement évaluée par des indices (cf. par exemple l'indice d'aridité, de Martonne, 1927) qui associent des variables physiques (précipitation et température). Elle se définit donc comme une présence limitée de disponibilités en eau que peuvent, dans une certaine mesure, corriger les techniques hydrauliques (transformation de réserves en ressources), mais l'eau est un pondéreux qui remonte difficilement les pentes.

Très logiquement, l'aridité découle d'une absence de précipitation (impluviosité) plus ou moins longue (généralement du printemps à la fin de l'été en zone méditerranéenne), mais aussi du rythme de ces précipitations au regard des capacités de filtrage et de rétention des aquifères et bien évidemment du volume de ces précipitations. Les difficultés peuvent donc apparaître pour une année très moyennement arrosée, mais arrivant après une année peu humide (aquifère mal ou peu rempli) avec des précipitations qui vont se concentrer par exemple en automne et être très indigentes au printemps et donc produire une longue phase d'impluviosité qui peut se prolonger jusqu'au début de l'automne suivant, voire jusqu'au début de l'hiver. Dans une telle configuration de volumes, de rythmes, de températures et de faible remplissage des aquifères, le manque d'eau pour les activités humaines est fort probable. Les aires géographiques affectées peuvent être particulièrement vastes, et rien ne dit qu'une telle situation ne se manifestera pas sur plusieurs années.

1.3.4 La sécheresse : un construit sociétal

La sécheresse sera définie, dans cette recherche, comme un construit sociétal fortement dépendant de la demande anthropique. L'intensité d'une sécheresse sera donc caractérisée par la tension observée entre la disponibilité locale en eau et les besoins hydriques de la société. Parmi ces besoins en eau se trouvent ceux indispensables à un bon état écologique des hydrosystèmes afin que les populations bénéficient d'un cadre de vie le plus satisfaisant possible. Le maintien d'un bon état hydrologique en situation de basses eaux relève donc en partie d'un choix politique assumé (en particulier européen) traduisant une nécessité environnementale pour les populations. Cela étant cet impératif écologique ne doit s'entendre qu'après satisfaction des besoins humains vitaux (AEP, etc.), mais doit aussi prendre en compte les situations normales d'assec en particulier au niveau des têtes de bassin et plus localement en raison de pertes, très généralement karstiques (Gardonnenque et gorges du Gardon par exemple).

C'est donc bien un niveau de tension entre une offre et une demande locales que recouvre le concept de sécheresse bien plus qu'un niveau absolu d'aridité, lui-même dépendant largement d'une impluviosité. Il convient donc d'arriver à construire les deux volets de cette situation dont le niveau respectif induira ou non une situation critique qui doit toujours être envisagée localement et, d'année en année, de mois en mois, dans le cadre d'une montée possible vers un état critique. Cette évolution préoccupante devrait pouvoir être, à terme, caractérisée afin de faire l'objet, sur des bases assurées, d'une gestion particulière (anticipation, gestion d'une vaste zone, différenciation selon les lieux...).

1.4 Historicité et géographie du phénomène

Les informations historiques montrent que généralement une sécheresse s'initie au cours d'une phase climatique plus aride, mais peut simplement être le fait, toutes choses étant égales par ailleurs, d'un accroissement local des besoins anthropiques en eau (agriculture, tourisme...).

Le niveau de la sécheresse correspond donc à un niveau de tension sur la ressource en eau, laquelle croît avec l'aridité, mais d'autres facteurs sont à prendre en compte. Trop souvent les études sur la sécheresse se limitent à sa dimension météorologique, hydrologique ou hydrogéologique oubliant totalement que c'est par rapport aux besoins humains que les situations doivent être envisagées. En cela la Sécheresse avec un grand S relève bien plus des Sciences Humaines et Sociales que des Sciences de la Nature.

Cela étant l'histoire montre que l'aridité a une composante aréolaire assez forte. Généralement les faibles précipitations intéressent une aire géographique assez vaste (cf. les années 1919, 20, 21 ou de l'immédiate après-guerre), ce qui diminue les possibilités de compensations entre bassins. De même, il n'est pas rare qu'une baisse des précipitations soit enregistrée plusieurs années à la suite, limitant par là même les possibilités de compensation interannuelle, par exemple réalisées par les aquifères majeurs. Ces caractéristiques (zonalité et persistance) génèrent des risques particuliers, mais rares pour la société, qui doivent être envisagés pour eux-mêmes afin de faire baisser la vulnérabilité de la société, de son économie...

La demande pose aussi des problèmes, car il faut établir ce que pourrait être le « bon » niveau de disponibilité en eau pour le milieu naturel (cf. le problème de détermination des débits biologiques) c'est-à-dire celui qui préserve le bon état écologique des milieux —, mais aussi caractériser ce que pourraient être les besoins anthropiques en fonction d'usages réitués dans l'espace et dans le temps. Ces besoins anthropiques sont peut-être plus prévisibles, car liés à des évolutions démographiques assez lentes, à des transformations de l'appareil local de production (développement de l'agriculture, du tourisme...) et à des changements dans les modes de vie (piscine...).

1.4.1 Évolution historique

Pour le moment, les données disponibles relatives au changement climatique en cours montrent une très nette augmentation de la température (qui peut d'ailleurs être différente au niveau des Cévennes, au droit du piémont ou au niveau du littoral), mais ne montrent pas de variations en tendance significatives de la pluie à l'échelle de l'année hydrologique.

Par contre, l'évolution de la température depuis un siècle doit avoir une conséquence notable sur le niveau de l'aridité puisque celle-ci se déduit, outre des apports en eau, des phénomènes d'évaporation (sur surfaces abiotiques) et d'évapotranspiration réelle (à partir des éléments du vivant) qui intègrent l'énergie disponible sous forme de chaleur dans l'atmosphère et au niveau des surfaces. Dans ces conditions, la demande climatique ne peut être que plus forte, et le retour à l'atmosphère que plus important.

C'est à ce niveau, et en lien avec la sécheresse, qu'il faut introduire la remontée biologique observée, le retour d'une biomasse importante dans les zones qui ne sont pas ou qui ne sont plus mises en culture. Cette reforestation est en Cévennes anthropique, et peut donc être analysée comme une action de la société qui s'exerce du côté de la demande. C'est tout le problème des restaurations des terrains de montagne initiées au milieu du XIX^e siècle et qui ont aujourd'hui abouti à revégétaliser l'ensemble des serres des Cévennes et au-delà (zones karstiques : Causses mineurs...). C'est également une dynamique naturelle que l'on observe tant sur les friches agricoles (les terrasses de culture cévenoles, les restanques...) qu'au niveau de la garrigue, donc sur les plateaux karstiques généralement urgoniens dont ont été par exemple exclues les exploitations de chênes verts pour faire du charbon de bois.

On peut considérer que cette activité a pris fin dans la décennie qui a suivi la Seconde Guerre mondiale. Il y a donc plus de soixante ans que le couvert végétal globalement se reconstitue (sauf les aires parcourues par des feux et/ou soumises à des coupes à blanc). La comparaison de quelques sites, comme les gorges du Gardon ou la Corniche des Cévennes, au moyen de photos prises à quelques dizaines d'années de distance montre une évolution tout à fait remarquable et tangible du couvert végétal, ce qui a en outre pour conséquence un risque d'incendie plus important en raison de la masse de combustible stocké.

1.4.2 Dialectique des causes de la tension

On peut donc considérer que la décroissance de la pression anthropique qui a conduit à cette remontée biologique est aussi un phénomène à placer du côté de la demande sociale en eau, même si, bien évidemment, c'est une conséquence involontaire, peut-être même impensée, d'une évolution des modes de vie et de consommation (en particulier l'introduction massive des énergies carbonées, mais aussi de l'électricité...) qui est accueillie aujourd'hui très positivement. De même, l'abandon d'un certain nombre de terroirs de culture, là pour des raisons de productivité et de prix des productions agricoles, ailleurs pour des raisons d'accessibilité et/ou de dégradation des sols, a induit pour le moins un embroussaillage, un retour des strates arbustives, voire arborées, qui exercent une pression sur la ressource en eau.

Au-delà de ces évolutions qui jouent sur l'importance du retour d'une fraction des précipitations à l'atmosphère au travers de l'évapotranspiration réelle, il faut considérer des moments comme, semble-t-il, lors de l'été, et surtout de l'automne 2017, durant lesquels de nombreux végétaux (arbustes, arbres, en particulier des résineux...) sont morts très probablement d'une insuffisance d'eau. On a donc à prendre en compte un autre problème qui est celui de l'adaptation du couvert végétal tel qu'il s'est établi au travers de son histoire complexe et longue, et dont les caractéristiques actuelles ne sont pas en tous lieux en adéquation avec le micro climat local qui s'établit.

En théorie ce couvert devrait être climacique, c'est-à-dire adapté au climat de l'aire dans laquelle il est implanté et donc en phase avec cet état moyen de l'atmosphère. Ceci n'exclut pas que la variabilité de ce climat induise de loin en loin des situations très spéciales (absences de précipitations, chaleur...) qui produisent sur certains sujets des mortalités visibles. C'est peut-être la situation de 2017, mais on peut aussi conjecturer qu'en raison de l'accroissement net des températures qu'il faudrait analyser par placettes, pour partie, la couverture végétale actuellement en place n'est plus adaptée ou est moins adaptée à la situation climatique observée et à venir. Ceci pose la question de l'évolution du couvert végétal, lequel devrait, dans cette perspective, intégrer des espèces de plus en plus résistantes à l'aridité. Il devrait donc y avoir un effet sur la demande en eau de la couverture végétale.

Il faut en outre dans ce tableau introduire des éléments purement anthropiques liés aux modes de vie et aux nécessités des productions qui là sont clairement du côté de la demande.

Globalement, la population résidente sur la façade méditerranéenne française est en croissance et elle l'est de façon différenciée dans le Gard et en Cévennes. Aucune projection actuellement n'envisage un retournement de cette tendance. Dès lors, les besoins en eau pour satisfaire cette population ne pourront être que croissants. De même, les modes de vie (jardin, piscine...) exercent une pression croissante sur la ressource. Dans ce cadre, la question de la demande pour des activités ludiques (camping, baignade...) et agricoles se pose. Faut-il remplir ou non les piscines privées (et donc autoriser leur construction)? Faut-il ou non lancer des productions par exemple maraîchères (carotte...) très consommatrices d'eau?

Dans les deux cas, la question est celle des revenus de populations au travers d'activités solvables, rentables en fonction du prix de marché (agricole, touristique...). On peut certes envisager des productions agricoles nécessitant bien moins d'eau, mais la rentabilité ne sera pas la même. De même, on peut envisager des campings sans piscine, mais l'attrait et donc le prix de la nuitée ne sera pas au même niveau.

Ces niveaux plus faibles de rentabilité permettent-ils de faire vivre les exploitants? C'est au fond la question fondamentale. Si la réponse est négative, que faire? Soit restructurer les filières avec les conséquences territoriales, économiques, sociales, familiales... que l'on peut imaginer, soit suppléer au manque par des apports d'eau, par une hydraulique massive de programmes comme cela a été fait en Provence et en Languedoc essentiellement depuis la Seconde guerre mondiale (Canal de Provence, Canal du Bas-Rhône Languedoc...).

Dans les plaines côtières du Languedoc, la région Occitanie nouvellement créée s'inscrit actuellement dans la poursuite de cet effort d'aménagement en particulier au niveau du département de l'Hérault. Rien de tel ne semble actuellement envisagé et envisageable pour le centre du département du Gard et pour les Cévennes. Dans ces espaces c'est donc bien d'un partage optimal et d'un perfectionnement de l'usage de la ressource en eau dont il s'agit. Le programme HydroPop s'inscrit pleinement dans cette logique, même si on ne peut exclure à moyen long terme des actions lourdes d'aménagement.

1.4.3 Géographie de la sécheresse

La façade méditerranéenne française étant très largement constituée de montagnes, ou au moins de massifs (Alpes du Sud, Cévennes, montagne Noire, Pyrénées-Orientales...), cette dimension orographique vient modifier et complexifier le problème dans la mesure où d'une part, globalement, l'altitude conduit à un accroissement des précipitations (et à une baisse des températures), et d'autre part, ces aires géographiques, certes pittoresques, sont globalement peu peuplées à l'année.

La question est différente sur les piémonts où l'effet orographique est plus modeste et où le peuplement est plus dense et la population rassemblée dans des unités urbaines parfois majeures. Cela étant, ces piémonts sont souvent sédimentaires (basse Provence carbonatée, plateau d'Ardèche, garrigues de Nîmes et de Montpellier...) et recèlent donc d'importants aquifères, souvent karstiques, qui peuvent offrir des ressources en eau non négligeables (cf. l'alimentation de Montpellier en partie par la source du Lez...). Se dessine ainsi une géographie potentielle de la sécheresse en fonction de nombreux facteurs qui doivent être croisés. Il n'est donc suffisant de parler de la sécheresse avec un grand S, mais de niveaux de sécheresse observés ici ou là, pour tel ou tel terroir, dans tel ou tel pays au sens qu'avait ce mot dans l'Ancien régime.

Dans cette étude, nous nous limiterons à la situation observée en Cévennes, essentiellement dans la Cévenne gardoise que drainent les Gardons, en raison des tensions qui ont pu déjà être observées et des programmes de gestion de l'eau qui ont pu être engagés. Ces tensions sont liées, d'une part, au milieu physique (précipitations majeures à l'automne, mais faibles en été ; socle siliceux possédant de faibles capacités à retenir l'eau qui s'écoule vite sur de fortes pentes ; végétation qui est aujourd'hui très développée tant sur les versants — restauration des terrains de montagne — qu'au bord des cours d'eau — ripisylve —), et, d'autre part, à l'occupation humaine qui fluctue beaucoup au cours de l'année (faible occupation en hiver, mais dont la baisse — exode rural — semble arrêtée ; forte présence de touristes et de populations temporairement sur sites — phénomène des résidences secondaires et des hébergements temporaires).

En partie en raison de leur climat, du niveau d'ensoleillement, etc. les Cévennes et plus largement le sud-est de la France, reçoivent de nombreux touristes et bénéficient de soldes démographiques globalement positifs, ces dernières années. Tout cela conduit, localement, à des tensions dues à des pics de demande en eau auxquels les ressources disponibles localement ne permettent pas toujours de répondre.

Certaines années, suivant les lieux (amont - aval) et suivant les moments (début-fin du tarissement), au cours de l'été, diverses communes cévenoles connaissent des états de sécheresse plus ou moins intenses. Le niveau le plus élevé correspondrait à l'alimentation en eau potable des populations par camions-citernes et/ou bouteilles d'eau, la ressource locale, pour l'AEP et donc pour toute autre activité, étant alors proche de zéro. Cette alimentation, quelle qu'en soit la taille, ne peut pas couvrir tous les besoins, du remplissage d'une piscine à l'arrosage d'un jardin, etc. Il ne s'agit que d'un pis-aller. Il ne s'agit que de ne pas laisser monter la tension à un niveau qui poserait des problèmes sanitaires et de sécurité. Il est toutefois possible d'imaginer une situation où l'État, au moins pendant un temps, ne pourrait, pour x raisons, assurer ce minimum. Seule la population locale devrait dans ce cas faire face à la sécheresse, comme au XIX^e siècle.

Pour réguler un tel système, il convient donc, d'une part, de bien connaître la ressource mobilisable et, d'autre part, de tenter de responsabiliser la population, afin de limiter les gaspillages. Le programme HydroPop, vise à conjointement ce double objectif.

L'analyse des données hydrologiques existantes, au début des années 2010, a montré que quasiment aucun des bassins amont du Gardon (mais aussi des vallées en aval) n'avait fait l'objet de mesures hydrologiques suivies et suffisantes, et en particulier de mesures visant à établir avec précision les débits de basses eaux, des tarissements, des étiages. Les études, en particulier dites : des volumes prélevables, ont dû largement être conduites à partir de valeurs reconstituées par des algorithmes, à partir de la pluie, elle-même assez mal caractérisée en ces zones de montagne, où elle est particulièrement hétérogène. L'hétérogénéité du champ des précipitations est en outre dépendant de conditions dynamiques (mobilité des fronts, blocages possibles...), d'où les difficultés à modéliser ces apports.

Ceci a conduit l'EPTB Gardons (ex SMAGE des Gardons) à commander à l'UMR ESPACE la mise en place d'un réseau temporaire d'étiage (au sens vernaculaire), donc de mesure des débits de basses eaux, en particulier en Cévennes (10 stations), mais aussi dans les gorges au niveau de La Baume. Ce réseau a été en partie complété par des actions plus ponctuelles de mesure de débits dans le bassin amont de la Cèze à la suite de conventionnements avec le Syndicat AB-Cèze.

Le réseau principal du Gardon a été installé pour la première campagne au printemps 2015. Le programme HydroPop aurait dû débuter en 2016 si des aspects comptables (techniques) liés au gestionnaire n'avaient pas retardé d'une année son lancement. Ce n'est donc qu'en 2017 (et en 2018) que ce programme HydroPop a pu être déployé à partir des données qui avaient été acquises depuis 2015.

1.5 Dimension esthétique de la sécheresse

Il existe une dimension esthétique de la sécheresse liée à la capacité d'éprouver (Martin Ph., 2018), et une dimension théologique dépendante des multiples Actions de grâce qui ont pu être conduites et qui aujourd'hui se déclinent en réunions ministérielles, ou non, grand débat ou autres manifestations publiques ou populaires qui renvoient à une religion civile, laïque de la République.

Ces dimensions s'appuient sur des phénomènes physiologiques (expérience de la soif, mirage...) qui conduisent à des développements psychologiques, à des comportements, dont les danses de la pluie (largement moquées) ou les processions (largement oubliées) ont été, ou restent, sur d'autres modes, des manifestations saillantes pratiquées par les populations.

Mais pour citer G. Bachelard : « L'opinion pense mal ; elle ne pense pas : elle traduit des besoins en connaissances. En désignant les objets par leur utilité, elle s'interdit de les connaître. On ne peut rien fonder sur l'opinion : il faut d'abord la détruire. Elle est le premier obstacle à surmonter. [...] Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi, Rien n'est donné. Tout est construit » (1938), on voit comment un certain scientisme pourfendait la connaissance vernaculaire basée sur l'utilité immédiate de la chose, des phénomènes et donc sur l'absence de réflexion épistémologique, de déconstruction, de problématisation... qui sont des phases séminales d'une recherche et donc d'une connaissance scientifique.

Or quand il s'agit de développer une démarche populaire et participative, c'est bien en prenant conscience et appui sur ce mode de construction de la connaissance vernaculaire qu'il faut bâtir. Cette connaissance vernaculaire advient par de nombreuses voies, dont celle de l'expérience, dont celle de l'incrémentation des conséquences des situations vécues, mais aussi celle de la transmission populaire (histoire racontée, récit, évocation, « bonne » leçon...).

Quand les situations vécues sont déterminées par une technologie (une pompe par exemple qui sort l'eau de terre et la monte dans le château d'eau) qui est transparente, invisible et cela depuis un temps suffisamment long pour que la mémoire sociétale de tel ou tel phénomène ait pu être effacée (coupure d'eau...), tant par la distance temporelle, que par la perte de la transmission du grand-père au fils, puis au petit-fils, alors il y a un problème lié à l'artificialisation de la vie.

Quels sont donc aujourd'hui les savoirs vernaculaires des populations cévenoles dont le brassage est manifeste, en été surtout, mais aussi tout au long de l'année. Le vieux cévenol est une espèce en voie de disparition. Il devient une figure de style de la littérature, guère un habitant de hameaux isolés dans des vallées encaissées. La Cévenne profonde, celle de Chabrol a été en partie repeuplée par des néoruraux arrivés avec ponchos et cheveux longs dans les années qui ont suivi Mai 1968. Quelques-uns ont fait souche et se sont enracinés. Bien d'autres n'ont fait que résider un temps en ces terres ingrates. N'ayant pas cette culture, les populations allochtones, ou suballochtones (retour au village pour la retraite...) actuelles ne sont ni des connaisseurs intimes de la nature dans laquelle ils sont amenés à vivre, ni des scientifiques ayant pensé, car ayant décortiqué et problématisé certaines questions que pose cette nature versatile.

Dans ce cadre sociohistorique, on peut se poser la question des images mentales qui ont été ou qui sont formées par ces populations au sujet de la sécheresse ? Par exemple, on peut se questionner sur le sens profond, vécu, ressenti du mot sec pour de telles populations, dans la mesure où c'est sur le mot sec qu'est fondé celui de sécheresse ?

1.5.1 Ce qui est sec est généralement mort

Quelque chose qui est sec est en général quelque chose qui est mort. Une herbe sèche ne brille pas par son vitalisme ! Cela étant quelque chose qui est sec se conserve bien mieux, presque indéfiniment. La viande séchée de porc, de bœuf... est une vieille connaissance de l'humanité. Il en est ainsi du biscuit (sec) comme de la momie (égyptienne). L'humidité conduit donc à la vie, car l'eau c'est la vie. Mais c'est aussi la possibilité d'une altération, par la vie (moisissure...) de la vie. Préférer l'humide au sec conduirait donc à préférer la vie et sa tension entre vie et mort, à la mort. Cela semble logique. Nous sommes donc ici dans une tout autre dialectique que dans les cas des excès d'eau, de la crue éclair consécutive à un épisode cévenol. Dans ce dernier cas il s'agit bien plus de puissance destructrice, d'une eau furieuse qui emporte les terres et arrache les implantations, qui détruit les constructions... que de tout autres choses. Le registre n'est pas le même. Cette eau de la crue en Cévennes n'a guère d'utilité. Ce n'est pas l'eau du Nil qui fertilise les champs. Cascadant jusqu'au Rhône, cette eau qui va à la mer est largement perdue.

Dès lors, comment faire, si la nature ne le fait pas elle-même au travers de stockages plus ou moins temporaires (aquifère, formation altérée imbibée, sol...) pour retenir un peu de cette eau et lui donner une utilité sociale, économique... lors des phases de sécheresse ou simplement des années peu humides ? Bien des résidents actuels se posent cette question et y répondent souvent en avançant des solutions assez classiques (barrage...).

1.5.2 Abandon de la microhydraulique ancestrale

On connaît la réponse cévenole historique à ce problème au travers d'une immense hydraulique gravitaire qui structurait, à partir de petits barrages en lits vifs, de béals, etc. un territoire de faïsses et de restanques dont la construction et l'entretien ont demandé des efforts prodigieux, un immense travail et une intelligence géographique remarquable, pour au final une production limitée, car liée à une productivité faible qui en outre ne pouvait guère être accrue par l'introduction de la mécanisation de certaines tâches. Ce mode d'occupation du territoire est en train d'être complètement effacé, recouvert par la végétation, mais rien ne dit qu'il ne fera pas retour dans les décennies à venir,

rien ne dit que la productivité agricole ayant baissé par manque de pétrole (de carburant et d'engrais en particulier), il ne faudra pas en revenir à des conceptions plus traditionnelles.

La sécheresse en Cévennes n'est donc pas avant toute chose (comme sur le piémont) une question de production agricole (même si de-ci de-là il existe quelques demandes de cet ordre : oignon doux...), mais un problème de bon état écologique (ce qui est tout de même une notion vague) renvoyant à une question d'image mentale des populations, des élus et des gestionnaires de ces territoires... d'individus dont le niveau de vie ne dépend pas, pour l'essentiel, du niveau d'humidité observé, mais d'une économie très largement carbonée, industrielle et de services qui se développe dans les grandes agglomérations. Comment doivent dès lors se comporter les populations autochtones ? En gardiennes d'un temple dédié à la nature qui n'aurait de naturelle que le nom ?

1.6 Trame du projet

Le programme de recherche en sciences humaines et sociales «HydroPop : De l'hydrologie populaire et participative » est soutenu par la ZABR (Zone Atelier Bassin du Rhône) dans le cadre du Site atelier Rivières cévenoles et l'EPTB (établissement public territorial de bassin) des Gardons. Il est financé en partie par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse et s'inscrit dans le thème II sur « la protection, la restauration des milieux et les gains écologiques » de l'accord-cadre entre l'Agence de l'eau et la ZABR pour la période 2014-2017.

Le programme HydroPop vise essentiellement :

- À tester la production relativement accélérée (hebdomadaire en été) de données hydrologiques (débits) au travers d'une chaîne de traitement qui a été formalisée et le plus possible automatisée ;
- À diffuser ces informations hydrologiques par divers canaux plus ou moins spécifiques : fiches hydrologiques, bulletins hebdomadaires radiodiffusés de l'eau, échelles GraviSec...
- À prendre la mesure des connaissances, des implications, des attentions ou des souhaits de la population au sujet de ces situations de tension sur la ressource en eaux ; cette recherche de connaissance nous permettant en outre de mieux juger du niveau technique à choisir pour notre communication sur les basses eaux ;
- À rassembler, presque en temps réel, sur une plateforme cartographique en ligne tous les éléments que les hydrologues professionnels peuvent collecter et ceux qu'une partie de la population, sensibilisée à la question (observateurs volontaires), voudra bien nous communiquer.

Il s'agit donc au final de donner (de l'information) pour entrer dans une relation de confiance avec la population afin, dans le cadre d'une science impliquée où se coconstruisent les savoirs, de l'appeler à une démarche réflexive et d'autorégulation de sa consommation en eau dans la mesure où il est assez illusoire d'imaginer, pour tous les villages ou petites villes, une solution techniciste (globalement remonter l'eau du Rhône) ce qui serait au final très onéreux, énergivore, et peu en phase avec la préservation souhaitée de l'environnement local.

Cette recherche est menée par le laboratoire ESPACE, UMR 7300, CNRS, Avignon Université, Aix Marseille Université, Université Côte d'Azur, avec la collaboration de l'IMT Mines Alès et la participation de l'UMR G-Eau de l'Irstea Montpellier.

Ce projet a donné lieu à quatre Comités de pilotage (CoPil) dont un de restitution, largement ouverts à des personnalités qualifiées et/ou intéressées par la question. Ces moments ont été l'occasion de proposer des synthèses partielles des travaux au travers de présentations largement diffusées. Les débats qui les ont animés ont donné lieu à des échanges riches et ont permis de préciser certains points

voire d'infléchir certaines dispositions. Très généralement un journaliste de la radio locale (bassin alésien et Cévennes) Radio InterVal a suivi ces débats, enregistré des interviews et ensuite rendu compte des travaux sur les ondes.

1.6.1 Contexte géographique et sociétal de l'étude

Dans nombre de régions, dont les Cévennes, la ressource en eau en saison sèche est insuffisante à usage et besoins constants. Ceci est tout à fait récurrent dans le bassin du Gardon.

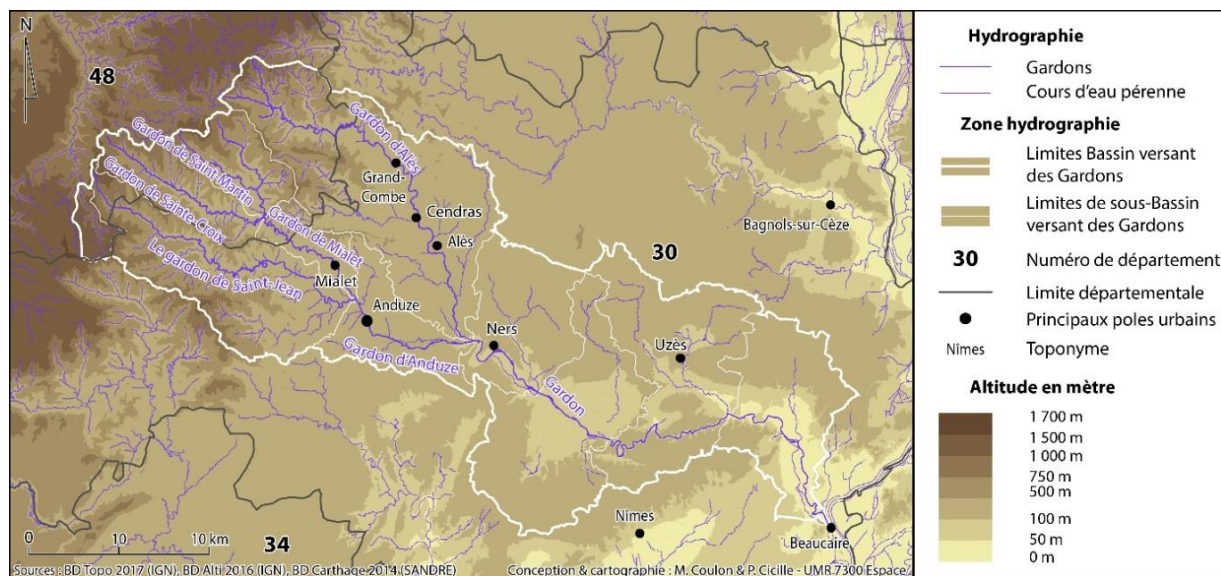


FIGURE 1.1. BASSIN VERSANT DES GARDONS ET PRINCIPAUX SOUS-BASSINS

En été, dans les Cévennes qui sont soumises à un climat subméditerranéen (chaud et sec), en fonction du niveau très variable des précipitations, la ressource en eau peut être insuffisante, car la capacité des aquifères est faible, dans cette région de socle.

Lors de la période estivale, la demande en eau augmente généralement pour diverses raisons (tourisme, agriculture...) et la ressource diminue plus ou moins fortement en fonction des conditions hydrométéorologiques (rythme des précipitations...). Cette situation est susceptible de conduire à des situations critiques. Certes les préfets disposent, à l'échelle départementale, de moyens régalien pour réguler la situation au travers d'arrêtés sécheresses permettant d'appliquer, par commune, des restrictions d'usage de l'eau, en fonction de la situation hydrologique. Cette solution n'est toutefois pas très satisfaisante.

Les dispositions prises concernent des territoires assez vastes (sous bassins) où peuvent s'observer des situations différenciées. Les arrêtés devraient pouvoir s'appuyer sur un maximum d'information de haute précision, ce qui n'est pas toujours le cas, etc. Le programme HydroPop vise donc d'une part à mieux connaître la situation hydrologique et d'autre part à envisager d'autres modes de régulation, ou du moins à proposer d'autres pistes qui pourraient déboucher sur d'autres modes de régulation lorsque l'impluviosité est détectée et avant que la sécheresse ne soit trop prégnante, socialement et économiquement problématique.

L'écart entre les ressources disponibles et les besoins naturels (bon état écologique des rivières) et anthropiques (eau potable, ludique, agricole...) engendre régulièrement, par endroits, plutôt en tête de bassins qu'à l'aval, des difficultés. Le changement climatique en cours et l'augmentation de la consommation d'eau par les populations sédentaires et temporaires (touristes...) font que ces difficultés sont de plus en plus fréquentes et devraient augmenter. Ces difficultés s'initient dans une absence (impluviosité) ou dans une mauvaise répartition temporelle des précipitations.

Historiquement, une solution avait été trouvée, pour partie, dans une exploitation de ces faibles ressources par différents moyens techniques (canal, galerie drainante, forage, barrage, etc.), mais la demande en eau était bien inférieure en volume et en qualité et la protection du milieu naturel n'était pas pensée sur les mêmes bases qu'aujourd'hui. Les impératifs de production étaient alors bien plus forts.

Ces dispositifs techniques sont, aujourd'hui, moins facilement acceptés pour des raisons de coût (restriction budgétaire), d'entretien et d'impact environnemental (continuité écologique des rivières). La tendance est bien plus à supprimer, à effacer des barrages qu'à en construire.

En outre, la ressource pouvant être amenée à baisser en raison du changement climatique (donc de l'augmentation de l'évapotranspiration liée à l'augmentation des températures et à la remontée biologique) et la demande amenée à augmenter en raison de la modification des modes de vie et de l'accroissement de la population (soldes naturel et migratoire positifs dans le sud-est de la France) il devient urgent de rechercher des moyens pour optimiser les ressources disponibles.

1.6.2 Bilan hydrologique et bon état écologique de la Zone Critique

La question de la sécheresse doit être replacée dans un cadre plus large qui est celui du milieu pour partie naturel, dans lequel elle apparaît (Fig.2.1). Ce milieu peut, en première approximation, être décrit comme une interface qu'il est devenu commun aujourd'hui de désigner comme une zone critique.

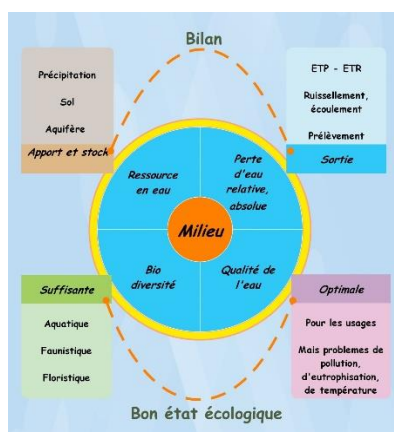


FIG.2.1 — BILAN HYDROLOGIQUE ET BON ÉTAT ÉCOLOGIQUE DE LA ZONE CRITIQUE

La Zone Critique (ZC) est la quintuple interface où nous vivons entre : l'atmosphère (l'air), la lithosphère (les roches), l'hydrosphère (l'eau), la biosphère (la vie), l'anthroposphère (l'humanité). C'est au fond ce que les géographes appellent l'Espace Géographique (EG) qui est cette partie superficielle de l'écorce terrestre qui supporte l'humanité et sa croissance. C'est un espace qui a classiquement été abordé au travers de la géographie physique formée par la climatologie (état moyen de l'atmosphère au-dessus d'une aire particulière), la géomorphologie (formes du relief terrestre et donc distribution spatiale des pentes), l'hydrologie (lieux et modalités d'écoulement de l'eau) et la biogéographie (distribution des êtres vivants à la surface de la Terre).

À cette dimension physique, les géographes ajoutent classiquement une dimension correspondant à la ruralité (géographie rurale), ce que l'on nomme aujourd'hui les zones périphériques de l'intérieur (Guilluy Ch., 2015), et une dimension correspondant au fait urbain (géographie urbaine). Bien d'autres approches viennent compléter cette ossature en portant une attention particulière aux modalités de fonctionnement de l'humanité (problèmes de ressources, de transport...) et aux

conceptions (image mentale et autre structure anthropique) qui gisent dans le cerveau des personnes et/ou structurent les groupes, et donc qui déterminent leurs choix et leurs comportements.

1.6.3 Ressources et besoins en eau

Au plan hydrologique (Fig.3.1) le milieu c'est d'abord une organisation spatiale bio tellurique sous le contrôle d'apports (pluie...) et de pertes partielles (écoulement, l'eau est disponible en aval, mais plus en amont) et/ou définitives d'eau (retour à l'atmosphère : évaporation, évapotranspiration). Le niveau de ce bilan va définir le niveau d'aridité de l'aire concernée. Les prélèvements et usages humains doivent donc nécessairement s'inscrire dans cette offre et peuvent accroître par exemple le retour à l'atmosphère par la plantation de végétaux ayant de gros besoins hydriques.

Dans ces perspectives il faut donc faire une différence entre les besoins vitaux comme ceux satisfaits par l'adduction d'eau potable (AEP) et des besoins essentiels comme ceux que génère l'agriculture qui n'ont « que » des implications économiques et qui ne mettent pas en risque les populations (Dubus N., Dubus J., 2011). La sécheresse correspond donc au niveau de tension qui peut exister, en un temps (journée, semaine...) et en un lieu (aire communale ou cantonale, sous bassin...), entre les besoins anthropiques (quels qu'ils soient) et l'offre disponible selon une unité de temps, d'espace et d'action (écoulement, prélèvement...).



FIG.3.1 — RESSOURCES ET BESOINS EN EAU

Ce niveau de tension peut être nul (tous les besoins humains sont couverts sans difficulté), c'est la situation connue chaque année globalement en zone méditerranéenne de l'automne au printemps, de novembre à avril, ou bien ce niveau de tension peut être fort, c'est la situation connue chaque année en été en zone méditerranéenne, de juin à septembre, avec, souvent, une intensité particulière de la mi-août à la mi-septembre quand les précipitations de fin d'été sont absentes.

À ces dimensions quantitatives il faut ajouter, d'une part des éléments qualitatifs (qualité de l'eau pour différents usages) ce qui implique d'éviter les pollutions quelle qu'en soit la nature (organique, chimique...), mais il faut aussi ajouter d'autre part, une contrainte correspondant à la préservation, autant que possible, du milieu naturel, lequel ne doit pas être gravement affecté par des actions anthropiques comme des pompages qui conduiraient à des assèchs, etc.

Ce point ne vise au fond qu'à préserver l'avenir en préservant un bon état écologique du milieu en question et donc des ruisseaux, rivières et zones humides qui le zèbrent. En d'autres termes, l'apparition d'un haut niveau de tension faisant suite à des prélèvements excessifs, c'est-à-dire d'une très forte sécheresse, mais dont la cause majeure serait anthropique, tout comme les conséquences ultimes, est la situation à éviter absolument par une gestion raisonnée et raisonnable.

Dans ce cadre l'exemple parfait de ce qu'il ne faut pas faire est donné par ce qu'ont fait les Soviétiques, en leurs temps, dans le bassin de la mer d'Aral, laquelle malgré bien des programmes n'a toujours pas retrouvé sa configuration initiale. L'agriculture industrielle (production de coton...) qui a largement été la cause de sa dégradation a dû être en partie abandonnée. L'échec est donc double : environnemental et productif. On pourrait ainsi définir un niveau « aralien » de la sécheresse qui correspond à un niveau de tension maximale d'origine anthropique qui débouche sur une situation où tant le milieu naturel que l'humanité sont perdants.

S'il doit y avoir des prélèvements, ceux-ci doivent être raisonnés et gérés dans la durée. C'est tout l'enjeu des systèmes de réglementation, des cadres juridiques et réglementaires mis en place par des autorités compétentes et par les gestionnaires locaux de bassins. Cela étant cette logique régalienne dans un État démocratique ne peut se limiter à des injonctions, des interdictions et à la peur du gendarme.

Il semble logique de penser que la population qui vit dans une aire géographique, dans un « pays » au sens que ce mot avait avant la Révolution, n'est pas suicidaire, porte une certaine connaissance et intelligence de situations et serait de fait, certes plus ou moins, en situation de considérer raisonnablement l'état des choses et d'accepter les modes de gestion du territoire qui permettent au mieux le développement local et la préservation du futur. Il faut donc partir dans l'idée de faire confiance aux gens, même si une évaluation *a posteriori* peut être nécessaire, voire des sanctions dans des cas particulièrement frappants d'incivilité.

1.6.4 Adossement et déclinaison du programme HydroPop

C'est sur la mobilisation de ces bonnes prédispositions que le programme hydroPop souhaite travailler. Ceci passe nécessairement par une bonne conceptualisation des problèmes, et pour une bonne information des populations, par la collecte d'informations l'état observé, ce qui implique des mesures de qualité en nombre suffisant. Cela passe aussi par la diffusion de cette information à la population laquelle doit être associée à la réflexion tant sur la conceptualisation du problème, que sur la recherche de solutions, et l'acquisition d'informations par observations et mesures. La réflexion conduite met donc en jeu deux démarches concourantes :

- La définition d'une méthodologie de mesure des débits de basses eaux (stations temporaires d'étiage) et sa mise en œuvre dans de petits sous bassins du Gardon dont les débits de basses eaux n'avaient jamais été mesurés avec précision ;
- La caractérisation d'une recherche participative reposant sur une information hydrométrique hebdomadaire, et sa mise en œuvre.

Sans entrer dans les détails des démarches hydrométriques qui seront abordées ci-dessous, il faut tout de même souligner que certaines stations bénéficient de seuils stables (artificiels ou rocheux) ce qui simplifie leur gestion (stabilité des courbes de tarage, etc.) et que d'autres ont des seuils alluviaux (Fig.4.1) qui d'une année à l'autre, voire lors de chaque crue, se transforment par départ ou accumulation de matériaux particuliers (sable, gravier...). Dans ces cas les courbes de tarage doivent être refaites très fréquemment ce qui rend le suivi des débits particulièrement chronophage et délicat, car parfois il n'est pas possible de refaire assez vite la courbe de tarage. L'incertitude sur les débits est donc supérieure dans le second cas.

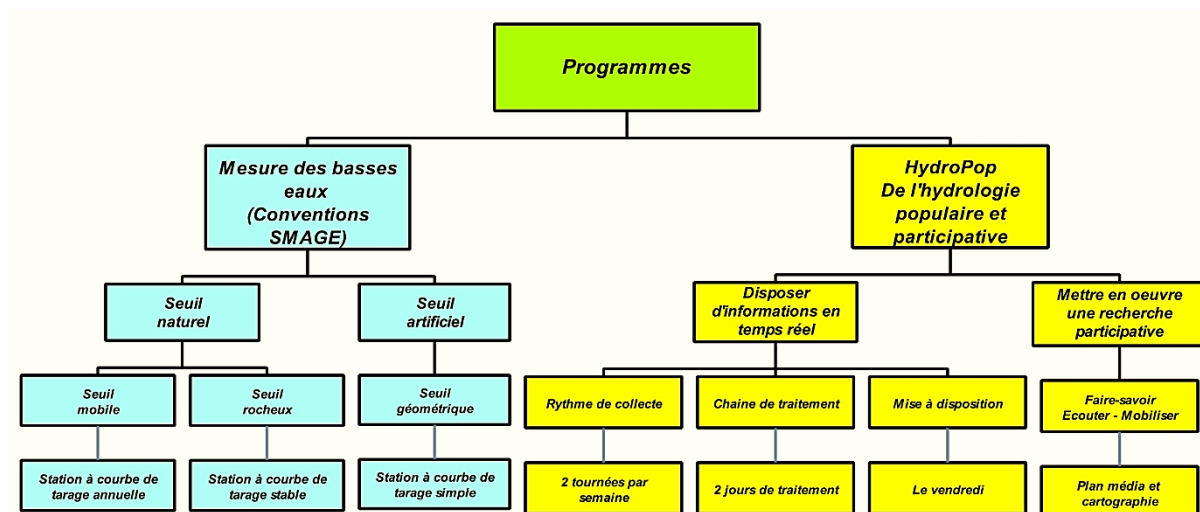


FIG.4.1 — ADOSSEMENT ET DÉCLINAISON DU PROGRAMME HYDROPOP

La collecte hebdomadaire des hauteurs d'eau dans ces conditions (vallées encaissées, seuils parfois mobiles, mais aussi modifiés par des usagers de la rivière...) conduit, pour disposer d'informations hydrologiques très rapidement à un gros travail de terrain (tournées) puis à réaliser très vite des calculs de débits sur des durées courtes (7 jours), ce qui implique de recommencer de nombreuses fois, en été, le même travail. Des tournées le lundi et le mardi et des calculs le mercredi et le jeudi permettent de mettre à disposition une information sur les débits s'écoulant ici ou là, dès le jeudi soir ou le vendredi matin.

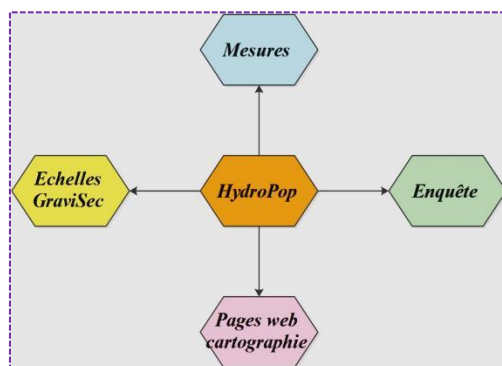


FIG.5.1 — LES QUATRE PÔLES DU PROGRAMME HYDROPOP

La mise à disposition de ces débits permet de mettre en route puis d'alimenter le plan média HydroPop et donc d'initier une démarche participative en allant au contact de la population pour faire connaître l'état hydrique, pour écouter ses réactions et pour *in fine* la mobiliser.

Au-delà de cette dualité : mesure vs diffusion, le programme HydroPop est une démarche qui se structure autour de quatre pôles d'action et de réflexion (Fig.5.1).

Partant de la mesure il vise à la mise à disposition de toute l'information collectée au travers d'un site cartographique sur lequel nous reviendrons ci-dessous (pages web), à connaître le niveau d'information, de connaissance de la population sur ces questions hydrologiques de basses eaux tout en l'informant, c'est le volet : enquête, pour au final, sur quelques points du réseau hydrographique, définir une échelle synthétique de gravité de la sécheresse dite GraviSec, qui essaye d'évaluer, pour

une section de rivière, en fonction de l'ensemble des débits qui ont pu être mesurés sur plusieurs années, un niveau de gravité de la faiblesse de l'écoulement.

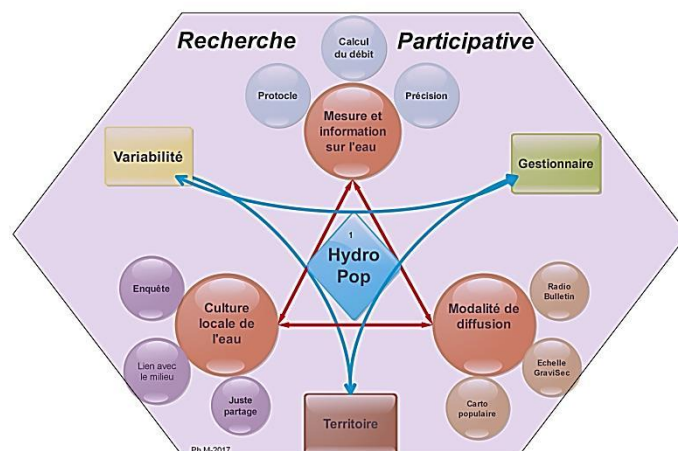


FIG.6.1 — ORGANISATION D'ENSEMBLE DU PROGRAMME HYDROPOP

Au total, on arrive à une organisation d'ensemble de la démarche HydroPop qui correspond à une recherche participative, sur laquelle nous reviendrons ci-dessous, telle que résumée dans la figure 6.1. En sus de la mesure et de la diffusion d'informations sur le niveau de basses eaux, il convient de se pencher sur la culture de l'eau des populations résidentes afin de proposer un juste partage après avoir diffusé largement des indicateurs de la situation par différents canaux (radio, journaux...). Nécessairement, la base est territoriale et correspond aux sous-bassins, voire à des portions de sous bassins, et la démarche se réalise en partenariat avec les gestionnaires de bassin, les EPTB pour l'essentiel.

La variabilité tant spatiale (d'une vallée à l'autre) que temporelle (d'un mois à l'autre, d'une année à l'autre) des situations complique encore la tâche, car nous ne savons avec précisions si après un mois de juillet chaud et sec nous allons avoir un mois d'août chaud et sec ou frais et humide. Le problème se posant aussi d'une année sur l'autre. Cette variabilité implique donc que nous soyons en mesure de développer une approche statistique probabiliste ; les probabilités définies correspondant à la fois à des fréquences, mais sur un échantillon très faible (3 années à l'issue d'HydroPop-1), et à la méconnaissance que nous avons de la situation, ce qui nous projette dans l'univers bayésien (Albert I. et al., 2015 ; Lê Nguyễn Hoang, 2018).

1.6.5 Comment mieux partager l'eau

Une solution durable à ces problèmes de disponibilité en eau ne semble pouvoir être trouvée que dans un partage plus adapté de la ressource mobilisable dans chaque bassin versant des Cévennes méridionales et, en particulier, dans ceux des Gardons. Ceci implique, d'une part, de bien mieux connaître la ressource en eau (flux et stock) et, d'autre part, d'envisager, avec la population, comment mieux utiliser les volumes disponibles dans la mesure où celle-ci dispose d'une vraie culture de l'eau.

Dans les Cévennes, la connaissance de la situation hydrologique en situation de basses eaux voire d'étiage est très limitée, car les stations hydrologiques existantes sont largement prévues pour mesurer les hauts débits de crues et non les basses eaux.

Sauf dans le cas d'installations lourdes, artificielles, prévues pour couvrir toute la gamme des débits comme au niveau de Ners (seuil artificiel très technique), les stations en lit naturel peuvent très

difficilement fournir des données de haute qualité pour les très petits et les très importants débits qui sont l'apanage de l'hydrologie méditerranéenne. Il est donc difficile de disposer d'une vision précise des niveaux d'étiage et d'arriver à combiner cette situation hydrologique avec les attentes, besoins et perceptions de cette situation par la population locale. Les volumes réellement disponibles en été dans les cours d'eau cévenols doivent donc d'abord être mieux connus, à l'échelle de différents sous-bassins, pour savoir s'ils permettent, ou non, de satisfaire les usages et le bon fonctionnement des milieux.

Pour mesurer les débits réels en situation de basses eaux, dix stations temporaires d'étiage sont donc installées d'avril à septembre par le laboratoire ESPACE, avec la collaboration de l'EPTB Gardons et de l'IMT-Mines Alès. Elles sont réparties dans des sous-bassins amont, de différentes tailles, dans des sites assurant une variation de hauteur d'eau maximale. Réalisées à haute cadence (5 mn), les mesures permettent l'élaboration d'informations hydrologiques (hauteur d'eau, débit, température et parfois la minéralisation) de qualité.

1.6.6 Produire une science impliquée

Cette gestion optimisée des ressources en eau nécessite que les résidents soient associés à la démarche dans le cadre d'une science impliquée, c'est-à-dire qui crée de nouveaux questionnements, qui accueille le pluralisme, qui rend compte du réel en explicitant le contexte et qui se dote de la capacité de répondre à différentes personnes, mais aussi de répondre de choix, de prises de positions... afin de construire le cadre d'actions partagées, but de la démarche.

Le programme HydroPop articule donc deux démarches concourantes : une action de mesure et une construction sociale visant à un partage raisonné de la ressource, mais sans entraver autant que possible le développement local. Ce programme met donc au centre de ses préoccupations quatre idées :

- La connaissance du phénomène des basses eaux : de l'impluviosité à la tension sur la ressource (sécheresse) ;
- Le juste partage, à toutes les échelles (locale et d'amont en aval), de la ressource en eau en situation estivale (basses eaux) ;
- L'attachement des populations à un milieu naturel de qualité qui est leur milieu de vie ;
- La nécessité de diffuser presque en temps réel les informations hydrologiques spécifiquement collectées, en été, par un réseau de mesure dédié, afin de provoquer une prise de conscience et de susciter un engagement populaire.

Une science impliquée est « une science qui tient sa pertinence [de] sa tolérance au pluralisme et aux valeurs et donc qui abandonne son idéal d'autonomie et de neutralité sans abandonner son exigence d'impartialité » nous dit L. Coutellec (2015, p.39). L'exigence d'impartialité conduit à construire des connaissances justes et vérifiées dans le cadre de notre rapport au réel et de procédures de vérification.

« La science, nous dit encore L. Coutellec (p.43 et suivante), serait d'autant plus pertinente ou féconde, qu'elle est capable de satisfaire trois conditions : reconnaître son caractère significativement pluraliste ; défendre son impartialité impliquée sans en faire une revendication d'autonomie et de neutralité ; assumer et expliquer la façon dont les valeurs interviennent au cours des différentes étapes de la démarche scientifique ».

Et cet auteur d'ajouter : « ce qui fait la pertinence de la démarche scientifique [...] ce n'est pas cette illusion épistémologique sous-entendue par le triplé axiologique autonomie — impartialité — neutralité, mais plutôt un autre jeu de valeurs constitutives des sciences impliquées : fécondité

(capacité à créer de nouveaux questionnements et à susciter le doute) ; diversité (capacité à accueillir le pluralisme dans toutes ses dimensions) ; impartialité impliquée (capacité à rendre compte du réel et à s’y soumettre pour la vérification, tout en explicitant le contexte) ; responsabilité (capacité à répondre de et à répondre à) ».

Fort de cette position épistémologique, l’expertise peut être un moment de cristallisation de la science impliquée au service d’un processus de décision. L’expertise comme le processus de décision relèvent donc d’une entreprise collective à laquelle peut, dans une certaine mesure, être associée la population ou du moins des individus — citoyens. Dès lors, comme le montrent les modélisations bayésiennes (Lê Nguyễn Hoang, 2018) la connaissance des phénomènes est améliorée et la responsabilité des savoirs établis peut être assumée collectivement et donc, ces savoirs, partagés plus facilement.

1.6.7 Un réseau dense de stations hydrométriques de basses eaux

Pour connaître en Cévennes les disponibilités en eau pendant l’été, le laboratoire ESPACE a installé dix stations de mesure de débit sur les principaux affluents du Gardon. Les hauteurs d’eau recueillies toutes les 5 mn permettent de calculer des débits moyens journaliers robustes qui sont diffusés chaque semaine à la population par quatre voies :

- Un bulletin hebdomadaire de l’eau radiodiffusé (juillet – août) sur RadioInterval ;
- Des fiches hydrologiques sur l’état quantifié de la ressource (stations de référence) distribuée par mail liste et disponibles sur certains sites (EPTB Gardon...) ;
- Des échelles locales de gravité de la sécheresse dites GraviSec à quatre couleurs : vert, jaune, orange, rouge traduisant localement les niveaux de stress hydrique de la rivière ;
- Une plateforme cartographique participative en ligne rassemblant tous les apports de connaissance.

Il s’agit donc au final de collecter de l’information qui sera donnée afin d’espérer être écoutés, donc d’informer largement pour espérer être compris, suivi, rejoint.

Ceci pose évidemment un problème de communication. Classiquement, l’émetteur d’information doit au mieux savoir à qui il s’adresse et en fonction de cette connaissance, adapter son discours à la compréhension qui peut être espérée par le plus grand nombre. Dans ces conditions, il faut avoir une idée du niveau de connaissance, par exemple du vocabulaire technique hydrologique, de la population et secondairement, essayer d’évaluer sa connaissance du milieu, de la vallée, de la rivière... dans laquelle elle est amenée à vivre et à consommer de l’eau.

1.6.8 Quelle culture locale de l’eau ? Quels savoirs vernaculaires ?

La coconstruction de bonnes pratiques et de bonnes attitudes nécessite donc de pouvoir adapter notre discours hydrologique afin d’être compris par la population. Pour cela, nous avons procédé à une enquête sur les savoirs hydrologiques partagés par les populations autochtones et saisonnières. Il s’agit donc d’écouter (la population) pour espérer être entendu (par la population).

Cette démarche s’inscrit donc dans le cadre de la science impliquée évoquée ci-dessus où le partage des savoirs est essentiel. Les chercheurs essayent ainsi de répondre à une demande sociale, tout en demandant, à la population, d’une part de coconstruire avec eux les problématiques fondamentales de la régulation des états de tension et, d’autre part, de s’impliquer dans une démarche participative depuis l’observation de l’état des rivières (prise d’une photo par ex.) jusqu’à la lecture d’échelles de niveau d’eau ou la mise en œuvre de protocoles de suivi des basses eaux (mesure de la

température, de la conductivité...), en collaboration avec l'équipe de recherche. Ceci implique d'intégrer, dans le programme HydroPop, des observateurs volontaires, puis d'analyser les informations fournies par ces citoyens impliqués.

Ainsi peuvent se définir les productions d'une hydrologie populaire et participative. Ces informations peuvent alors être (photographie, lecture d'échelle, mesure de température...) associées à celles des hydrologues professionnels et sont rassemblées dans une plateforme cartographique en ligne (<https://hydropop.mines-ales.fr>), qui vise à fournir, au jour le jour, un tableau aussi complet que possible de l'état hydrique de hauts bassins cévenols. Cette plateforme expérimentale a donc pour ambition d'informer et d'intéresser les divers usagers de la ressource en eau aux phénomènes de basses eaux et de sécheresse.

Il s'agit donc de réfléchir à la façon d'apporter de la connaissance à une population motivée par les savoirs qu'elle apporte elle-même afin d'atteindre la meilleure gestion possible lors d'une prochaine situation de crise à cinétique lente comme la sécheresse et touchant un vaste territoire (aire géographique), souvent pendant de longs mois.

Au final, cette étude doit concourir au développement de milieux de vie riches et diversifiés, riches d'une histoire pluriséculaire et diversifiés par des trajectoires écologiquement et socialement durables qui doivent le rester.

2 De l'hydrologie populaire et participative (Ph.M)

Ce programme de recherche s'inscrit, comme nous l'avons vu ci-dessus, dans le cadre d'une science impliquée qui correspond à une philosophie scientifique spécifique indispensable pour définir un cadre épistémologique dans lequel peut être déployée une hydrologie populaire et participative. Ceci revient à s'interroger sur les règles épistémiques en jeu afin de savoir comment il faudrait faire (au mieux) de la science.

Dans le cadre de cette recherche participative, HydroPop a une dimension prospective. Il s'agit certes de faire participer, mais il s'agit aussi d'apprendre à faire participer. Cet apprentissage passe par l'application de solutions qui sont déjà connues et qu'il convient de mettre en œuvre, voire d'en inventer d'autres. La littérature est riche d'exemples de démarches participatives dans lesquelles différentes méthodes sont employées : réunion d'échange, observation participante, focus group, jeux de rôle, etc. La recherche participative intègre ainsi en particulier ce qu'il est habituel d'appeler la recherche — action.

« La force de ce type de recherche se situe dans sa faculté d'influencer positivement la pratique, tout en recueillant systématiquement des données. Une rétroaction systématique permet d'ajuster le processus avec le temps » notent Anadon M. et Couture Ch. (2007, p.4) qui ajoutent : « Dans le domaine du développement local [...] la principale condition de réussite concerne surtout la capacité à créer une équipe qui se construit avec la recherche, qui apprend, et où dominent des relations de confiance suffisantes pour ouvrir des voies non prévues afin d'innover dans la façon de poser les problèmes à résoudre » (Anadon M., Couture Ch., 2007, p.6). Il ne s'agit donc pas de saisir des opportunités présentées par tel ou tel appel à recherches, mais de coconstruire une base humaine sur laquelle développer des recherches sur les questions qui se posent. Il s'agit donc de développer une science au service de la pratique, d'inférer des effets, des ajustements, dans un contexte social donné.

Ce type de recherche permet de produire des connaissances socialement pertinentes dont l'usage ou l'application est immédiate. Il en a été ainsi en phases estivales (juillet et août) pendant lesquelles les débits calculés hebdomadairement ont été disponibles pour aider à la décision, pour étayer des prises de position réglementaires.

L'idée de participation se fonde sur l'idée que les gens ont un intérêt à participer. Cette participation s'appuiera sur ce qu'ils connaissent et font. Or les gens ont de bonnes raisons de faire ce qu'ils font. Ces raisons il faut arriver à les identifier et à les comprendre. Ceci implique qu'un « savoir généré dans l'action possède une grande crédibilité pour les acteurs, car ils sont auteurs des connaissances produites qu'ils ont pu objectiver entre eux » (Anadon M., Savoie – Zajc L., 2007, p.14). Il y a donc dans la recherche participative une dimension de formation, d'apprentissage collectif et en particulier de formation des gestionnaires.

« Dans le modèle de recherche impliquée, le chercheur s'engage aux côtés de partenaires qui ont un problème. Il participe à la transformation du réel en acceptant que sa recherche les aide directement à agir sur le réel. » (Sebillotte M., 2007, p.52). Il s'agit de faire de la recherche avec, plutôt que sur.

Dans ce cadre, la question de la sécheresse est pour partie spécifique. Cela conduit à décaler un peu, à adapter ce type d'approche et de méthodologie jusqu'à peut-être composer et proposer une réponse nouvelle.

2.1 Hydrologie populaire

Le programme HydroPop se veut porteur d'une pensée hydrologique qui soit populaire, d'une hydrologie populaire. Ceci doit être précisé dans la mesure où cette dimension populaire est le socle sur lequel la démarche participative peut être envisagée.

Il s'agit d'essayer de voir comment la culture, et plus particulièrement la culture locale, la connaissance d'un territoire de vie, peut passer d'un état de potentiel distribué, car connue seulement par telle ou telle personne, ici et là, à une culture partagée, ce qui implique de disposer et d'enrichir une base de connaissances établie au plus près du territoire et qui soit le fondement à une discussion, à une médiation et à une prise de décision locale dans l'intérêt du bien commun.

En d'autres termes, en tout territoire, en tout « pays », existent des savoirs ancestraux, empiriques, savants, etc. qui sont l'apanage de certaines personnes qui pourraient être plus et mieux mises en synergie, au travers peut être d'une *disputatio* ¹⁵ à organiser, au service du bien commun. Il s'agit donc de mobiliser, y compris des questionnements, et d'aller au-delà d'une certaine indifférence.

Dans cette dynamique l'objectif est aussi de gérer la complémentarité de zones ou d'aires spécifiques de vie de la communauté locale (terroir, finage...), tout comme d'articuler des échelles de temps (saisonnalité), depuis des problèmes liés à une trop grande abondance d'eau après des précipitations (problèmes de turbidité de l'eau par exemple) jusqu'à des questions découlant d'une absence ou d'une faiblesse des précipitations durant des mois (cyclicité de l'aridité en climat méditerranéen), voire des années (impluviosité relative débouchant sur une aridité qui se prolonge par une tension entre la disponibilité en eau et les besoins recensés — ce qui définit la sécheresse).

La base à rechercher de tout cela est donc dans une authentique communauté entre les habitants, laquelle peut s'exprimer dans des réunions — non pas d'information, ni d'échange, mais de travail et de prise de décision —, par exemple à l'échelle locale (municipale) ou cantonale.

2.1.1 Espaces « ruraux » périphériques

Cela étant il faut bien être conscient, que les modes de vie actuels portés par la consommation de biens d'importation dans les lieux de vie considérés (vie largement non autarcique), que la mobilité généralisée à toutes les échelles de temps et d'espace, qu'une indifférence souvent notable aux lieux et aux personnes (individualisme), qu'une référence réelle ou fantasmée à la technique et qu'un réflex très français de déléguer à l'État bien trop de choses, agissent au moins comme des freins à un développement local communautaire en particulier depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale qui a vu s'instaurer un bouleversement des modes de vie ; bouleversement qui correspond aussi à un accroissement des niveaux de vie sur lesquels il n'est guère possible actuellement de revenir sans une crise sociale et politique majeure (cf. le mouvement des gilets jaunes). Tout ceci implique la formation et l'expression de besoins qui, en l'espèce, sont des besoins en eau, en particulier quand il fait chaud, pour le jardin, pour la piscine...

Ces espaces « ruraux », hors agglomérations, hors zones métropolisées, sont devenus des lieux de très faibles productions de valeur ajoutée, relativement aux métropoles. Celle-ci n'est plus, à l'échelle de la France, essentiellement agricole. Elle est de moins en moins industrielle et de plus en plus liée à des services de haut niveau qui ne peuvent, pour des raisons structurelles, trouver leur place, en masse, dans ces milieux que l'on dit aujourd'hui « périphériques ». Seuls des services publics y subsistent grâce à des péréquations nationales. De même les agriculteurs sont-ils devenus très minoritaires dans ces territoires qui perdent progressivement le poids politique qu'ils ont pu avoir à l'issue de la Révolution.

Ces territoires ne produisant pas localement toute la valeur ajoutée que leurs populations consomment. Ils sont nécessairement bénéficiaires de transferts de richesse ou alors dans un dénuement total ! La plus grande pauvreté s'observe en France dans les zones rurales « profondes », ce que ne sont pas les Cévennes, mais certains départements du Massif central. Ces transferts passent par de nombreux canaux dont les plus importants sont les services de l'État (enseignement, santé...), les transferts sociaux de toute nature, les pensions de retraite après des mobilités plus ou moins lointaines et plus ou moins longues et désirées, etc.

Sur ces bases, le mode de gestion de ces territoires doit être abordé au fond de telle façon qu'ils soient capables de mettre en œuvre des trajectoires socialement et écologiquement durables sans avoir les ressources financières des aires métropolisées et en étant globalement en marge de la marche économique de la société. Entre l'abandon, la réserve d'Indiens et le paradis perdu, il y a certainement un bon schéma à trouver sur la base d'un mixte entre les apports et les possibilités d'une population locale, les aides financières, techniques et scientifiques possibles et les modes de gouvernances au plus près des problèmes.

2.1.2 Gestion commune des biens communs

La production et la consommation augmentant, la pression sur le milieu naturel ne peut que globalement s'accroître (augmentation de la taille de la population...), même si elle se relâche ici ou là pour telle ou telle raison : déprise agricole, dépopulation, transfert d'unité de production... Dès lors la question est de bien mieux exploiter l'existant, c'est-à-dire d'introduire bien plus d'intelligence dans le système de gestion, ce qui implique de ne surtout pas se limiter aux savoirs scientifiques ou universitaires, qui ont certes toute leur place, mais qui sont partiels, voire partiels, parfois très spécifiques et dans tous les cas susceptibles de révisions continues, y compris pour les théories les mieux assurées. Ainsi va la science. Dès lors se priver de savoirs ancestraux, empiriques, etc. distribués dans la population locale ne semble pas être une bonne idée et serait, peut-être même, contre-productif.

Comment dès lors mobiliser ? Nous montrerons que nous l'avons fait au travers d'observateurs bénévoles classés selon trois niveaux d'implication. Toutefois, cette question implique de poser le problème d'une implication qui se limiterait à une absence réelle d'implication au travers d'une participation seulement financière de certains résidents. C'est celle de l'habitant se limitant à payer l'eau consommée. Ce type de comportement très commun est toutefois assez logique dans nos sociétés relativement individualistes où la spécialisation est vue de façon très positive et la gestion communautaire locale comme un fardeau que peinent à assurer les élus locaux de petites communes.

Dans un tel cadre de faible intérêt, il serait peut-être utile de moduler le prix de l'eau, par exemple de décade en décade, en fonction de l'abondance de cette ressource pour différents usages. Peu chère en hiver où elle est très abondante et de peu d'utilité socio-économique, elle deviendrait plus chère, voire très chère, en été où elle est rare et fort demandée, surtout en période d'impluviosité et d'aridité notables. Possiblement sensible au prix payé, le consommateur pourrait être amené à devenir une personne plus intéressée par la gestion de la ressource en eau.

Proposer, promouvoir une hydrologie populaire et participative présente donc une difficulté sociale ou sociétale pour ne pas dire politique qui ne doit pas être masquée et que ne peut expliquer, ni renverser, si cela était souhaité, un programme comme HydroPop qui n'agit que comme un précurseur, un promoteur d'une évolution possible, si la question de la sécheresse, dans le cadre du changement climatique, doit être conjurée en Cévennes, mais au-delà, plus largement, dans les départements du sud-est de la France.

2.1.3 Logo, label et autres visuels

La première idée pour engager une recherche populaire et participative a été d'installer des moyens d'identification des acteurs et des moments ou des documents relatifs à cette recherche. Pour cela il nous fallait disposer d'un logo (Fig.2.1) et d'un code couleur (bleu ciel ; Fig.2.2).

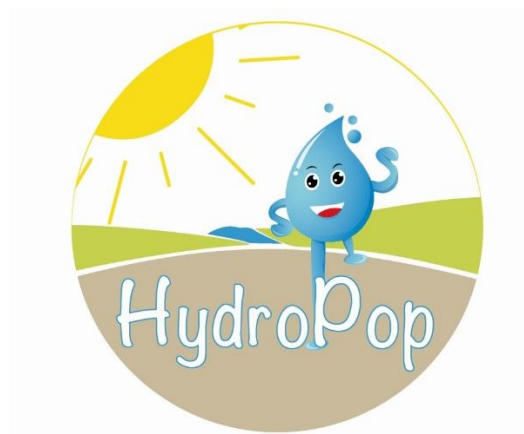


FIG.2.1 — LOGO HYDROPOP (CRÉATION N. BRACHET – CNRS, ESPACE UMR 7300)

Cela a permis de développer une stratégie de communication basée sur l'idée d'un label représenté par le logo (Fig.2.1), presque d'une marque, du moins d'un référentiel qu'essaye d'exprimer le sens du mot HydroPop, créé pour l'occasion.

T-shirt «Aqua Blue»

Logo en transfert sérigraphique quadri
Cœur : env. 85 mm
Dos : env. 250 mm



FIG.2.2 — UTILISATION DE LA COULEUR BLEU-CIEL POUR LES TEESHIRTS ET AUTRES SUPPORTS PUBLICITAIRES (CASQUETTE...)

Ces supports permettent de rendre visibles les personnels du projet, tant lors des tournées que lors de l'enquête ou de rencontres plus informelles, et d'induire un sentiment de confiance en particulier quand nous sommes amenés à pénétrer dans des espaces privés (très grande partie des bords de rivières en Cévennes). On peut espérer que cette signalétique construise progressivement une image mentale chez les résidents et que le programme HydroPop soit compris comme une action qui s'occupe du territoire, de ses problèmes, de ses difficultés, du moins de certains aspects de ces questions.

Il aurait été possible de mettre en avant les organismes de rattachement des membres du programme : le CNRS, l'École des Mines d'Alès, Avignon université... ce qui aurait donné une image

d'éclatement et installé dans les esprits, ou réactivé dans les esprits même inconsciemment, une structuration hiérarchique avec d'un côté le « savant » et de l'autre le résident, d'un côté celui qui est censé savoir et de l'autre celui qui est censé ne pas savoir, structure anthropique que nous essayons, au contraire, de gommer.

Ces supports publicitaires peuvent en outre servir de cadeau pour les observateurs bénévoles occasionnels qui nous accompagnent (cf. ci-dessous). Eux-mêmes sont alors amenés à véhiculer la référence HydroPop, et d'une certaine façon ils sont conduits à affirmer (afficher ?) leur adhésion à la démarche. Tout ceci s'inscrit donc dans une logique d'action tout autant que de production de connaissances au service de la pratique, de solutions pratiques.

2.2 Hydrologie participative

Il s'agit ici de préciser ce que nous entendons par : hydrologie participative. La première solution consiste à revenir à l'étymologie du mot : participatif, participation, participer...

2.2.1 Étymologie

Participer selon l'étymologie du XIII^e siècle c'est avoir des traits communs avec. Plus tard (XVI^e), participer de... c'est posséder une parenté, certains caractères communs avec. Le participant c'est celui qui s'associe, qui est solidaire, qui est d'accord avec. Il y a donc dans les racines de ces mots l'idée de partage, de partager quelque chose, fusse une conception, fusse un idéal. Cette idée de partage peut déboucher sur une action, sur le fait de prendre part, d'avoir une participation dans.

Dans une certaine mesure l'idée de participation s'entend jusqu'à la prise de décision, dans un Conseil communal ou autre, de faire telle ou telle chose, en relation avec la préservation des ressources en eau. C'est à ce niveau de gestion territoriale politique et/ou technique que la recherche – action trouve sa finalité.

Le mot participatif (participative), sans être absent des dictionnaires, semble à la fois bien plus récent et bien moins défini. Par exemple le Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, pourtant extrêmement riche, ne connaît pas cette forme (<https://www.cnrtl.fr/etymologie/participatif>). On va la retrouver pourtant comme adjectif dans toute une série d'expressions depuis la démocratie (que peut-elle être si ce n'est participative ?), la cartographie, le financement, mais aussi la science dite participative. Les domaines, les usages sont donc, dans le langage courant, nombreux et vastes, mais il faut bien concevoir qu'un certain flou, entoure ce mot un peu dans l'air du temps, ce qui en explique certainement, pour partie, son usage aujourd'hui fréquent.

Dans l'idée de participation, il y a l'idée que la population ou certaines personnes s'occupent de problèmes, de questions... qui d'une façon ou d'une autre les regardent. Politiquement nous sommes près d'une idée de démocratie directe, du moins, moins indirecte. C'est d'une certaine façon l'idée de délégation, de représentation... qui est ainsi remise en cause. Au bout du bout il y a le Référendum d'Initiative Citoyenne, le RIC, mais aussi l'idée qu'il est possible, qu'il est peut-être bon de s'occuper de questions qui précédemment avaient été déléguées à l'Autorité publique au travers de ses services ou agents, ou du moins de collaborer avec cette Autorité publique dans la perspective d'une meilleure définition du bien commun et de sa gestion.

L'hydrologie participative serait donc une hydrologie pour partie fondée sur l'idée de partage, de partage d'informations et de connaissances, de partage de moyens à mettre en œuvre, de partage de buts à atteindre de partage de l'eau. Si le but à atteindre entre dans la catégorie morale de ce qui est bien (par exemple préserver un bien commun — l'eau — par une gestion intelligente, sans entraver le développement de l'humanité en ses lieux), alors la démarche participative est une démarche qui relève de l'éthique.

Toutefois, la difficulté de mesurer et/ou d'observer, quelles qu'en soient les raisons : absence de moyen, impossibilité technique..., peut aussi conduire à développer une approche participative qui vise à collecter, à fédérer des savoirs, du moins à les rendre utiles. Il y a ainsi dans le participatif aussi l'idée d'une science du pauvre. C'est classique dans des études en pays sous-développés où les modalités technicistes d'approche du milieu et plus largement des situations observables ne sont généralement pas accessibles ou très partiellement accessibles. Il est donc fait appel à la population, à son nombre et à sa capacité d'observer.

Il y a aussi quelque chose de cet ordre dans le programme HydroPop qui ne peut, sur ses seules ressources humaines en particulier, et cela malgré un engagement très lourd en période généralement de repos (été, vacances, congés...) des personnels, couvrir tous les points du territoire, traiter de toutes les questions (assec, basse eau, algue, température...). L'appel à la bonne volonté de la population a donc aussi pour but de suppléer à un manque d'infrastructures (piézomètre, station hydrologique pérenne télétransmise...) malgré le réseau temporaire d'étiage installé chaque été et dont nous verrons ci-dessous qu'il demande beaucoup de présence, ce qui signifie aussi que l'introduction d'une technicité supérieure (télétransmission...) ne serait probablement pas d'un grand secours. Du moins, si cette voie doit être envisagée, cela doit être fait pas à pas en pesant les avantages et surtout les possibilités d'aveuglement.

2.2.2 Structuration d'une recherche participative

Au-delà de ces aspects, on peut essayer de formaliser plus précisément le cadre et le but d'une telle démarche participative (Fig.2.3).

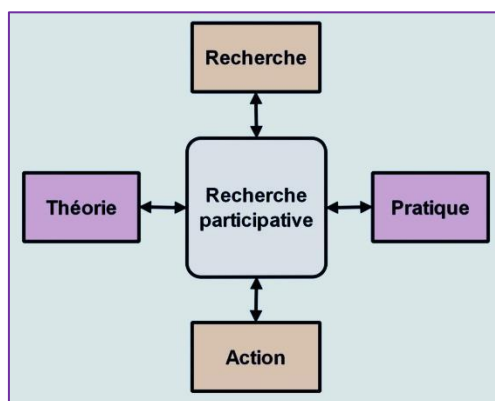


FIG.2.3 — STRUCTURATION D'UNE RECHERCHE PARTICIPATIVE

On peut considérer qu'une recherche impliquant la participation de personnes tierces au monde de la recherche (population, mais aussi les gestionnaires, les élus...) se structure autour de quatre pôles (Fig.2.3) : la recherche elle-même, comme discipline d'acquisition des connaissances ; la théorie, comme construction visant à une bien meilleure conceptualisation des problèmes et à une articulation des relations empiriques découvertes ; la pratique, qui engage une forme de rapport au réel et qui organise les mesures ; l'action, qui s'attache à réaliser un transfert de connaissances et plus largement une diffusion d'informations formalisées, de la gestion des territoires aux structures sociétales, tout en espérant un retour d'expérience de ces mises en application. Il y a donc, il devrait donc y avoir, de plus en plus de feedbacks, de retours depuis le terrain vers la structuration du programme HydroPop.

2.2.3 Enceinte pour discuter les problématiques qui remontent du terrain

Ces questionnements, cette recherche populaire et participative a été précédée d'une longue phase de découverte réciproque (lors de plusieurs années de collaboration sur d'autres thématiques : crue, épisode cévenol, bloum algal...) puis d'une phase d'échanges majeurs lors de la création du site atelier dit des Rivières cévenoles (SA-RivCev) par Zone Atelier du Bassin du Rhône (ZABR). Ces échanges ont permis de coconstruire, avec les gestionnaires en particulier, un questionnaire scientifique sur la sécheresse au sens vernaculaire du terme qui a été décliné en questionnements scientifiques sur la conceptualisation du phénomène, sur la mesure en situation de basses eaux, sur les connaissances et attentes des populations et des élus, sur la production d'indices de gravité de la sécheresse accessibles à tout un chacun... Avec le site atelier des Rivières cévenoles nous disposons donc d'une enceinte, d'une structure, d'une communauté, qui se réunit environ une fois par an, où peuvent être discutées les problématiques qui remontent du terrain.

2.2.4 Savoirs et équité

La mise en œuvre d'une recherche participative implique de porter une attention aux différents savoirs qui structure en arrière-plan les rapports entre les observateurs volontaires ou citoyens et les professionnels. Ainsi avec N. Huybens (2007, p.198-199) nous distinguerons :

- Des savoirs théoriques qui correspondent à des connaissances qui permettent de comprendre comment, de telle ou telle façons, le monde que l'on observe fonctionne ; il s'agit donc de disposer d'une représentation cohérente du monde à partir des faits « bruts » et des expériences, car la science est une tentative de coordonner la diversité apparemment chaotique des expériences dans un système cohérent, logique, aussi unitaire que possible ; chaque expérience devant pouvoir être raccrochée à une proposition théorique et donc à un système d'axiomes ; ce type de savoir s'enseigne sous une forme très théorique à l'université et est l'apanage des chercheurs ;
- Les savoirs dits procéduraux sont des solutions, souvent techniques, qui permettent d'agir sur le monde ; ils relèvent largement du monde de l'ingénierie, des pratiques des techniciens ; il s'agit de mettre en place séquentiellement une suite d'opérations afin d'atteindre un but ; souvent la pratique, voire la routine sont l'alpha et l'oméga de ce qui est fait, car cela « marche » ; ces savoirs s'ils sont pratiques sont parfois très difficiles à relier à des dimensions théoriques et ils sont souvent très partiels, car correspondant juste ce qui est utile est bien connu ; ils peuvent être enseignés en classe, en cours au moyen de fiches, d'exemple, etc. à condition d'avoir au préalable été formalisés ;
- Les savoirs dits pratiques visent à établir un lien entre les savoirs théoriques et les savoirs dits procéduraux ; il s'agit d'essayer de donner du fond aux savoirs procéduraux tout en permettant d'alimenter en expériences, en difficultés, en réussites ou en échecs les savoirs théoriques ; ceci pose un problème dans la mesure où les expériences sont toujours pour partie contingentes ; cette dimension contextuelle, contingente les rend difficiles à transmettre, à enseigner, bien qu'ils soient pertinents, opérationnels ; souvent ils relèvent de la longue expérience de l'acteur qui devient alors un élément fondamental de la transmission ; ces savoirs sont plutôt ceux de l'ingénieur ; leur formalisation, leur expression est souvent difficile ; le temps compte alors beaucoup ;
- Les savoir-faire correspondent à des apprentissages, plus ou moins difficiles à atteindre ; l'exemple le plus simple est celui de la maîtrise d'une langue maternelle ; ils permettent l'exercice presque sans effort d'une compétence, ou de compétences ; il s'agit donc au mieux d'être en capacité d'utiliser tous les savoirs dans une mise en œuvre presque automatique ; ce type de compétence nécessite un long apprentissage,

une longue pratique. C'est le domaine de l'expert dont le niveau d'expertise est suffisant pour qu'il soit en capacité d'avoir une attitude réflexive, distanciée, critique... face à chaque problème ou question.

Face à ces différents savoirs, il est difficile de positionner l'observateur bénévole occasionnel et plus largement le citoyen intéressé. Même si le travail des enseignants-chercheurs universitaires consiste largement à formaliser des savoirs, il n'est pas possible d'envisager d'utiliser les pratiques universitaires dans les rapports avec les populations et donc d'installer un cours. Celui-ci ne pourrait être entendu. Il faut donc repenser les rapports traditionnels vus comme étant ceux existant entre le chercheur et le néophyte ou l'amateur.

Il s'agit donc de trouver une voie intermédiaire, assez rigoureuse, de communication entre les professionnels et les citoyens intéressés, voire les gestionnaires qui sont en position médiane, en situation de pont ou de lien entre les différents intervenants. Ceci implique d'essayer de gommer toute dimension hiérarchique dans les rapports entretenus, ce qui ne doit pas être confondu avec les reconnaissances nécessaires de compétences des uns et des autres. Le chercheur ne doit donc pas, autant que possible, produire des sentences *ex cathedra* ! Ceci est facilité par le fait que certains résidents connaissent très bien leurs lieux de vie, en connaissent l'histoire, etc. ce qui n'est généralement pas le cas du chercheur. C'est en valorisant cette information sur la complexité du terrain, maîtrisée en particulier par les gestionnaires, qu'une forme d'équilibre peut être trouvée.

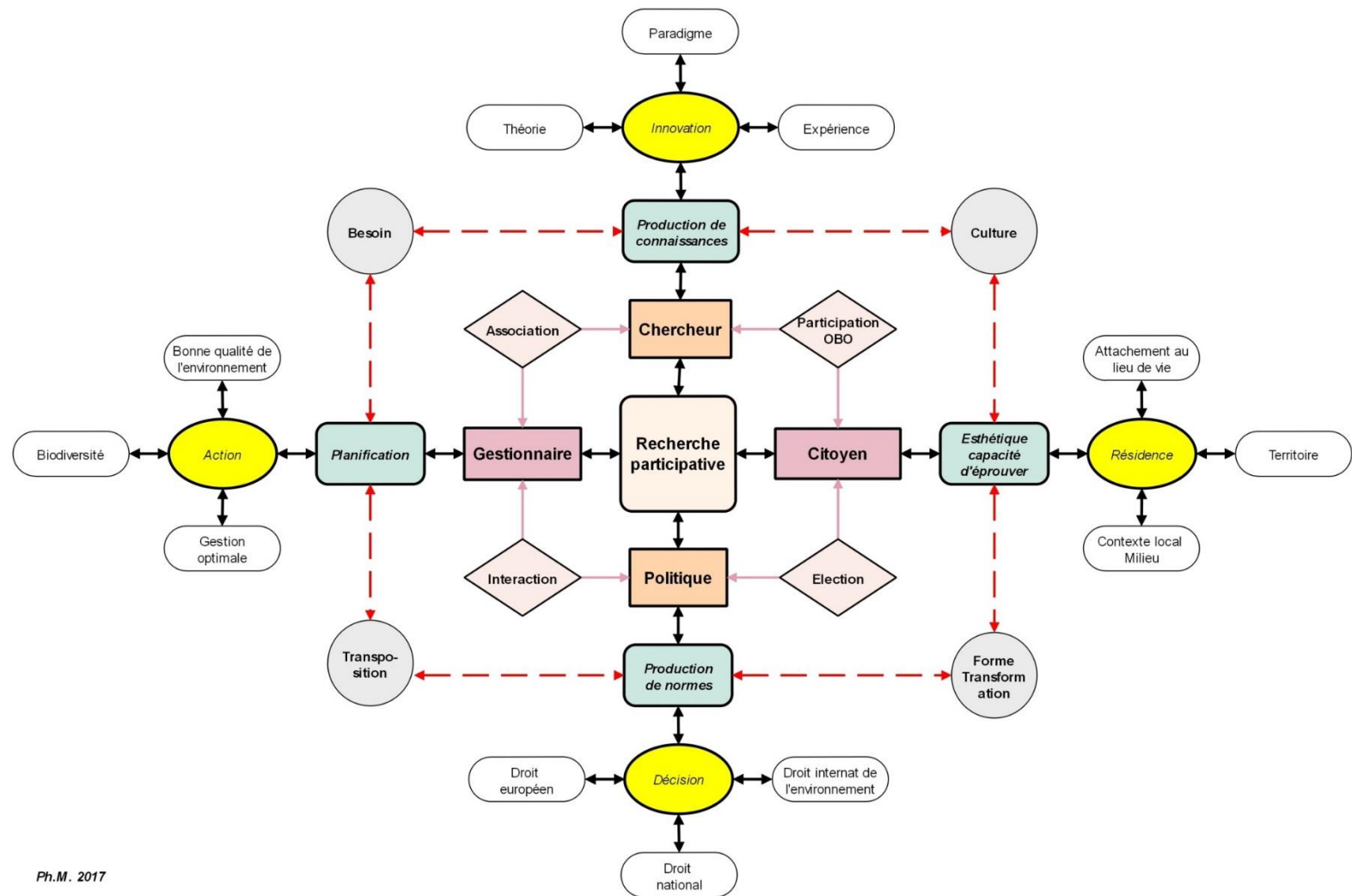
La base de la coopération ne peut donc qu'être l'équité, l'égale dignité, car tout le monde sait qu'il n'y a pas d'égalité réelle entre les acteurs, mais que ceux-ci ont une réelle volonté de librement coopérer. Dans cet ordre d'idée, nous avons fait plusieurs essais, tenté différentes choses, certaines étant assez classiques (émission radio, conférence, CoPil...) d'autres étant plus originales pour un programme de recherche (signalétique, rencontre de formation...) afin d'accroître, autant que possible, la participation signifiante des acteurs concernés par la sécheresse dans les Cévennes. Nous les aborderons successivement ci-dessous. L'enquête permettant en outre d'avoir un retour plus ou moins spontané sur ces tentatives.

Les résidents, les gestionnaires doivent au final retirer de cette expérience des connaissances et des savoir-faire supplémentaires. Au bout du bout il s'agit donc de donner du sens à ce qui est fait. Il s'agit de savoir méthodologiquement quelle contribution peut apporter une telle ingénierie sociale à la connaissance et à la gestion de la sécheresse. Toutefois, ceci ne sera clair qu'avec l'installation dans le temps et dans le paysage, d'HydroPop, comme un label aidant à la bonne gestion de l'eau.

2.2.5 Intervenants et déterminants dans une recherche participative

Dans ce cadre, les différents intervenants dans une approche participative peuvent être mis en relation et caractérisés en fonction de leurs domaines de compétences et de responsabilités (Fig.2.4). Une partie de ces relations multiples et complexes peut être synthétisée dans un graphe. Celui-ci est organisé de façon quaternaire et du centre vers la périphérie.

L'axe vertical est celui de la production de connaissances et de normes, c'est-à-dire d'informations à partir desquelles une gestion du territoire et une vie en ces lieux sont possibles. D'un côté, nous avons le cadre scientifique classique avec ses chercheurs visant à innover en fonction d'un paradigme dans lequel s'insèrent une ou des théories et des expériences. De l'autre, nous avons l'élus, le politique qui produit des normes permettant d'orienter des choix et de prendre des décisions. Ce cadre normatif, juridique s'insère dans le droit européen, dans le droit national et plus particulièrement dans le droit de l'environnement.



Ph.M. 2017

FIG.2.4 — STRUCTURE ET ACTEURS D'UNE RECHERCHE PARTICIPATIVE

Le gestionnaire lui vise à l'action tout autant que le citoyen cherche à résider. Dans un cas (l'action) ce qui sera poursuivi c'est globalement un bon état écologique qui se traduit par une bonne qualité de l'environnement et donc une biodiversité suffisante. Atteindre et maintenir ces états demande une gestion optimale, c'est-à-dire une gestion qui peut s'appuyer sur les dynamiques naturelles, ce qui peut éviter des coûts trop importants de restauration, etc. Le citoyen lui a un rapport bien plus esthétique au territoire, au paysage au travers de sa capacité d'éprouver. Il est attaché à son lieu de vie, à son territoire, à ses paysages et souhaite vivre dans un cadre de vie aussi sain et beau que possible.

Il est ensuite possible d'établir des liens entre la production de normes et la planification des gestionnaires. Il s'agit alors de transposer les normes en possibilités d'action. C'est en grande partie toute la question des volumes prélevables. Entre la production de normes et la dimension esthétique se glisse la question de la forme, de la transformation de la forme, des structures dont les formes perçues sont l'expression. De même entre la capacité d'éprouver et la production de connaissances on trouve la culture fondée à la fois sur des perceptions et des apprentissages, des savoirs. Mais la production de connaissances est un besoin pour la planification qui ne peut se faire à l'aveugle, qui doit disposer de schémas, de méthodes, de références...

Les quatre acteurs majeurs : Chercheur, Gestionnaire, Politique et Citoyen sont eux aussi reliés. Comme médiation entre le Politique et le Citoyen, nous avons l'élection. Entre le Politique et le Gestionnaire, nous avons une interaction forte qui s'appuie sur une structure hiérarchique. Entre le Gestionnaire et le Chercheur peut apparaître, et apparaît dans le cadre d'une science impliquée, une association. Le Chercheur souhaitant dans ce cadre une participation au moins passive du Citoyen qui peut toutefois devenir un observateur bénévole occasionnel. Cette implication renvoie à des images mentales.

2.2.6 Qu'est-ce qui est demandé aux populations qu'est-ce qui est attendu par les populations ?

L'eau est-elle quelque chose d'aussi mystérieux que la grotte ou d'aussi beau que les papillons pour qu'une communauté se soit formée pour s'en occuper ? Clairement la réponse est non. Il n'y a pas d'hydrologues amateurs, ni même, peut-être, hors des professionnels, d'amateurs d'hydrologie ?

Nous sommes certes là face à un élément vital, mais aussi, et surtout face à un élément d'une grande banalité, sans guère de spécificité et auquel on demande qu'il soit en quantité suffisante, mais surtout de bonne qualité chimique, bactériologique et accessoirement agréable au goût.

Agent de nettoyage par excellence, l'eau n'est donc pas quelque chose qui soulève la passion des foules d'autant que la forme sous laquelle elle doit être abordée est complexe. Cette forme renvoie en outre à des concepts relativement difficiles à saisir : basse eau, tarissement, étiage... La question est un peu différente pour ce qui est de la source (pure...) et surtout de la rivière qui bénéficie d'un anthropomorphisme, d'éléments affectifs, d'un rapport esthétique très différent qui s'appuie sur une cohabitation longue et ancienne. Telle rivière est définie comme capricieuse ou présente un cours langoureux, coule dans un écrin de verdure... (Reclus E., 1869).

Dans le cas de la sécheresse, il s'agit de s'intéresser à la fois à une dynamique sur un temps court (quelques semaines, un mois), mais aussi d'envisager des comparaisons avec d'autres périodes semblables pour savoir si l'année vécue est plus sèche ou moins sèche que telle ou telle année. À cela s'ajoute une dimension géographique qui fait que dans une certaine mesure la prégnance de la sécheresse sera plus forte dans une vallée que dans une autre, en raison de la lithologie, de la végétation, d'arrosages aléatoires par des orages... Ceci explique largement que ce domaine ait été, et soit resté, très largement celui des ingénieurs (hydrauliciens, dans des Compagnie des eaux...), c'est-

à-dire un domaine qui mobilise peu quand l'essentiel est assuré. Comment à partir de là développer une hydrologie populaire et participative ? Telle est la question à laquelle le programme HydroPop a dû d'abord répondre.

Pour aller dans ce sens, il faut certainement se focaliser sur les rivières, pas sur l'AEP, sur la perception de ce qui est sec dans le paysage, sur l'idée de souffrance de la végétation, en particulier des arbres, sur le niveau de la chaleur ressentie, même si celle-ci n'a pas un rapport direct avec le manque d'eau. Reprendre la thématique des eaux qui se troublent en raison de proliférations algales, globalement mal perçues même si ces organismes sont parfaitement naturels, est une voie aussi à suivre, car les publics sont globalement inquiets de la qualité de l'eau. De même, évoquer la question des sources (des sourcins) qui se tarissent touche le public. Il faut donc insister sur la perception, sur le ressenti des populations, sur leur vécu.

3 Acquisition de l'information hydrologique (PhM, JFDL)

L'UMR ESPACE dispose en Cévennes et sur le piémont d'une infrastructure de recherche dénommée PlaTex-ESPACE. Cette dernière est constituée de stations hydrologiques de surface et souterraines visant à mesurer tant des débits de crue, que des débits de basses eaux, certaines de ces stations étant pérennes et d'autres, temporaires (stations temporaires d'étiage fonctionnant d'avril – mai à août – septembre suivant les années). Ces stations temporaires sont installées pour l'essentiel dans le bassin du Gardon.

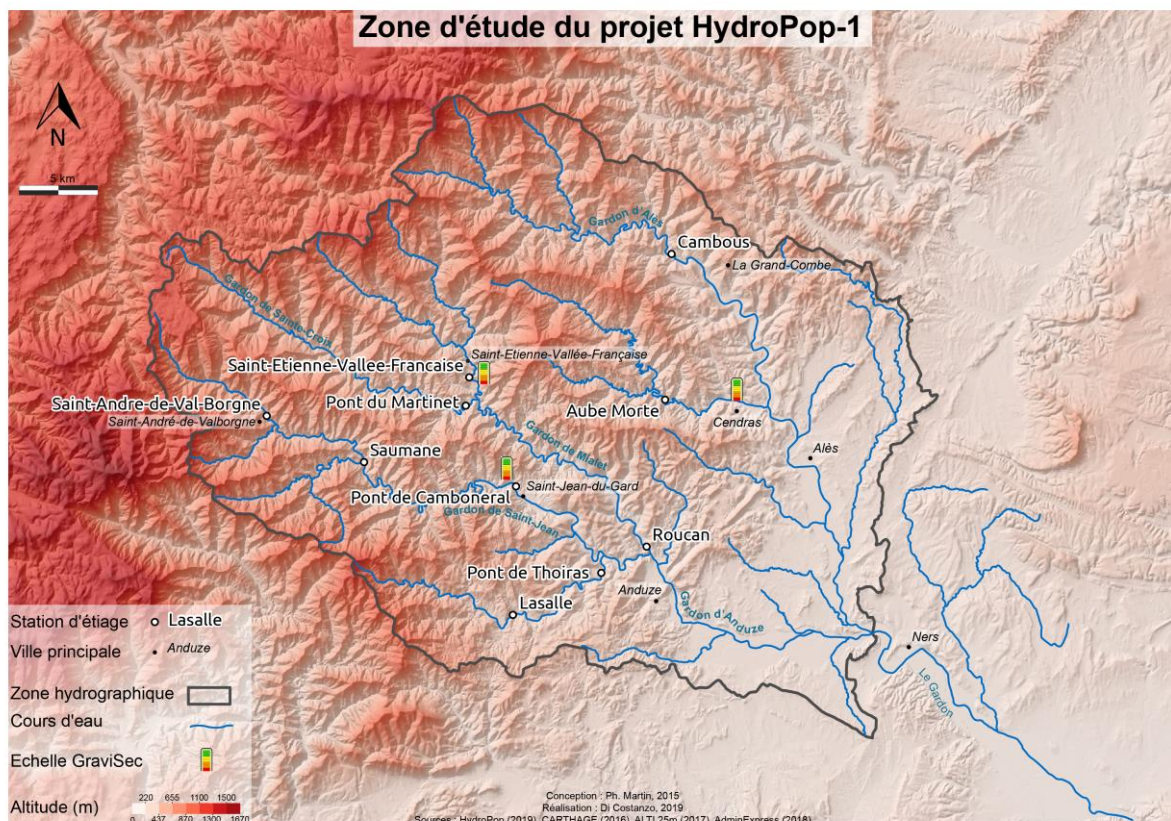


FIG.3.1 — CARTE DE LOCALISATION DES STATIONS D'ÉTIAGE SITUÉES EN CÉVENNES SUR LE GARDON D'ALÈS ET LE GARDON D'ANDUZE

Une partie de ces stations fonctionne pour assurer un monitoring à long terme (financement CNRS, INSU, OHM-CV...), une autre partie est dédiée à des recherches particulières. Dans ce cas leur installation, leur gestion... reposent sur des conventions spécifiques passées généralement avec des acteurs de terrain et financées largement par l'Agence Rhône Méditerranée Corse. C'est le cas pour le réseau de stations temporaires d'étiage qui a été demandé par l'EPTB Gardons (ex SMAGE des Gardons) à l'UMR ESPACE — Avignon. Ce réseau a donc pour premier but de fournir, au gestionnaire de terrain des débits moyens journaliers mesurés à des nœuds spécifiques du réseau hydrographique désignés comme tel par le Syndicat afin d'assurer une meilleure gestion des très basses eaux (problèmes des volumes prélevables, des arrêts sécheresse...).

À partir de là, il est apparu souhaitable de mieux valoriser ces données, en particulier en les utilisant dans un programme d'hydrologie populaire et participative (HydroPop-1). Dans le présent

rapport, nous ne donnerons donc que quelques éléments de cadrage sur l'hydrologie de la période de mesure (2015 – 2018) et développerons plus avant la constitution elle-même du réseau, surtout dans la perspective de l'action 1 de l'année 1 : automatisation de certaines tâches des mesures hydrologiques précises d'étiage dans la perspective de la diffusion assez rapide à la population de ces informations. À l'issue de cette présentation seront décrites les échelles GraviSec et leurs mises en œuvre ainsi qu'un essai de définition et de caractérisation d'un hydrogramme péjoré.

3.1 Contexte hydroclimatique général

Au cours des quatre campagnes de 2015 à 2018 de suivi des basses eaux, il a été possible de suivre des situations pluviométriques variées. 2017 est l'année la plus sèche et la plus exceptionnelle (614 mm à Saint-Christol-lez-Alès, 3^e plus faible cumul depuis 1804), et 2018 est très arrosée (8^e plus arrosée depuis 70 ans). Les années d'observation ont été très différentes ce qui permet d'accéder à une première approche de la variabilité hydroclimatique observée en Cévennes.

Pour la période comprise entre le 15 mai et le 15 septembre, les caractéristiques pluviométriques sont les suivantes :

- 2015 : plus faible cumul de pluies au 1^{er} juin (305 mm) et pluies orages en août ;
- 2016 : pluies moyennes tombées jusqu'au 1^{er} juin (384 mm) et faiblesse des pluies de juin à août ;
- 2017 : pluies moyennes au 1^{er} juin (373 mm) et faiblesse des pluies jusqu'au 15 septembre (75 mm du 21/6 au 15/9) ;
- 2018 : pluies très excédentaires au 1^{er} juin (748 mm) et faiblesse des pluies durant l'été (96 mm), et seulement 1 mm en septembre.

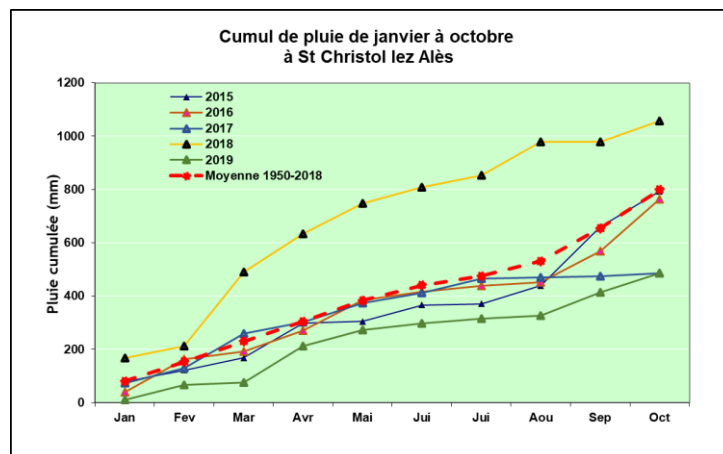


FIG.3.2 — ÉVOLUTION DES PRÉCIPITATIONS CUMULÉES DE JANVIER À OCTOBRE POUR LES ANNÉES 2015 À 2019 À SAINT-CHRISTOL-LEZ-ALÈS (17 OCTOBRE POUR 2019)

Il en résulte des situations variées, tant sur le plan de l'écoulement annuel (Fig.3.4), que sur celui correspondant à la période étudiée dans le cadre du projet HydroPop, du 15 mai au 15 septembre (Fig.3.2), mais avec trois moments particuliers : de janvier à avril, d'avril à août et d'août à octobre.

- De janvier à avril, on a des précipitations faibles dans 4 cas sur 5 au printemps
- D'avril à août, toutes les pentes sont globalement semblables ce qui traduit le même faible apport de pluies ;

- D'août à octobre, nous observons une stabilité des apports en 2017 et en 2018, mais une reprise des pluies les 3 autres années, ce qui conduit à une fin assez précoce du tarissement.

Globalement, l'année 2019 apparaît comme particulièrement peu arrosée alors que l'année 2018 a été bien arrosée. Ceci se retrouve dans le tableau suivant (Fig.3.3).

2015	79	122	168	298	304	366	371	440	660	793
2016	40	163	193	271	384	417	438	452	569	764
2017	74	129	259	303	373	412	465	469	475	486
2018	168	212	490	633	748	808	854	978	979	1056
2019	11	66	76	212	272	298	315	326	414	486
cumul (mm)	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	JUL	Aou	Sep	Oct
Moy 1950-2018	81	153	230	305	382	440	475	531	654	799

FIG.3.3 — ÉVOLUTION DES PRÉCIPITATIONS MENSUELLES DE JANVIER À OCTOBRE POUR LES ANNÉES 2015 A 2018 À SAINT-CHRISTOL-LEZ-ALÈS (OCTOBRE 2019 JUSQU'AU 17/10)

Ces éléments sont fondamentaux dans l'explication du niveau des débits. Il faut toutefois leur adjoindre des considérations sur le niveau de recharge des aquifères (effet mémoire). Ces modalités de fonctionnement se répercutent assez simplement sur les écoulements. On retrouve ainsi une période de crues, qui s'ouvre vers la mi-septembre et se poursuit jusqu'à la mi-mai, et une phase de recharge de la mi-septembre à la mi-novembre. En moyenne à partir de la mi-mai et jusqu'à la mi-juin nous sommes dans une période de basses eaux.

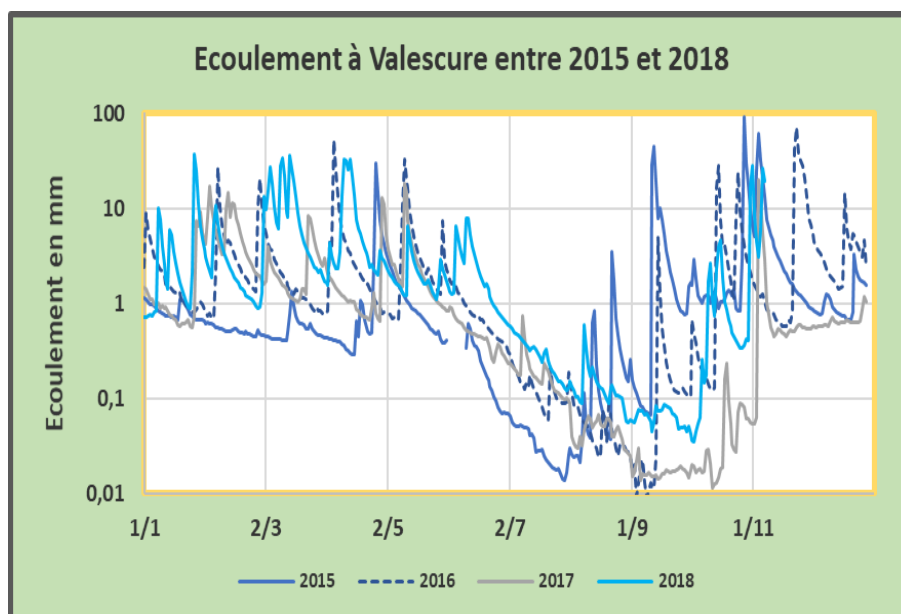


FIG.3.4 — ÉVOLUTION DES ÉCOULEMENTS JOURNALIERS MESURÉS À VALESCURE ENTRE 2015 ET 2018

Pour mieux contextualiser les phases de basses eaux des années étudiées, nous présentons (Fig.3.4) les enregistrements annuels obtenus sur l'une de nos stations pérennes, donc hors du réseau demandé par l'EPTB Gardons.

La figure 3.4 présente les écoulements mesurés annuellement de 2015 à 2018 par l'UMR ESPACE sur le bassin versant de Valescure (station pérenne de monitoring sur un affluent de 4 km²,

en rive droite du Gardon de Saint-Jean), qui se trouve à 5 km en amont de Saint-Jean du Gard. Globalement la période de basses eaux s'initie entre le début et la mi-mai pour s'achever entre la mi-août et la mi-septembre, rarement en octobre. Au-delà, jusqu'à la mi-novembre se déploie une phase d'épisodes cévenols parfois très forts qui assurent une première et logiquement forte recharge des aquifères. Cette recharge sera complétée par les pluies d'hiver, souvent limitées, puis les pluies de printemps qui peuvent fortement influencer les écoulements de basses eaux comme en 2018.

Plus particulièrement, pour la période allant du 15 mai au 15 septembre, le débit juste avant le 15 mai (Fig.3.4) est bien plus faible en 2015, il est assez voisin pour 2016 et 2017, et en 2018 il est nettement plus important à la faveur de nombreuses crues de printemps. Après le 15 septembre, les écoulements redeviennent conséquents en 2015 et en 2016, et ils restent très faibles en 2017 (jusqu'au 5 novembre) et en 2018 (jusqu'au 12 octobre). Le moment de l'étiage (jour durant lequel le débit est le plus faible d'un cycle) est donc variable dans le temps comme le montre la figure 3.5.

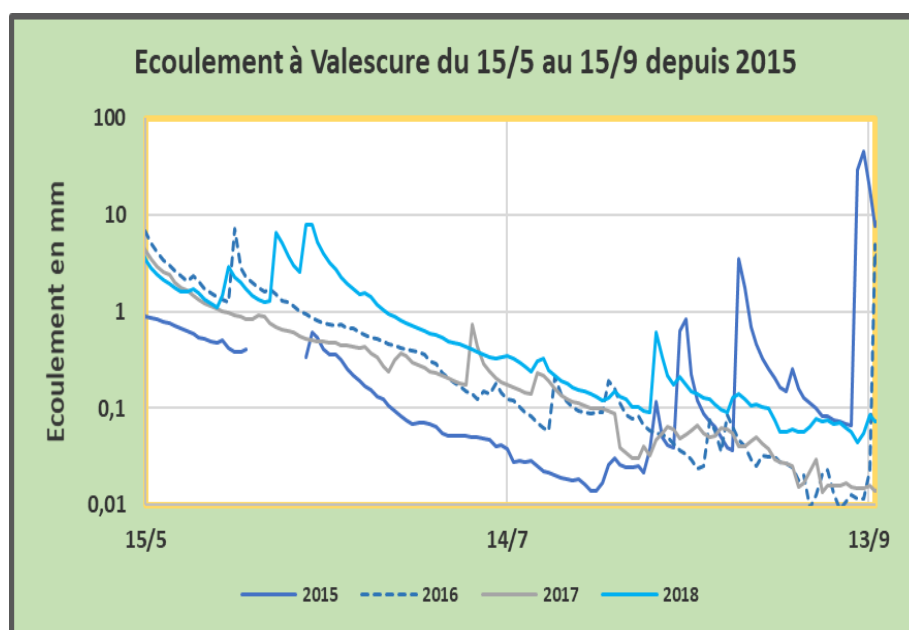


FIG.3.5 — ÉVOLUTION DE L'ÉCOULEMENT À VALESCURE DU 15 MAI AU 15 SEPTEMBRE ENTRE 2015 ET 2018

La diminution des précipitations durant la période chaude et l'état des réserves hydriques des sols sont prépondérants pour le déclenchement de la récession des débits puis du tarissement. En 2015, la baisse des débits est nettement plus précoce que les autres années, mais l'étiage est atteint aux alentours du 1^{er} août, et la recharge en eau du bassin versant se produit à la faveur des trois orages du mois d'août. En 2016, la réserve initiale en eau est plus importante, mais les orages d'été ne sont pas assez importants pour retarder le tarissement, qui se prolonge jusqu'au 13 septembre. En 2017, les pluies initiales cumulées sont modérées au 15 mai. La situation exceptionnelle du manque de précipitations y compris durant l'automne entraîne un débit de très basses eaux rarement observé aussi tard à cette saison. Enfin, en 2018, les pluies reçues jusqu'en mai sont très abondantes, et si le début du tarissement peut se situer à la fin juin sur la figure 3.5, les très basses eaux se prolongent jusqu'à la mi-octobre. Tous ces éléments permettent d'avoir une première idée sur la variabilité des situations hydrologiques. Il commence à devenir possible de caractériser ce qui est le plus fréquent dans les situations observées et celles qui sont en écart.

3.2 Caractéristiques des stations temporaires d'étiage

Un premier travail a consisté à choisir, en fonction des spécifications de l'EPTB Gardons, les meilleures sections pour mesurer des débits d'étiage. Certains de ces choix se sont révélés problématiques à l'usage, soit en raison de détarage lors des crues d'automne et de printemps (seuils alluviaux), soit en raison d'activités ludiques en été (constructions de petits barrages...), soit d'un usage particulier de la rivière (ouverture et fermeture de *béals*...), soit enfin en raison d'une non-acceptation de notre installation pourtant la plus discrète possible. Ce rejet entraînant soit une détérioration du matériel, soit dans quelques cas le vol des sondes.

Ces stations doivent en outre avoir des caractéristiques liées à leur haute fréquentation par nos équipes, afin de faciliter leur gestion. Leur accès doit être aussi sûr que possible, donc sans agrès ou autres. La marche d'approche depuis le parking ne doit pas être trop longue et trop technique (pente, ressaut...). Il faut enfin que nos différents intervenants, en particulier des personnels non permanents (stagiaires...), puissent les retrouver assez facilement. Toutes ces caractéristiques conduisent encore à réduire le choix des possibles.

3.2.1 Localisation des stations

Dix stations ont été fonctionnelles pour le suivi de l'étiage de 2015 à 2018, dont deux stations pérennes en amont d'Alès (Galeizon et Cambous). Huit stations temporaires d'étiage ont été installées sur les sous-bassins versants de la Salindrenque, du Gardon de Saint-Jean, du Gardon de Mialet et du Gardon d'Alès. Les années 2015 et 2016 ont servi de phase de test hydrologique pour le programme HydroPop-1 (2017 – 2018).

3.2.1.1 Sur le Gardon de Saint-Jean

Le dispositif s'appuie sur huit stations temporaires (Fig.3.1).

- 1 — Station de la Salindrenque, au moulin de la Roque à LaSalle (38 km²) ; longitude 3°52' 10,30"E ; latitude 44°02' 39,80"N ; altitude 219 m. Station considérée comme bonne après un tâtonnement entre 2015 et 2017. Cette station remplace la station du camping à LaSalle qui a été abandonnée à l'issue de la campagne 2017, largement en raison du fonctionnement d'un *béal* assez imprévisible ;
- 2 — Station de la Salindrenque au pont de Thoiras (68 km²) ; longitude 3° 56,00' 04,20"E ; latitude 44° 03'00 57,70"N ; altitude 155 m. Station considérée comme très bonne après l'abandon de la 1^{re} station (en 2015) qui était située plus en amont ;
- 3 — Station de la Borgne à Saumane (amont confluence Gardon ; 28 km²) ; longitude 3° 45,00' 42,20"E ; latitude 44°07' 33,00"N ; altitude 324 m. Station assez bonne, et déplacée plus en amont de 40 mètres en 2016 afin d'avoir une meilleure et plus stable section ;
- 4 — Station du Gardon de Saint-André au pont de l'Elze (St-André-de-Valborgne) : 29 km² ; longitude 3° 41,00' 26,60"E ; latitude 44° 09,00' 02,60"N ; altitude 419 m. Station intéressante, mais nécessitant de réaliser la courbe de tarage chaque année ;
- 5 — Station du Gardon de Saint-Jean au pont de Cambonéral (145 km²) ; longitude 3° 52,00' 22,10"E ; latitude 44° 06,00' 44,00"N ; altitude 186 m. Bonne station, d'accès facile, mais dont la section de rivière se transforme en lieu de baignade dans l'été ;
- 6 — Station du Gardon de Sainte-Croix au pont du Martinet (90 km²) ; longitude 3° 50,00' 22,00"E ; latitude 44° 10,00' 11,90"N ; altitude 239 m. Station médiocre (risque d'atterrissements) et connaissant des activités ludiques (construction de petits barrages...) lors de la période de plein été (14/07 – 15/08) ;

- 7 — Station du Gardon de Saint-Étienne aux Solières (Saint-Étienne-Vallée-Française : 81 km²) ; longitude 3° 50,00' 35,31"E ; latitude 44° 10,00' 17,62"N ; altitude 242 m. Station à large lit mobile, médiocre, là aussi affectée par des modifications anthropiques du lit, ce qui rend sa gestion très compliquée, mais aucun autre lieu plus satisfaisant n'a pu être trouvé sur ce bras de rivière ;
- 8 — Station du Gardon de Mialet au Roucan (Corbès) (224 km²) ; longitude 3° 58,0'04,30" E ; latitude 44°04' 46,50" N ; altitude 135 m. Assez bonne station, mais affectée par le fonctionnement du *béal* de la Bambouseraie (dont il faut réintroduire le débit dans les calculs) ; station qui peut s'engraver lors de crues puissantes, ce qui permet d'établir que la charge sédimentaire est bien mobile sur ce segment du Gardon de Mialet malgré le barrage situé un peu plus haut.

3.2.1.2 Sur le Gardon d'Alès

Deux stations pérennes ont également fonctionné (Fig.3.1).

- 9 — Station du Gardon d'Alès en sortie du barrage des Cambous (113 km²) ; longitude 3° 59,00' 19,36" E ; latitude 44° 14,00' 0,65" N ; altitude 208 m. Assez bonne, mais totalement influencée par le fonctionnement du barrage des Cambous ; les débits mesurés, surtout en été, y sont totalement anthropiques (soutien d'étiage...) ;
- 10 — Station sur le Galeizon à l'Aube morte (Cendras) (61 km²) ; longitude 3° 58, 57, 76" E ; latitude 44° 09'00' 25,31" N ; altitude 181 m. Bonne station, mais évolution récente possible ; elle est affectée d'un renard en rive droite qui s'est creusé sous la structure en béton. Une amélioration de cette station de référence nécessiterait de boucher ce passage et de produire une gouttière pour les basses eaux afin d'améliorer sa précision. Cette station pourrait alors être une station de référence.

Les débits étant souvent en période de tarissement assez limités, il nous faut atteindre une bonne précision pour avoir une mesure significative. Ceci se heurte à de nombreux problèmes comme la forme de la section mouillée qui doit être resserrée, la nature du seuil de contrôle en basses eaux (rocheux ou alluvial), mais aussi de façon plus étonnante à des problèmes de matériel (d'où des tests multiples) et *in fine* à une acceptation ou non par les usagers de la rivière et/ou par les propriétaires fonciers des mesures envisagées. Par ailleurs lors de la première installation qui se fait en moyennes eaux, il est très difficile d'imaginer ce que sera le cheminement de l'eau en basses eaux et en très basses eaux. Celui-ci dépend de détails topographiques qui sont généralement peu visibles. Il est donc nécessaire de prévoir une année à blanc pour explorer ce type de problèmes et de prospecter les lieux les plus satisfaisants à la toute fin de l'été.

On verra ci-dessous qu'une présence forte est nécessaire en été pour obtenir des débits de qualité à haute résolution. Cela étant la mise à disposition dans le programme HydroPop-1 des débits moyens journaliers aurait pu conduire à chercher à automatiser ces stations afin de minimiser le travail de terrain. Cela s'est avéré guère possible pour des raisons matérielles (télétransmission non prévue dans les conventions), pour des raisons techniques (stations parfois dans des ravins et très souvent non ou peu couvertes par les réseaux téléphoniques ou autres), mais aussi pour des raisons de discrétion (fils à tirer, antennes à implanter...), etc.

Même si ces problèmes pouvaient être résolus, il resterait la question de la modification des seuils par les usagers de la rivière, seuils qu'il faut d'une façon ou d'une autre plus ou moins rétablir et cela ne peut pas se faire par télétransmission. De même toute modification de seuil conduit à faire un jaugeage de contrôle, ce qui ne peut pas non plus être fait à distance. En conséquence il faut bien voir qu'un tel réseau, sauf à faire des installations lourdes et bien sécurisées, demande une forte présence humaine et donc génère des coûts en personnels importants. Le fait de devoir livrer des débits chaque semaine pendant plus de deux mois démultiplie encore ces coûts.

3.2.2 Morphologie des stations

Pour la plupart, les stations sont des sections naturelles (Fig.3.6) donc géométriquement conformes à la morphologie générée par les flux passants, mais parfois instables. Seule, celle de l'Aube morte sur le Galeizon, utilise un seuil en béton, calibré pour les moyennes et les hautes eaux (Fig.3.6 droite). Dans plusieurs cas, la hauteur d'eau à la station est contrôlée par un seuil rocheux : LaSalle, Thoiras, Saint-Jean du Gard, Saint-André de Valborgne, Mialet, Cambous. Dans le cas des Gardons de Saint-Étienne et de Sainte-Croix, et dans une moindre mesure, à Saumane, elle est contrôlée par un seuil largement alluvial ce qui pose des problèmes de détarage presque à chaque grande crue.



FIG.3.6 — STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE SAINT-ANDRÉ DE VALBORGNE (GAUCHE), DE SAINT-ÉTIENNE VALLÉE FRANÇAISE (CENTRE) ET DU GALEIZON (DROITE)

Cela étant, les stations ont été choisies pour suivre au mieux les étiages avec des sections étroites, sur socle autant que possible, et de façon à éviter, *a priori*, le plus souvent, la réalisation de petits barrages en été, par des usagers du lit des rivières. Dans la mesure du possible elles ont été positionnées de façon à être très discrètes, pour des raisons « esthétiques », mais surtout pour ne pas attirer l'attention des utilisateurs estivaux des lieux. Comme nous le verrons, ce but n'a pas toujours été atteint.

3.2.3 Type de matériel

Depuis la première campagne, chaque site a été équipé au moins d'une sonde de mesure de pression de l'eau (P_e , charge hydraulique) positionnée près du fond de la rivière, associée à une sonde barométrique (P_a , pression atmosphérique) (Fig.3.7). Le niveau d'eau, dans la rivière (C , charge) étant obtenu par différence entre P_e et P_a . Les sondes hydrométriques sont protégées mécaniquement par des tubes métalliques fermés. Les températures de l'eau sont également enregistrées par ces matériels.

Pour chaque station, on a réalisé un ancrage (goujons) permettant de positionner temporairement une échelle limnimétrique, qui n'est mise en place qu'au moment du relevé (H_{lu} , hauteur lue), de façon à renforcer la discrétion des points de mesure. Cet ancrage permet de repositionner l'échelle au même niveau, assurant ainsi la continuité des mesures entre chaque campagne annuelle de mesure.

Alors que les premières années les stations étaient équipées d'une seule sonde, à l'exception des sites de l'Aube morte (Galeizon) et Cambous (Gardon d'Alès) qui en comportaient deux, en 2018 chaque site a été doté d'au moins deux systèmes de mesure (sondes immergées ou centrale externe), une comme sonde de référence, l'autre à titre de dépannage, et jusqu'à trois à l'Aube morte (site permettant de faire des tests sur le matériel). Le fait de doubler les enregistrements permet dans une certaine mesure de pallier aux pannes, voire aux vols de sonde.



FIG.3.7 — (GAUCHE) SONDES SOLINST : LEVELOGGER (DANS LE SABOT DE TRANSFERT DE DONNÉES) ET BARO ; (CENTRE) MINIDIVER ; (DROITE) SONDE DE PRESSION ET CENTRALE SOLOPHÈME

En 2018, huit sondes mini Diver 0-10m de la société SDEC (mesure de la pression transformée en hauteur d'eau, et de la température de l'eau), ont été installées. La sonde, d'une longueur de 9 cm, est glissée dans un tube protecteur métallique totalement obturé d'un côté. La sonde repose sur ce bouchon fixe. Le tube est percé d'un petit trou, près de la sonde, à l'extrémité inférieure, afin que se réalise un équilibre hydrostatique sans toutefois permettre qu'une trop grande quantité d'alluvion n'entre pas dans le tube.

En même temps, dix sondes Levelogger 0-10m (société Environium), dont le principe et l'architecture sont équivalents aux sondes mini Diver, ont été utilisées.

En 2018 enfin, cinq stations (Galeizon à l'Aube morte, Salindrenque au pont de Thoiras, la Borgne à Rafinesque - Saumane, Saint-André de Valborgne au pont de l'Elze, St Étienne-Vallée française) ont été équipées de sondes de pression adaptées sur des centrales Solophème de la société Sigma-Sud.

Pour ce matériel, la sonde de pression est également immergée, et reliée avec un câble de 10 m à la centrale externe. La sonde a une amplitude comprise entre 0 et 2 m, avec une précision de 1 mm. La compensation de la pression atmosphérique est assurée directement via un capillaire intégré dans la connectique, assurant la liaison avec l'atmosphère aérienne. L'information est stockée dans un boîtier en plastique de 15 cm x 15cm x 12 cm, logé dans une cellule de protection en bois ou en métal placée hors d'eau.

Notons enfin qu'à la station de l'Aube morte, la sonde est placée au fond du puits de l'ancien limnigraphe et la centrale de mesure dans le boîtier fermé (Fig.3.8).



FIG.3.8 — PUIITS DU LIMNIGRAPHE SUR LE GALEIZON À L'AUBE MORTE, ABRITANT L'ÉQUIPEMENT DE MESURE SOLOPHÈME (GAUCHE) ; SONDE DANS LE PUIITS DU LIMNIGRAPHE, CENTRALE SOLOPHÈME ET RÉCUPÉRATION DU FICHIER DE DONNÉES (DROITE)

Les données sont transmises directement depuis la centrale, sur un ordinateur portable, au moyen d'une prise RS232. L'avantage de ce matériel est double. Outre d'avoir une bonne précision

comme nous avons pu le constater durant cette campagne, il n'y a pas besoin d'extraire la sonde de l'eau pour récupérer les données, ce qui est impératif pour les matériels mini Diver et Levelogger.

Ce matériel présente aussi des inconvénients, comme la génération de 4 à 5 mesures supplémentaires dans l'heure qui suit la récupération du fichier, ce qui peut être facilement corrigé sur un tableur. Une décharge trop rapide de la batterie a été aussi rencontrée. Le boîtier est par ailleurs vulnérable (risque de vandalisme) et requiert d'être mis sur un site particulièrement discret. Plusieurs de ces matériels, essentiellement des sondes, ont toutefois dysfonctionné lors de l'été 2018.



FIG.3.9 — TEST DES SONDES NEUVES SOLINST AVANT LEUR INSTALLATION SUR SITE AU PRINTEMPS 2018
(GAUCHE : LEVELOGGER ; DROITE : BAROLOGGER)

Avant leur mise en place, les sondes mini Diver et Levelogger ont fait l'objet d'un test comparatif durant une dizaine de jours (Fig.3.9). Les sondes de pression hydraulique ont été immergées dans le ruisseau de l'Alzon (à Saint-Christol-lès-Alès), et les sondes barométriques testées dans l'abri météo. La fiabilité de chacune d'entre elles a ainsi pu être déterminée (Fig.3.10). Au cours du test, tout en étant positionnées à la même profondeur dans le cours d'eau, les sondes montrent une certaine disparité propre à leur caractéristique. Et certaines, tout en étant neuves, apparaissent nettement plus fidèles que d'autres. Celles mises en place sur les deux stations pérennes de Galeizon et des Cambous n'ont cependant pas été démontées pour être testées.

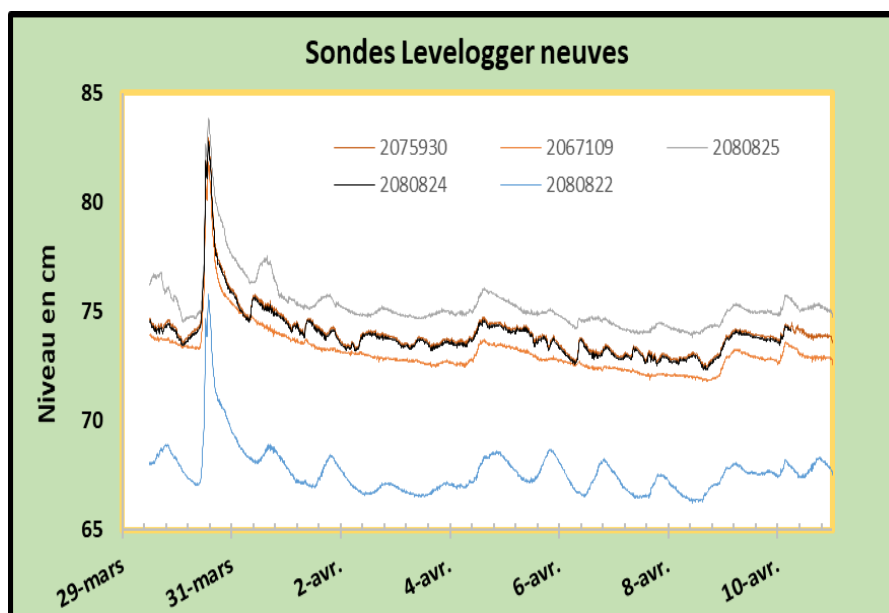


FIG.3.10 — RÉSULTAT DU TEST DES SONDES NEUVES LEVELOGGER AVANT LEUR INSTALLATION SUR SITE AU PRINTEMPS 2018

Certains aspects des résultats de ces tests peuvent être appréciés sur la figure 3.10. Les positions des sondes n'étant pas nivelées (mises exactement au même niveau) les différences de niveau de départ n'ont pas de sens particulier. Il faut seulement considérer les modalités de fluctuation. Clairement certaines courbes sont plus bruitées que d'autres et certaines restitutions de variations de hauteurs d'eau parfois, spécifiques. On notera ainsi les différences existant entre la courbe du bas (n° 2080822) entre le 05/04 et le 08/04 et la courbe de la sonde n° 2067109 (la plus basse des 4 du haut, en orange). Cette dernière lisse très fortement le signal à l'échelle d'une journée, ce qui n'est pas le cas de la 2080822. Les trois autres sondes se plaçant entre ces fonctionnements extrêmes.

Toutes ces différences doivent donc être gérées dans le temps très court d'une semaine dans le cadre du programme HydroPop-1.

3.2.4 Résolution, précision et représentativité de la mesure

Les sondes mini Diver et Levellogger présentent une assez grande incertitude de mesure, de l'ordre de 3 à 5 mm (Fig.3.11). Par comparaison, l'incertitude pour les sondes associées aux Solophème est de 1 mm. Les mesures sont effectuées à cadence élevée (résolution temporelle à 5 mn), ce qui donne 288 valeurs par jour. Si cela aboutit à des fichiers relativement conséquents, la valeur moyenne journalière du débit recherché est donc calculée de façon robuste. Cela permet de minimiser les variations aléatoires du signal propres au matériel, mais aussi, si nécessaire, de rendre compte de façon fine de phénomènes infra journaliers (pompage en rivière, prélèvement de la végétation...).

Les comparaisons effectuées depuis 2016 entre les sondes mini Diver et Levellogger, sur le Galeizon ont montré, pour les périodes de basses eaux, une plus grande régularité du signal avec les sondes Levellogger. On observe à la fois un déphasage entre les deux courbes, ainsi qu'un signal souvent plus bruité pour la sonde mini Diver. Aussi, quand cela a été possible, la préférence a été donnée aux sondes Levellogger, pour leur similarité de variation du signal obtenue avec les sondes Solophème considérées comme plus sûres. Toutefois, différents tests ont montré que ramenés à des données moyennes journalières de débit ces matériels donnaient des valeurs extrêmement proches. Ce n'est que dans une exploitation à haute résolution, ce qui n'était pas attendu dans le cadre du programme HydroPop-1 que ces différences sont amenées à produire des écarts de débit assez notables. Il faut alors envisager des moyens de lissage du signal qui peuvent passer par des moyennes mobiles de taille de fenêtre variable, par des changements de pas en conservant ou non l'écart type de la distribution, etc.

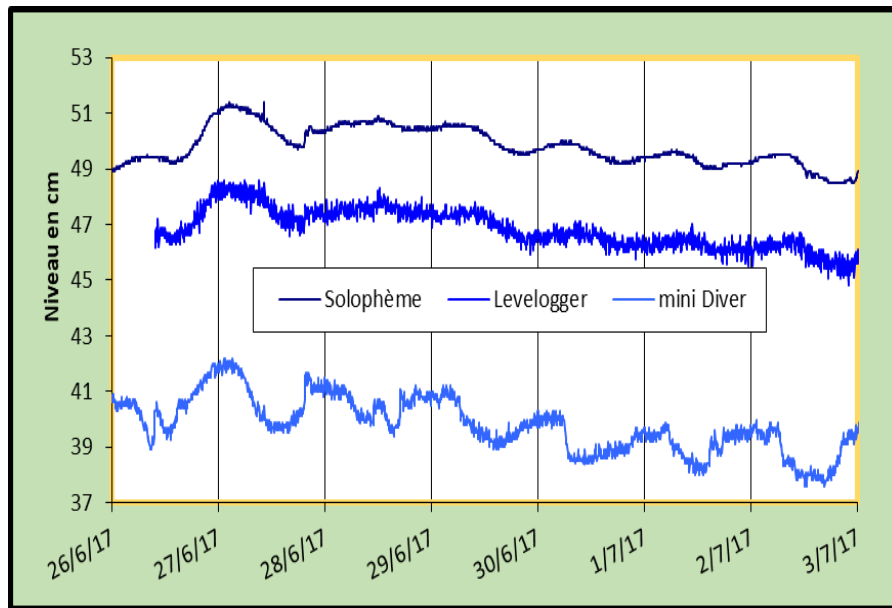


FIG.3.11 — COMPARAISON DES HAUTEURS D'EAU FOURNIES PAR LES SONDES MINI DIVER, LEVELLOGGER ET SOLOPHÈME (GALEIZON, 2017)

Sur le zoom donné dans la figure 3.11, les différences de niveaux ne sont pas significatives (entre 41 et 49 cm). Par contre le style des enregistrements peut être comparé. On voit clairement que la mini Diver (en bas) est à la fois bruitée (bruit brownien) et affublée d'une forte oscillation qui a un fondement physique, mais qui est exagérée par cette sonde sensible, semble-t-il, à la température de l'eau. La sonde Solinst est certes bruitée, mais un lissage permet assez facilement de retrouver un signal très proche de celui du Solophème (en haut).

Un tel réseau demande une forte attention pour être maintenu en bon état en raison des multiples incidents qui peuvent se produire. En particulier il devient très difficile, passé un délai conséquent, de retravailler une chronique brute qui par exemple aurait enregistré n constructions et x destructions (parfois partielles) de barrages, par exemple au niveau d'un site fréquenté par des vacanciers. Il est donc nécessaire d'avoir une mémoire récente de la situation passée pour faire les corrections indispensables sur le tableur.

En période estivale (juillet et août) les tournées doivent donc au minimum être bimensuelles. Elles peuvent être un peu plus espacées en début de saison (avril – mai – juin) ou en fin de période (septembre – octobre). Pour le programme HydroPop-1, ces cadences ont été fortement accrues afin de pouvoir livrer une information hydrologique toutes les semaines et surtout entre 48 et 72 heures après la collecte des hauteurs d'eau, soit à un rythme très élevé pour ce genre de mesure à une période en outre où les personnels sont tour à tour en vacance, ce qui ne simplifie pas la gestion du réseau.

Pour le programme HydroPop-1 il a donc fallu mettre en place un système de gestion du réseau qui associe plusieurs tournées à une chaîne de calcul semi-automatisée de fichiers qui finissent par être conséquents (dizaines de milliers de lignes) en raison du pas de temps de mesure (5 mn).

3.3 Fonctionnement du réseau de mesure

Le fonctionnement du réseau de mesure se fonde sur des tournées fréquentes et relativement longues (journées). Les personnels ne sont pas toujours les mêmes (ingénieur, technicien, stagiaire, chercheur...). Cela implique d'établir avant la saison une interopérabilité qui s'appuie sur un livret décrivant chaque station et sur un manuel technique qui explicite les opérations à réaliser en fonction de chaque matériel engagé et/ou de chaque phase d'observation : extraction des données, jaugeage... Il est aussi nécessaire de prévoir une tournée à blanc avec tous les personnels afin d'éviter ensuite bien

des problèmes, car tout ne peut être noté dans les opuscules (lieu où est cachée la sonde barométrique...). Il y a donc une phase de formation avant l'action qui ne doit pas être négligée.

3.3.1 Tournées

Compte tenu du travail représenté par la collecte hebdomadaire des données, on a adopté un protocole standard. Chaque semaine, deux tournées sont organisées avec au moins deux agents, et cela durant toute la durée de la campagne. Cela nécessite un agenda précisant les absences de personnel et les personnes assurant l'intérim, d'autant plus astreignant qu'il s'agit de la période des congés estivaux.

Chaque tournée dure en moyenne 8 heures (de 6 h à 14 h TU), mais la durée dépend de nombreux facteurs : difficulté ou non de récupération des données et temps passé à résoudre les problèmes techniques ; jaugeage ou non ; jaugeage de tarissement (qui peut durer plus de deux heures), curieux au bord de l'eau avec lesquels il faut engager la conversation (et vous faites quoi, là ? ...) Au moins pour que les curieux n'aillent pas vérifier par eux-mêmes l'installation et les touristes sur les routes au plus fort de la journée qui très logiquement ne sont pas pressés et difficiles à doubler sur les petites routes des Cévennes. Il est important également de terminer les mesures avant 14 h (soit 16 h heure légale), les débits baissant ensuite de façon non négligeable (oscillations journalières induites par la végétation).

La tournée numéro 1 (107 km, 2 h 45 de route en moyenne) au départ de Saint-Christol-lez-Alès passe par les stations de Cambous sur le Gardon d'Alès (Sainte-Cécile d'Andorge), de l'Aube morte sur le Galeizon (Cendras), de la Salindrenque aval (Thoiras), de la Salindrenque amont (LaSalle village) et du Gardon de Mialet à Roucan (Corbes).

Semaine	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Salindrenque-Lasalle		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18-oct
Salindrenque-Thoiras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18-oct
La Borgne-Saumane	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18-oct
Gardon de St André de V		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18-oct
Gardon de St Jean		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18-oct
Gardon de St Etienne VF		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18-oct
Gardon de Ste Croix VF		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18-oct
Gardon de Mialet-Roucan		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18-oct
Gardon Alès Cambous	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gardon Alès-La Blaquière		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10-oct	
Galeizon - Aube Morte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gravelongue amont	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gravelongue aval	X	X	X	X	28-juil													X	X
Gardon - La Baume	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

FIG.3.12 — TABLEAU DE FONCTIONNEMENT DES DISPOSITIFS DE MESURE EN 2018. EN VERT, SEMAINES D'OBSERVATION, VERT CLAIR, STATIONS PÉRENNES ; EN BLANC, LES PÉRIODES SANS ÉQUIPEMENT. LA CHRONOLOGIE EST DÉCOMPTÉE DEPUIS LA DEUXIÈME SEMAINE DE JUIN 2018 (N° 24). LES X INDIQUENT QUE LA TOTALITÉ DE LA SEMAINE A ÉTÉ ENREGISTRÉE.

La tournée numéro 2 (117 km, 3 h de route), toujours au départ de Saintt-Christol, passe par les stations de Cambonéral sur le Gardon de Saint-Jean (Saint-Jean du Gard), de Rafinesque sur la Borgne (Saumane), du pont de l'Elze sur le Gardon de Saint-André (Saint-André de Valborgne), du

Martinet sur le Gardon de Sainte-Croix et du Gardon de Saint-Étienne aux Solières (Saint-Étienne Vallée française).

Selon les campagnes et en fonction des conditions hydrologiques de printemps, les tournées ont débuté le 1^{er} avril (2015), le 25 mars (2016), le 6 avril (2017), et enfin le 15 juin (2018), et se sont achevées entre le 9 septembre (2015) et le 18 octobre (2018). Cela représente donc 24 semaines en 2015, 27 semaines en 2016, 28 semaines en 2017 et 18 semaines en 2018 (Fig.3.12).

Dans le temps passé sur le terrain, en dehors des campagnes proprement dites, il faut bien entendu prévoir la mise en place des stations et leur désinstallation, ainsi que des tournées de vérification en dehors de la période de basses eaux, pour réaliser des jaugeages de moyennes eaux, qui seraient plus difficiles à observer durant l'été.

3.3.2 Perturbation de la mesure (barrage, panne)

Toute station ne se révèle pas bonne pour une mesure de qualité. En dépit d'un soin tout particulier apporté pour trouver la station idéale — morphologiquement impeccable, peu fréquentée, d'accès cependant pas trop difficile — le premier obstacle inhérent à la mesure en rivière est l'attractivité suscitée par le cours d'eau lui-même et ses abords. L'été, souvent entre le 10 juillet et le 15 août, mais parfois plus tard à la faveur de très belles arrière-saisons, les cours d'eau sont des lieux de baignade. Quand le niveau baisse et s'il y a des pierres à proximité, le vacancier peut construire des petits barrages pour rehausser le niveau de l'eau et s'assurer un meilleur plan d'eau.

Certains sites sont plus exposés que d'autres (Saumane, Gardon de Sainte-Croix Vallée française) et assez systématiquement concernés. D'autres le sont de façon plus épisodique (Saint-Jean du Gard). Dans la mesure où les tournées sont hebdomadaires, la période perturbée ne devrait pas excéder une semaine. Et s'il est très aisé de connaître à cinq minutes près l'heure de construction du barrage, on peut aussi avec l'enregistrement en reconstituer l'historique : noter que l'ouvrage a pu être construit puis démonté, voire à nouveau remonté et surélevé en plusieurs tranches sur plusieurs jours... La répétition des aménagements peut malheureusement se reproduire tant qu'il y a des baigneurs. (Fig.3.13)



FIG.3.13 — BARRAGES TEMPORAIRES CONSTRUITS PAR LES VACANCIERS, AU DROIT DES STATIONS DE MESURE ; GAUCHE (SAUMANE AVAL – 2016) ; CENTRE (LA CLÈDE, GARDON DE SAINTE-CROIX - 2016) ; DROITE (SAUMANE AMONT - 2018)

Sur le site discret de la Borgne à Saumane, en 2018, un petit barrage a été réalisé durant quelques jours, mais c'est aussi l'évolution naturelle dans le lit du cours d'eau qui peut aussi compliquer la mesure. L'étiage ayant été tardif, la remontée du niveau par accumulation de feuilles et de végétaux tombés ou flottés, a perturbé la côte réelle du plan d'eau durant une partie du mois de septembre.

L'observation sur le terrain de seuils plus ou moins visibles, le choix de l'heure de passage (avant midi, il y a très peu de personnes au bord de l'eau) pour déconstruire les barrages — au risque

de voir la sonde arrachée et volée (comme à Saumane en 2017), l'enlèvement le plus loin possible, des blocs utilisés par les « barragistes » sont indispensables, à la fois pour limiter le risque de réinstallation, et de façon à pouvoir calculer les cotes non influencées.

Comme depuis 2018, chaque site est équipé d'au moins deux capteurs de niveau différents, si un site était encore équipé avec une sonde mini Diver, par expérience, ce sont les données fournies par du matériel Solinst ou des sondes Solophème qui ont été retenues. Dans la mesure du possible également, et quand elles fonctionnaient bien les années précédentes, les mêmes sondes ont été remises au même endroit. Le recours à deux sondes reste indispensable pour ne pas perdre de données, dans la mesure où du matériel neuf peut aussi s'avérer faillible. Deux sondes neuves et une centrale Solophème, ont, par exemple, en 2018, mal fonctionné.

3.3.3 Les jaugeages et les courbes de tarage

Les hauteurs d'eau (obtenues en continu via les capteurs de niveau) sont transformées en débit en utilisant une courbe de tarage construite à partir de jaugeages (débit instantané correspondant à une hauteur d'eau), ces derniers devant idéalement couvrir toute la plage des niveaux atteints durant l'étiage.

Les jaugeages sont réalisés de trois manières différentes (Fig.3.14). Compte tenu à la fois du caractère assez torrentueux des cours d'eau et de la morphologie des fonds, le jaugeage par dilution d'un traceur (chlorure de sodium) avec enregistrement de la variation de la conductivité électrique depuis l'injection de la saumure jusqu'à sa disparition apparaît le plus souvent le mieux adapté. Il est en outre assez rapide (10 à 30 minutes), et permet de jauger des débits compris entre quelques litres et $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Le jaugeage par mesure de vitesse sur la section de la rivière et à différentes profondeurs est aussi possible, et utile pour les moyennes eaux, mais sa mise en œuvre est beaucoup plus longue (au moins une heure). Enfin, lors du tarissement, si l'écoulement se concentre en un point, le jaugeage par empotement est possible pour de très faibles débits (0 à 1 l/s).



FIG.3.14 — JAUGEAGE PAR DILUTION (GAUCHE) ; MESURE DE VITESSE (CENTRE) ; EMPOTEMENT (DROITE)

Pour le jaugeage par dilution d'un traceur — ici une solution de chlorure de sodium —, le débit est obtenu de la façon suivante, en utilisant une feuille de calcul. Cette dernière contient : le temps de mesure avec le conductimètre (ici, toutes les 5 sec) ; la conductivité enregistrée ; la conductivité réelle — obtenue par un calibrage au labo à partir de l'échantillon d'eau — ; la classe de conductivité et le rapport qui permet de calculer la concentration (2 — g/l de NaCl) à tout moment (Fig.3.15).

Le chlorure de sodium injecté étant conservatif, toute la masse de sel (1 — soit ici, $M = 2000 \text{ g}$) est passée en un temps donné (3 — soit ici, en 1010 secondes).

Le débit (l/s) est alors égal à $1 / 2$ (diff. concentration) / 3 (temps)

Ou $\text{g} / \text{g/l} / \text{sec} = \text{l/s}$, ici 1549,8 l/s

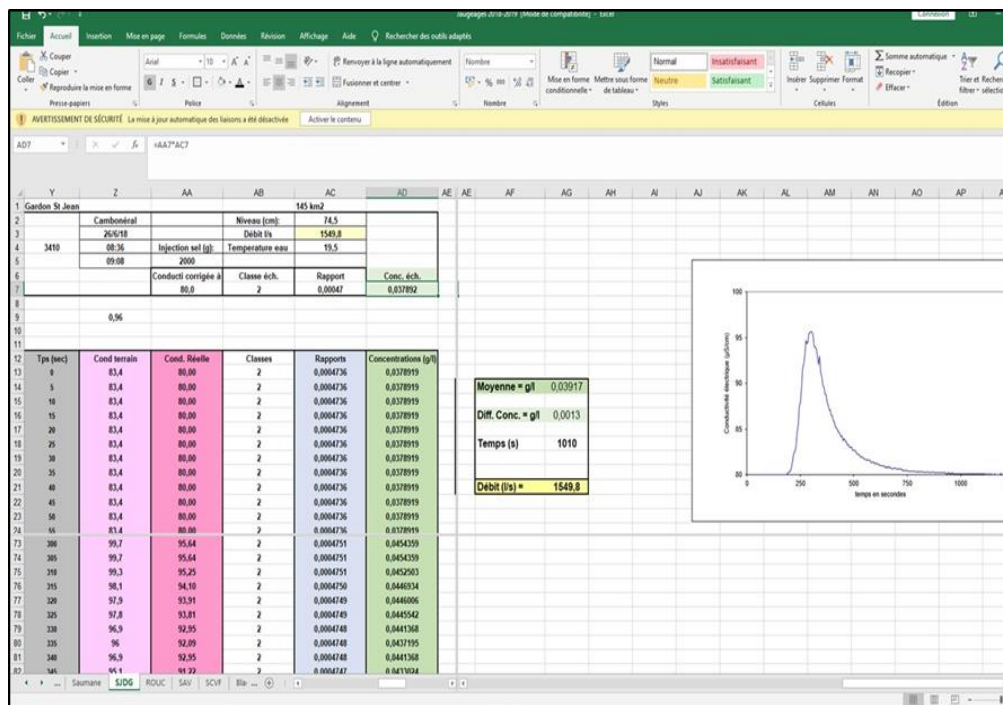


FIG.3.15 — EXEMPLE DE FEUILLE DE DÉPOUILLEMENT D'UN JAUGEAGE PAR DILUTION À SAINT-JEAN DU GARD
(DÉBIT CALCULÉ : 1553,4 L/S)

Pour le jaugeage par mesure de champs de vitesse, obtenu avec un micromoulinet ou un courantomètre, il s'agira de mesurer la vitesse moyenne obtenue à différentes profondeurs sur chaque point de mesure (une dizaine en général), régulièrement espacés, exprimée en m/s, puis connaissant la section de mesure (m^2), le débit étant alors égal au produit : $m/s * m^2 = m^3/s$ (ou litres par seconde), ici 947 l/s (Fig.3.16).

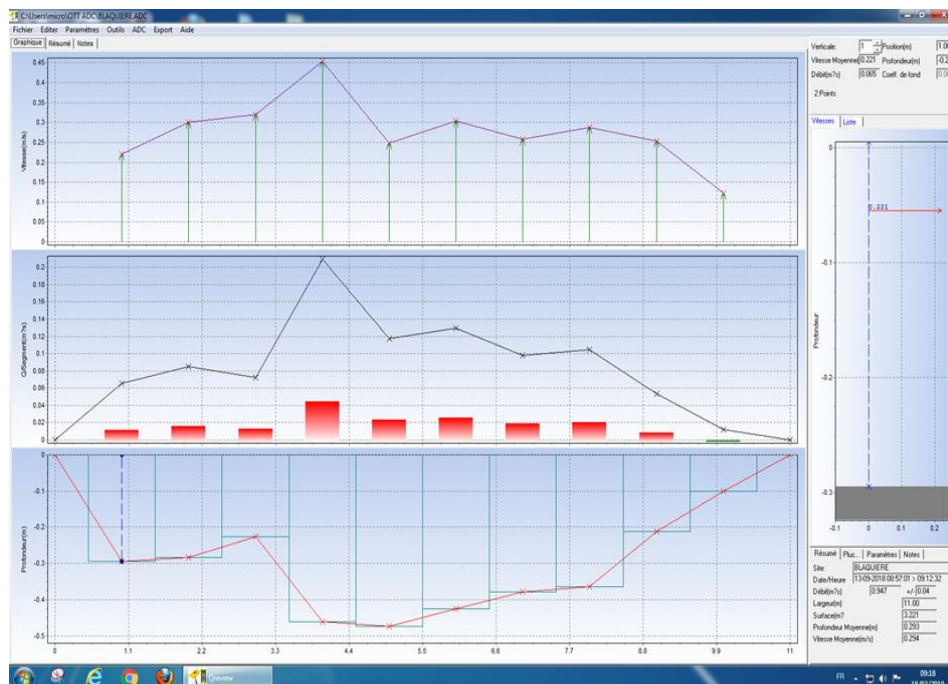


FIG.3.16 — EXEMPLE DE FEUILLE DE DÉPOUILLEMENT D'UN JAUGEAGE PAR CHAMP DE VITESSE (COURANTOMÈTRE-EFFET DOPPLER) — DÉBIT CALCULÉ 947 L/S

Enfin, le jaugeage par empotement consistera à mesurer le remplissage d'un récipient calibré (en litres, l) en un temps donné (en secondes, s), la simple division l/s donnera le débit. Plusieurs répétitions fourniront un débit précis.

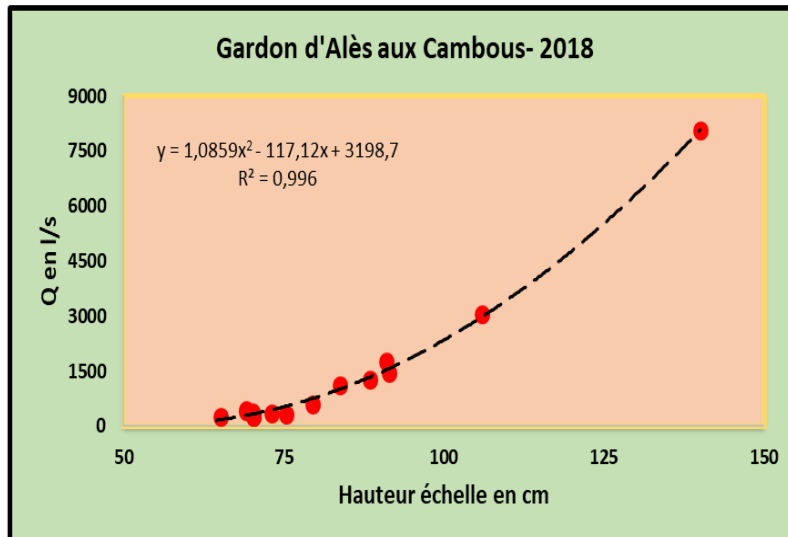


FIG.3.17 — COURBE DE TARAGE DE LA STATION DU GARDON D'ALÈS AUX CAMBOUS

Sauf situation particulière, on dispose en quelques semaines de suffisamment de points (une dizaine) pour couvrir l'évolution des débits en fonction de la hauteur d'eau dans la gamme qui nous intéresse. Et, dans le meilleur des cas (seuil et section mouillée inchangés) les années suivantes, il suffit de quelques jaugeages de contrôle pour vérifier la validité de la courbe de tarage.

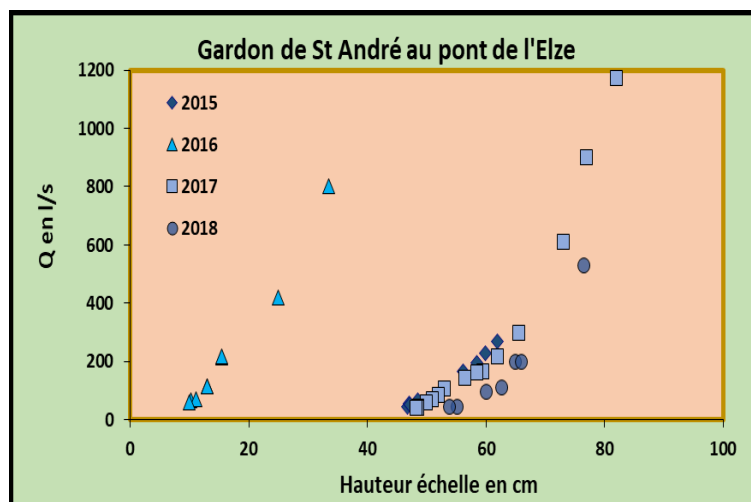


FIG.3.18 — JAUGEAGES OBTENUS ENTRE 2015 ET 2018 À LA STATION DU PONT DE L'ELZE À SAINT-ANDRÉ DE VALBORGNE

Une courbe de tarage est alors calculée (Fig.3.17). Cette dernière peut être améliorée ensuite si la station est stable hydrauliquement. Les différentes campagnes permettent alors d'étendre la courbe de tarage à la fois vers les moyennes et hautes eaux (jusqu'à 10 min 3 s/s), et vers les très faibles

débites qui n'auraient pu être mesurés les années précédentes. Le printemps 2018 a ainsi permis de compléter la plupart des courbes de tarage pour de plus fortes eaux, alors que celle de 2017 avait permis des mesures de faibles débits.

Cependant, toutes les stations ne sont pas stables. Il s'agit en particulier de la station du Gardon à Saint-André de Valborgne où des creusements (comme en 2016) ou des atterrissements au droit de la station de mesure nécessitent de refaire chaque année la courbe de tarage (Fig.3.18). Dans une moindre mesure celles de Sainte-Croix et de Saint-Étienne, aussi sujettes à des modifications du lit, imposent de reconstruire chaque année les courbes de tarage.

Cela étant très souvent les courbes de tarage à refaire d'une année sur l'autre, d'une crue sur l'autre ont une même forme ce qui permet de plus facilement recalculer une relation. Sur la figure 3.18 on voit très clairement les creusements et comblements qui décalent le seuil de la station (variations de gauche à droite sur l'axe horizontal).

Au total, 377 jaugeages ont été réalisés : 121 en 2015 ; 99 en 2016 ; 101 en 2017 et 56 en 2018 pour l'ensemble des 10 stations.

3.4 Modalités de calculs

Les données qui sont extraites des sondes sont des hauteurs d'eau. Celles-ci doivent être tout de suite, après les tournées, transformées en débits. Les mesures étant à 5 mn, le calcul des débits se fait initialement à cette résolution. Il y a donc une chaîne de traitement semi-automatique à mettre en place d'autant plus que toute modification de la courbe de tarage à la suite de la réalisation d'un nouveau jaugeage, doit pouvoir être prise en compte dans le calcul de tous les débits, ce qui conduit à recalculer tous les débits depuis l'installation de la station. Pour que cela puisse être possible, il faut automatiser les tâches dans un tableur, car bien des modifications et autres recalages ne peuvent être faits qu'à la main.

3.4.1 Automatisation de certaines tâches

L'obtention du débit moyen journalier d'un cours d'eau passe par un certain nombre d'étapes. Dans une fiche de calcul semi-automatisé, ici l'exemple de la Salindrenque à Thoiras (Fig.3.20), on peut identifier les étapes génériques suivantes.

- Étape 1 : la hauteur brute (colonne A) est corrigée en fonction de perturbations diverses (barrages) dans la figure 3.20 ;
- Étape 2 : calcul de la hauteur d'eau chaque 5 mn à partir de la relation $H_{lu} = f(\text{charge hydraulique de la sonde})$ (vert clair, colonne F) ;
- Étape 3 : calcul du débit chaque 5 mn, à partir de l'équation de jaugeage (rose, colonne G) ;
- Étape 4 : calcul du débit moyen journalier (bleu clair, colonne J).

L'automatisation permet donc de modifier à tout moment et d'affiner la relation $H_{lu} = f(\text{charge hydraulique})$ à mesure que de nouvelles mesures hebdomadaires sont connues, de corriger éventuellement la hauteur sur des tronçons, et aussi d'affiner la valeur du débit en améliorant la courbe de tarage.

3.4.2 Calcul de la hauteur d'eau chaque 5 mn à partir de la relation $H_{lu} = f$ (charge hydraulique de la sonde)

À chaque passage et particulièrement lors de chaque jaugeage, l'opérateur relève le niveau d'eau par une lecture de l'échelle limnimétrique (H_{lu}). Que la sonde soit sortie de l'eau pour la décharger ou non, celle-ci enregistre, à la même heure, la charge hydraulique qu'elle supporte (C).

Il devient alors possible de traiter statistiquement la relation entre la charge et la hauteur lue, d'en tirer un modèle, lequel sera utilisé pour recalculer les données enregistrées de façon à ce qu'elles correspondent aux niveaux lus sur l'échelle limnimétrique, c'est-à-dire aux niveaux observés au moment des jaugeages, ou lors du passage des équipes. Cette relation est donc essentielle. Elle est la plupart du temps, de forme linéaire et hautement significative entre la hauteur enregistrée et la hauteur lue sur l'échelle (Fig.3.19). Elle permet de moyenner de petites erreurs résiduelles tant du capteur de la sonde que de lecture sur l'échelle limnimétrique.

Il y a une proportionnalité simple entre la variation de la hauteur d'eau lue sur l'échelle limnimétrique et la charge enregistrée : cette proportionnalité pouvant n'être qu'une constante. Ceci donne en fait empiriquement le nivellement de la station, la différence de hauteur entre le capteur de pression de la sonde et le zéro de l'échelle. Cette approche est plus simple que de réellement niveler (mettre exactement à la même hauteur) le capteur des sondes et le zéro de l'échelle, ce qui en milieu naturel pour des stations de petits cours d'eau, est très difficile à obtenir.

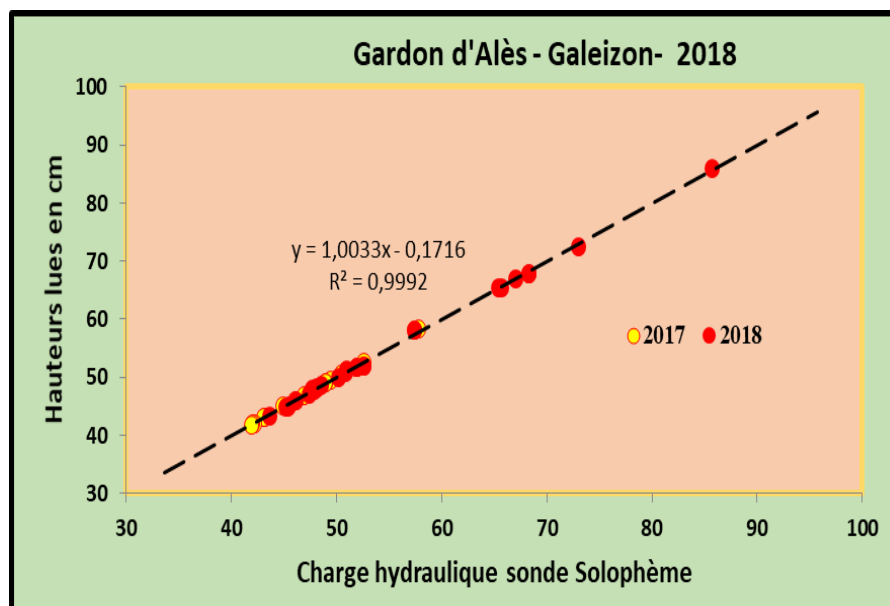


FIG.3.19 — RELATION ENTRE LA CHARGE HYDRAULIQUE ET LES VALEURS LUES SUR L'ÉCHELLE LIMNIMÉTRIQUE POUR LE GALEIZON À L'AUBE MORTE EN 2017 ET EN 2018

Par ailleurs, nous nous sommes efforcés de réinstaller les mêmes sondes que celles utilisées les années précédentes pour chaque station. Ceci permet d'éviter des biais issus de petites différences existant entre les sondes. Toutefois, différents problèmes comme des pannes (batteries déchargées...) ou des vols ont conduit à remplacer quelques matériels, de préférence par des matériels de marque identique afin de minimiser les différences mises en évidence entre marques. Dans ces cas, une attention particulière doit être portée à la continuité des mesures.

3.4.3 Correction de la hauteur en fonction de perturbations diverses (barrage)

Les équipes, lorsqu'elles passent vérifier et récupérer les enregistrements, détruisent (si possible) les petits barrages, produisant ainsi un abaissement tout aussi artificiel du niveau de l'eau qui

est lui aussi enregistré. En conséquence au moment du dépouillement des données, il faut corriger ces variations et cela ne peut se faire qu'à la main après une lecture du limnigramme en soustrayant une hauteur de quelques centimètres à la mesure de hauteur d'eau entre le moment de la construction du barrage (souvent en milieu de journée) et l'heure de passage de nos équipes. Cela étant la baisse provoquée se trouve généralement reportée au début de la chronique suivante, ce qui introduit une difficulté supplémentaire. Par ailleurs, dans la mesure du possible on essaye de garder une certaine progressivité dans la soustraction lors de la montée du plan d'eau (celui-ci se remplit assez lentement) et au contraire d'introduire un abaissement assez rapide lors de la destruction du barrage, car la vidange se fait assez vite (Fig.3.20). Toutefois, un retour à un état normal, suivant la masse d'eau accumulée derrière le barrage, peut prendre plusieurs heures.

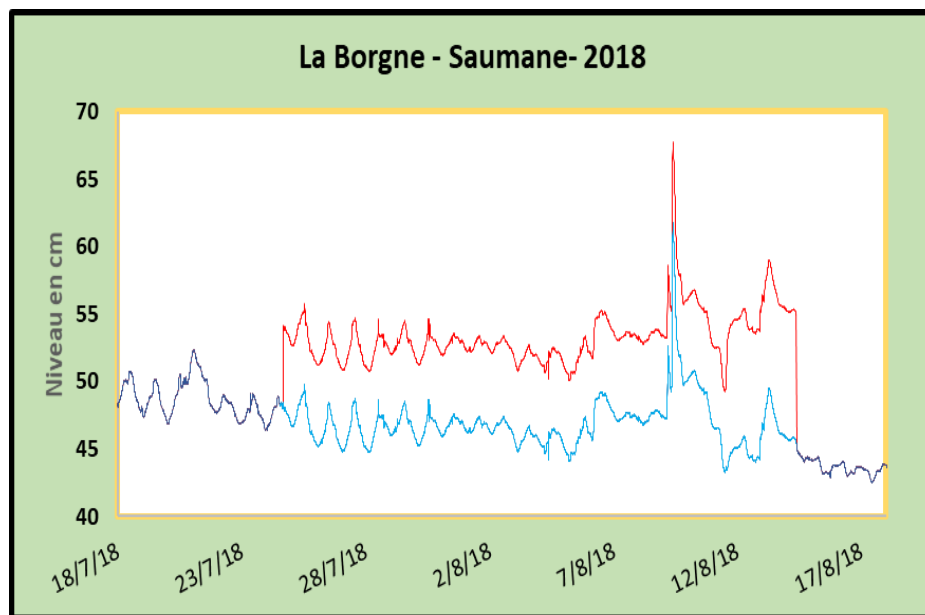


FIG.3.20 — LIMNIGRAMME BRUT ET CORRIGÉ DE LA BORGNE À SAUMANE (STATION DE RAFINESQUE) EN 2018 ; EN ROUGE, HAUTEURS INFLUENCÉES ; EN BLEU CLAIR, HAUTEURS CORRIGÉES

3.4.4 Transformation des hauteurs d'eau en débit à haute résolution

En croisant les hauteurs observées et les débits jaugés, grâce à la courbe de tarage (Fig.3.17), on détermine le débit pour chaque mesure de charge, quelle que soit la résolution temporelle. La logique principale consiste à calculer les débits à la plus faible résolution (pour nous 5 mn) puis sur les valeurs de débit de faire d'autres calculs comme celui du débit moyen journalier. Ceci permet d'obtenir n débits, par jour contre un si l'on calculait une moyenne des hauteurs enregistrée transformée ensuite en débit.

À partir de ces valeurs de débit calculées à cinq minutes, le débit moyen journalier, donc sur vingt-quatre heures, est calculé en moyennant deux cent quatre-vingt-huit valeurs de débits. Sur cette statistique qui intègre le bruit brownien du capteur tout comme l'oscillation journalière, il est alors possible de calculer un intervalle de confiance établi à partir de la mesure de la dispersion (écart type) des valeurs et d'un choix d'erreur (5 ou 1 %). Ceci permet d'une certaine façon de conserver une information plus riche puisque non seulement nous avons une valeur moyenne (le débit journalier moyen), mais aussi une mesure de l'étendue de la distribution, laquelle est postulée comme étant gaussienne, ce qui est globalement le cas en l'absence de crue.

À l'issue de toutes ces corrections et validations, en croisant les hauteurs calculées et les valeurs jaugées, il devient possible de tester la relation entre les débits jaugés et les débits obtenus au bout de toute la chaîne de calculs. Ces éléments, tout comme la comparaison entre les débits calculés et jaugés, permettent d'avoir une meilleure idée de la véracité des débits obtenus.

Toutefois, un travail est toujours en cours sur les courbes de tarage des stations hydrométriques d'étiage stables (rocheuses, artificielles) à partir de l'ensemble des jaugages dont nous disposons, depuis 2015. La recherche de la « meilleure » relation conduit donc parfois à changer de fonction ou du moins à en ajuster les paramètres. Ceci entraîne des modifications, généralement légères, dans les débits (surtout sur les pointes de crue et au niveau des plus faibles débits). Le calcul est immédiat, dès lors qu'on change les coefficients de l'équation de la courbe stockée en tête des feuilles de calcul (cellules K3, K4, K5).

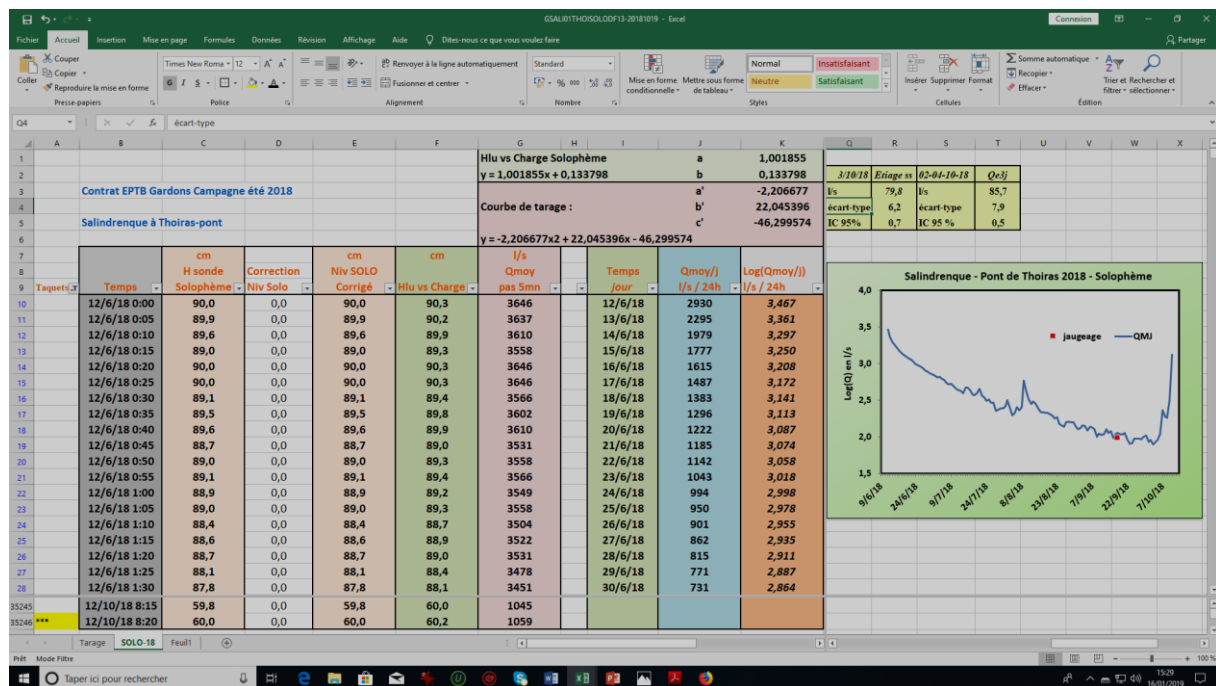


FIG.3.21 — EXEMPLE DE FEUILLE DE CALCUL EXCEL POUR LE TRAITEMENT DES DÉBITS À 5 MN, DES DÉBITS MOYENS JOURNALIERS — CAS DE LA SALINDRENQUE À THOIRAS EN 2018

3.4.5 Détermination des débits moyens journaliers et hydrogrammes comparatifs

Les débits moyens journaliers sont calculés de façon tout aussi automatique avec la feuille de calcul (date en colonne I et débit moyen en 24 h en colonne J). La transformation en log permet de mieux visualiser l'évolution au cours de la période de basses eaux. Cette anamorphose permet de se rendre compte rapidement si la décroissance des débits est seulement exponentielle en régime non influencé ou si elle renvoie à un autre modèle. L'exemple proposé (Fig.3.21) montre clairement que la vitesse de décroissance des débits ne se fait pas en ligne droite, mais diminue. En d'autres termes, les débits sont un peu supérieurs à ce qu'aurait pu pronostiquer l'extrapolation d'un modèle purement exponentiel. Ceci soulève bien évidemment la question de savoir pourquoi il en est ainsi...

Ces valeurs de débit moyen journalier sont alors transférées dans une autre feuille de calcul générant également de façon automatique la fiche hydrologique, support à la réalisation des fiches hebdomadaires sur l'eau.

Les fiches hebdomadaires sur l'eau en Cévennes des stations du Galeizon (Aube morte), de la Salendrinque aval (Thoiras), du Gardon de Saint-Jean au pont de Cambonéal, du Gardon de Sainte-Croix au pont du Martinet et du Gardon de Mialet (Roucan) sont des documents qui visent à fournir la situation hydrologique observée durant les étés 2017 et 2018.

Il s'agit de donner synthétiquement des informations sur les débits à ces stations hydrométriques, sur leurs historiques (tarissement et étiage des années précédentes) et sur l'évolution hebdomadaire du débit observé (date, débit et commentaire) (Fig.3.22). À cela s'ajoute un hydrogramme synthétique qui présente l'historicité des phases de basses eaux (de 2015 à 2018 au mieux) (Fig.3.23).

 Programme de recherche HydroPop 2015 - 2018 Université d'Avignon - UMR ESPACE du CNRS Ecole des Mines d'Alès - UMR G-Eau de l'Irstea 				
Fiche hebdomadaire sur l'eau en Cévennes				
Gardon à St Jean du Gard Surface drainée : 145 km ²				
Eléments de comparaison Débits moyens journaliers en l/s				
<i>Années</i>	<i>Début du tarissement</i>	<i>Débit début tarissement</i>	<i>Jour de l'étiage</i>	<i>Débit à l'étiage (l/s)</i>
2015	10/05/2015	2561	10/09/2015	168
2016	13/05/2016	9930	08/09/2016	158
2017	13/05/2017	6702	04/09/2017	123
2018	19/06/2018	2000	10/09/2018	134

Observations de l'année 2018		
<i>Date</i>	<i>Débit en l/s</i>	<i>Observations</i>
15/05/2018	5179	Décrue
20/05/2018	2596	Décrue
27/05/2018	1615	Décrue
03/06/2018	5756	Crue
10/06/2018	3406	Crue
17/06/2018	2228	Décrue
24/06/2018	1850	Tarissement
01/07/2018	1405	Tarissement
08/07/2018	912	Tarissement
15/07/2018	846	Toute petite crue
22/07/2018	735	Petite crue
29/07/2018	500	Reprise du tarissement
05/08/2018	371	Tarissement
12/08/2018	404	Décrue
19/08/2018	263	Tarissement
26/08/2018	170	Tarissement
02/09/2018	139	Tarissement
09/09/2018	136	Tarissement

FIG.3.22 — FICHE HEBDOMADAIRE SUR L'EAU — GARDON DE SAINT-JEAN DU GARD — ÉLÉMENTS DE COMPARAISON ET OBSERVATIONS DE L'ANNÉE 2018

Sous le tableau est reproduit, sous une forme un peu différente, l'hydrogramme placé en haut des échelles GraviSec avec les périodes de basses eaux des années 2015, 2016 et 2017 (au mieux) en comparaison.

Ces fiches sont donc globalement valides pour une semaine donnée. Les mesures de basses eaux ont été poursuivies jusqu'à la fin du cycle 2017-2018, mais n'ont plus été diffusées après le 10

septembre (l'été se terminant le 12 octobre 2018). Les informations restant disponibles sur demande jusqu'au démontage des stations d'étiage.

Outre des éléments sur la surface drainée et la position des stations, ces fiches comportent des informations sur les très basses eaux des années précédentes (2015, 2016 et 2017), essentiellement la date de début de tarissement (mais celle-ci comporte une certaine imprécision) et la date et le débit d'étiage, c'est-à-dire le débit minimum journalier observé qu'on peut penser comme naturel (en dehors d'effets anthropiques comme des pompages par exemple).

La fiche comporte ensuite un tableau cumulatif des débits calculés à la date la plus récente. Comme les courbes de tarage (relation hauteur — débit ; H vs Q) des stations ne sont pas totalement achevées, l'ajout d'un jaugeage (mesure empirique de débit) conduit à une modification de la relation H vs Q et donc à une nouvelle fonction mathématique ou à un ajustement des paramètres. C'est à partir de cette fonction, qui intègre toute l'information disponible, que tous les débits de l'année ou de la période sont systématiquement recalculés. Ceci implique que tous les débits, d'une semaine sur l'autre, peuvent légèrement évoluer, mais de moins en moins au fur et à mesure que le nombre de jaugeages augmente et que la courbe de tarage se précise (vers les très petits débits et vers les plus importants – petites crues) et se stabilise (réduction relative de la dispersion des points).

Il ne s'agit toutefois pas de débits hebdomadaires (moyennés sur une semaine) ce qui pourrait être calculé, mais de débits journaliers moyens établis de 7 jours en 7 jours, et qui sont donc moins lissés que des débits hebdomadaires moyens.

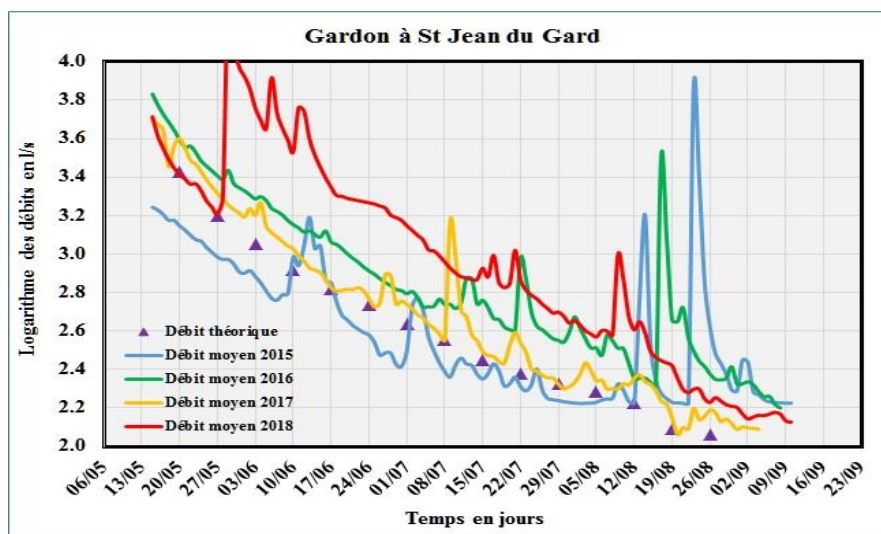


FIG.3.23 — ÉVOLUTION DU DÉBIT DES BASSES EAUX AU COURS DES CAMPAGNES 2015 À 2018 À SAINT-JEAN DU GARD ENTRE LE 15 MAI ET LE 10 SEPTEMBRE

Les débits journaliers moyens de plusieurs tarissements peuvent être placés sur le même graphique semi-logarithmique (Fig.3.23). Il est alors aisé de voir, outre la répétitivité d'une concavité d'ensemble des hydrogrammes traduisant une variation plus faible des débits qu'attendu avec un simple modèle exponentiel, les différents niveaux d'écoulement des années mesurées. Dans la mesure où nous disposons de chroniques de basses eaux depuis 2015, il commence à être possible d'entrevoir des situations limites tant en situation humide qu'en situation sèche. De même, la période de début du tarissement (régime non influencé par la pluie) comme sa fin peuvent être appréciées à partir de la manifestation des crues. Enfin, il est possible de rechercher quel peut être, pour chaque jour, la valeur la plus fréquente à partir de laquelle la situation mesurée de l'année x peut être appréciée. C'est toute la base des échelles GraviSec dont nous allons ci-dessous détailler la conception et le calcul. Dans ce

premier test, les calculs sont faits pour les valeurs des débits journaliers moyens séparés de 6 jours, soit ceux de la fiche hydro.

3.5 Principe et description des échelles GraviSec

Les débits des rivières peuvent être mesurés selon la méthodologie et les difficultés envisagées ci-dessus. Les valeurs obtenues de débit ont certes une signification absolue ($\times \text{l/s}$), mais sont difficiles à interpréter, surtout pour les non-spécialistes. La valeur mesurée est-elle plus basse ou plus importante ce jour que le même jour de l'année précédente ? Ce débit est-il plus fort ou plus faible que celui mesuré à la station placée dans la vallée située de l'autre côté de la crête ? Etc. Il est clair que si la chose n'est pas simple pour des spécialistes, elle l'est encore moins pour des non-spécialistes, pour des élus, et des personnes placées au contact de telles informations.

Les spécialistes pour contextualiser un résultat ont certes des outils. C'est en particulier le calcul de débits spécifiques qui neutralisent la taille du bassin drainé. Les débits sont alors exprimés en litres par seconde par kilomètre carré de bassin versant. Si cette solution est intéressante, elle est peu parlante pour les non spécialistes puisqu'il faut raisonner par unité de surface, mais souvent dans le cadre de bassins versants qui sont emboîtés. Les débits qui passent à Saumane sont aussi comptabilisés à Saint-Jean du Gard, puis à Ners, etc.

3.5.1 *Comment rendre compte in situ de l'état hydrologique d'un tronçon de rivière ?*

Une autre solution est de contextualiser les débits mesurés en fonction de leur fréquence d'apparition. En d'autres termes il s'agit de savoir si tel ou tel débit mesuré à telle station est une valeur fréquente, pour le jour considéré, ou si c'est une valeur exceptionnelle, car c'est un débit très important, ou exceptionnelle, car c'est un débit très faible. Globalement, en première approximation, dans le cadre d'une distribution gaussienne, les débits les plus fréquents correspondent à la valeur moyenne observée. La distance, en plus ou en moins, à cette valeur moyenne indique donc la plus grande rareté de la situation observée. Plus cette distance est forte plus la situation est rare.

Pour faire ce type de calcul il faut se donner une plage de temps qui va correspondre à l'effectif de la distribution, ou, quand le calcul se fait sur n années, à n fois le nombre de jours de la période de basses eaux. Comme attendu, la distribution de n périodes de basses eaux présente une plus grande stabilité, ce qui conduit à se demander à partir de combien d'années la distribution est globalement stabilisée et permet d'obtenir des résultats qui changeront peu avec les ajouts de tarissements supplémentaires ? Cela étant, la borne finale de la période étant fixée par le fonctionnement lui-même, cela conduit à avoir, pour cette période très spécifique, un sous échantillonnage, comparativement aux informations dont nous disposons pour la période qui est toujours, quelle que soit l'année, antérieure à l'étiage.

En fonction d'une appréciation empirique des fonctionnements en situation de basses eaux des Gardons nous avons choisi de la faire commencer au 15 mai de chaque année. Cette date est généralement peu loin du début du tarissement qui peut débuter un peu avant ou un peu après. Elle est en outre conforme au calendrier de mise en place du réseau qui ne peut être installé que lorsque les eaux ne sont pas trop hautes (parfois en avril, mais avec des risques de crues et donc de perte, en mai ; parfois début mai après des crues de printemps).

En théorie il faudrait décider d'une date de fin de période. Or celle-ci doit correspondre à l'étiage au sens strict, c'est-à-dire au jour de plus faible débit de chaque cycle, jour évidemment qui fluctue. En conséquence, et comme ce sont les jours proches de l'étiage ss qui sont le plus problématiques, pour ne pas arrêter le décompte avant l'avènement de cette situation nous avons opté pour limiter chaque période à la date de l'étiage, ce qui induit une petite variation dans la date finale

entre les années. En d'autres termes, les calculs de chaque cycle ne sont pas faits exactement sur le même nombre de jours observés en toute fin de période. Il y a donc là un sous-échantillonnage, mais qui ne porte pas à conséquence vu la qualité de l'ajustement réalisé (ci-dessous).

L'approche statistique implique de faire une hypothèse sur la distribution théorique sous-jacente à mettre en œuvre. Dans de nombreux cas, c'est la loi de Gauss, parfois après anamorphose sur la variable. Nous verrons que dans les cas des débits de basses eaux en Cévennes cette solution n'est pas satisfaisante et qu'il faut avoir recours à la statistique parétienne.

L'analyse statistique étant faite, elle peut être diffusée sous la forme de probabilités, ce qui est généralement peu parlant pour tout un chacun. Nous avons donc cherché une transcription aisément compréhensible de ces probabilités. Ceci impliquait de disposer d'un moyen de médiation facilement accessible pour diffuser la probabilité des situations. L'idée a alors été de reprendre, après quelques hésitations, le code couleur utilisé pour l'alerte des populations de façon générale en France soit : vert, jaune, orange et rouge. Il fallait donc faire correspondre ce code à 4 couleurs aux probabilités de façon la plus logique possible. Pour cela nous avons développé une méthode empirique (cf. ci-dessous).

Dans le cas des basses eaux, le vert traduit une situation dans laquelle l'eau est fortement présente (donc sans tension particulière sur la ressource) alors que la couleur rouge traduit de très faibles débits et donc une situation problématique tant pour la rivière elle-même (situation de pré-assec) et pour les activités humaines : jeux, prélèvements...

Cela étant, vu la diversité des situations, et même si le phénomène de basses eaux est un phénomène qui concerne de vastes surfaces, il est apparu que des situations pouvaient être différentes d'une vallée à l'autre. Les débits de la vallée de Mialet sont ainsi plus importants que partout ailleurs. Dans ces conditions, l'évaluation proposée, en particulier à la population, devait être une évaluation correspondant à un tronçon de rivière particulier et donc, pour avoir un sens, être rapprochée du lieu de mesure, lequel est représentatif d'un segment de rivière. C'est pourquoi nous avons essayé de placer ce que nous avons appelé des échelles GraviSec (d'évaluation de la gravité de la sécheresse ; le mot sécheresse étant entendu dans son sens vernaculaire) aussi près que possible des lieux de mesure, mais sans toutefois être positionné en des points où personne ne passe !



FIG. 3.24 — INSTALLATION D'UNE ÉCHELLE GRAVISEC SUR LE MUR DE LA MAIRIE DE SAINT JEAN DU GARD

Cette difficulté, de livrer localement, à une population locale, une information locale (les deux ne relevant pas du même lieu), a conduit à faire différents essais. Une échelle GraviSec a par exemple été installée sur un mur de la mairie de Saint Jean du Gard, lieu très passant (Fig.3.24), mais située à quelques kilomètres de la station de mesure (pont de Cambonéral) et au pont du Martinet, sur la

palissade de l'auberge, donc à quelques dizaines de mètres de la station de mesure, mais en un lieu bien moins passant. Une tentative a été faite devant les mairies de Saint-Étienne Vallée française et de Mialet avec comme source d'information chaque fois une station qui était bien plus loin, etc. Les résultats ont été mitigés comme nous le verrons. Il y a donc là un problème que pourrait peut-être résoudre une solution entièrement numérique ?

3.5.2 Méthodologie statistique, calcul des seuils des échelles GraviSec

Nous prendrons l'exemple de la station de Saint-Jean du Gard (pont de Cambonéral). Du 15 mai à l'étiage lors des années 2015 à 2018 nous avons mesuré 468 débits journaliers moyens, soit en moyenne 117 par an. Le débit maximal est de 24 470 l/s et le débit minimal (minimorum) est de 115 l/s. L'étendue de ces valeurs renvoie à la possibilité d'avoir une crue tardive au mois de mai et un étiage très sévère à la fin de l'été. Ceci laisse augurer que la distribution n'est pas gaussienne. Ceci peut être vérifié assez facilement en réalisant un histogramme. Celui-ci montre l'existence de très hauts débits même s'ils sont très rares et liés aux crues tardives de printemps et une masse de débits faibles qui correspond aux périodes des phases de tarissement, et cela jusqu'à l'étiage.

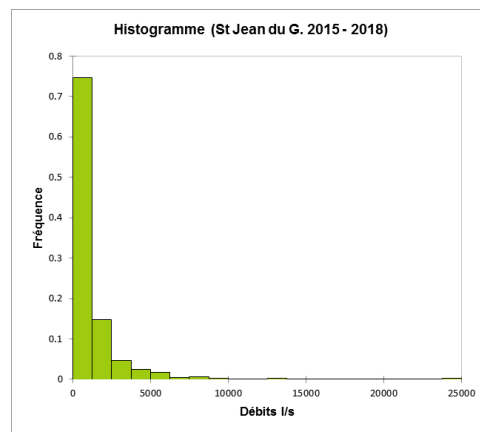


FIG. 3.25 — HISTOGRAMME DES DÉBITS DE BASSES EAUX (POSTÉRIEURS AU 15/5) À SAINT-JEAN DU GARD (PONT DE CAMBONÉRAL)

Un ajustement graphique montre que cette distribution pourrait être lognormale entre le débit max et des débits voisins de 6 à 7 m³/s, mais qu'ensuite la loi statistique change pour les faibles débits qui sont, les plus nombreux qui soulèvent le plus d'interrogations.

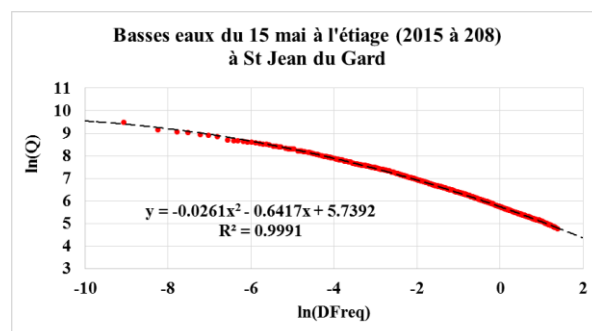


FIG. 3.26 — RELATION ENTRE LE LOGARITHME DES DÉBITS DE BASSES EAUX ET LE LOGARITHME DE LA DENSITÉ DE FRÉQUENCE

Fort de ces constatations nous avons ajusté une fonction parabolique entre les logarithmes népériens des débits ($\ln(Q)$) et les logarithmes népériens des densités de fréquence de la forme : $\ln(D.\text{freq}) = \ln((R-0,5)/V_R)$, avec R le rang et V_R la valeur de la variable pour chaque rang. L'ajustement, par régression, d'une fonction polynomiale d'ordre 2 à la distribution est alors presque parfait (Fig.3.26). Celui-ci présente une courbure d'ensemble. Si celle-ci avait été nulle, la distribution serait purement parétienne. Elle ne l'est ici qu'asymptotiquement.

Les écarts au modèle apparaissent graphiquement faibles, mais ne sont pas nuls. En raison de la fonction puissance, les valeurs calculées des débits peuvent être, surtout pour les forts débits, assez différentes des valeurs observées. Ces écarts devraient se réduire en fonction de l'augmentation des effectifs de la distribution, soit d'année en année. Ceci nous a conduits à rechercher empiriquement les débits observés correspondant aux différentes fréquences (Fig.3.27) et donc établir un tableau de correspondance.

Echelle GraviSec du Gardon à St Jean du Gard					
	7			0.5	
	100-DFreq	Frequence	Seuil l/s	$1/(Qs^a)$	Date
Vert 1	99	1	8272	0.010994987	15/05/2019
Vert 2	92	8	3255	0.017527683	20/05/2019
Vert 3	85	15	1950	0.022645541	27/05/2019
Vert/Jaune	78	22	1499	0.0258285	03/06/2019
Jaune 1	71	29	1054	0.030802055	10/06/2019
Jaune 2	64	36	786	0.035668819	17/06/2019
Jaune 3	57	43	653	0.039133024	24/06/2019
Jaune/Orange	50	50	527	0.043560684	01/07/2019
Orange 1	43	57	405	0.049690399	08/07/2019
Orange 2	36	64	325	0.05547002	15/07/2019
Orange 3	29	71	264	0.061545745	22/07/2019
Orange/Rouge	22	78	220	0.067419986	29/07/2019
Rouge 1	15	85	193	0.071981575	05/08/2019
Rouge 2	8	92	168	0.077151675	12/08/2019
Rouge 3	1	99	125	0.089442719	19/08/2019
Minimorum		100	115	0.093250481	26/08/2019
Assec	0		0		

FIG. 3.27 — TABLEAU DES RELATIONS ENTRE LES FRÉQUENCES, LES DÉBITS ET L'ÉVOLUTION CHRONOLOGIQUE À LA STATION DE SAINT-JEAN DU GARD DÉTERMINÉS À PARTIR DES DONNÉES ENREGISTRÉES ENTRE 2015 ET 2018 (4 PÉRIODES DE BASSES EAUX) ET UTILISÉES EN 2019

3.5.3 Définition statistique des seuils et problème de la temporalité

L'analyse fréquentielle qui débouche sur l'ajustement de modèles sur les distributions de débits par définition ne prend pas en compte la date à laquelle ont pu être enregistrés ces écoulements. Il convient donc d'établir empiriquement un lien entre la distribution et le temps qui passe.

Dans la mesure où les calculs statistiques débutent au 15 mai et que les tournées (et les informations diffusées) sont hebdomadaires, il fallait trouver un rythme sur cette base, c'est-à-dire faire correspondre empiriquement les fréquences à ce rythme. On peut ainsi estimer que dans cent pour cent des cas le débit observé sera supérieur ou égal au minimorum (115 l/s). On attribue donc une fréquence 100 à cette valeur. Dans 50 % des cas, il sera supérieur à 527 l/s au début juillet. De même on peut estimer que la valeur maximale observée le 15 mai est un débit qui ne sera quasiment pas dépassé. On peut donc lui attribuer une fréquence 1 (1/100), pour ne pas introduire de limite absolue.

Sur cette base, si on fait croître de sept pour cent la valeur de la fréquence par semaine (soit $1 + 7 = 8$; $8 + 7 = 15$), etc.), il devient possible de faire varier, et donc croître la valeur de la fréquence en fonction du temps qui passe. Ceci conduit à une valeur de 99 au bout de 15 accrétions. Si on fait de même pour le temps avec des journées, la valeur 50 correspond au 1/7/2019 et la valeur 99 au 19/08/2019. Le minimorum se place alors logiquement plus tard, soit le 26/08/2019, ce qui n'est pas totalement irrationnel. Nous avons donc construit ainsi une première double « échelle » fréquentielle et

chronologique. On a donc au total 16 valeurs successives possibles, plus l'assec qui en représenterait une 17^e, mais dont la fréquence n'est pas connue. Il faudrait étudier spécifiquement les distributions de valeurs d'étiage qui pourraient être ajustées à des lois de probabilité de type Gumbel ou autres.

Reste à relier tout cela avec la gamme des 4 couleurs que nous avons retenues. Les 4 couleurs si nous les divisons par 3 cela donne 12 possibilités (vert 1, vert 2, vert 3...). Nous avons ensuite considéré que le passage d'une couleur à une autre pouvait être considéré comme un niveau. Il y en a 3 : vert — jaune, jaune — orange et orange — rouge. Ce qui fait 15 possibilités (12 + 3). La 16^e est donnée par le minimorum, et la 17^e par un assec toujours possible ; les deux sont représentés par des niveaux rouges supplémentaires. On a donc ainsi 17 niveaux de couleurs qui peuvent être mis en correspondance univariée avec les fréquences, les débits et les dates. Le tableau (Fig.3.27) résume ces possibilités tout en faisant apparaître des fréquences décroissantes ou croissantes.

3.5.4 Structure de ces relations

Le tableau ci-dessus (Fig. 3.27) présente en outre une anamorphose de la variable débit. Il s'agit de calculer l'inverse de la racine carrée du débit ($S' = 1/(Q_s^{0.5})$) pour chaque valeur de débit correspondant à chaque seuil S. L'usage d'un tel exposant appliqué à la variable a déjà montré toute son utilité dans la modélisation de l'impluviosité (Martin Ph., 2019) et l'introduction d'une fonction inverse a été proposée pour une modélisation statistique des variations des débits de source karstique (Martin Ph., soumis).

Lorsque l'on porte S' , qui varie entre des bornes étroites proches de 0 et de 1, en fonction des fréquences, nous obtenons une relation linéaire de laquelle ne s'écartent vraiment que les deux points correspondant à rouge 3 et au minimorum. On peut imaginer, sans grand problème, que ces valeurs ne sont que des valeurs approchées de ces fréquences à ces niveaux. Le minimorum réel est peut-être un assec (?). Nous retrouvons là aussi le petit problème du sous-échantillonnage de la fin des tarissements évoqué ci-dessus.

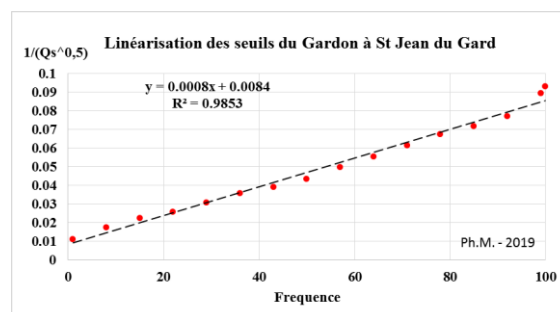


FIG. 3.28 — LINÉARISATION DE LA RELATION ENTRE LES VALEURS DE SEUILS (S) APRÈS ANAMORPHOSE ($S' = 1/(Q_s^{0.5})$) ET LES FRÉQUENCES

Cela étant, il ne paraît pas logique d'envisager une relation montante de la fréquence 1 à la fréquence 99 alors que nous savons que les débits décroissent. Dès lors si on calcule l'écart à 1 de l'inverse de la racine carrée des débits-seuils et que l'on porte ces valeurs en fonction, cette fois, des dates postulées, il apparaît aussi une relation linéaire, mais décroissante (Fig. 3.29), et donc plus conforme à ce qui est observé. Les deux points qui correspondent aux situations les plus tendues (fin de période) sont alors sous le modèle calculé par régression, ce qui semblerait indiquer que ces valeurs, contrairement à ce que l'on pouvait imaginer de prime abord, sont peut-être faibles au regard de la structure d'ensemble ici mise en évidence.

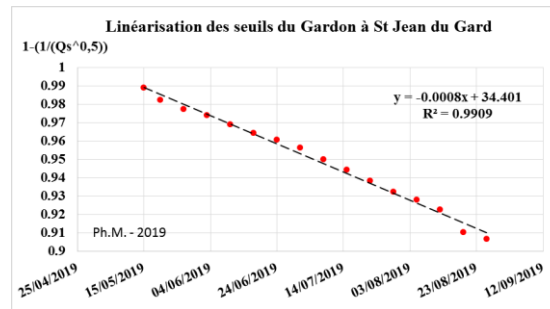


FIG. 3.29 — LINÉARISATION DE LA RELATION ENTRE LES VALEURS DE SEUILS (S'') APRÈS ANAMORPHOSE ($S'' = 1 - (1/(Q_s^{0.5}))$) ET LE TEMPS DÉCOMPTÉ EN SEMAINES DE LA PÉRIODE HABITUELLE DE BASSES EAUX

Ces relations restent difficilement interprétables sauf à imaginer que le modèle fondamental de décroissance des débits en phase de basses eaux correspond à une décroissance de l'inverse de la racine carrée des débits, l'exposant pouvant, peut-être, être variable. Ceci sera à regarder sur chacun des tarissements disponibles.

Si on reporte ces niveaux de seuil S sur un graphique semi-logarithmique il apparaît clairement qu'ils se positionnent en situation médiane dans le faisceau des décroissances plus ou moins exponentielles des débits lors de ces années 2015 à 2018 (Fig. 3.30). Leur position semble parfaitement cohérente, même si on peut penser que l'ajout d'années de mesures pourrait les faire varier quelque peu.

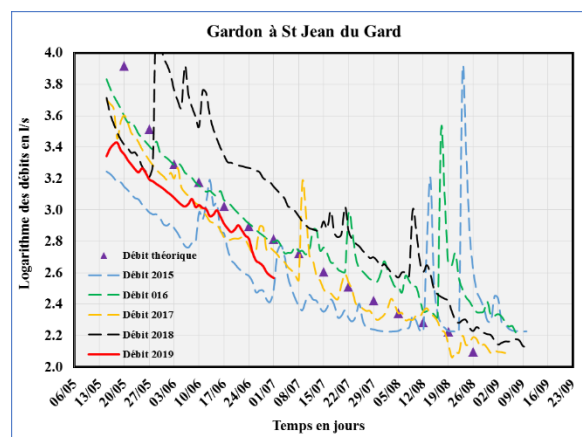


FIG. 3.30 — POSITION DES DÉBITS-SEUILS CALCULÉS SUR LES 4 ANNÉES 2015, 2016, 2017 ET 2018 SUR UN HYDROGRAMME SEMI-LOGARITHMIQUE DE LA STATION DE SAINT JEAN DU GARD (PONT DE CAMBONÉRAL) DONT LES CALCULS ONT ÉTÉ ARRÊTÉS AU PREMIER JUILLET 2019

On voit très clairement que les années 2016 et 2017, au moins jusqu'au début juillet, ont été très moyennes, très proche de ce qui devrait être attendu, car, pour chaque semaine, les valeurs ont été très proches des niveaux les plus fréquents, du moins à partir de la base de données disponible. Le mois d'août en 2017 est marqué par des pluies qui produisent des débits qui se placent au-dessus des triangles mauves. La situation en termes de ressources est donc meilleure que redoutée. En 2016 seule une crue modeste change un peu les choses début juillet, mais globalement la baisse des niveaux se fait conformément au modèle, et cela jusqu'aux valeurs les plus basses proposées par le modèle GraviSec (août). La valeur au 26 août n'est absolument pas aberrante par rapport à la valeur mesurée. À la fois en termes de niveaux et de temporalités les différents éléments sont parfaitement cohérents.

À partir de là, les hydrogrammes des années 2015 et 2018 apparaissent comme formant des « courbes enveloppes » délimitant le phénomène des basses eaux, soit en raison de débits très faibles

(2015), soit en raison de débits très notables (2018). L'année 2019 peut alors être analysée en cours de déroulement comme présentant des débits un peu en dessous des valeurs les plus fréquentes, mais pas particulièrement catastrophiques au début juillet.

À partir de ces premières remarques il faudrait ouvrir un autre chapitre, mais que nous ne pouvons aborder ici, pour savoir comment évoluent ces valeurs-seuils lors qu'elles sont établies avec seulement l'année 2015, puis avec 2015 et 2016, puis avec... L'étude de cette sensibilité permettra de montrer au bout de combien d'années ces valeurs-seuils sont quasiment stables. Cette durée étant celle nécessaire à cristalliser la décroissance des débits le long de l'échelle GraviSec, pour un lieu donné. De même il devient possible d'envisager un hydrogramme péjoré en prenant en compte l'écart à la valeur seuil en fonction du temps qui reste à courir jusque par exemple au 29 août dans le cas d'espèce.

Cette phase initiale de la modélisation des débits de basses eaux étant établie, il convient de revenir vers les échelles GraviSec, vers les objets qu'elles représentent pour à la fois expliciter la fabrication et la constitution et indiquer la marche à suivre pour déterminer les couleurs successives correspondant aux débits-seuils.

3.5.5 Mise en œuvre

La mise en œuvre est assez simple. En début d'été il convient de recalculer à partir de la chronique acquise l'an passé, les nouveaux débits-seuils.

Ensuite connaissant la valeur du jour affiché comme valeur de la période hebdomadaire, il convient de rechercher quel est son niveau de fréquence et connaissant celui-ci de lire la couleur et sa force (1, 2, 3) correspondante ou dans certains cas l'inter couleurs (Jaune – Orange par exemple).

Connaissance ce niveau coloré, il faut revenir vers l'échelle GraviSec elle-même et y reporter cette information en déplaçant un curseur.

3.5.6 Matérialité des échelles, aspects techniques et design

À côté du concept d'échelle GraviSec développé ci-dessus, il y a la matérialité de l'échelle puisque celle-ci doit pouvoir être apposée sur un mur.



FIG. 3.31 — DIFFÉRENTES ÉCHELLES GRAVISEC RÉALISÉES PAR NOS TECHNICIENS DANS LES LOCAUX DE L'ÉCOLE DES MINES

Comme le montre la photographie (Fig. 3.31) la première échelle a été réalisée avec 3 couleurs et était bien plus petite. Diverses réflexions ont conduit à modifier cette ébauche et à réaliser une échelle à 4 couleurs (divisées chacune en 3) surmontées de 2 logements où sont placés d'une part un texte explicatif (tout en haut) et d'autre part un hydrogramme, ou une figure. Une nouvelle critique de

l'échelle nous a conduits à ajouter, sous les couleurs, dans la partie basse, un logement est prévu pour recevoir des informations sur les auteurs ou gestionnaires de l'échelle. L'installation d'un flash code a été aussi envisagé, soit au niveau du texte, soit dans la partie basse.

Il a donc été réalisé 3 modèles différents d'échelle GraviSec, le dernier modèle ayant été produit à 3 exemplaires. Ce sont ces exemplaires qui ont été installés en différents lieux, sur différents supports.



FIG. 3.32 — DERNIER MODÈLE DE L'ÉCHELLE GRAVISEC RÉALISÉ EN PRÉ SÉRIE DE 3 EXEMPLAIRES ET PLACÉS EN DIFFÉRENTS LIEUX

Techniquement, l'échelle est en bois (contreplaqué de 20 mm) et peinte. Il a été ajouté par-dessus un plexi glace qui sert, d'une part à protéger l'échelle, d'autre part de vitre pour les logements supérieurs (et inférieur) devant recevoir des informations. Cette couverture en plexi glace sert aussi de support à un curseur (placé à droite) qui est amené à être déplacé de bas en haut et de haut en bas (suivant les variations de débit) afin d'être positionné au bon niveau coloré, chaque semaine. Le plexi glace est éloigné de la surface de l'échelle par des bandes de plexi glace de même épaisseur formant une entretoise. Ceci donne aussi un espace à la tête de la vis papillon de la flèche. Ces entretoises permettent aussi une introduction plus facile des documents dans les parties prévues çà ces effets.

Malgré ce petit dispositif, le coulissement du curseur n'est pas très aisé. Les forces de frottement sont importantes et le petit système qui évite que la flèche ne « pique du nez » (pliure) oblige à ce que le curseur soit déplacé en étant bien perpendiculaire au bord de l'échelle. Par ailleurs, soumis à la pluie, les papiers portant les informations textuelles et les graphiques se mouillent et se gondolent, ce qui rend leur remplacement pas très facile. Fort de cette expérience, il a été procédé à l'ajout d'une petite casquette toujours en plexi glace. Ces échelles ont été réalisées en bois pour des raisons de coût, de type de matériel disponible....

Toutefois, il est tout à fait envisageable de les produire avec d'autres types de matériaux, métalliques ou autres. La taille, sans être gravée dans le marbre, semble être la bonne de façon à disposer d'un objet assez grand pour être visible dans un environnement urbain ou plus ou moins naturel. Il faut que cet objet puisse attirer l'attention, donc être vu d'assez loin. Ainsi constitué, il n'est pas très lourd et peut être facilement fixé avec un système de vis et chevilles sur différents supports grâce à ses 4 pattes latérales. De même, ces échelles peuvent être facilement retirées sans laisser trop de traces.

3.5.7 Installation et gestion des échelles GraviSec

Ces échelles ont été installées sur les murs des mairies de Saint-Étienne Vallée française, de Mialet (Fig. 3.33), de Saint-Jean du Gard (Fig. 3.24), et dans le Centre Biosphéra de Cendras. De même



FIG. 3.33 — DERNIER MODÈLE DE L'ÉCHELLE GRAVISEC PLACÉ SUR LE MUR DE LA MAIRIE DE MIALET À CÔTÉ DES PANNEAUX D'INFORMATION À LA POPULATION

, un essai a été fait sur la palissade de l'auberge du pont du Martinet.

La gestion, les mises à jour devraient être faites par des personnels locaux, car il nous était impossible de revenir, après avoir fait les calculs, pour juste déplacer les curseurs. Les informations sur le niveau de couleur étaient envoyées généralement à des mairies. Les ajustements de curseurs ont été ensuite plus ou moins réalisés. En particulier les passages de témoins lors de départs en vacances ne semblent pas toujours avoir été faits. Ce problème de mise à jour sur site n'est pas mineur dans la mesure où si l'échelle n'indique pas la bonne valeur non seulement l'information est fausse, mais elle peut aussi porter à confusion.

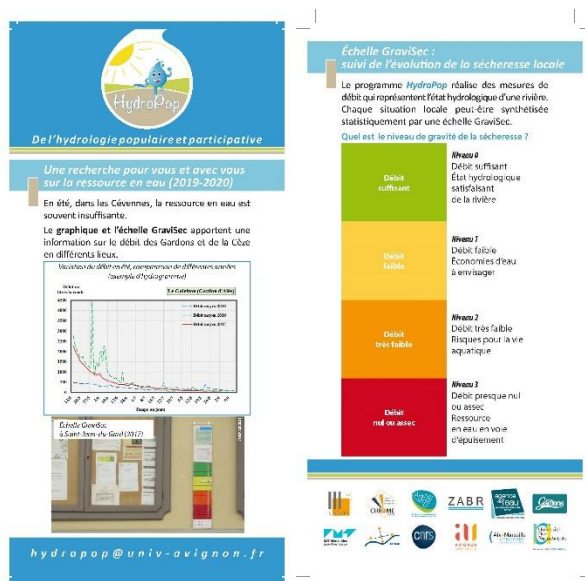


FIG. 3.34 — FLYER EXPLICATIF DES ÉCHELLES GRAVISEC

Ainsi, positionnées, pour pouvoir être vues et lues (texte, hydrogramme), ces échelles étaient aussi à l'usage d'enfant ou d'adolescents et plus largement du public. Le curseur a donc été vu parfois dans des positions curieuses. Il n'y a qu'à Cendras où l'échelle était placée derrière une vitrine du centre, qu'une certaine sécurité était acquise. Cela étant il semble que la lecture n'en était pas facilitée.

Par ailleurs, les retours obtenus de la population ne laissaient pas penser comme nous l'avions cru initialement que le message était directement compréhensible, car fondé sur 4 couleurs classiquement utilisées pour graduer des risques. Nous avons été questionnés sur le sens exact de chaque couleur et sur celui de la descente du curseur. En complément, postérieurement, il a donc été envisagé de faire un prospectus (1/3 de page recto verso) lequel était placé dans un présentoir à côté de l'échelle de façon à apporter une explication plus complète sur le message porté par l'échelle GraviSec. À l'expérience ces petits documents ont eu un certain succès, car nous avons dû assez fréquemment réalimenter le présentoir.

Le modèle physique existe à 3 exemplaires, mais la solution physique n'est peut-être pas la meilleure. Une solution informatique avec un QR code serait vraisemblablement préférable. Elle permettrait de dématérialiser l'information qui ne serait donc plus soumise à des aléas et d'ajouter plus d'information sur le sens de ces échelles. Ceci implique toutefois de disposer sur les lieux d'un moyen d'informer sur le QR code (Fig. 3.35).



FIG. 3.35 — D'APRÈS WIKIPEDIA : PLAQUE AVEC QR CODE APPOSÉE SUR UN MUR DU VILLAGE DE MAMMOUTH DANS LE MONMOUTHSHIRE

Il est donc possible d'envisager des plaques par exemple en métal émaillé, portant le dessin de l'échelle GraviSec avec un QR Code qui renverrait à une page web sur laquelle seraient portées les différentes informations actualisées relatives à un tronçon de rivière. On peut imaginer que ces informations portent sur le niveau de l'eau, mais aussi sur sa température, sur sa qualité...

Cette solution permettrait de disposer autour de la station 4, 5 ou 6 plaques qui seraient autant d'appels et de moyens de s'informer. Dans cette perspective toute la gestion de l'information se ferait sur un serveur, au travers d'une ou de pages web et ne nécessiterait plus de devoir gérer la position physique du curseur.

Il est aussi possible d'envisager utiliser les panneaux lumineux d'affichages municipaux. Dans ce cas il s'agirait de toucher une large population sur des lieux de concentration comme un marché. La logique serait alors plus celle d'une « publicité » relative à l'état d'un tronçon de rivière.

4 Diffusion rapide des informations (Ph.M., JFDL)

L'un des enjeux essentiels du programme HydroPop-1 était d'arriver à diffuser une information hydrologique de qualité, obtenue à un grand nombre de stations hydrométriques (10) du bassin amont du Gardon dans un temps très court, puisque nous avons choisi de livrer ces informations chaque semaine.

Cet objectif impliquait d'une part de produire cette information, et nous avons vu dans la partie précédente comment les tournées ont été organisées sur deux jours (lundi et mardi), comment le travail de calcul des débits a été possible malgré des difficultés techniques (pannes, barrages ludiques...) dans les deux jours qui suivaient (mercredi et jeudi) de façon à disposer d'une information à livrer, en fin de semaine (jeudi soir ou vendredi matin).

Cette chaîne hydrométrique a été pour partie automatisée, comme indiqué dans la partie 3. Si on prend en compte le fait qu'en juillet et août les agents prennent tour à tour des congés, cette chaîne de production nécessite par semaine environ 6 journées-personnes/terrain pour les tournées et 4 journées-personnes/calcul pour tous les travaux de bureau. La communication elle-même sous toutes ses formes (radio, bulletin hydrologique, interview, conférence, article par exemple pour le bulletin local : le Grillon...) nécessite 2 journées par semaine.

Cela étant il convenait de définir des canaux de diffusion de cette information, des canaux qui soient différents autant que possible, donc avec des supports différents, des modalités différentes... de façon à toucher le plus large public possible.

Nous avons vu dans la partie 2 comment il avait été possible de définir une charte graphique et de couleur, un logo et d'installer progressivement le mot HydroPop comme un label (une sorte de marque) relatif aux conditions hydrologiques, à la sécheresse au sens vernaculaire, etc.

Pour diffuser l'information hydrologique, nous avons utilisé tous les canaux qui étaient à notre disposition. Les messages envoyés dans ces canaux étaient pour partie spécifiques et nous avons essayé, en fonction du média, qu'ils soient complémentaires.

4.1 Diffusion générale d'information

La diffusion s'est faite au travers de fiches hydrologiques, d'un bulletin hebdomadaire de l'eau radio diffusé, d'émissions plus longues et plus discursives sur l'hydrologie des Cévennes, de conférences — débats, de réponse à des interviews, par des tracts publicitaires et quelques articles dans la presse locale.

Par ailleurs, pour les besoins de l'enquête, nous avons déployé sur le terrain des personnels qui ont certes recueilli les réponses aux questions, mais qui ont aussi diffusé le label HydroPop et des informations hydrologiques. Cette présence sur le terrain, cette visibilité, comme celle de nos équipes hydrométriques, semblent être essentielle.

4.1.1 Fiches hydrologiques

Les fiches hydrologiques telles que décrites ci-dessus ont été produites et diffusées chaque semaine durant la campagne d'étiage : en 2017 entre le 11 juin et le 4 septembre (14 semaines), et en 2018, durant six semaines, entre le 30 juillet et le 9 septembre (dernière livraison), la hauteur des eaux au printemps ayant retardé la mise en place et en route du réseau d'étiage et donc la chaîne de traitement.

La diffusion de ces fiches hydrologiques s'est faite par mail liste ouverte (toute demande d'inscription était acceptée) et par affichage, sur le site de l'EPTB Gardons, et sur celui d'HydroPop.

Vingt-sept personnes ont été destinataires de ces fiches et des documents d'accompagnement (hydrogramme, texte d'explication, niveau GraviSec...), représentant les collectivités ou services des entités suivantes : communes de Saint-Jean du Gard, Mialet, Saint-Michel de Dèze, Saint-Étienne Vallée française, l'EPTB Gardons, le Syndicat des Hautes Vallées cévenoles, AB-Cèze, le Parc national des Cévennes, la DDTM du Gard, la DREAL Rhône Alpes, l'Agence de l'eau, la Zone Atelier du bassin du Rhône (ZABR), ainsi qu'une association (Le Grillon à LaSalle).

La diffusion s'est effectuée au moyen d'une mail-liste, sur laquelle des adresses de personnes désireuses de recevoir la fiche hebdomadaire ont pu être ajoutées en cours de saison. L'envoi a été effectué généralement le jeudi en fin d'après midi. Il appartenait ensuite à l'EPTB Gardons de mettre ces documents à la disposition du public dans l'une de ses pages web.

La diffusion par ces moyens numériques de cette information n'a pas posé de grands problèmes à part des questions d'adresses mail erronées ou de boîtes à lettres inaccessibles. Ces expéditions n'ont quasiment pas généré de retours, de questions, de demande d'information...

Sur tous nos documents était en outre indiquée une adresse mail générique pour nous joindre (hydropop@univ-avignon.fr). Cette adresse a été peu utilisée pour nous contacter (quelques messages, quelques demandes d'inscription tout au plus). Aucune demande technique par exemple ne nous est parvenue par cette voie.

On peut considérer que ces liasses de documents constituent l'information la plus pérenne, la plus complète et la plus précise de ce qui a été diffusé. Lors d'interviews, d'émissions radio par exemple il n'est pas possible de donner autant de détails. Il vaut mieux essayer de « toucher » les gens par un message basé sur plus de sensibilité, peut-être plus d'émotion, si la sécheresse s'accroît, si de nombreuses difficultés apparaissent. Il faut aussi installer une voix, un style, un rythme en particulier pour le rendez-vous hebdomadaire. Ceci semble contribuer à fidéliser les auditeurs.

4.1.2 *Bulletin de l'eau radiodiffusé*

En raison de notre implantation locale, il est apparu possible, dans une radio associative qui couvre les Cévennes et une partie du piémont – Radio Interval –, de proposer un rendez-vous hebdomadaire aux auditeurs de cette station.

Deux formats ont été utilisés.

- D'une part des émissions de 30 à 45 min environ, discursives, explicatives, presque pédagogiques durant lesquelles pouvaient être exposé ce que peut être l'hydrologie en Cévennes, ce que nous faisons, comment nous le faisons, comment par exemple il est possible de mesurer un débit, etc. En gros, cela revenait à diffuser une bonne culture générale autour de ces questions en essayant d'être le plus pédagogue possible. Plusieurs de ces émissions ont été réalisées avant les campagnes d'été (Fig.4.2), comme une sorte de préparation. Dans l'été, ou après, des émissions plus thématiques ou de bilan ont été faites.
- D'autre part un bulletin hebdomadaire de l'eau. Il est pensé sur le mode d'un bulletin météorologique, mais à l'échelle des Cévennes. Chaque bulletin dure cinq minutes. Il est diffusé une première fois le vendredi matin. L'enregistrement à la station radio de Saint-Christol lez Alès avait lieu à 8 h 30 pour être diffusé sur l'antenne en direct et reprise le même jour à 11 h 40 et 17 h 30 sur 94,4 FM (Radio Interval : des Cévennes à la mer) A Saint-Christol, c'est 103,4 FM, il y en a trois autres fréquences pour couvrir toutes les Cévennes (Florac) et la Lozère (Mende et Langogne). Ceci a été réalisé entre le mois de juillet et le début du mois de septembre en 2017 et en 2018. Au total, il y a eu sept bulletins en 2017 et six en 2018 (Fig.4.1).

Pour l'émission hebdomadaire avait été écrit un texte de lancement :

« Quel est aujourd'hui le débit des rivières se demandent les Cévenols de souche ou de passage ? Voilà une question que se posent les chercheurs du programme de recherche HydroPop, soutenu par l'Agence de l'eau et le SMAGE des Gardons. Durant les mois de juillet et d'août, vous allez retrouver chaque semaine, sur radio InterVal, des chercheurs du CNRS qui vous donneront les derniers débits mesurés ».

Rapidement, chaque bulletin a été construit de façon semblable. Il présentait :

- Les sites des stations hydrométriques ;
- Les conditions météo des sept jours écoulés ;
- L'évolution du niveau des cours d'eau étudiés en fonction de la situation météo ;
- Le positionnement des échelles GraviSec (code couleur) et leur interprétation en termes de gravité de la sécheresse en cours ;
- Les lieux de présence des enquêtrices HydroPop sur le terrain.

Enfin en 2018, il a été lancé un appel pour trouver des observateurs bénévoles intéressés par la démarche participative. Il leur été demandé de se signaler en envoyant un mail à l'adresse hydropop@univ-avignon.fr.

	juillet			août			
2017	14	21	28	4	10	18	25
2018		20	27	3	9	17	24

FIG.4-1 — TABLEAU DES INTERVENTIONS DU VENDREDI MATIN SUR RADIO INTERVAL

Tout ceci représente donc des heures de programme surtout si on compte les interviews réalisées à chaque occasion publique (conférence, CoPil...) et montées, puis diffusées selon leurs programmations, par les personnels de la radio.

Le gros avantage de la radio c'est sa proximité avec la population (en voiture, dans la cuisine...) et la possibilité d'actualiser rapidement le discours qui est tenu grâce à un suivi de l'évolution de la situation. La grosse difficulté, surtout avec une radio associative, est de savoir à qui l'on parle tant en termes d'importance de l'auditoire que de qualité (intérêt ou non) des personnes.



FIG.4.2 — ENREGISTREMENT D'UNE ÉMISSION À RADIO INTERVAL, LE 15 JUILLET 2017

Il est donc très difficile d'avoir une idée de l'influence de ces émissions, même si on sait que certaines personnes rencontrées lors des enquêtes y ont fait référence. Il est probable cependant que la situation hydrologique ayant été moyennement tendue durant la période juillet-août en 2017 et peu

tendue en 2018, l'intérêt, pour cette information, a été relativement limité. Elle a toutefois existé et a contribué à installer un référentiel sur la sécheresse au sens vernaculaire.

Questionnée sur la diffusion et sur l'impact de telles émissions, l'équipe de Radio Interval n'a pas pu nous apporter d'informations particulières. Il serait bien trop onéreux et trop difficile d'essayer, par enquête, de mesurer l'audience de ces émissions. Toutefois il est à peu près certain que cela installe le label HydroPop dans le paysage sonore cévenol et plus largement gardois.

4.1.3 Les conférences, prises de parole et articles de vulgarisation

Trois conférences ont été organisées en 2017 pour présenter les enjeux du projet HydroPop-1 : le 11 juillet, à Cendras au Centre Biosphera, de 21 h à 23 h (40 personnes) ; le 20 juillet à Saint-Étienne de Vallée française de 18 à 19 h (salle polyvalente, 3 personnes), et enfin à Peyrolles au Temple, le 2 août de 18 h 30 à 20 h (12 personnes).

Ces réunions ont été annoncées dans les journaux municipaux de Saint-Etienne Vallée française et de Cendras (n° 244-mai 2017), ainsi que sur le site internet de la commune de Peyrolles.



FIG. 4.3 — CONFÉRENCES HYDROPOP-1 À CENDRAS (GAUCHE ET CENTRE) ET À PEYROLLES (DROITE)

Le gros avantage de ces réunions est d'abord de nouer des relations plus étroites avec les élus locaux qui sont demandeurs et organisateurs des conditions matérielles de ces réunions. C'est ensuite de se trouver en présence d'un public qui peut être très différent, mais qui rassemble globalement des personnes motivées, curieuses, souvent avec une formation supérieure... qui viennent à la fois passer un moment agréable, s'informer, voire se cultiver et en savoir un peu plus sur le pays qu'ils habitent, pour certains, depuis peu de temps (retraités...), et/ou donner leur point de vue.

Il est alors possible de distribuer des documents et de répondre à des questions qui sont globalement toujours les mêmes : le rôle de la végétation, la possibilité ou non de faire des barrages, l'éventualité de faire venir de l'eau via des systèmes de canaux, les conséquences des mises en eau et du fonctionnement des béals, etc. Globalement ce qui est proposé, au travers ces questions ou ces remarques, c'est LA bonne solution selon une personne. Inversement ce qui est difficilement perçu et difficile à faire passer, c'est la complexité des problèmes, leur enchevêtrement, les interactions, les conséquences prévisibles ou non de telle ou telle action, etc.

Ceci permet donc d'avoir une mesure de la « température » de la population, laquelle est toutefois, sauf des cas particuliers, assez peu préoccupée par la sécheresse au-delà de remarques sur le caractère sec de la végétation, les références à un passé plus ou moins mythique, etc. Les choses ne seraient peut-être pas les mêmes si l'eau n'était plus disponible au robinet un jour sur trois !

Enfin, plusieurs prises de parole ont été également faites en 2017 dans des cercles plus professionnels : devant le Comité sécheresse du Gard, les 13 juin, le 31 juillet, le 17 août et le 6 septembre et à une CLE avec l'EPTB Gardons où il s'agissait d'informer au plus près, pour l'essentiel des professionnels.

4.2 Diffusion d'information in situ

Une information générique sur le programme HydroPop a aussi été diffusée par le truchement de prospectus, de flyers, etc. Plusieurs documents de cette nature ont été produits au cours des années 2017 et 2018.

4.2.1 Document d'information générale

En reprenant un modèle assez classique de dépliant publicitaire utilisé par exemple pour vanter tel ou tel site touristique (3 volets recto – verso) nous avons produit un prospectus qui avait pour but d'installer la problématique HydroPop dans de nombreux lieux fortement fréquentés en été dans les Cévennes (Office du tourisme, point d'accueil des mairies, camping, supérette...).



FIG. 4.4 — PLAQUETTE GÉNÉRIQUE HYDROPOP VERSION 2017 : RECTO

Ce document comporte un texte explicatif général, une carte de localisation des échelles GraviSec dont est donnée une explicitation grossière, un hydrogramme comme modèle de variation des débits en été et toute une série de photos comme illustrations de sites ou de situations spécifiques (Fig.4.4 ; Fig.4.5).

Tiré à 5 000 exemplaires cette plaquette a été épuisée lors de distributions en 2017 et en 2018. Très largement les points de mise à disposition ont été régulièrement alimentés par nos enquêtrices qui en ont aussi donné beaucoup de la main à la main lors de différents contacts.

Comme pour les émissions radio, il est difficile d'évaluer l'impact de tels documents, mais on peut penser que si les gestionnaires de grottes, de campings, de lieux culturels... le font, et cela depuis des années et à une bien plus grande échelle, c'est que ce type de communication a une certaine portée. Là encore il s'agissait d'installer HydroPop comme un label, comme une référence.

Par ailleurs, comme ce document comporte les logos de toute une série d'institutions, d'équipes de recherche, d'acteurs du territoire... il conduit à crédibiliser la démarche et à faire mieux accepter nos personnels de terrain. Sur ce plan nous n'avons que très peu d'incidents à déplorer. Les

problèmes ou les incompréhensions étant levés dès qu'il était possible d'avoir une explication sur les tenants et les aboutissants du programme HydroPop. Globalement, il faut donc souligner fortement la très bonne acceptation de ce programme en Cévennes.

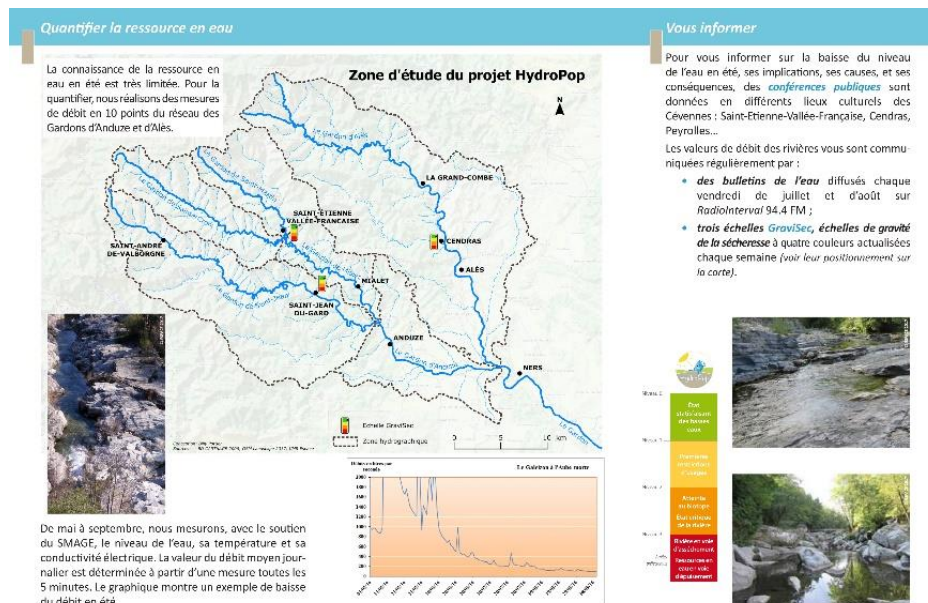


FIG. 4.5 — PLAQUETTE GÉNÉRIQUE HYDROPOP VERSION 2017 : VERSO

Il contribue à lever tout doute sur ce que nous faisons, mais il conduit aussi à devoir recueillir parfois des récriminations, des remarques plus ou moins acerbes sur l'action de tel ou tel service ou administration. Il arrive ainsi que l'on doive écouter les gens « râler » autour de telle ou telle question dont ils considèrent qu'elle n'a pas été bien prise en charge par les entités qui le devraient.

Très souvent il s'agit de perception d'inégalités de traitement ou d'inégalités de possibilités. Telle commune, telle personne... a fait telle ou telle chose que l'on interdit à telle autre commune, que l'on interdit à telle personne. Et pour celles ou ceux qui agissent un peu en dehors du cadre, souvent apparaît un « regret » : « à elles on ne leur dit rien... ». Par exemple, différentes activités ludiques, festives (surtout agricole : fermeture de béals) réalisées en certains points du lit du Gardon sont citées comme des passe-droits hautement critiquables, cela à tort ou à raison (?). Ailleurs il ne semblerait pas possible de faire la même chose...

4.2.2 Flyer des échelles GraviSec

Conçues pour clarifier la situation, les échelles GraviSec ne sont rapidement pas apparues comme aussi claires qu'on pouvait le penser, pour le grand public. Il a donc fallu essayer de communiquer sur le sens de ces échelles et sur le sens des couleurs (vert, jaune, orange, rouge) qui ont été retenues. Un premier essai a été fait dans le flyer générique.

Nous avons vu dans une partie précédente que ces couleurs renvoient à des fréquences dans le cadre d'une statistique particulière dite de Pareto. Si une telle logique peut convenir à des scientifiques et plus largement à des professionnels, il est illusoire de vouloir expliquer ce que sont les distributions parétiennes à un large public.

De plus c'est la couleur verte qui a été retenue pour traduire la situation satisfaisante. On aurait pu utiliser la couleur bleue qui est plus en rapport avec l'eau. Le vert a été retenu, car il renvoie plus directement à une image de bon état écologique, lequel est très dépendant du niveau de l'eau, même si on peut concevoir qu'un bon état écologique soit possible dans des lits de rivières qui s'assèchent naturellement très régulièrement (rivières intermittentes, tête de réseau).

Cela étant ce type de rivière, de lit sec, comme plus à l'aval les gorges du Gardon en amont des sources de La Baume, intéresse peu voire très peu les populations locales et encore moins les touristes. La perception de la rivière est très largement liée à possibilité de se baigner fusse dans des trous d'eau, laquelle en Cévennes est chaude (+ 25 °C couramment en été dans la journée). Cela est dû au flux thermique atmosphérique direct et surtout au transfert de chaleur des roches, de l'encaissant à des débits qui restent souvent très modestes, donc assez faciles à réchauffer.

La couleur verte a donc été décrite comme correspondant à un « état satisfaisant de basses eaux ». À partir de là les autres couleurs sont proposées comme correspondant à des situations dégradées, quelles que puissent être les raisons, parfaitement naturelles ou anthropiques, de cette évolution. La couleur jaune se veut traduire la conséquence de cette évolution au travers de l'évocation de « premières restrictions d'usages ». L'idée est d'essayer de dire qu'à partir de cette situation, de ce moment, il faut faire attention, il faut être raisonnable, éviter les gaspillages... La couleur orange dramatise un peu la situation en parlant « d'atteinte au biotope ; d'état critique de la rivière », mais la situation est vue comme gérable et réversible. Une situation critique n'implique pas automatiquement une catastrophe. Un retour à une situation plus satisfaisante est même fréquent (petite pluie, orage...). La couleur rouge a été utilisée pour indiquer que « la rivière est en voie d'assèchement ; que les ressources en eau sont en voie d'épuisement ».

Clairement dans cette communication, il a été choisi de jouer sur plusieurs registres sans utiliser réellement la base hydrologique scientifique jugée incompréhensible par le plus grand nombre et appelant une explication longue et difficile. Cette voie purement rationnelle étant fermée, nous avons d'abord essayé, avec plus ou moins de bonheur, de faire « ressentir » la rivière de la faire percevoir au travers d'une expérience esthétique compassionnelle.

Cette solution a conduit, ce qui n'est pas une mauvaise chose, à soulever des questions. C'est quoi un biotope ? C'est quoi un état critique ? Quelles restrictions ? Etc.

Dans un second temps, il est apparu qu'il fallait aller plus loin dans l'explicitation des échelles GraviSec. Nous avons alors conçu un petit document (1/3 de page) à cette fin (Fig.3.34). Cette fiche est essentiellement visuelle. Très peu de textes sont présents. On y trouve un hydrogramme pour sensibiliser à la baisse des débits ; la photo de l'échelle GraviSec installée à Saint-Jean du Gard, et au recto une échelle GraviSec simplifiée, stylisée, réduite aux quatre couleurs dont est donnée une interprétation en jouant sur deux registres : conditions hydroécologiques et niveau de gravité.

- Vert : Débit suffisant — Niveau 0 (sous-entendu de gravité) ; État hydrologique satisfaisant de la rivière ;
- Jaune : Débit faible — Niveau 1 ; Économie d'eau à envisager ;
- Orange : Débit très faible — Niveau 2 ; Risque pour la vie aquatique ;
- Rouge : Débit nul ou assec — Niveau 3 ; Ressources en eau en voie d'épuisement.

La relation entre la couleur verte et un bon état écologique qui est donc plus large qu'une question de niveau d'eau nécessite d'établir ce que peut être un bon état écologique et donc d'établir une relation formalisée entre un niveau d'eau et ce bon état.

Ceci pourrait être utile dans le cadre d'une réflexion sur les volumes prélevables dont on sait qu'ils correspondent aux « surplus » d'eau, aux débits passant en excès par rapport à ceux nécessaires au bon état.

On pourrait ainsi imaginer que la couleur orange correspond globalement à une situation d'équilibre entre le flux passant (Q) et les débits nécessaires au bon état écologique (Q_{BE}) et donc à la situation où $Q = Q_{BE}$. Dans un tel cas, tout prélèvement deviendrait en théorie non pas techniquement impossible, mais attentatoire.

La couleur rouge pourrait être la traduction d'un déséquilibre (quelle qu'en soit l'origine) entre Q et Q_{BE} . Arriver au niveau de la couleur rouge signifierait que $Q < Q_{BE}$.

4.2.3 Les actions « externes »

Nous avons vu ci-dessus que les personnels impliqués dans HydroPop ont conduit des actions externes au programme lui-même qui n'avaient pas été initialement prévues. L'idée dans ces démarches est double. D'une part, il s'agit d'informer sur la démarche HydroPop et sur les situations de basses eaux en Cévennes et plus largement dans le Gard, d'autre part, il s'agit d'accompagner, d'apporter parfois une expertise sur ou à d'autres programmes qui touchent à la ressource en eau dans le département.

À côté de ces participations globalement locales, nous avons porté l'idée HydroPop dans des enceintes scientifiques, dans des séminaires, des colloques, des congrès... et au travers de premiers articles dont on trouvera la liste en bibliographie.

L'activité locale, c'est d'une part une participation, un soutien à des démarches locales au sein de différentes enceintes régaliennes ou électives.

- En 2017 des prises de paroles visant à livrer une information actualisée de la situation ont été faites devant le Comité sécheresse du Gard, les 13 juin, le 31 juillet, le 17 août et le 6 septembre et lors d'une CLE avec l'EPTB Gardons ;
- Le 19/01/17 nous avons participé à la réunion pour l'agrément Rivière sauvage du Galeizon dans les bureaux du Syndicat à Cendras, et très minoritairement au dossier ;
- Dans le cadre du Plan Gestion Ressource en Eau (PGRE) porté par l'EPTB Gardons nous avons participé les 26/4/17, 5/5/17, 9/5/17, 23/5/17 aux réunions publiques de Cendras ; Saint-Jean du Gard ; Saint-Étienne Vallée française et de Remoulins où nous avons apporté des éléments sur l'hydrologie en Cévennes et du piémont (garrigues) ;
- Dans le cadre du programme sur les karsts urgonien et hettangien porté par l'EPTB Gardons, nous avons participé à plusieurs CoPil dont celui du 12/5/17, et à celui du 30/4/18, à la DDTM du Gard, mais aussi une réunion de présynthèse le 20/11/18 réunion dans les locaux de l'EPTB Gardons ;
- La question de la ressource en eau de l'agglomération d'Alès a conduit à une réunion dans les locaux de cette structure le 25/9/17 pour envisager la situation dans la basse Cévennes carbonatée, c'est-à-dire pour les petits karsts hettangiens de rive gauche du Gardon qui avaient été exclus de l'étude karst urgonien karst hettangien.

De même le programme HydroPop a été porté dans différentes enceintes de recherche, comme :

- Les 6 et 7/6/17 dans le séminaire annuel OHM-CV (Observatoire Hydro Météorologique – Cévennes Vivarias) au Pradel (Ardèche) ; plusieurs présentations ;
- Du 26 au 27/10/17 lors du colloque OPDE Montpellier, Présentation de 2 communications ;
- Le 16/1/18 à la Maison de l'eau lors du CoPil sur l'étude de la Cèze avant les gorges École des Mines de St Etienne) ;
- Le 2/2/18 à Grenoble (IGE) lors d'un séminaire du GIS Draix – Bléone et de l'OHM-CV ; plusieurs présentations ;
- Le 5/2/18 lors d'une visioconférence de l'infrastructure de recherche Théia ; question de bancarisation des données ;

Hydropop-1 : Rapport final

- Du 6 au 7/02/17, Paris, IGPG Jussieu, séminaire annuel OZCAR (Observatoire de la Zone Critique Aménagements et recherche) ;
- Du 3 au 5/4/18 le séminaire annuel OZCAR (Observatoire de la Zone Critique Aménagements et recherche) à Fréjus ;
- Le 4/10/18 réunion OSU OREME Montpellier ; une présentation ;
- Du 22 au 25/10/18 colloque Tunisie, Hammamet ; une présentation, deux articles.

Les CoPil HydroPop qui ont donné lieu à la production de PPT faisant environ tous les six mois le point sur l'avancement des travaux.

- Le 27/6/17 Un Copil à L'IMT Mines Alès ;
- Le 13/11/17 CoPil HydroPop, IMT Mines Alès, Amphithéâtre Beaujon ;
- Le 9/4/18 un CoPil à l'IMT Mines Alès ;
- Le CoPil de restitution ayant été réalisé le 1/2/19 à l'IMT Mines Alès.

5 Perceptions des rivières et des ressources en eau (PC)

5.1 Méthodologie

5.1.1 Les objectifs des enquêtes

Les enquêtes ont été menées durant les étés 2017 et 2018, période la plus sèche et période de vacances scolaires pour interroger à la fois des résidents permanents (résidence principale) et des non-permanents (résidence secondaire, touriste, visiteur occasionnel) afin de tenir compte du fort taux de résidences secondaires et d'hébergements touristiques dans certaines communes.

Le principal objectif était de recueillir les perceptions des populations sur le phénomène de basses eaux en Cévennes : comment sont perçues les rivières, la ressource en eau, la sécheresse, les réglementations... Les réponses obtenues expriment des représentations et des perceptions sur les ressources en eau et les rivières cévenoles en été.

Dans la mesure où les représentations sociales résultent de l'histoire de chaque individu, aucun système de représentation n'est identique à un autre. Cependant, chaque individu construit son système à travers des pratiques et des expériences vécues dans son environnement (discours circulant dans les médias, milieu familial, cadre de vie, etc.) qui ont un certain effet unificateur, homogénéisant partiellement les représentations. Il existe donc pour un groupe donné d'individus, une représentation dominante plus ou moins partagée par l'ensemble du groupe. C'est principalement ce type de perceptions sociales que l'enquête auprès des populations des Cévennes cherche à mettre en évidence.

En allant au contact de la population, un deuxième objectif est de repérer d'éventuels collaborateurs occasionnels et bénévoles pour contribuer à la plateforme cartographique.

Un objectif complémentaire est de tenir compte des perceptions de la population pour affiner les outils développés dans le cadre du programme HydroPop pour informer les populations, notamment sur les échelles Gravisec.

L'objectif final est de repérer les écarts et les convergences entre les deux modalités de connaissance que sont, d'une part, les représentations des populations et d'autre part, les grilles d'interprétation des acteurs de la gestion de l'eau. Prendre en compte les ruptures entre les deux structures de connaissance doit permettre une meilleure capacité d'intégration par les habitants des informations émises par ces acteurs.

5.1.2 Les modalités de l'enquête 2017

La réalisation complète de l'enquête 2017 s'est faite en plusieurs étapes : de l'élaboration du questionnaire aux traitements et analyses des réponses (Fig. 4.1). Les populations cibles ont été définies comme étant les personnes habitant, séjournant ou travaillant dans les Cévennes. Pour recueillir les données, nous avons choisi la méthode du questionnaire. Le questionnaire a été réalisé à l'aide du logiciel libre LimeSurveyTM qui permet d'héberger le questionnaire et les fichiers de données des réponses, les tables de données étant construites automatiquement par LimeSurvey.

LimeSurvey est un logiciel libre de sondage et questionnaire en ligne. Il permet aux utilisateurs de publier un sondage, un questionnaire, sur le web ou les téléphones mobiles et d'en collecter les réponses. Différents types de questions (ouvertes, fermées, choix multiples...) et différentes options (langue du questionnaire, insertion de vidéos ou d'images...) sont disponibles et permettent de créer un questionnaire sur mesure.

Entièrement conçues pour un support web, deux versions ont été élaborées :

- Une version accessible en ligne par un lien URL, installée sur un serveur de l'IUT de statistique d'Avignon ouverte à toute personne résidant ou étant déjà allé dans les vallées cévenoles ;
- Une version installée sur deux tablettes à l'aide d'une interface réseau virtuelle (localhost) sur tablette, destinée aux enquêtrices sur le terrain.

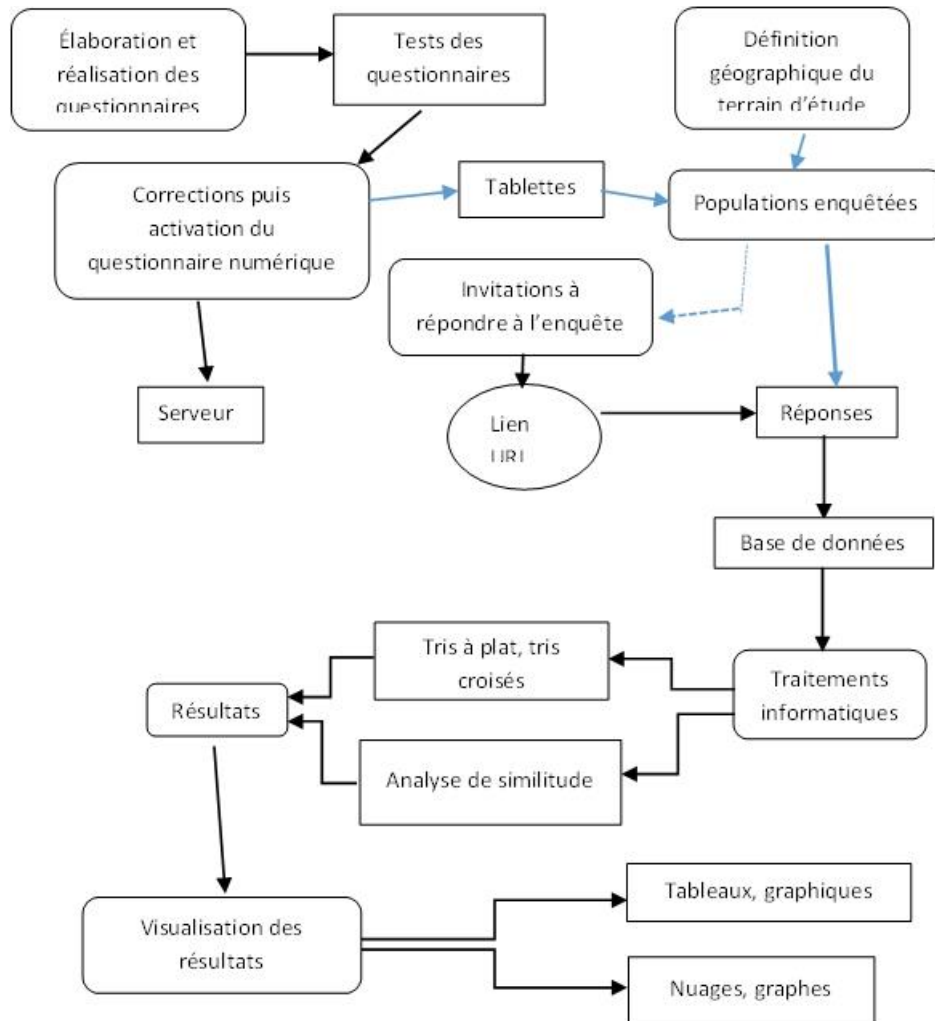


FIGURE 5-1 LE SCHÉMA DE L'ENQUÊTE 2017 (EN BLEU, LIENS SPÉCIFIQUES À L'ENQUÊTE SUR LE TERRAIN)
Source : HydroPop, enquête 2017, ESPACE UMR 7300 ; Conception : Patricia Cicille ESPACE UMR 7300

5.1.2.1 L'enquête en ligne

Un courriel a été envoyé, via plusieurs canaux, avec un texte d'invitation à répondre à l'enquête en ligne.

Dans le cadre d'une recherche soutenue par la ZABR et financée par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, nous menons une étude sur les perceptions des rivières et des ressources en eau dans les Cévennes.

Pour participer à l'enquête, vous devez résider ou être déjà allé dans les vallées cévenoles.

URL de l'enquête

Merci de diffuser cette annonce autour de vous afin que le maximum de personnes puisse répondre à cette enquête.

Pour tous renseignements complémentaires, envoyez un courriel à :

hydropop-enquete@univ-avignon.fr

ESPACE, UMR 7300, CNRS, Université d'Avignon

Les principaux canaux d'invitation pour l'enquête en ligne ont été :

1. Les délégations régionales du CNRS PACA et Occitanie
2. L'OHM Littoral méditerranéen
3. Le Site atelier Rivières cévenoles de la ZABR
4. Les communes et EPCI de la zone d'étude
5. Le SMAGE des Gardons (EPTB Gardons)
6. La Commission locale de l'eau des Gardons
7. Le Parc national des Cévennes
8. Différentes mails listes professionnelles

L'invitation a également été envoyée à quelques personnes n'ayant pas eu le temps de répondre sur le moment, les enquêtrices sur le terrain ayant récupéré leur adresse électronique.

5.1.2.2 L'enquête sur le terrain

La zone potentielle de l'enquête comportait les 45 communes du bassin versant amont des Gardons : 27 dans le Gard et 18 en Lozère. Une différence démographique existe entre le nord de la zone d'étude, avec une très faible densité en Lozère, et le Gard, relativement plus peuplé. Le territoire dans son ensemble reste peu peuplé, avec une densité moyenne de 31 habitants au km².

Trois zones ont été privilégiées pour constituer le terrain d'enquête 2017.

1. La région de Saint-Jean-du-Gard. Elle constitue une entrée dans les Cévennes et est particulièrement touristique. Elle offre une grande capacité d'accueil touristique et la baignade y est beaucoup pratiquée.
2. La vallée du Galeizon. Elle fait partie du programme de l'UNESCO *Man and biosphere* (MAB), réseau mondial d'aires protégées et de recherche expérimentale pour la conservation, la recherche et l'éducation (site labellisé : Rivière sauvage).
3. Les hautes Cévennes. Ce secteur a une vocation marquée de tourisme vert. Randonnée, pêche (1^{re} catégorie piscicole), baignade et produits du terroir en constituent les atouts.

Le plan des tournées a été défini par semaine, en tenant compte de la répartition des hommes et des activités sur le territoire, en optimisant les déplacements dans une région au relief contraignant (difficultés pour passer d'une vallée à une autre, temps de parcours) et en ciblant des lieux pour déposer les plaquettes d'information du programme HydroPop et passer le questionnaire.

Les lieux ont été choisis en fonction de l'opportunité de rencontrer le maximum de personnes au même endroit et d'obtenir une population diversifiée :

- Les marchés et événements festifs

- Les sites touristiques : musées, grottes, train vapeur...
- Les mairies et bureaux d'information touristique
- Les hébergements touristiques : campings, villages de vacances
- Les activités de loisirs : accrobranche, promenade en âne, baignade...

Les plaquettes ont été déposées dans tous les lieux susceptibles d'être fréquentés, même occasionnellement, par la population : les commerçants, les points d'informations touristiques, les accueils des activités de loisirs... Lors de chaque enquête de terrain, une plaquette est distribuée à la personne.

En 2017, l'enquête sur le terrain d'étude a été menée du 19 juin au 18 août dans plus d'une vingtaine de communes (Figure 5-2). Les sites de baignades ont été les lieux les plus adaptés à l'enquête.

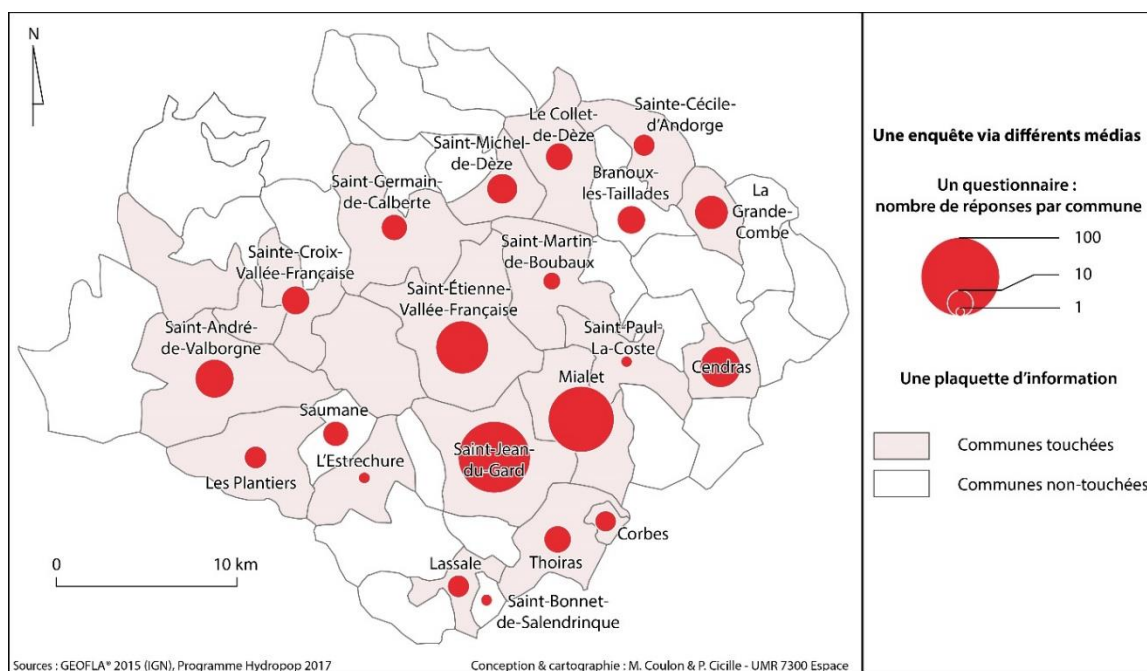


FIGURE 5-2 LIEUX DE L'ENQUÊTE SUR LE TERRAIN EN 2017

Source : HydroPop, enquête 2017, ESPACE UMR 7300

5.1.3 Le questionnaire 2017

La méthode du questionnaire fermé permet de contrôler les conditions de passation et l'information recueillie. Elle facilite les traitements informatisés. L'uniformisation de l'instrument d'observation permet un codage standardisé, nécessaire pour réaliser des comparaisons entre groupes d'enquêtés.

La mise au point du questionnaire s'est effectuée en plusieurs étapes :

1. Élaboration du questionnaire : choix des formes de question, choix du vocabulaire,
2. Mise en ligne d'une première version numérique en vue de tests permettant de faire une première analyse par rapport au vocabulaire utilisé et aux consignes, d'estimer le temps réel de passation, de vérifier que les consignes sont comprises et de remédier à d'éventuels problèmes de manipulation,

3. Reformulation éventuelle des consignes données sur chaque page d'écran et corrections des questions (modifier éventuellement les listes de mots) en fonction des résultats des tests.

Toutes ces étapes permettent de valider l'unicité du système de référence entre les chercheurs et les enquêtés au niveau du langage : libellé des consignes et vocabulaire des questions.

Le questionnaire se compose de quatre parties communes aux deux versions et d'une cinquième spécifique à l'enquête sur le terrain (Tableau 5-1) :

1. Les questions d'identification pour connaître les caractéristiques sociologiques et spatiales des enquêtés,
2. Les questions pour révéler les représentations sociales du phénomène de basses eaux,
3. Les questions sur la perception de l'information diffusée sur le phénomène par les autorités,
4. Les questions permettant d'apprécier la compréhension du vocabulaire hydrologique, termes liés au phénomène des basses eaux, utilisés par les spécialistes,
5. Les questions sur l'intérêt des populations pour les rivières et le programme HydroPop.

Groupe de questions	Thème des questions
Identification de la population	Caractéristiques sociologiques
	Lieux de vie
	Types de population
Représentations sociales	Les rivières cévenoles en été
	Le cycle de l'eau en été
Perception de l'information	L'information diffusée par les autorités
Compréhension du vocabulaire	Le vocabulaire des spécialistes
<i>Intérêt des populations</i>	<i>La fréquentation des rivières</i>
	<i>Le projet et l'intérêt pour participer</i>

TABLEAU 5-1 LES GROUPES DE QUESTIONS (EN ITALIQUE, QUESTIONS SPÉCIFIQUES À L'ENQUÊTE SUR LE TERRAIN)
Source : HydroPop, enquête 2017, Patricia Cicille, ESPACE UMR 7300

5.1.3.1 Les questions d'identification

Il s'agit de questions permettant de situer l'échantillon enquêté et d'en connaître les caractéristiques pouvant éventuellement servir de variables pour analyser les réponses, notamment en constituant des sous-populations. Ces questions permettent :

- De connaître les caractéristiques sociologiques : homme/femme, âge ;

- De situer spatialement les populations enquêtées : lieux de résidence habituelle, lieux de séjour temporaire ;
- De repérer des types de populations : résidents permanents, résidents temporaires et acteurs économiques.

Pour les acteurs économiques, une question complémentaire leur est posée sur leur domaine d'activité : artisanat, commerce, tourisme, environnement, gestion de l'eau ou autre.

5.1.3.2 Les questions permettant de repérer les représentations

Les formes des questions retenues ont été mises au point dans les années 1980 par l'IRPEACS (laboratoire interdisciplinaire du CNRS) pour permettre d'observer les représentations auprès d'un grand nombre de sujets. Ces questions ont pour référentiel théorique et méthodologique, les représentations sociales (S. Moscovici, 1961 ; J.-C. Abric, 1984 ; D. Jodelet, 1991) et l'analyse de similitude (C. Flament, 1962 ; P. Vergès, 1970), méthode descriptive d'analyse des données permettant l'étude des représentations dont le but est de dégager une structure relationnelle sur un ensemble d'éléments.

Deux questions ont été spécifiquement conçues pour l'enquête. Chaque question peut être caractérisée par la nature de l'opération cognitive qu'elle demande au sujet (Tableau 5-2). Ces opérations reposent sur la combinaison d'opérations mentales et d'opérations d'argumentation.

Thème de la question	Type d'opération	Nature de l'opération cognitive
Les rivières cévenoles en été	Évocation	L'opération d'évocation demande de définir un objet, c'est une opération simple.
Le cycle de l'eau	Association	L'opération d'association demande de définir un objet par ses rapports à d'autres objets, cette opération, relativement simple, demande déjà une analyse des ressemblances et des différences.

TABLEAU 5-2 NATURE DE L'OPÉRATION COGNITIVE DES QUESTIONS SUR LES REPRÉSENTATIONS

Source : HydroPop, enquête 2017, Patricia Cicille, UMR 7300 ESPACE

Ces deux questions ne sont évidemment pas suffisantes pour repérer l'ensemble des représentations sociales de la ressource en eau en été, mais elles permettent d'en cerner les points forts.

5.1.3.3 L'information diffusée sur la sécheresse par les autorités

Quatre questions permettent d'apprécier les perceptions sur le dispositif de gestion d'une situation de sécheresse anormale.

La première vise à savoir si les enquêtés connaissent les seuils de vigilance d'alerte et de crise, à partir d'un visuel avec les couleurs utilisées par les autorités.

La deuxième leur demande leur avis sur les mesures exceptionnelles de limitation ou de suspension temporaire des usages de l'eau en cas de sécheresse.

Les deux dernières questions demandent aux enquêtés s'ils ont déjà été concernés par un arrêté sécheresse limitant leurs usages de l'eau et, dans ce cas, s'ils ont été gênés par les restrictions.

5.1.3.4 La compréhension du vocabulaire hydrologique

La question propose pour 8 mots (basses eaux, bassin versant, débit, étiage, infiltration, irrigation, sécheresse, source), trois définitions toutes justes, mais de niveaux différents : du vocabulaire courant (dictionnaire) au vocabulaire des spécialistes (hydro.org). Les enquêtés doivent choisir l'expression qui, pour eux, définit le mieux chacun des 8 mots. Les définitions sont évidemment proposées dans un ordre aléatoire.

5.1.3.5 Les questions sur l'intérêt des populations

L'enquête 2017 sur le terrain se termine par six questions fermées visant à apprécier l'intérêt des populations pour :

- Les rivières cévenoles, en évaluant leur fréquentation des bords de rivière ;
- Le programme HydroPop et sa démarche participative, visant à évaluer la compréhension des échelles Gravisec et l'intérêt pour l'étude menée.

5.1.3.6 L'enquête 2018

Le dernier groupe de questions de l'enquête 2017 sur le terrain a fait l'objet, durant l'été 2018, d'une enquête spécifique par entretiens semi-directifs courts. Cette méthode a permis d'affiner les représentations qu'ont les populations des rivières et de la ressource en eau, ainsi que leur perception de la démarche proposée par HydroPop.

5.1.3.7 Public ciblé et conditions de passation

La population ciblée était principalement les résidents ayant une résidence principale ou secondaire dans la zone d'étude.

La seconde cible était des pêcheurs et des agriculteurs dans la zone d'étude :

- Les présidents d'une association agréée de pêche et de protection des milieux aquatiques (AAPPMA) locale,
- Les agriculteurs ayant une double activité, via le réseau *Bienvenue à la ferme*.

Pour réaliser les entretiens, deux communes ont été ciblées chaque semaine, les jours de marché, le matin avant 11h, plutôt au café, car les gens sont assis et plus disponibles que debout dans la rue : LaSalle le lundi et/ou le vendredi et Saint-Jean-du-Gard le mardi.

La majorité des entretiens se sont donc déroulés en terrasse de bar, avec éventuellement plusieurs personnes interviewées en même temps (couples, copines...). La durée totale de l'entretien ne pouvait guère excéder 15 mn.

Les présidents d'AAPPMA et les agriculteurs ont été joints par téléphone et/ou courriel en vue d'obtenir un rendez-vous.

5.1.3.8 Le guide d'entretien

Le guide d'entretien 2018 comporte deux parties (Tableau 5-3) : trois questions fermées à choix multiple et trois questions ouvertes.

Tous les entretiens ont été enregistrés avec l'accord des personnes, puis retranscrits en ne conservant que les phrases-clés directement liées aux thèmes du guide d'entretien, en éliminant notamment les redondances toujours nombreuses dans un discours verbal.

Questions fermées	Vous rendez-vous régulièrement au bord d'une rivière ?
	Pour quelle(s) raison(s) les fréquentez-vous ?
	La proximité d'une rivière a-t-elle influencé votre choix de lieu de résidence ?
	Vous sentez-vous concerné par la ressource en eau et les rivières cévenoles ?
Questions ouvertes	Avez-vous déjà vu cette échelle Gravisec ? <i>Remise du flyer Gravisec.</i>
	Comprenez-vous son utilité ?
	Connaissiez-vous déjà ce programme ? <i>Remise du flyer HydroPop.</i>
	Trouvez-vous un intérêt à la démarche du programme Hydropop ?
	Dans quelle mesure seriez-vous prêt à participer ?

TABLEAU 5-3 LE GUIDE D'ENTRETIEN
Source : HydroPop, enquête 2018, UMR 7300 ESPACE

5.1.4 Les méthodes de traitement des données

Les traitements effectués relèvent de plusieurs méthodes : tris à plat, tris croisés, analyse de similitude, analyse multivariée et analyse de contenu.

5.1.4.1 Les tris à plat

Un tri à plat permet de faire la sommation des fréquences par modalité de chaque variable, afin d'obtenir une information lisible. Une modalité correspond à une des valeurs que peut prendre la variable. Chaque variable a un nombre fini de modalités.

Le traitement consiste en une simple comptabilisation des réponses. On obtient ainsi les tableaux des réponses de l'ensemble de la population enquêtée aux questions d'identification et des fréquences d'apparition des items des autres questions.

5.1.4.2 Les tris croisés

La population enquêtée est stratifiée selon un ensemble de variables dont certaines peuvent avoir un effet sur les réponses aux questions pour cerner les représentations.

Le traitement consiste en une comptabilisation des réponses couplées par un même habitant. On comptabilise donc les fréquences des modalités d'une variable par rapport à une autre variable. L'information obtenue peut être, pour la rendre lisible, transcrite graphiquement.

Ce type de traitement a été utilisé pour vérifier si certaines variables sociologiques et spatiales avaient des effets sur la structure des représentations. On cherche une variable discriminante d'un type de représentation donné.

5.1.4.3 L'analyse de similitude

L'analyse de similitude est une méthode d'analyse des données permettant, de façon générale, l'étude des représentations. C'est une méthode de description dont le but est de dégager une structure relationnelle sur un ensemble d'éléments. C'est une méthode plus combinatoire que numérique qui utilise, notamment, le langage des graphes.

À partir d'un recueil d'associations entre des mots, on calcule une proximité entre ces mots, mesurée par un indice de ressemblance, aussi appelé indice de similitude.

Les résultats de ce traitement apparaissent dans une matrice indiquant les degrés de similitude pour chaque paire d'éléments à laquelle on associe une valeur numérique (ici le nombre de cooccurrences).

Cette méthode a été utilisée pour traiter les réponses à la question évocation des *rivières cévenoles en été* et à la question associations sur *le cycle de l'eau*, afin de faire apparaître toutes les relations (2 à 2) établies par les enquêtés entre les termes proposés.

On obtient ainsi une matrice diagonalisée des co-apparitions (fréquence d'apparition de chaque relation possible). Chaque relation étant définie par 2 items, le total des fréquences d'apparition des items représente le double du nombre de relations.

Pour rendre ces résultats lisibles, la matrice diagonalisée des co-apparitions (fréquence d'apparition de chaque relation possible) est représentée sous la forme d'un graphe (ensemble de sommets, ici les mots, et d'arêtes) valué. Chaque liaison existant entre les sommets n'a pas la même importance et est représentée en fonction de la fréquence d'apparition : l'épaisseur des traits est proportionnelle au nombre de répondants ayant fait la relation.

Les graphes sont réalisés à partir des liaisons les plus élevées entre les mots, en donnant un seuil limite : soit un pourcentage minimal du nombre d'enquêtés, soit un nombre de liaisons maximum. Ces seuils assurent à la fois la lisibilité du graphe et facilitent les comparaisons entre sous-groupes de la population enquêtée. L'arbre maximum est la simplification extrême de l'ensemble des similitudes, il ne retient que les arêtes localement les plus fortes. Une analyse complémentaire permet de repérer les groupes de mots apparaissant très liés : sous-ensembles de mots les plus fréquemment apparus ensemble, représentés sous la forme de halos.

La disposition graphique du dessin représentant le graphe n'a pas de signification théorique, mais il est fondamental de rechercher la disposition permettant de rendre lisibles les résultats et donc permettant de les analyser. Seul compte le fait qu'entre deux éléments existe, ou non, une relation.

5.1.4.4 Les nuages de mots

Le nuage de mots est une représentation sémantique et visuelle de mots-clés. Le but du nuage de mots est de rendre compte par la taille des mots de leur importance relative par rapport aux autres. La taille des mots-clés est proportionnelle à la fréquence d'apparition dans le corpus de l'ensemble des discours.

5.1.4.5 L'analyse de contenu

Pour les questions ouvertes ayant pour réponses des discours (texte), une analyse de contenu thématique est nécessaire. Cette méthode a pour objectif la normalisation de la description de données à contenu sémantique. C'est à la fois une technique de classement et d'analyse. La construction, *a posteriori*, d'une grille d'analyse rend les informations recueillies manipulables. Cette normalisation permet les dénombrements et éventuellement la mise en relation avec d'autres variables.

5.1.4.6 La classification descendante hiérarchique

La Classification Hiérarchique Descendante (CHD) permet de regrouper les individus statistiques (les répondants) selon leur ressemblance sur les variables étudiées (ici les phrases-clés des discours obtenus lors des entretiens 2018). La classification réalise des partitions successives en agrégeant deux à deux les individus qui se ressemblent le plus pour l'ensemble des variables spécifiées, et en construisant progressivement un arbre. L'arbre de la CDH permet de repérer les plus ou moins grandes proximités entre les classes : plus la branche est longue, plus la différence est grande. Chaque classe définit un type avec un profil particulier par rapport à la moyenne de chaque variable de l'ensemble des répondants analysés.

La plupart des traitements ont été réalisés à l'aide du logiciel Iramuteq.

Iramuteq, Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires, est un logiciel libre construit avec des logiciels libres. C'est un logiciel d'analyse de textes et de tableaux de données. Il permet de faire des analyses statistiques sur des corpus texte ou sur des tableaux individus/caractères. Iramuteq est distribué sous les termes de la licence GNU GPL (v2).

Il repose sur le logiciel R (www.r-project.org) et le langage Python (www.python.org). Il est développé au sein du LERASS et est soutenu par le labex SMS. IRaMuTeQ © 2008-2016 Pierre Ratinaud (<http://www.iramuteq.org>)

5.2 Le profil des répondants

5.2.1 Les principales caractéristiques de la population enquêtée en 2017

L'enquête 2017 ne visait pas à obtenir une représentativité de la population vivant ou fréquentant les vallées cévenoles, mais à simplement interroger le maximum de personnes.

La version utilisée pour l'enquête sur le terrain ayant permis de recueillir près de 80 % des réponses, les réponses de l'ensemble des questions ont été concaténées et traitées indifféremment selon la version du questionnaire.

Plus de la moitié des réponses a été obtenue sur des zones en bord de rivière, notamment des sites de baignade plus ou moins aménagés.

5.2.2 Les variables sociologiques

5.2.2.1 Répartition hommes/femmes

La population interrogée en 2017 comporte à peu près autant de femmes que d'hommes (Figure 5-3).

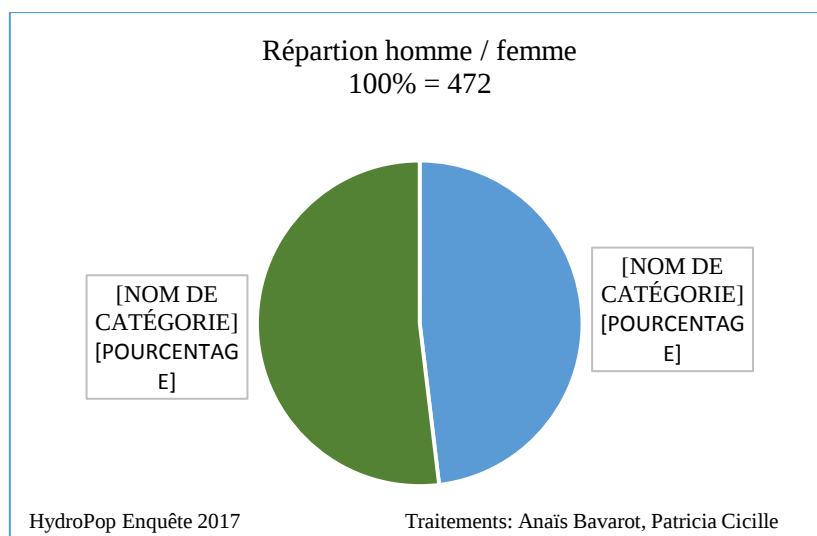


FIGURE 5-3 RÉPARTITION HOMMES/FEMMES DES ENQUÊTÉS
Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

5.2.2.2 Répartition selon l'âge

La question propose six tranches d'âge construites sur un pas de 10 ans, à l'exception des plus vieux (Tableau 5-4). Toutes les tranches d'âge sont bien représentées.

Chaque tranche d'âge comporte plus de 40 répondants, seuil à partir duquel un effet-groupe peut apparaître et être repéré. La variable peut donc potentiellement permettre de constituer des discriminations.

Répartition de la population enquêtée en 2017 par tranche d'âge (100 % = 472)					
Plus de 65 ans	De 55 à 64 ans	De 45 à 54 ans	De 35 à 44 ans	De 25 à 34 ans	De 15 à 24 ans
14 %	19 %	18 %	21 %	18 %	10 %

TABLEAU 5-4 RÉPARTITION DES ENQUÊTÉS SELON L'ÂGE
Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

5.2.3 Les variables spatiales

5.2.3.1 Lieux de résidence habituelle

Sans surprise, la très grande majorité (62 %) de la population enquêtée réside en Occitanie (Tableau 5-5), un tiers (34 %) dans les autres régions de France métropolitaine et 4 % à l'étranger, principalement en Belgique.

Occitanie	62 %	Bretagne	1 %
Auvergne-Rhône-Alpes	8 %	Nouvelle-Aquitaine	1 %
Île-de-France	6 %	Bourgogne-Franche-Comté	1 %
Provence-Alpes-Côte d'Azur	6 %	Normandie	1 %
Grand Est	3 %	Pays de la Loire	1 %
Hauts-de-France	2 %	Corse	0 %
Centre-Val de Loire	2 %	Étranger	4 %

TABLEAU 5-5 RÉGIONS DE RÉSIDENCE DES ENQUÊTÉS (100 % = 472)
Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

Parmi les résidents d'Occitanie, près de 200 personnes ont déclaré résider en Cévennes (Figure 5-4). Plus d'une cinquantaine de communes de résidence ont été citées comme étant en Cévennes : une quarantaine dans le Gard, une dizaine en Lozère et 4 en Ardèche. Si toutes les communes de la zone d'enquête ne sont pas présentes, plusieurs sont hors de la zone d'enquête sur le terrain. Les Cévennes apparaissent s'étendre sur un territoire plus grand que la zone décrite par « le site officiel des Cévennes » (www.cevennes-tourisme.fr), mais s'apparentent bien à celui du *Guide voyage Cévennes de Géo* (Villes principales : Florac, Alès, Anduze, Mende, Le Vigan, et Saint-Jean-du-Gard).

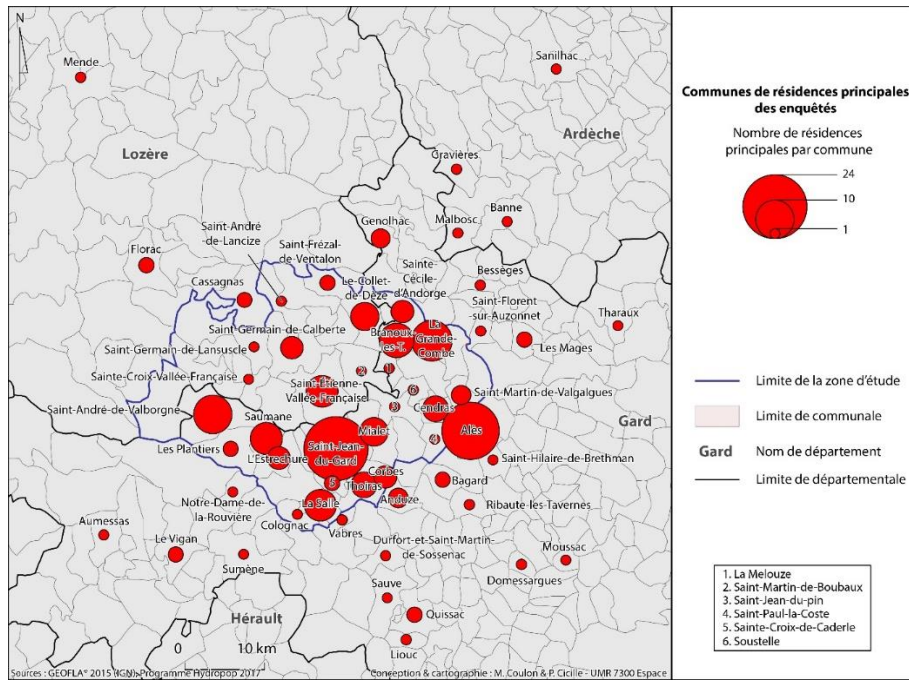


FIGURE 5-4 COMMUNES DES RÉSIDENCES PRINCIPALES DES ENQUÊTÉS HABITANT LES CÉVENNES
Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

5.2.3.2 Lieux de séjour temporaire

Deux types de lieux de séjour temporaire existent : les résidences secondaires, occupées moins de six mois par an, et les lieux de vacances cités par des touristes enquêtés.

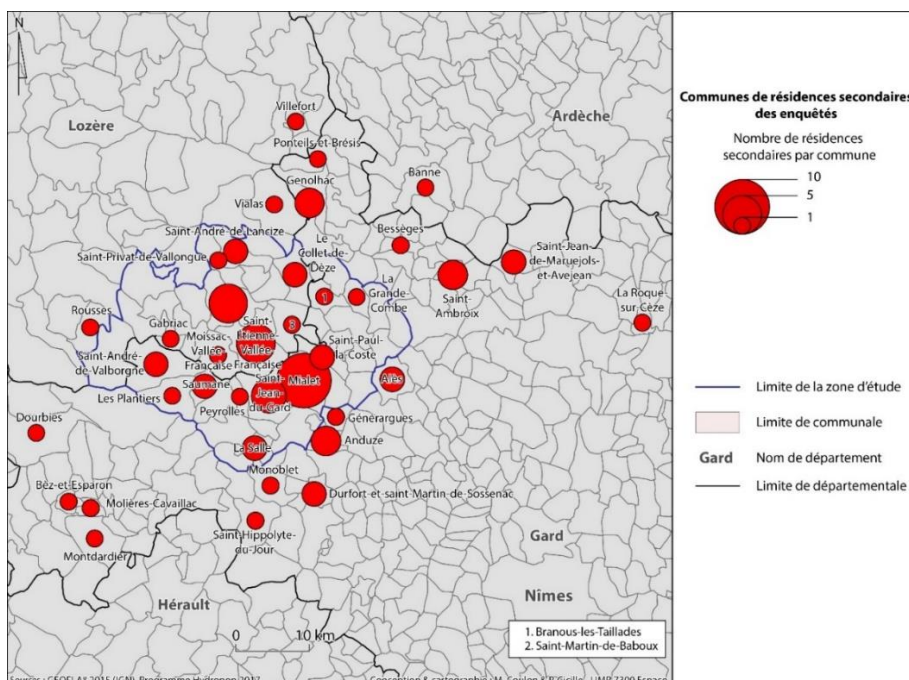


FIGURE 5-5 COMMUNES DES RÉSIDENCES SECONDAIRES
Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

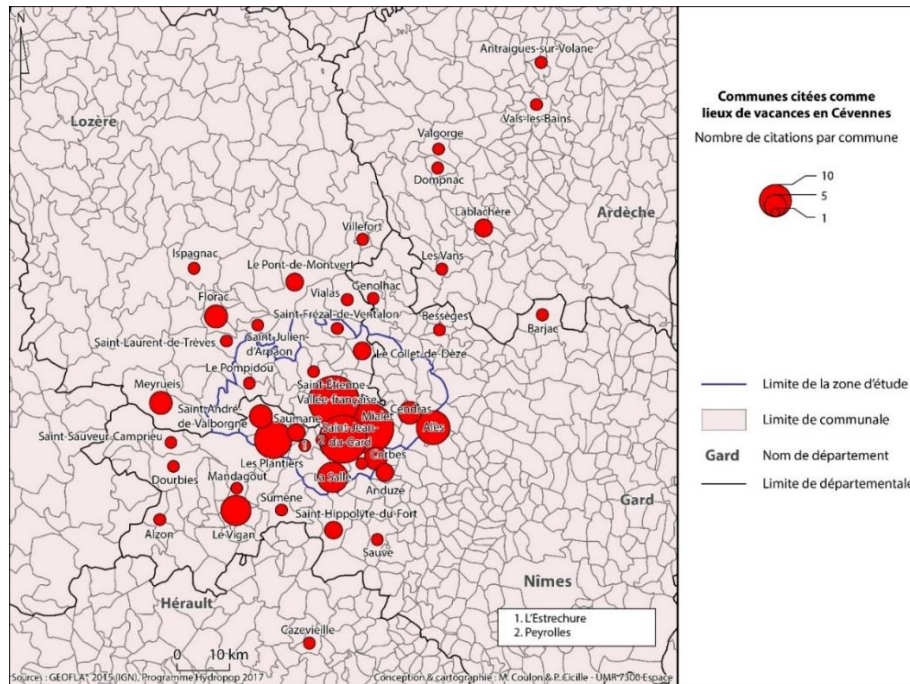


FIGURE 5-6 LES LIEUX DE VACANCES CITÉS PAR LES TOURISTES
Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

5.2.4 Les types de populations

5.2.4.1 Les résidents permanents

Les résidents permanents sont les personnes ayant déclaré avoir leur résidence principale dans les Cévennes. Ils constituent la sous-population la plus importante (40 % des enquêtés).

5.2.4.2 Les résidents temporaires

Ils regroupent deux types de sous-population :

- Les personnes ayant une résidence secondaire en Cévennes (16 %), quelques-uns étant également résidents permanents (exemple : résidence principale à Alès et résidence secondaire à Mialet) ;
- Les touristes avec hébergement dans le secteur ou simple visiteur de passage (42 %), il n'a pas été possible de séparer les deux types.

Les résidents temporaires se composent de relativement peu de résidents secondaires et beaucoup de touristes. Ces deux groupes de populations sont exclusifs l'un de l'autre et sont conservés chacun comme sous-population potentielle.

5.2.4.3 Les acteurs économiques

Ils regroupent les personnes travaillant régulièrement, donc même saisonnièrement, dans la zone de l'enquête (29 %). La plupart de ces personnes sont également résidents permanents (78 %). Leur domaine d'activité leur était demandé. Compte tenu du faible nombre de répondants dans certains domaines d'activités, il a été décidé de regrouper les domaines :

- Agriculture, Artisanat, Commerce (bar, restaurant...), Tourisme (camping, grotte, musée) sous le vocable *Activités commerciales*,
- Environnement et Gestion de l'eau.

Le nombre des réponses *Autre* étant relative élevé, une analyse détaillée a été réalisée et a permis la construction d'une catégorie *Education-Santé-Administration*.

Les doubles activités (*environnement et gestion de l'eau, agriculture et tourisme*, par exemple) mentionnées par près d'une trentaine de répondants ont ainsi pu être recodées dans une seule catégorie. Malgré les regroupements effectués, les trois catégories obtenues ne sont pas suffisamment représentatives pour faire l'objet de croisements avec les questions sur les représentations.

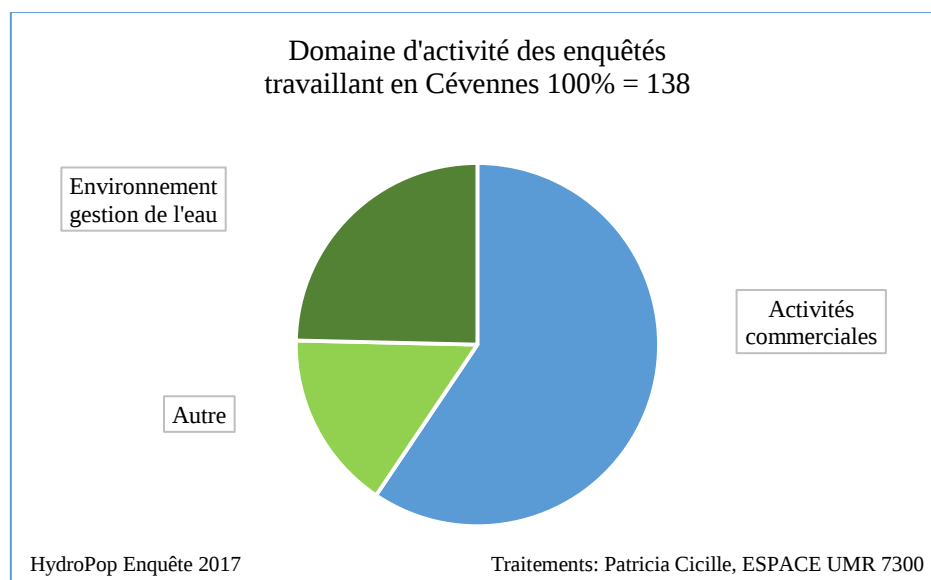


FIGURE 5-7 DOMAINES D'ACTIVITÉ DES ENQUÊTÉS TRAVAILLANT EN CÉVENNES
Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

5.2.4.4 Les sous-populations

Quatre sous-populations ont été déterminées pour être utilisées comme variables potentiellement discriminantes de certaines réponses à l'enquête.

Résidents permanents	Résidents secondaires	Touristes	Acteurs économiques
40 %	16 %	42 %	29 %

FIGURE 5-8 LES SOUS-POPULATIONS (EN % DES 472 ENQUÊTÉS, TOTAL >100 %)
Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

5.2.4.5 Les populations interviewées durant l'enquête 2018

En 2018, les populations ayant une résidence dans les Cévennes, qu'elle soit principale ou secondaire, ont été particulièrement ciblées et représentent 72 % des interviewés, sans compter les pêcheurs (14 %), comptabilisés à part pour repérer d'éventuelles différences de perceptions, mais dont certains sont également résidents. Durant la période d'enquête, 76 entretiens ont été réalisés, dont 16 à plusieurs personnes. Ce sont au total 92 personnes qui ont été interrogées.

Résident permanent	47
Résident secondaire	16
Pêcheur	12
Touriste	10
Agriculteur	2

TABLEAU 5-6 LES TYPES DE POPULATIONS INTERVIEWÉES EN 2018

Source : HydroPop Enquête 2018 — Entretiens : Anaïs Bavarot

Les entretiens sur RDV, principalement les pêcheurs, étant de loin les plus riches. Quelques entretiens ont pu être réalisés sur rendez-vous auprès de présidents d'association agréée de pêche et de protection des milieux aquatiques (AAPPMA) locales. Les agriculteurs étaient également ciblés, mais aucun n'a pu accorder un rendez-vous. Seuls deux ont répondu par courriel.

5.3 Les rivières cévenoles en été

La question propose à la personne enquêtée de choisir les 8 expressions, parmi une liste de 20, qui lui font le plus penser aux rivières cévenoles en été. Tous les items proposés sont utilisés par le SMAGE des Gardons (EPTB des Gardons) sur son site web (version mars 2017).

Dans le questionnaire, la liste était présentée par ordre alphabétique, mais les items retenus renvoient à deux catégories (Figure 5-9) préconstruites d'égale importance :

Les ressources en eau	Les risques
Débits très faibles	Forte tension sur la ressource
Peu de réserves en eau	Situations de déséquilibres
Peu de ressource disponible	Mauvaise qualité de l'eau
Chaleur estivale	Risque sanitaire
Économies d'eau	Dégradation des milieux
Restriction de prélèvements	Menace pour la biodiversité
Insuffisance des pluies	Plantes invasives
Satisfaction des usages	Pollution de l'eau
Lit de rivière asséché	Fragilité des milieux aquatiques
Besoins en eau	Préservation des biotopes aquatiques

FIGURE 5-9 LES RIVIÈRES CÉVENOLES EN ÉTÉ — LES ITEMS PAR CATÉGORIE

Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

Pour la quasi-totalité des répondants, les rivières cévenoles en été évoquent à la fois les ressources en eau et les risques (Figure 5-10, même si les risques semblent moins prégnants dans les représentations, seuls 2 % ne citent aucun item de ce domaine).

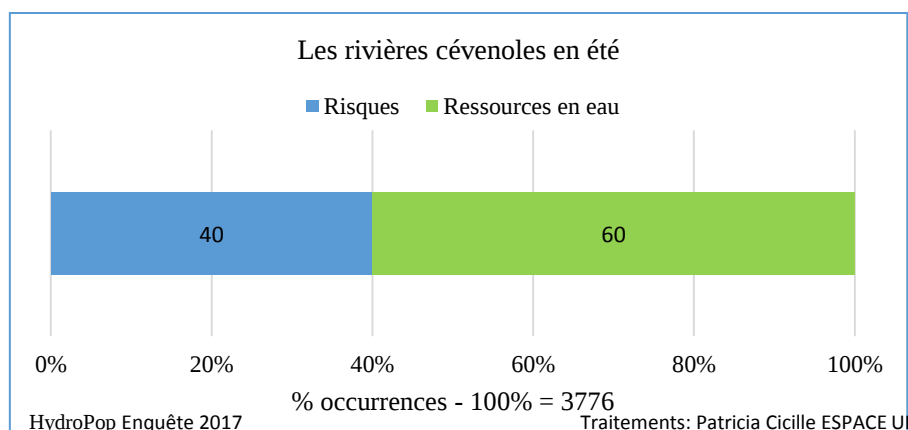


FIGURE 5-10 LES RIVIÈRES CÉVENOLES EN ÉTÉ — CHOIX PAR DOMAINE

Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

Les différences entre les sous-populations constituées à partir des variables sont peu significatives. Seule la variable *âge* distingue relativement deux sous-populations. Les plus de 65 ans sont relativement plus nombreux à évoquer les risques (49 %) et à l'inverse, les 35-44 ans sont les moins nombreux (37 %).

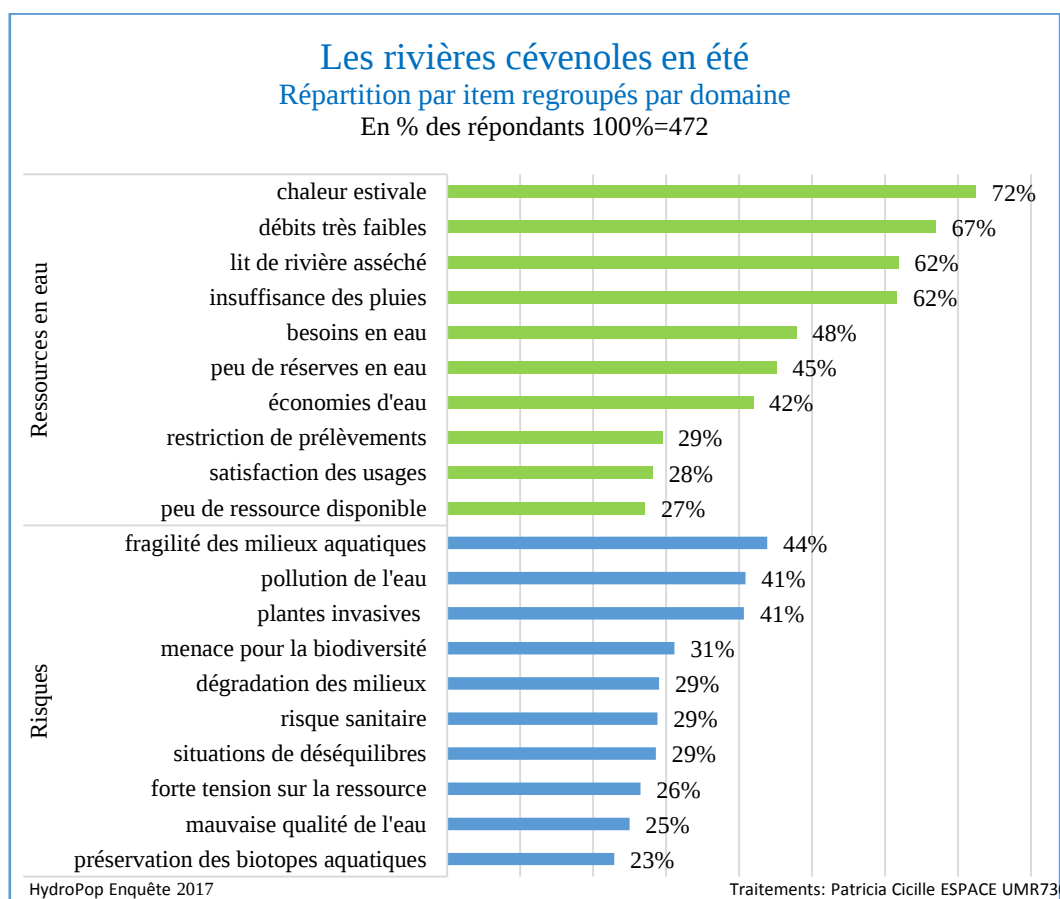


FIGURE 5-11 LES RIVIÈRES CÉVENOLES EN ÉTÉ — RÉPARTITION DES ITEMS REGROUPÉS PAR DOMAINE

Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

Les quatre items évoquant le plus les rivières cévenoles en été, sont choisis par plus de 60 % des répondants (Figure 5-11). Deux évoquent l'impact du climat en été sur les rivières cévenoles :

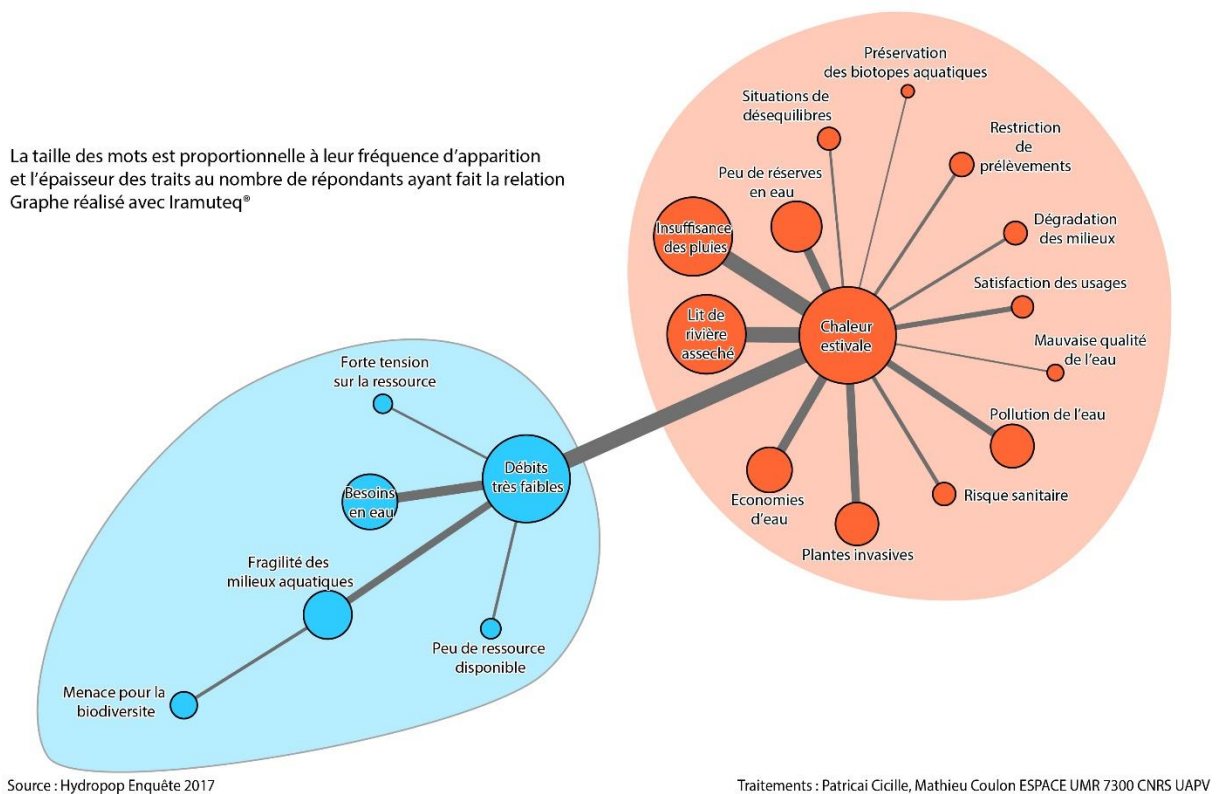
chaleur estivale (72 %) et *insuffisance des pluies* (62 %). Les deux autres items les plus choisis renvoient directement à un état visible des rivières cévenoles en été : *débits très faibles* (67 %) et *lit de rivière asséché* (62 %). Les six autres expressions évoquant le plus les rivières cévenoles en été (choisis par plus de 40 % des répondants) relèvent directement :

- de la ressource en eau avec les *besoins en eau* (48 %), le *peu de réserves en eau* (45 %) et les *économies d'eau* (42 %) ;
- des risques avec la *fragilité des milieux aquatiques* (44 %), la *pollution de l'eau* (41 %) et les *plantes invasives* (41 %).

L'arbre maximum avec halo (Figure 5-12) montre très nettement deux pôles. La *chaleur estivale* et les *débits très faibles* sont évoqués simultanément par 47 % des répondants, cette relation représente une articulation entre deux pôles d'inégale importance qui correspondent peu aux deux catégories préconstruites.

Les rivières cévenoles en été

La taille des mots est proportionnelle à leur fréquence d'apparition et l'épaisseur des traits au nombre de répondants ayant fait la relation
Graphes réalisés avec Iramuteq®



Source : Hydropop Enquête 2017

Traitements : Patricai Cicille, Mathieu Coulon ESPACE UMR 7300 CNRS UAPV

FIGURE 5-12 LES RIVIÈRES CÉVENOLES EN ÉTÉ — ARBRE MAXIMUM AVEC HALO

Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

Le premier pôle, constitué de seulement six éléments, se dessine à partir des *débits très faibles* qui semblent impacter les *besoins en eau*. Ils apparaissent également perçus comme la cause de problèmes potentiels : une *forte tension sur la ressource* en eau, le *peu de ressource disponible* et la fragilité des milieux aquatiques qui peut être une *menace pour la biodiversité*.

Le second se dessine autour de la *chaleur estivale* qui apparaît comme le terme pivot de ce pôle qui comprend les 12 autres items, tous directement relié à *chaleur estivale* formant un sous-graphe en étoile. La *chaleur estivale* apparaît bien comme le facteur central de ce qui impacte la ressource en eau et l'état des rivières cévenoles.

5.4 Le cycle de l'eau

La deuxième question présente 15 termes. La question propose aux enquêtés d'associer deux à deux les mots listés, avec la contrainte de faire 8 relations. Un mot peut être utilisé plusieurs fois.

Les mots peuvent être classés en trois catégories (Figure 5-13), d'égales importances, renvoyant à la perception du cycle naturel et hydrosocial de l'eau (Linton et Buds, 2014) :

- Les mots renvoyant au cycle naturel de l'eau ;
- Les mots évoquant des composantes biologiques et physiques du milieu ;
- Les mots relevant des composantes humaines concernées par les politiques de l'eau.

Cycle naturel de l'eau	Composantes du milieu	Composantes humaines
débit de la rivière	climat	eau disponible
évaporation	écosystème	eau potable
pluie	environnement	gestion de l'eau
ruissellement	diversité aquatique	réserves d'eau
source	qualité de l'eau	usages de l'eau

FIGURE 5-13 LE CYCLE DE L'EAU — LES ITEMS PAR CATÉGORIE
Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

Le poids de chacun des trois domaines apparaît plus ou moins identique (Figure 5-14). Les représentations du cycle de l'eau recouvrent les trois domaines pour tous les répondants. Les différences entre les sous-populations constituées à partir des variables sont insignifiantes. Chaque relation étant définie par deux items, le total des fréquences d'apparition représente le double du nombre de relations.

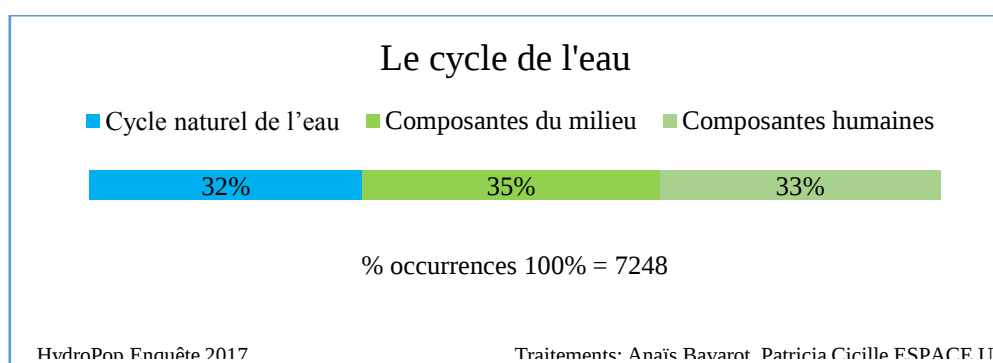


FIGURE 5-14 LE CYCLE DE L'EAU — CHOIX PAR DOMAINE
Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

Un premier traitement permet d'obtenir le nombre total de relations faites par l'ensemble des répondants et la fréquence d'apparition de chaque item (Figure 5-15).

La première analyse permet de repérer les termes les plus fréquemment employés. Aucune fréquence n'atteint 20 %. Seuls cinq termes apparaissent dans plus de 15 % des relations.

La *pluie* et le *climat* sont les deux plus fréquents. Les trois domaines sont présents avec les trois autres mots : l'eau avec le *débit de la rivière*, le milieu avec la *qualité de l'eau* et l'humain avec l'*eau disponible*. L'*évaporation* et le *ruissellement* sont les deux termes les moins utilisés.

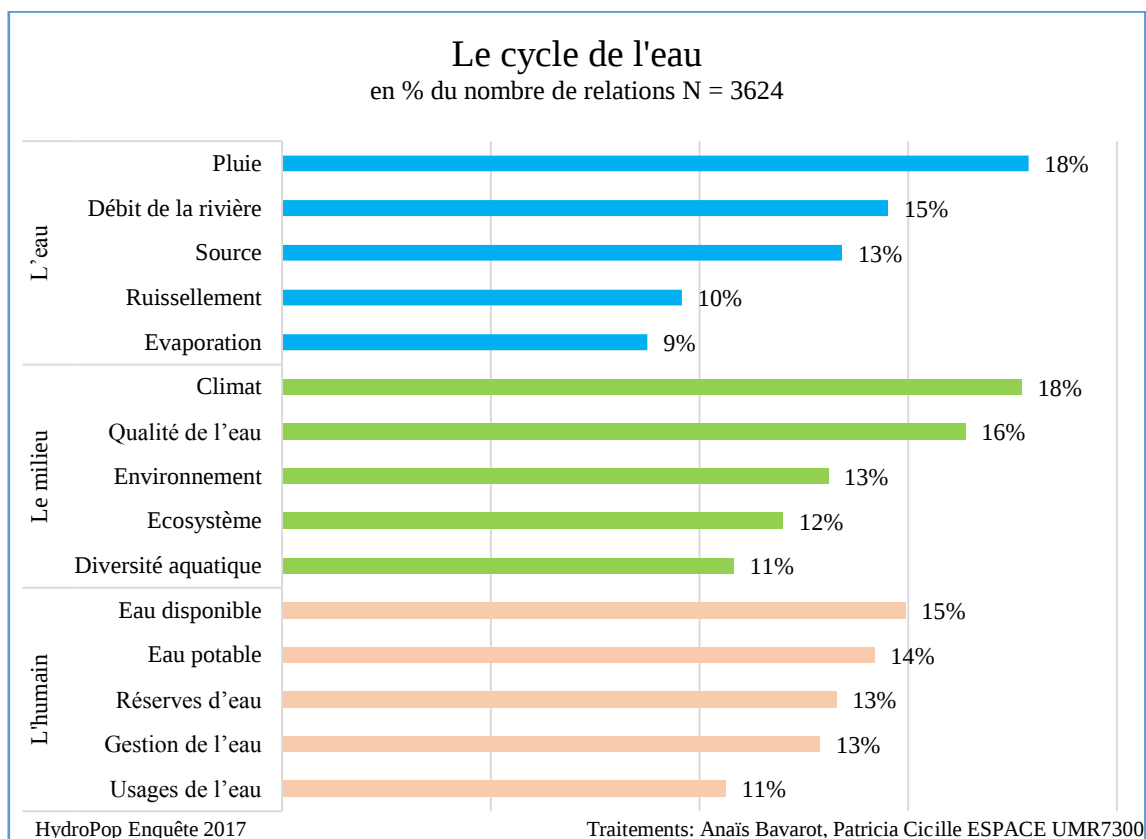


FIGURE 5-15 LE CYCLE DE L'EAU — RÉPARTITION DES ITEMS PAR DOMAINE

Source : HydroPop, enquête 2017, UMR 7300 ESPACE

Tous les mots proposés apparaissent dans les 12 relations les plus fréquentes (Tableau 5-7). À ce seuil, trois zones disjointes semblent se dessiner. Aucune relation triangulaire n'apparaît, même si la *pluie* est présente dans quatre des douze associations et le *climat* dans trois.

L'arbre maximum permet de visualiser comment sont reliées les trois zones (Figure 5-16). Un pôle apparaît dominant, car comportant deux des trois associations les plus fréquentes : *climat* — *pluie* — *ruissellement* — *évaporation*. Ce sont les *réserves d'eau* qui permettent l'articulation via l'*eau disponible* d'un côté et la *source* de l'autre. D'ailleurs les réserves d'eau font plutôt partie de la zone *qualité de l'eau* — *eau potable* — *source*, groupe qui relève du domaine de l'eau.

Le troisième pôle renvoie à l'humain avec *eau disponible* — *gestion de l'eau* et *usages de l'eau*.

L'arbre maximum avec halo permet également de repérer un quatrième pôle, relié via le *climat*, constitué des termes *environnement* — *écosystème* — *diversité aquatique* qui renvoient au milieu.

Eau potable	Qualité de l'eau	34 %
Pluie	Ruissellement	31 %
Climat	Pluie	31 %
Diversité aquatique	Écosystème	6 %
Climat	Environnement	22 %
Débit de la rivière	Pluie	22 %
Écosystème	Environnement	21 %
Évaporation	Climat	20 %
Gestion de l'eau	Usages de l'eau	20 %
Eau potable	Source	19 %
Eau disponible	Gestion de l'eau	18 %
Pluie	Réserves d'eau	16 %

TABLEAU 5-7 LE CYCLE DE L'EAU – LES 12 RELATIONS LES PLUS FRÉQUENTES, % DU NOMBRE DE RÉPONDANTS
Source : HydroPop Enquête 2017 — Traitement : Patricia Cicille, ESPACE UMR 7300

Le graphe au seuil de 10 % (associations faites par au moins 10 % des répondants) permet de comprendre comment se structurent les représentations (Figure 5-17). Les quatre pôles existent bien, comme le montrent les relations triangulaires entre les termes de chacun d'eux. Néanmoins, ils ne sont pas réellement autonomisés.

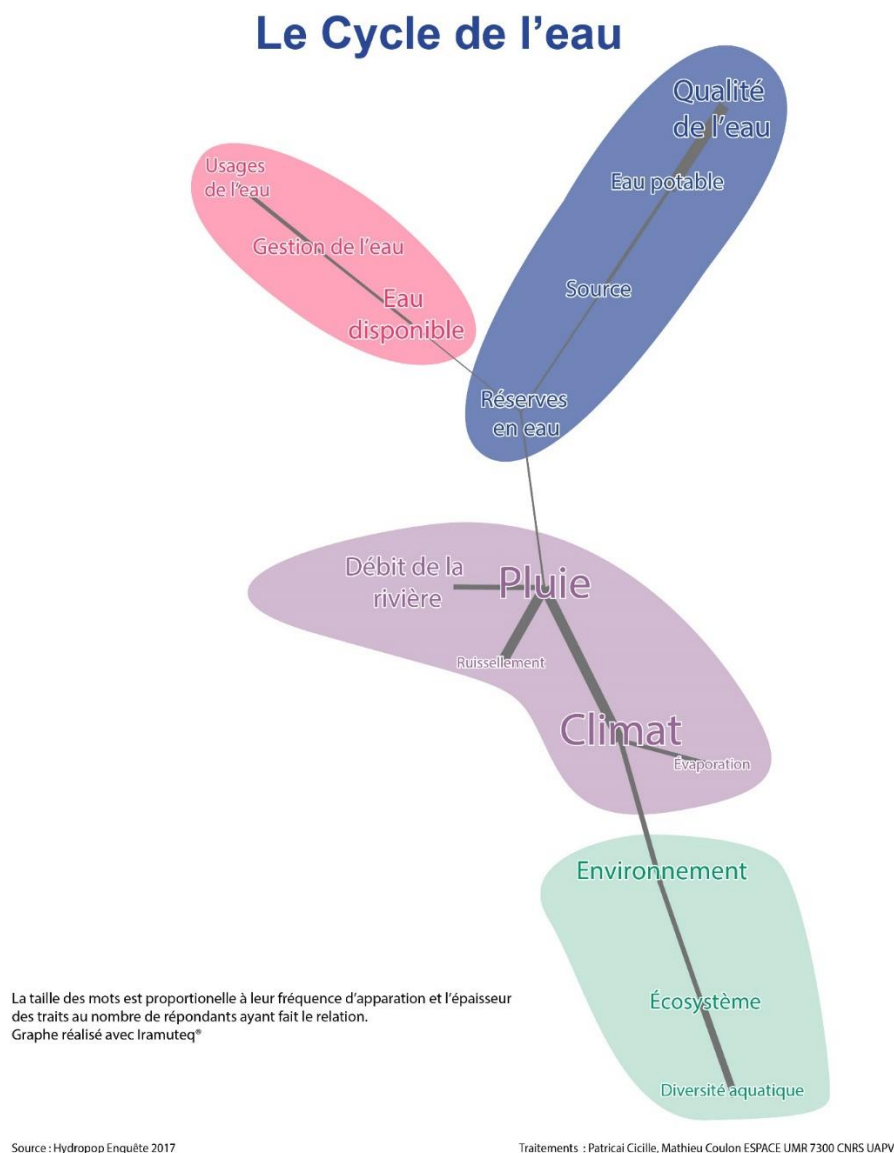
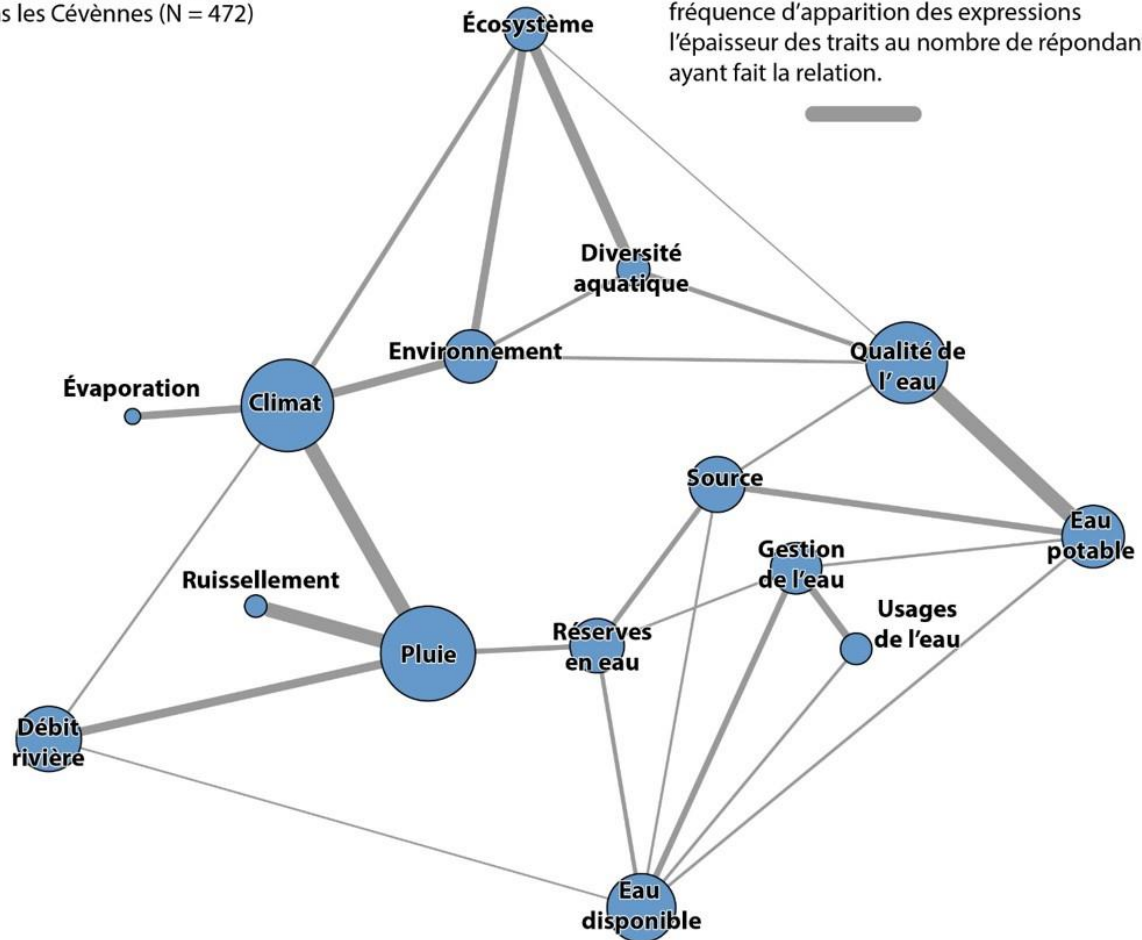


FIGURE 5-16 LE CYCLE DE L'EAU — ARBRE MAXIMUM AVEC HALO
Source : HydroPop Enquête 2017 ESPACE UMR 7300

L'humain et le milieu sont interconnectés via la *qualité de l'eau*, terme qui apparaît fondamental. Si le milieu se structure à partir d'*écosystème*, c'est l'*eau disponible* qui structure l'humain où la *gestion de l'eau* est centrale. Le *débit de la rivière* reste principalement associé à la *pluie* et apparaît jouer un rôle mineur.

L'ensemble des enquêtes
dans les Cévennes (N = 472)

La taille des cercles est proportionnelle à la
fréquence d'apparition des expressions
l'épaisseur des traits au nombre de répondants
ayant fait la relation.



Source : Programme Hydropop 2017

Conception & réalisation : M. Coulon & P. Cicille - UMR 7300

FIGURE 5-17 LE CYCLE DE L'EAU – GRAPHE AU SEUIL DE 10 % (100 %=453, L'ÉPAISSEUR DES TRAITS EST PROPORTIONNELLE À LA VALEUR DES %)

Source : HydroPop Enquête 2017 — Traitements : Patricia Cicille, ESPACE UMR 7300

5.5 La gestion de l'eau en été

Ce groupe de questions vise à caractériser la perception des politiques de gestion de l'eau en été.

5.5.1 Les seuils de vigilance d'alerte et de crise

À partir du texte pendant la période de sécheresse, les zones concernées peuvent faire l'objet de mesures de restriction d'eau qui dépendent du niveau d'alerte et d'un visuel avec les couleurs utilisées par les autorités, la question demande s'ils connaissent ces niveaux d'alerte, en proposant trois modalités de réponses : Je connais bien, J'en ai entendu parler, Je ne sais pas ce que c'est.

Un quart des répondants ne connaît pas les niveaux d'alerte sécheresse (Figure 5-18). Seuls 24 % disent bien connaître le système d'alerte, mais la majorité en a entendu parler.

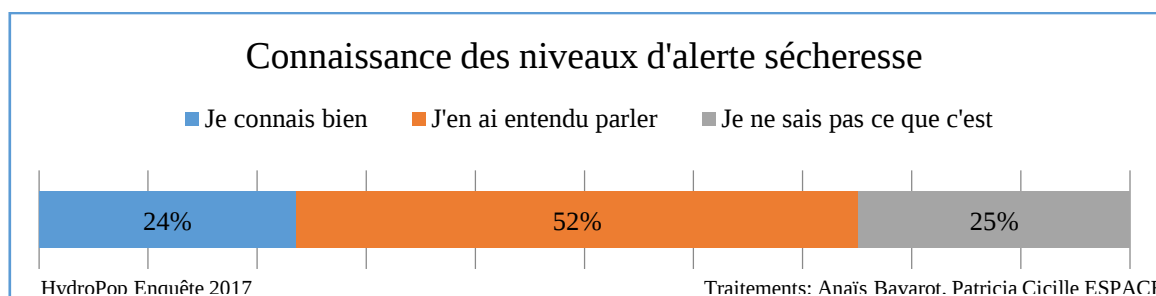


FIGURE 5-18 CONNAISSANCE DES NIVEAUX D'ALERTE SÉCHERESSE
Source : HydroPop Enquête 2017 ESPACE UMR 7300

La majorité des répondants (51 %) a déjà été concernée par un arrêté sécheresse, mais seuls 17 %, soit moins de 9 % de la population totale enquêtée, ont déjà été gênés par les restrictions mises en place par un arrêté sécheresse.

5.5.2 Les restrictions des usages de l'eau en cas de sécheresse

La question demande aux enquêtés leur avis à propos de 14 mesures provisoires de limitation et d'interdiction des usages de l'eau (Tableau 5-8) pouvant être prises par un arrêté sécheresse, selon l'accord-cadre départemental du Gard qui inclut les communes de Lozère du bassin versant amont des Gardons. Pour cela, ils doivent se positionner sur une échelle d'attitude en trois positions : *D'accord*, *Pas d'accord* ou *Sans avis*.

Limitation	Interdiction
de l'arrosage des espaces sportifs (stades...)	de laver les véhicules
de l'arrosage des espaces verts publics et privés	de laver les voiries
de l'arrosage des terrains de golf,	de pratiquer la pêche
de l'arrosage des jardins potagers	de pratiquer du canyoning
de la consommation d'eau des industries	de remplir les piscines privées
du fonctionnement des fontaines publiques	des travaux dans les stations d'épuration
de l'irrigation des cultures	de vidanger les piscines publiques

TABLEAU 5-8 LES MESURES EXCEPTIONNELLES POUVANT ÊTRE PRISES EN CAS DE SÉCHERESSE
Source : Arrêté-cadre départemental n° 2013189-0029 définissant les seuils de vigilance et les mesures exceptionnelles de limitation des usages de l'eau en cas de sécheresse dans le département du Gard

Sur les 14 mesures exceptionnelles présentées, une très large majorité des répondants (plus de 60 %) est d'accord avec la plupart d'entre elles (Figure 5-19).

Les restrictions concernant les terrains de golf et le lavage des voitures sont plébiscitées par plus de 90 %. Celles concernant les stades, les espaces verts et les piscines privées le sont par plus de

80 %. Les trois quarts sont d'accord pour interdire de laver les rues, les deux tiers pour les piscines publiques, mais seulement 60 % pour les industries.

Les opinions sont plus contrastées pour le canyoning, activité plutôt pratiquée en aval de la zone d'étude, les stations d'épuration qui renvoient pour beaucoup à la qualité de l'eau restituée dans la rivière, ainsi que la pêche, activité de loisirs. Les *sans avis* sont d'ailleurs plus nombreux pour ces deux derniers.

Le désaccord est nettement majoritaire pour l'irrigation des cultures et l'arrosage des jardins potagers, de très nombreux résidents en ayant un...

100 % = 450	D'accord	Pas d'accord	Sans avis
Limitation de l'arrosage des terrains de golf	97 %	2 %	1 %
Interdiction de laver les véhicules	93 %	5 %	2 %
Limitation de l'arrosage des espaces sportifs (stades...)	89 %	9 %	2 %
Limitation de l'arrosage des espaces verts publics et privés	84 %	12 %	5 %
Interdiction de remplir les piscines privées	82 %	12 %	6 %
Interdiction de laver les voiries	75 %	17 %	8 %
Limitation du fonctionnement des fontaines publiques	70 %	21 %	10 %
Interdiction de vidanger les piscines publiques	68 %	17 %	15 %
Limitation de la consommation d'eau des industries	60 %	25 %	15 %
Interdiction de pratiquer du canyoning	47 %	38 %	14 %
Report des travaux dans les stations d'épuration	44 %	36 %	19 %
Interdiction de pratiquer la pêche	43 %	36 %	21 %
Limitation de l'irrigation des cultures	36 %	56 %	7 %
Limitation de l'arrosage des jardins potagers	33 %	58 %	10 %

FIGURE 5-19 L'OPINION SUR LES MESURES EN CAS DE SÉCHERESSE
Source : HydroPop Enquête 2017 Traitements : Patricia Cicille, ESPACE UMR 7300

5.6 La compréhension du vocabulaire hydrologique

La question propose pour 8 mots trois définitions (Figure 5-20) toutes justes, mais de niveaux différents : du vocabulaire courant (dictionnaire) au vocabulaire des spécialistes (hydro.org). Les enquêtés doivent choisir l'expression qui, pour eux, définit le mieux chacun des 8 mots. Dans le questionnaire, les définitions sont évidemment proposées dans un ordre aléatoire.

L'objectif de la question est d'évaluer le degré de spécialisation des connaissances hydrologiques.

- Le niveau commun renvoie à un vocabulaire courant reprenant une définition que l'on trouve dans un dictionnaire du type *Le Petit Larousse* ou *Le Robert*.
- Le niveau intermédiaire comporte de réelles notions hydrologiques, mais reste un vocabulaire du langage relativement courant.

- Le niveau spécialisé renvoie à des concepts hydrologiques que seule une initiation à l'hydrologie peut apporter, elle renvoie au vocabulaire de spécialistes.

MOT	Niveau commun	Niveau intermédiaire	Niveau spécialisé
Basses eaux	débit faible en saison sèche	abaissement normal et fréquent du débit d'un cours d'eau	écoulement parmi les plus faibles de l'année, mesuré par la hauteur d'eau
Bassin versant	territoire arrosé par un fleuve et ses affluents	région naturelle recevant les précipitations alimentant un cours d'eau	région drainée par un cours d'eau dont elle constitue l'aire d'alimentation
Débit	quantité d'eau en un temps donné	quantité d'eau s'écoulant en un point donné en une seconde	volume d'eau qui traverse une section d'un cours d'eau par unité de temps
Étiage	bas niveau d'un cours d'eau à la fin de l'été	le plus bas niveau atteint chaque année par un cours d'eau	le débit le plus faible d'un cours d'eau en fin de cycle hydrologique
Infiltration	passage de l'eau dans le sol	pénétration de l'eau à travers les interstices du sol	mouvement descendant de l'eau dans la zone non saturée d'un aquifère
Irrigation	arrosage des terres	apport artificiel d'eau à des terres agricoles	apport d'eau à un terrain cultivé pour compenser l'insuffisance des pluies
Sécheresse	état de ce qui sec	insuffisance de pluie durant une certaine période	déficit hydrique impactant les besoins de l'environnement et de la société
Source	eau qui sort de terre	eau sortant du sol initiant un écoulement en surface	point de réapparition de l'eau d'un aquifère poreux ou karstique

FIGURE 5-20 LE VOCABULAIRE HYDROLOGIQUE — LES DÉFINITIONS PROPOSÉES

Source : HydroPop Enquête 2017, ESPACE UMR7300

Une large majorité (62 %) ne connaît pas le terme étiage qui apparaît comme le seul mot très spécifique de l'hydrologie. Le terme de bassin versant n'est pas connu d'un quart des répondants et celui de basses eaux de 14 % (Figure 5-21).

Pour plus de la moitié des répondants, l'*infiltration* est perçue d'un point de vue commun : le passage de l'eau dans le sol, seule définition n'employant que des mots du vocabulaire courant.

Un nombre de répondants non négligeable (plus de 30 %) se situent au niveau intermédiaire pour 6 mots : la *sécheresse*, la *source*, l'*irrigation*, l'*infiltration*, le *bassin versant* et le *débit*.

Seuls trois mots sont perçus avec un niveau spécialisé par plus de 30 % : le *débit*, l'*irrigation* et la *sécheresse*. Parmi les termes proposés, ce sont probablement les trois termes les plus utilisés dans le langage courant. Le *débit* est d'ailleurs le seul mot pour lequel les trois niveaux ont à peu près le même poids.

Concernant l'*irrigation*, la seule définition ne faisant pas directement référence à l'agriculture est la moins choisie.

Pour la *sécheresse*, la moins choisie est la définition ne faisant pas référence à l'eau.

Mots Niveau	Infiltration	Source	Basses eaux	Débit	Irrigation	Sécheresse	Bassin versant	Étiage
Commun	55 %	40 %	38 %	36 %	21 %	15 %	21 %	15 %
Intermédiaire	36 %	43 %	25 %	30 %	41 %	50 %	34 %	14 %
Spécialisé	8 %	17 %	24 %	32 %	36 %	35 %	20 %	10 %
Terme non connu	1 %	1 %	14 %	2 %	2 %	0 %	25 %	62 %

FIGURE 5-21 LE VOCABULAIRE HYDROLOGIQUE — LES DÉFINITIONS CHOISIES PAR NIVEAU
Source : HydroPop Enquête 2017 — Traitements : Patricia Cicille, ESPACE UMR7300

Pour comparer les sous-populations, un score moyen est calculé. Les niveaux sont affectés du poids correspondant au degré de spécialisation. Le score est égal à la somme du nombre de définitions choisies de niveau $a \times a$. Les non réponses ne sont pas prises en compte. Pour l'ensemble des répondants, il est de 13,28. Même si elles sont peu significatives, quelques différences peuvent être signalées.

Aucune différence significative n'apparaît entre le score des hommes et celui des femmes, même si les femmes sont légèrement plus nombreuses à ne pas connaître le terme *étiage* (66 % vs 59) et à choisir la définition du *débit* la plus commune (40 % vs 33).

Les plus jeunes et les plus vieux ont des scores légèrement inférieurs à 13, mais les moins de 24 ans sont plus nombreux (73 %) à ne pas connaître le mot *étiage*, à l'inverse des plus de 65 ans qui ne sont que 50 %.

Les résidents permanents ont un score inférieur à 13, tandis que les résidents secondaires ont un score proche de 14. Les répondants travaillant en Cévennes sont moins nombreux à ne pas connaître l'*étiage* (54 %).

5.7 Intérêt des populations

5.7.1 Les rivières cévenoles, un cadre de vie

Les rivières cévenoles apparaissent pour beaucoup comme un élément relativement privilégié du cadre de vie.

D'une part, la plupart se rendent régulièrement au bord d'une rivière pour y pratiquer différentes activités, d'autre part, certains ont choisi leur lieu de résidence à proximité d'une rivière, voire ont un accès direct de leur jardin. Certains de ces riverains ont tendance à privatiser leur accès au cours d'eau.

D'autre part, pour beaucoup, les rivières cévenoles sont un élément indispensable à la vie dans les Cévennes.

5.7.1.1 La fréquentation des bords de rivières

Les réponses qui suivent ont été obtenues auprès des populations enquêtées sur le terrain en 2017 et 2018 (Figure 5-22). Les trois quarts des personnes interrogées se rendent régulièrement au bord d'une rivière.

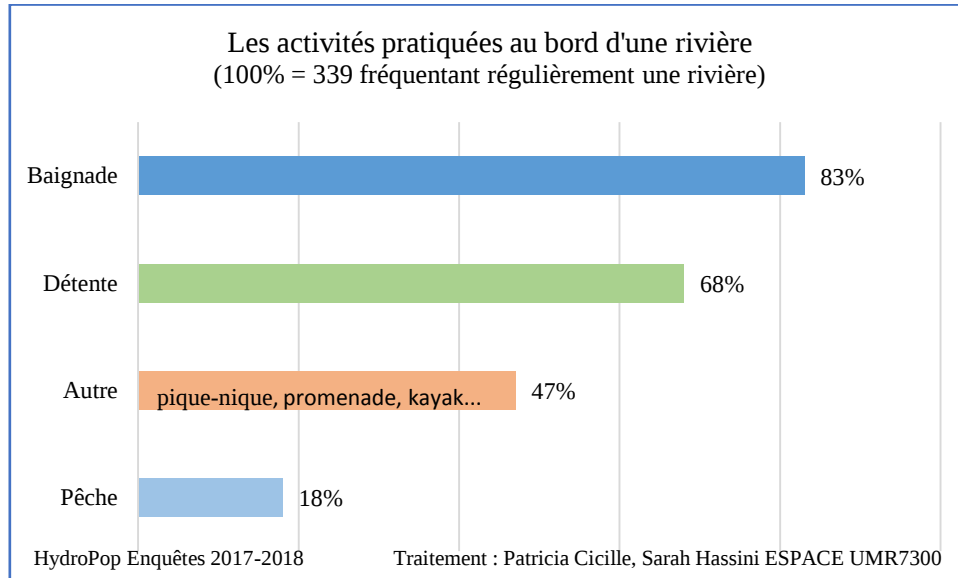


FIGURE 5-22 LES ACTIVITÉS PRATIQUÉES AU BORD D'UNE RIVIÈRE
Source : HydroPop Enquête 2017 — ESPACE UMR7300

Une très large majorité d'entre eux se rend à la rivière principalement pour se baigner et 57 % répondent simultanément pour la baignade et la détente.

Près d'un sur deux y va régulièrement pour d'autres activités : pique-nique (43 %), mais également pour se promener ou y pratiquer une activité sportive. Près d'un sur cinq s'y rend prioritairement pour pratiquer la pêche.

5.7.1.2 Le lieu de résidence à proximité d'une rivière

Sur l'ensemble des populations enquêtées sur le terrain en 2017 et 2018, la proximité d'une rivière n'a influencé le choix du lieu de résidence (ou de vacances) que pour moins d'un quart des personnes interrogées (23 %).

Parmi les seules personnes interrogées en 2018, dont la majorité est constituée de résidents permanents, 45 % disent que la proximité d'une rivière a influencé le choix de leur lieu de résidence.

Plus d'un habitant sur cinq a toujours habité dans une maison à proximité, voire au bord, d'une rivière, même si ce lieu est parfois une maison de famille où l'on se rend régulièrement sans y habiter à l'année (Figure 5-23).

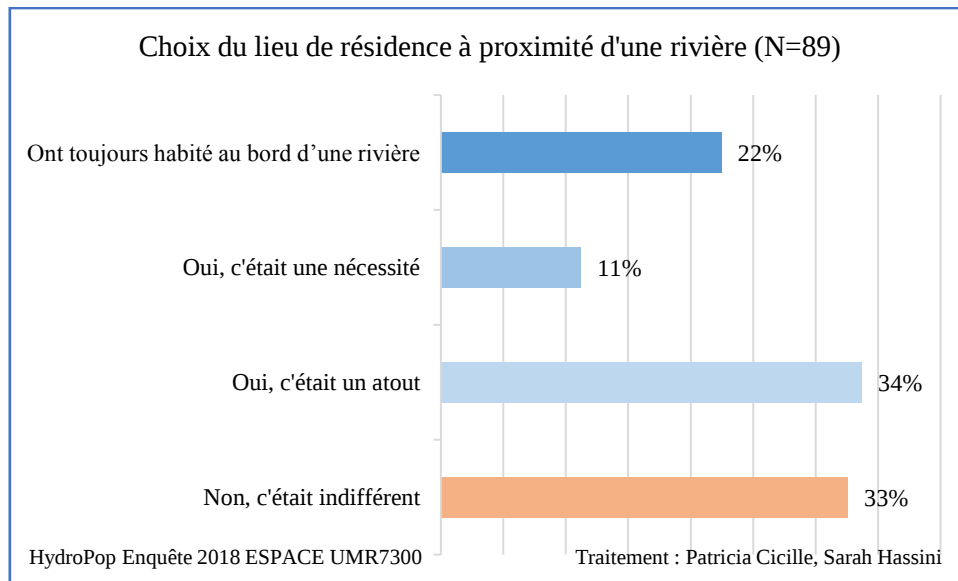


FIGURE 5-23 LE LIEU DE RÉSIDENCE À PROXIMITÉ D'UNE RIVIÈRE
Source : HydroPop Enquête 2017 — ESPACE UMR7300

Dans la suite du document, les textes sont des synthèses de discours ne représentant que les perceptions des individus interviewés, sans ajout de jugement de valeur. Les phrases entre guillemets et en italique sont des exemples de discours tenus par les interviewés.

5.7.1.3 Des rivières indissociables de la vie dans les Cévennes

L'image des rivières cévenoles renvoie à l'espace que ces rivières occupent dans le cadre de vie des populations.

« Ici, sans la rivière on n'est pas grand-chose. »

« La rivière ici, c'est essentiel, plus que l'église. »

« Le village a été construit autour de la rivière, c'était une question économique, on en avait besoin. ».

La rivière offre un environnement riche, mais fragile. Il faut donc des mesures de préservation pour maintenir un écosystème, de la biodiversité avec de la végétation et une faune riche, afin que les touristes puissent avoir une perception d'une rivière en bonne santé avec de l'eau qui coule.

« ... dans le Gardon... il y a une vie naturelle extraordinaire. »

« C'est un équilibre, il faut respecter la vie de la rivière. »

« Depuis que c'est protégé par l'UNESCO, on voit revenir les écrevisses, mais aussi les serpents... »

La préservation de ce cadre de vie, de ce lieu de vie, nécessite des mesures de protection, même si elles sont perçues par certains comme trop strictes, voire mal adaptées à la vie cévenole.

« Le Gardon avant il était beau, il était clair et aujourd'hui la végétation a pris le dessus, la végétation sauvage. »

« On a des belles rivières, mais ils veulent que ce soit sauvage et à la fois touristique. »

Le mot *eau* n'apparaît dans aucune des classes, car il n'est pas discriminant, mais de fait, il occupe une position centrale (Figure 5-24), car le plus fréquent dans les discours.

L'analyse différencie d'emblée, la classe 3 des deux autres qui sont beaucoup plus proches l'une de l'autre.

La classe 3 repose principalement sur les discours des populations résidant de façon permanente dans les Cévennes et de quelques pêcheurs. Elle renvoie à leur cadre de vie autour des rivières, sans oublier les épisodes cévenols (cités uniquement par deux résidents et deux pêcheurs).

La classe 2 est plus spécifique des discours des touristes. Elle est déterminée par les problèmes liés aux crues et au débit des rivières.

La classe 1 s'appuie sur les discours de résidents secondaires et de pêcheurs. Les références au temps, à la sécheresse de l'année dernière (2017), mais également à la pollution en sont les principaux déterminants.

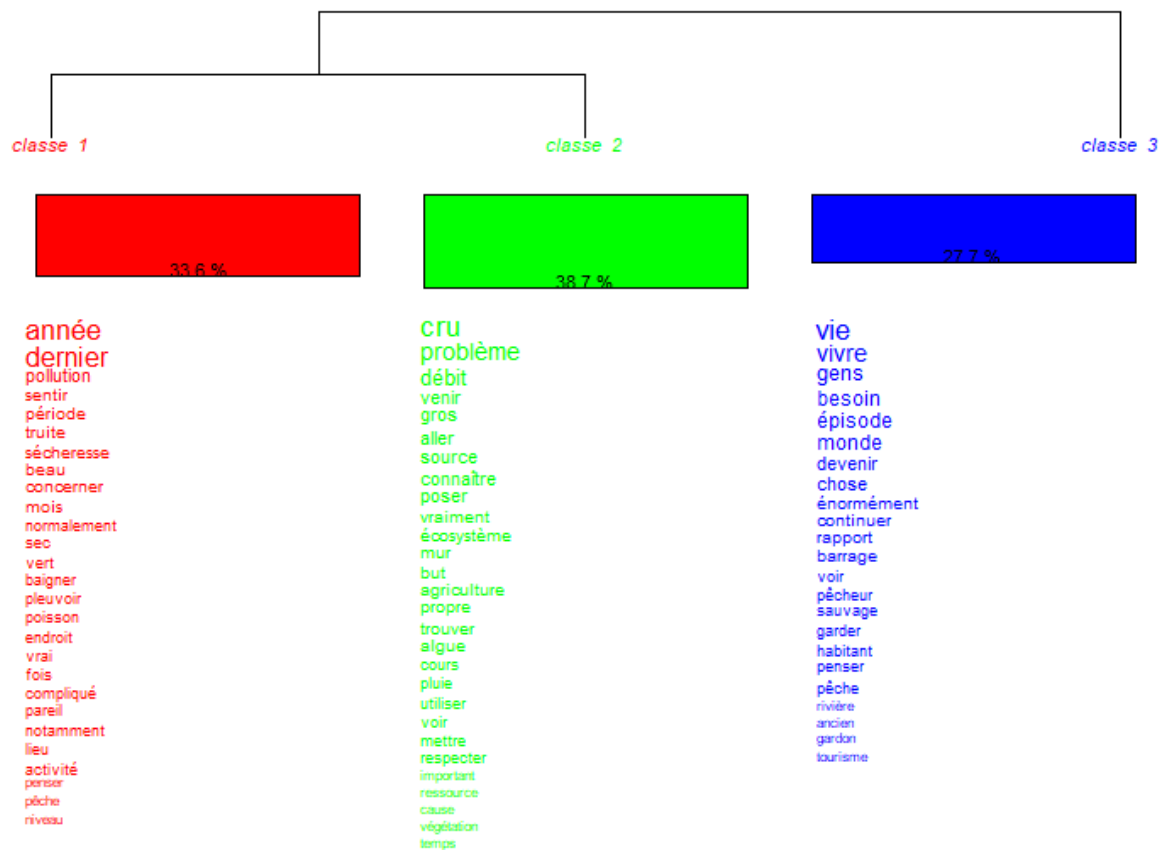


FIGURE 5-25 ARBRE D'UNE CHD À PARTIR DU CORPUS DES DISCOURS DES ENTRETIENS RÉALISÉS EN 2018

Source : HydroPop Enquête 2018 — Entretiens : Sarah Haassini — Traitement : Patricia Cicille avec Iramuteq ©

5.7.2.2 Analyse thématique

Une très large majorité (89 %) se sent concernée par la ressource en eau, non seulement dans la région, mais également en général. L'eau est perçue comme indispensable à la vie et donc comme une ressource essentielle.

« *L'eau c'est la vie.* »

« *S'il n'y avait pas d'eau, on ne serait pas là.* »

« On ne peut pas vivre sans eau. »

« L'eau j'y tiens, c'est ce qui va nous permettre de continuer à vivre. »

« S'il n'y a pas d'eau, il n'y a pas de vie. »

L'eau est une ressource primordiale qu'il faut respecter et préserver pour protéger la planète dans sa globalité.

« L'eau est très importante, c'est une ressource primordiale. »

« L'eau est une richesse. »

« C'est une ressource rare, qu'il faut respecter. »

Ce sont les rivières, les ruisseaux et les sources qui donnent la ressource en eau. L'importance des sources est mentionnée par une dizaine d'interviewés, notamment par les résidents secondaires qui ont choisi leur maison en fonction d'une source, voire de plusieurs, sur leur terrain, même si certains les voient tarir l'été.

« Les fontaines aussi sont importantes, c'est une eau de source. »

« La vallée Borgne, on l'appelle la vallée des sources quand même. »

« Je ne suis pas trop concernée par la sécheresse actuellement, j'ai une source qui fonctionne toute l'année. »

« On a des sources qui tarissent d'année en année. »

5.7.3 Quatre thématiques liées à la ressource en eau

L'analyse thématique permet de mettre en évidence quatre grands domaines qui apparaissent dans des discours : la sécheresse, la qualité de l'eau, la valorisation des cours d'eau et la gestion de l'eau.

5.7.3.1 La sécheresse

La sécheresse est perçue par le manque d'eau du fait de faibles débits, de l'eau qui ne circule pas assez.

« Quand on va voir la rivière, on se dit qu'il y a besoin d'eau. »

« Si l'eau est basse, tout le monde remarque qu'il y a besoin d'eau. »

« Il n'y a pas assez d'eau, pas assez de courant, l'eau ne circule pas. »

Mais ce manque d'eau est également souvent relativisé, car il y a quand même toujours de l'eau. Les rivières sont rarement complètement à sec, car les Gardons sont alimentés par des ruisseaux où l'eau n'arrête que rarement de couler. Et même s'il y a peu d'eau, les réserves, souterraines notamment, existent.

« On n'a jamais de souci, il y a toujours de l'eau. »

« Il y a beaucoup d'eau dans les nappes, dans les rivières il y en a très peu maintenant. »

Ce manque d'eau relatif est quasi systématiquement opposé au trop d'eau, aux crues provoquant dégâts et inondations, à l'eau qui monte très vite. Les crues apparaissent plus compliquées à gérer que la sécheresse. Elles renvoient également à la peur d'être personnellement touché par la montée brutale des eaux.

« Enfin, c'est dur parfois l'été, mais c'est quand même plus les crues... Quand ça monte, ça me fout la trouille. »

« C'est très dangereux, l'eau peut monter de 2 mètres en 30 secondes. »

« La sécheresse me fait peur, mais les crues aussi. »

« Je suis installée ici, au bord du Gardon. La proximité de la rivière, c'était presque un inconvénient avec les crues. »

Les références au climat, notamment à la saisonnalité des pluies et aux épisodes cévenols, sont nombreuses. Le facteur climatique apparaît comme l'élément essentiel par rapport à la sécheresse et aux crues. Même en étant informés des phénomènes climatiques, les hommes ne peuvent que les subir.

« La rivière change en fonction des saisons. »

« L'été, il y a toujours moins d'eau, c'est logique, sauf quand il y a des orages. »

« Mais la sécheresse ou la pluie, quoi qu'il en soit, on ne peut rien y faire. »

« C'est le temps aussi qui fait le débit des eaux. Au printemps on a eu énormément d'eau, donc le Gardon va bien. »

5.7.3.2 La qualité de l'eau

La qualité de l'eau est le sujet important, surtout pour les habitants. L'opposition rivière « propre », rivière « sale » est souvent liée au débit, une eau qui circule par rapport à une eau qui stagne.

S'il y a plus d'eau, il y a moins de risque de pollution et donc la qualité de l'eau sera meilleure. Si une eau limpide peut cacher une pollution invisible, les algues et la vase qui apparaissent avec la chaleur, sont une pollution visible, gage de mauvaise qualité de l'eau.

« La qualité de l'eau, c'est important. »

« La qualité de l'eau aujourd'hui, ce n'est pas terrible. »

« Les algues notamment, c'est synonyme d'une rivière sale. »

« On voit si c'est sale, s'il y a de la vase. Au niveau de la propreté, de la qualité, quand il fait trop chaud on a moins d'eau, donc elle est plus vaseuse parfois. »

L'eau est parfois perçue comme polluée par différents éléments extérieurs à la rivière : hydrocarbures, arsenic, métaux lourds, pesticides... L'eau qui est rendue à la rivière est perçue comme polluée, renvoyant aux problèmes des stations d'épuration. Certains touristes sont une source de dégradation des bords de rivière en y laissant leurs déchets, alors que les autochtones sont plus sensibilisés.

« L'eau, elle est polluée ! »

« Il y a des gens qui mettent des pesticides, des produits et pendant les grandes crues ça mousse. »

« Il n'y a pas d'eau saine qui revient, toute l'eau utilisée est polluée. »

« Les touristes viennent pique-niquer et laissent des déchets, ils n'ont pas encore ce geste de tout ramasser et tout mettre à la déchetterie. »

5.7.3.3 La valorisation des cours d'eau

Le tourisme, indispensable à l'économie des Cévennes, est très lié à l'environnement et tout spécialement à l'eau. Les vallées cévenoles sont touristiques. Même si beaucoup de gens viennent pour la baignade, les randonnées à pied et à cheval, sont autant d'activités touristiques basées sur ce qu'offre à voir la nature au bord de l'eau. La pêche est l'autre activité phare des Cévennes, avec des rivières poissonneuses, notamment de première catégorie, gage d'un milieu aquatique sain. La valorisation des cours d'eau est indispensable à la vie économique des Cévennes.

« La vallée est touristique, les gens viennent pour la baignade. »

« Ça a un rapport direct avec l'économie, le tourisme. »

« Pour le tourisme, c'est important qu'il y ait de l'eau, qu'elle soit propre. »

« Le but c'est de sauvegarder les rivières, il faut qu'elles soient propres. »

L'idée d'une mise en valeur touristique indispensable à l'économie passe par la valorisation et la gestion de l'environnement. Si le Parc national des Cévennes est basé sur un patrimoine façonné par les hommes, la patrimonialisation de l'UNESCO d'une partie du territoire des Cévennes vise plus la conservation d'un environnement « naturel ». La protection du milieu aquatique a notamment eu comme effet d'accroître le nombre d'animaux vivant dans l'eau ou à proximité des bords, ce qui dissuade certains de se baigner. Il faut trouver le bon équilibre.

« ... il y a une vie naturelle extraordinaire. On ne profite pas assez de cette richesse pour faire un tourisme plus éveillé par rapport à la vie de la rivière... »

« Les touristes ne viennent pas s'il n'y a pas d'eau. »

« Une rivière riche en poissons va attirer des pêcheurs. »

« Avant on s'y baignait, mais depuis qu'elle est tellement propre, il y a beaucoup plus d'animaux. »

5.7.3.4 La gestion de l'eau

La gestion de l'eau et de ses usages paraît indispensable. La référence aux économies d'eau qu'il faut faire, à commencer par sa propre consommation, est aussi fréquente que celle aux restrictions décrétées légalement.

« Je récupère l'eau de pluie, s'il n'y a plus d'eau à partir du 15 juillet les plantes crèvent, ce n'est pas grave. »

« On fait attention à l'eau, on ne jette pas l'eau, on ne la gaspille pas. »

« Je fais attention de mettre des plantes qu'il ne faut pas trop arroser, des paillages, enfin je fais attention à l'eau. »

« Moi je mets du goutte-à-goutte parce que ça consomme moins, mais bon... »

« On est concerné par la ressource en eau parce qu'on a les restrictions pour la piscine, la plupart des étés. »

« On n'a plus le droit d'arroser à partir d'un certain moment. »

« Cette année ça va, mais ils vont bientôt nous dire qu'on ne doit plus utiliser d'eau, moi j'arrose mon jardin tous les jours, j'ai environ 5 000 m², c'est comme ça. »

« Ils ont mis en limite d'ailleurs là, pour l'arrosage, j'ai vu à la télé. »

Le manque d'entretien est perçu, notamment par les pêcheurs, comme une des causes de dégradation des cours d'eau et surtout des dégâts occasionnés par les crues. L'interdiction d'intervenir pour nettoyer les rivières est ressentie comme une entrave à la sauvegarde des rivières. L'entretien des fonds de rivière (sable) et des bords (végétation) est nécessaire pour obtenir des rivières en bon état, pour qu'elles vivent et soient « propres ». Si la (non) gestion du sable est un facteur déterminant, l'impact des barrages est également souligné dans les processus d'ensablement.

« Avant au bord des rivières, il y avait du sable qui tenait l'eau, aujourd'hui plus, donc ça ne protège pas des crues. »

« Le problème important c'est le sable, il faudrait un peu nettoyer à certains endroits, mais à cause de l'environnement, de certains reptiles, on n'a pas le droit de l'enlever. »

« Le sable, par exemple, je trouve ça scandaleux qu'on n'ait pas le droit de l'enlever. Tous les anciens disent que ça servait d'enlever le sable, à tout. Maintenant on dit qu'on ne doit pas y toucher parce qu'il y a une petite bête dedans, et nous on a un béal ensablé, engorgé, et on n'a pas le droit d'y toucher. »

« Je me suis battu contre le barrage de la Borie. Je pense qu'il faut plutôt libérer les lits, éviter d'avoir des constructions dans les lits plutôt que d'avoir des barrages écrêteurs. »

Les politiques et la gestion publique de l'eau sont sous-jacentes à plusieurs discours, mais rarement nommées en tant que telles, sauf par les pêcheurs s'occupant d'une AAPPMA locale.

« Il faudrait que les rivières soient nettoyées, mais ça, ils l'ont interdit, maintenant elles ne sont pas bien accessibles, pas bien nettoyées. »

5.7.4 Une temporalité omniprésente

La construction historique des perceptions est visible dans la quasi-totalité des discours, avec de nombreux éléments évoquant une temporalité longue ou courte : avant, maintenant ; cette année, l'année dernière ; les anciens, les gens aujourd'hui...

La sécheresse est plus ou moins marquée selon les années. La référence à 2017, année sèche, est très fréquente et souvent en comparaison de 2018 où le printemps a été très pluvieux.

« L'année dernière, il n'y avait pas d'eau. »

« L'an passé, c'était vraiment la sécheresse. Le Gardon était vraiment bas, même les nappes phréatiques ».

« J'ai dit à mes enfants l'an dernier : si vous voulez vous baigner, il faudra amener votre eau ! »

« Autant l'année dernière était exceptionnelle en sécheresse, autant cette année est exceptionnelle en niveau d'eau. »

« Ces dernières années, on a eu un grand pic sécheresse, mais cette année on a pratiquement trop d'eau. »

Les références dans le temps sont parfois beaucoup plus longues, remontant parfois sur plusieurs générations.

« Ça fait 22 ans que je viens ici, en juillet je n'ai jamais vu autant d'eau à l'Estréchure, avec un débit royal. »

« Ça fait 40 ans que j'habite le village, j'ai vu disparaître énormément de faïsses. Déjà il n'y a plus l'entretien qui était fait par les anciens. »

« Il y a 60 ans en arrière, on ne pensait pas qu'un cours d'eau c'était vivant, que ça avait besoin d'espace, qu'il fallait le respecter. »

« ... il faut bien savoir que tout le monde dit qu'il y a beaucoup moins d'eau, mais de l'eau il y en a autant qu'il y a 50 ans ou 100 ans. Seulement, il y a 50 ans, on était beaucoup moins nombreux... »

« Est-ce que c'est une zone, où l'on voit que depuis 100 ans il y a moins d'eau ? »

5.8 Réception de la démarche par les populations

5.8.1 *L'intérêt pour le programme HydroPop*

Après avoir eu en mains la plaquette d'information sur le programme HydroPop, plus d'un tiers en 2017 et la quasi-totalité en 2018 ont montré de l'intérêt pour l'étude menée.

« Ma foi, Hydropop, c'est bien ! »

« C'est une bonne idée de faire ça. »

« Oui ça ne peut pas nuire de toute manière. »

« Oui, je pense que ça a toujours un intérêt. »

« La démarche est pas mal. Du moment qu'il y a des gens qui veulent s'occuper du niveau de l'eau, je suis toujours favorable. »

Mais quelques personnes sont franchement septiques, voire défavorables.

« Je ne vois pas l'intérêt, je trouve que c'est du pipeau. »

« On n'a pas besoin des intellos pour nous dire qu'il faut faire attention à l'eau. Quand certaines catégories de gens se mêlent de ça, on a plus peur des cagades. Les gens qui savent mieux que nous... »

« On se méfie des plans de gens dans un bureau. »

« Je pense qu'on dépense beaucoup d'argent pour pas grand-chose. »

5.8.2 *Des perceptions diverses de l'objectif*

L'objectif est perçu différemment selon les personnes et leur rapport à la rivière et à l'eau. Le principal intérêt du programme réside dans le fait d'informer les gens et de les sensibiliser pour leur faire prendre conscience qu'il existe un problème, notamment celui du partage de la ressource en eau.

5.8.2.1 *Informé pour sensibiliser*

« C'est important de sensibiliser les gens à l'eau. Il faut les conscientiser. Si on veut que les personnes soient concernées, il faut les avertir qu'il y a un problème. »

« Ce n'est jamais inutile pour que les gens prennent conscience des choses. »

« Si on veut que les personnes soient concernées, il faut les avertir qu'il y a un problème. Qu'ils prennent conscience un peu les gens, l'eau il faut la respecter. »

« Peut-être qu'il y a un intérêt parce qu'il faut que les gens soient intéressés à ce problème-là, puisque l'eau devient de plus en plus rare, de plus en plus de monde l'utilise. »

« Ça ferait peut-être réfléchir les gens, une prise de conscience. »

« C'est bien ce que vous faites parce que ça va dans le sens de l'intérêt de l'humanité. Vu la situation, on sera obligé d'avoir une conscience collective, de ne plus s'amuser avec l'eau. Il faut la partager, l'économiser. »

5.8.2.2 *Informé pour changer les comportements*

« Ça permet de diffuser l'info, et plus les gens connaîtront, plus ils feront attention. Si ça peut intéresser des gens à l'économie d'eau dans la région, c'est bien. Peut-être pour inciter les gens à moins dépenser d'eau. »

« D'ailleurs, c'est bien d'en parler, parce qu'il faut être attentif aux pompages illégaux. »

« Oui je pense que ça a toujours un intérêt. Ils jetteront moins de détritits dans la rivière parce qu'ils comprendront qu'il y a une vie. »

5.8.2.3 Informer pour sauvegarder

« Il faut travailler sur la ressource en eau, sur les plantations pour mettre des arbres qui en rejettent moins dans l'atmosphère que les beaux chênes à feuille caduque qui pompe 200 litres d'eau par jour. »

« Il y a un intérêt surtout dans le coin avec toutes les activités sportives et ludiques, c'est important de savoir sauvegarder... Oui, pour sauvegarder, pour surveiller si les touristes la polluent bien. »

« Oui, pour l'assainissement de l'eau, pour que les eaux restent bien propres l'été, que les gens respectent un peu. »

« De toute façon oui, ça permet de mieux connaître le milieu, la ressource. C'est toujours une première base pour faire des actions après. »

5.8.2.4 Des savoirs vernaculaires suffisants

La plupart des personnes disposent généralement d'une bonne connaissance de l'espace cours d'eau dont ils sont riverains, même si c'est parfois dans des contextes parfois différents de ceux de la construction scientifique. Certains ne voient pas bien ce qu'une telle étude peut apprendre aux populations résidentes qui connaissent bien déjà les problèmes liés à la sécheresse, au manque d'eau.

« Les gens ici savent. »

« ... mais on n'en a pas vraiment besoin, on le sait. »

« C'est toujours important, d'étudier ou comprendre comment ça fonctionne, mais les gens qui habitent au bord de la rivière sont très conscients. »

« On sait que l'eau est un facteur de vie, qu'il faut l'économiser, qu'il faut faire attention, que la pollution de l'eau est une catastrophe. Ici on est sensibilisé à ça. »

« C'est une ressource rare, qu'il faut respecter. Les gens ne s'en rendent pas toujours compte, même si je pense que les habitants de la région si. »

5.8.3 De l'utilité des données recueillies

Sans vraiment remettre en cause le programme et la nécessité d'une bonne connaissance de la ressource en eau, plusieurs personnes se posent des questions sur l'utilisation qui pourrait être faite des données recueillies par les mesures.

« Du moment que ça apporte des infos et des paramètres. Après il faut arriver à les utiliser. Il faut avoir une base de données pour les utiliser, sur le temps. »

« Oui, après pour en faire quoi ? Quelles répercussions réelles ça peut avoir ? Ça a toujours un intérêt, après il faut savoir à quoi servent les statistiques. »

« Oui, mais il faut un retour avec les années. Après, il faut voir l'évolution dans les prochaines années. Il faudrait un retour d'années suffisamment important pour ne pas avoir une série de données qui date de 3 ou 10 ans seulement dans une période de sécheresse ou l'inverse. Ce qui m'inquiète, c'est de faire d'une courte fréquence une généralité de ce que peut être la rivière. »

Le choix des Cévennes comme lieu d'étude est également évoqué par quelques-uns.

« Je ne suis pas sûre que ça change ma vie, mais c'est toujours bien d'avoir la démarche de mieux connaître la région. »

« Pour une région comme ici, oui, je pense. »

« Je pense qu'on est tous concernés, même les régions qui ne manquent pas d'eau... »

5.9 L'intérêt pour la démarche

« Je pense qu'il y a un intérêt, mais l'approche "publique", au premier abord, je n'ai pas eu l'accroche. »

5.9.1 Les échelles Gravisec, un outil performant à améliorer

Les échelles Gravisec sont un des outils mis en place dans le cadre du programme HydroPop pour diffuser l'information hydrologique.

Près d'une quarantaine de personnes ont vu une des échelles Gravisec mises en place durant l'été 2017, mais seulement une dizaine déclare comprendre son utilité.

En 2018, seules cinq personnes ont vu une des quatre échelles, mais elles ont été installées plus tardivement qu'en 2017, voire seulement en août à Saint-Jean-du-Gard, lieu le plus fréquenté où 43 personnes ont été interviewées. (Les entretiens ayant été réalisés entre le 16 juillet et le 17 août).

« Oui je la regarde régulièrement. On est en bas du jaune, comme presque tous les étés. »

« Ah oui, je l'ai vue, je me suis demandé ce que c'était. Je n'ai pas bien regardé... »

« Oui, j'ai vu l'échelle. Tout en haut, c'est très bien, et en bas c'est mauvais, et on était au milieu, en position jaune. J'ai pris une doc. »

« Si la météo (orage à Saint-Jean-du-Gard) ne nous (elle et sa fille) avait obligé à rester statiques, je n'aurais pas forcément regardé, je ne me serais pas arrêté. C'est bien d'avoir ces renseignements, hier ça m'a intéressé puisque j'ai pris la documentation. »

Le flyer, remis à chaque interviewé, a néanmoins permis de recueillir des éléments sur la perception de l'échelle auprès des personnes qui ne l'avaient pas vue.

5.9.1.1 L'utilité de l'échelle

L'échelle est bien comprise comme un outil pour informer les populations, même si certaines personnes rencontrées ne se sentent pas particulièrement visées : ce sont les autres qu'il faut informer...

« Enfin il faut que les gens regardent, mais ça ne peut pas faire de mal. »

« Je trouve ça bien d'informer les gens là-dessus. »

« Oui, c'est bien que les gens connaissent le niveau d'eau. »

« Je comprends son intérêt, même si je reçois des infos similaires par l'intermédiaire de la chambre d'agriculture qui nous envoie ces infos par mail. » (un des deux agriculteurs interviewés)

Les objectifs de l'information sont perçus différemment selon l'utilité que peut lui trouver la personne.

« Ça permet de voir les variations de débit de mois en mois et les périodes de sécheresse, d'être plus vigilant à la consommation. »

« Pour une région comme ici, oui, si c'est pour apprendre à mieux gérer l'eau, voir quelles quantités on peut avoir, parce qu'on dit tout le temps que l'été c'est la sécheresse, mais si ça se trouve, peut-être pas. »

« Ça permet de voir oui, à un certain niveau, il faut interdire la pêche, c'est bien pour nous de savoir. »

« C'est pas mal, si on a une carte à côté et cette information, on va aller là où il y a le plus d'eau. »

« Il y a un intérêt quand même, dans les Cévennes, on aura de plus en plus besoin d'eau. Avec tout ce qui nous pend au nez, le réchauffement... Mais je pense que la zone des Cévennes n'est pas la zone la plus touchée. Mais vous envisagez quoi pour un meilleur partage de la ressource ? »

5.9.1.2 La clarté de l'échelle

La visualisation par couleur que propose l'échelle est très bien perçue par toutes les personnes interrogées. Les textes explicatifs sur l'état hydrologique de la rivière, en marge des 4 couleurs, sont perçus comme nécessaires pour comprendre l'information.

« Oui, suivant la couleur, on sait. »

« Ce sont les mêmes couleurs que partout, oui c'est clair. »

« Le niveau, c'est la gravité de la sécheresse. C'est bien compréhensible, ça permet de savoir où on en est, les couleurs sont claires. »

« Oui, c'est clair, avec les couleurs je trouve ça bien. Rouge on voit quand c'est dangereux, vert ça rappelle la nature, c'est bien, c'est logique. »

« C'est bien avec les couleurs. Dans le rouge, ça devient catastrophique. L'échelle permet de connaître les niveaux d'eau, c'est clair et important. »

« S'il y a juste marqué débit suffisant, débit faible, ce n'est pas trop clair, mais avec les indications à côté c'est clair. »

Des améliorations ont même été proposées. Plusieurs personnes ont remarqué que le niveau 1 ne renvoie pas à un état hydrologique de la rivière. La traduction en plusieurs langues a également été mentionnée.

« Mais économies d'eau ça donne une restriction et ensuite non. Ça m'a marqué quand j'ai lu, qu'il y a un conseil sur la gestion de l'eau alors que pour le reste, c'est juste sur la faune et flore. »

« Oui, elle est claire, mais ce serait bien de traduire en plusieurs langues également. Il faudrait la mettre en hollandais. »

5.9.1.3 L'emplacement de l'échelle

Les lieux d'installation des échelles devraient être au plus près des gens qui ont besoin de prendre conscience qu'il faut respecter la rivière, comme les lieux de baignade.

« Il faudrait réussir à la faire mettre sur un panneau près des endroits où les gens vont à la rivière, pour qu'ils fassent attention à ne pas déranger la faune ou ne pas faire des petits barrages. »

« À une certaine période, l'échelle affiche jaune par exemple ? C'est affiché où ? Il ne faudrait pas la mettre au bord des cours d'eau justement ? Aux endroits de baignade des gens. »

5.9.2 La plateforme collaborative

Beaucoup de personnes trouvent la démarche participative intéressante, comprennent ce qu'il faudrait faire et promettent d'aller voir le site. En fait, seule une dizaine a proposé de participer, la plupart ne pensent pas le faire, parce que, soit ils n'utilisent pas Internet, soit ils se trouvent trop vieux pour le faire, soit ils pensent ne pas en avoir le temps ou simplement ne pas se rendre assez régulièrement à la rivière.

« C'est carrément cool comme démarche, qu'on participe à l'observation. »

« Si on va dans la Salendrinque, on prend une photo et on l'envoie sur le site, on pourrait le faire. Oui, pourquoi pas, on ira voir le site. »

« Oui je pense que j'irai voir la plateforme. Je suis sensible à l'idée, je vais aller voir, mais je ne peux pas promettre de participer. »

« Oui. Les enfants aiment bien jouer aux ingénieurs chercheurs. Les gamins le font naturellement quand ils vont à la rivière, ils remarquent s'il y a plus ou moins d'eau, donc ça peut être intéressant pour eux. »

« De faire ce type-là de démarche, prendre des photos ? Non. Aller sur la plateforme, oui pour voir l'évolution. »

« On ne se sert pas d'Internet. À mon âge, déjà Internet je n'y connais rien et je ne vais pas aller aux rivières souvent comme je vous disais. Mais pour voir les évolutions, il faut y aller souvent. Ce ne serait pas assez fréquent, ce ne serait pas utile. »

Certains ont souligné que cela nécessitait d'avoir un téléphone et un accès Internet.

« On ne prend pas le portable quand on va à la rivière. »

« L'application garde en mémoire sans condition ? Parce qu'à certains endroits il n'y a pas Internet. Le principal problème est d'avoir une connexion Internet. »

« Je n'irai pas forcément sur le site Internet, mais s'il y avait une petite appli... Je pense que ce serait plus efficace. Au moins, l'application est tout de suite sur le téléphone. »

5.9.3 Les pêcheurs, déjà des observateurs

Les pêcheurs observent déjà, mais sont enclins à participer régulièrement, notamment les présidents d'AAPPMA locales, même si leur moyen de communication préféré reste le téléphone ou le mail.

« Nous en tant que pêcheurs on le fait déjà, mais si d'autres habitants s'y intéressent, on est d'accord évidemment, il le faut. »

« J'observe déjà ça souvent, et avec la fédération on a déjà toutes les informations, mais j'irai peut-être voir la plateforme. »

« S'il y a des relevés à faire je suis capable de le faire, d'envoyer par mail ou par téléphone. »

« J'en parlerai, je vais voir, mais à la fédé on a déjà les informations qu'il nous faut. Après vous renseigner, c'est possible, je regarderai la plateforme. »

6 Plateforme cartographique et participative (PAA - SS)

Dans le cadre du projet de recherche HydroPop et avec l'objectif de proposer une démarche participative, une plateforme cartographique a été développée en 2017 (Pottier B., 2017 ; Ayral P-A. *et al.*, 2018, Ayral P-A. *et al.*, 2019). Cette section est consacrée à la présentation de la démarche participative, de la plateforme cartographique et des premiers résultats obtenus durant l'été 2018 (Mvoula-Ntsoumou S., 2018 ; Ayral P-A. *et al.*, 2018, Ayral P-A. *et al.*, 2019).

6.1 Rappel des objectifs du volet participatif

Le programme de recherche HydroPop s'intéresse aux basses eaux au travers de 3 actions principales qui vont (1) du suivi à la connaissance du phénomène grâce notamment au suivi et à la diffusion hebdomadaire des débits journaliers de 10 stations hydrométriques aux décideurs et plus généralement à la population (cf. Chapitres 3 et 4), (2) à l'analyse des perceptions des basses eaux par la population et les acteurs locaux de la gestion de l'eau au travers d'une enquête dédiée (cf. Chapitre 5). Le lien entre ces 2 volets est assuré par la troisième action dont l'objectif est de mettre en œuvre une démarche participative auprès de la population sur cette thématique des basses eaux. Cette dernière action est décrite dans ce chapitre.

Le terme « *citizen science* » a émergé simultanément dans les années 1990 aux États-Unis (pour désigner les bénévoles qui collectent des données pour soutenir la recherche ornithologique) et au Royaume-Uni (qui désigne ici l'intégration du citoyen dans les projets scientifiques). Si des initiatives de standardisation méthodologique ont émergé, des différences persistent en particulier sur la méthode et le degré d'implication des citoyens (Haklay M., 2015). Les sciences participatives recouvrent ainsi une multitude de domaines d'activités avec des niveaux d'implication de la population pouvant être très différents. Le tableau suivant synthétise une typologie proposée par Haklay M. (2015) basée sur le niveau d'implication citoyenne.

Niveau de participation	Terme associé	Rôle des citoyens
Niveau 1	<i>Crowdsourcing</i>	Les citoyens contribuent comme capteurs de données (<i>sensors</i>)
Niveau 2	Intelligence distribuée	Les citoyens contribuent à l'interprétation des données
Niveau 3	Science participative	Les citoyens contribuent à la définition du problème et à la collecte des données
Niveau 4	Collaboration complète	La recherche est collaborative dans les différentes phases (définition des problèmes, collecte des données, analyse)

TABLEAU 1 — TYPOLOGIE DES SCIENCES CITOYENNES (D'APRÈS HAKLAY M., 2015 IN HOULLIER F. & MERILHOU-GOUDARD J-B., 2016)

L'objectif de la démarche participative du projet HydroPop est ici double. Il s'agit tout d'abord de solliciter la population dans cette action de recherche avec pour objectif de la sensibiliser à la problématique de la sécheresse. Ceci afin qu'elle puisse être actrice de sa gestion en suivant la progression du phénomène et en adoptant d'elle-même des comportements vertueux pour la préserver (limiter l'arrosage, limiter la consommation en eau pour des activités telles que le lavage des

véhicules, le remplissage des piscines...). Le second objectif est de tester différentes configurations de démarches participatives, de montrer ce qui fonctionne, ce qui fonctionne moins bien et d'entrevoir comment l'implication du citoyen dans une démarche de recherche peut améliorer la connaissance du phénomène étudié : les basses eaux dans les cours d'eau cévenols. Répondre ou envisager la réponse à ces 2 objectifs nécessitait de tester différents niveaux de participation tels que ceux indiqués sur le tableau ci-dessus.

6.2 Méthodologie

La méthodologie a été construite pour la problématique de l'observation des basses eaux avec l'objectif de recueillir la participation de la population au travers d'une plateforme cartographique Web. Il s'agissait donc pour se faire d'organiser la participation, de la susciter par divers moyens et enfin de développer un outil cartographique capable de recueillir, afficher et gérer le flux de données issues de la population, mais également des scientifiques s'intéressant à cette problématique sur le territoire.

6.2.1 Organiser la participation

Pour organiser la participation, il a été nécessaire de répondre à une série de questions sur la thématique des basses eaux pour savoir (1) Quoi observer ? (2) Où observer ? (3) Avec quelle périodicité ? Et enfin (4) qui est en capacité d'observer au travers de sa pratique de la rivière (baignade, promeneurs...) ?

Il y a une large gamme d'observations à faire en bordure d'un cours d'eau en période de basses eaux. Trois catégories d'informations peuvent être attendues. Il est possible de faire remonter une valeur quantitative : une hauteur d'eau, une vitesse de courant, une température, ce qui impose de disposer de matériels fixes (au bord de la rivière) ou mobiles (à distribuer). Il est également possible de relever un fait (la présence ou l'absence d'eau, d'algues, de baigneurs, de canoës...) ou une estimation par exemple un pourcentage de recouvrement d'algues ou un taux de fréquentation d'une plage. Enfin, s'adressant à la population il est possible de faire remonter un sentiment/ressenti basé sur la connaissance ou la pratique du milieu : « tout va bien », « je n'ai jamais vu ça », « ça baisse fort depuis une semaine »...

La question de la localisation de l'observation (2) permet de dégager plusieurs possibilités qui vont de l'observation en un point fixe en bordure du cours d'eau (station identifiée), à des observations toujours ponctuelles, mais sans contraintes de localisation, jusqu'à des observations qui portent sur un linéaire de cours d'eau lors d'une sortie de pêche par exemple. Concernant la fréquence, là encore il s'agit d'intégrer différentes possibilités qui vont d'observations à pas de temps contrôlés, jusqu'à des pas de temps libres ou événementiels (tarissement du cours d'eau, apparition d'algues...).

La réponse à la question (4) portant sur « qui », requiert de revenir à l'objectif d'HydroPop qui comprend à la fois l'ambition d'activer le participatif pour sensibiliser la population vis-à-vis de la ressource en eau et l'intégrer au processus de recherche tout en questionnant l'intérêt et la faisabilité des sciences participatives. Il était donc nécessaire d'intégrer plusieurs niveaux de participation des citoyens : des citoyens « capteurs » aux citoyens « acteurs » du processus de recherche (Cf. Tab. 1). Pour ce faire 3 types de volontaire ont été profilés : le volontaire lecteur, le volontaire observateur et le volontaire expert.

Le volontaire lecteur

Il s'agit ici d'une méthodologie de *CrowdHydrology* directement inspirée des travaux de Lowry C. S. & Fienen M. N. (2012) qui ont organisé le relevé de hauteurs d'eau par les citoyens sur

une plateforme cartographique dédiée¹. Une échelle limnimétrique est installée dans un cours d'eau (cf. Fig. 1.6), un panneau explicatif est positionné sur la berge et indique le mode opératoire à effectuer pour faire un relevé ainsi que pour le communiquer (hauteur d'eau + code de la station + heure de la mesure) à l'équipe de recherche soit par SMS, soit directement sur la plateforme cartographique (cf. Fig. 2.6).



FIGURE 1.6 : ÉCHELLE LIMNIMÉTRIQUE SUR LES BASTIDES (CRÉDIT PHOTO : J-F DIDON-LESCOT)

¹ <http://www.crowdhydrology.com/>. Consulté en janvier 2019



HydroPop, un programme de recherche pour vous et avec vous sur la ressource en eau !

Comment nous aider ? Faire une mesure de hauteur d'eau sur l'échelle limnimétrique et nous la transmettre

4 étapes pour faire la mesure :

- 1- Se positionner « au mieux » : en face de l'échelle avec le regard au plus proche du niveau d'eau
- 2- Repérer la hauteur de l'échelle en mètre (**ici 1 m**)
- 3- Repérer la dizaine de centimètres au dessus du niveau de l'eau (**ici 60 cm**)
- 4- Lire au centimètre près (le rectangle noir mesure 1 cm) – **ici 4 cm** – **La hauteur d'eau est donc 0,54 m**
N'hésitez pas à estimer la hauteur avec plus de précisions (au mm) si les conditions sont bonnes !



60 cm

Hauteur d'eau

La station de Bastide (Code station BAS)

Nous envoyer :
le code station (BAS),
la date et l'heure,
la hauteur lue à l'échelle



Soyez prudent lors de vos observations, vérifiez bien que vous êtes en condition de basses eaux (faible vitesse et faible hauteur d'eau), privilégiez des observations hors d'eau et dans tous les cas soyez vigilant à l'accès du cours d'eau qui peut être difficile (pente, glissant, embroussaillé,..). Ne prenez pas de risque !

Par SMS au 07 79 88 12 40

Sur Internet <http://hydropop.mines-ales.fr> Onglet « Lecteur »

FIGURE 2.6 : MODE D'EMPLOI DES ÉCHELLES LECTEURS. EXEMPLE SUR LES BASTIDES

Les volontaires lecteurs, dans ce cadre, sont des promeneurs, des baigneurs ou autres qui passent à proximité du site équipé et qui vont décider de faire bénévolement la mesure.

Le volontaire observateur

Le volontaire observateur a la possibilité de faire remonter des informations directement sur la plateforme cartographique sans contraintes de lieux, de temps, au gré de sa pratique du bassin versant (randonnée, pêche, baignade...). Un guide méthodologique, sous la forme d'un livret (cf. Fig. 3.6), est téléchargeable sur la plateforme lui permet de prendre connaissance des éléments qui intéressent l'équipe de recherche (algues, assècs, tarissement des sources) et l'observateur a également la possibilité d'ajouter d'autres observations qui lui semblent pertinentes.

Pour aller plus loin !

Si la problématique des basses eaux vous intéresse, si vous habitez à proximité d'un cours d'eau sur le bassin versant des Gardons, si dans le cadre de vos activités (professionnelles ou de loisir) vous êtes amené(e)s à vous trouver très régulièrement à proximité des rivières de ce bassin...

... Contactez nous par mail HydroPop@univ-avignon.fr

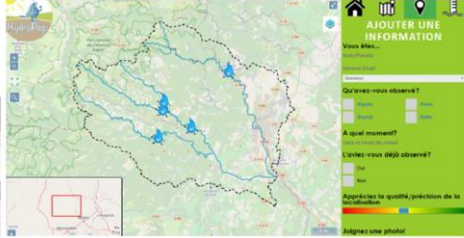
Nous vous contacterons en retour pour vous proposer une collaboration bénévole personnalisée qui pourra prendre la forme d'observations ciblées, localisées, régulièrement ou de gestion d'équipement scientifique.

Cette collaboration sera basée sur du volontariat et mise en œuvre en fonction de votre emploi du temps et de vos centres d'intérêts.



HydroPop, un programme de recherche pour vous et avec vous sur la ressource en eau

Une carte participative pour vous informer tout l'été de la situation des basses eaux sur les Gardons Cèvenols



Aidez-nous à alimenter et mettre à jour la carte

Pour en savoir plus rendez-vous sur : <http://hydropop.mines-ales.fr> ou par mail : hydropop@univ-avignon.fr

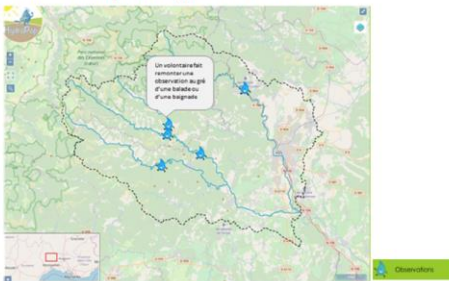
Partenaires



Comment nous aider ?

Pour réussir à produire une carte de l'état de sécheresse du bassin versant, régulièrement mise à jour, nous avons besoin d'informations sur les niveaux d'eau mais également de paramètres complémentaires sur l'absence d'eau au niveau des cours d'eau ou des sources, la présence d'algues,....

Voici les éléments que nous représentons sur la carte :



Faites nous remonter vos observations sur les niveaux d'eau ou des sources, la présence d'algues,....



<http://hydropop.mines-ales.fr>

MERCI ! ET BON ÉTÉ !

Comment transmettre vos observations et alimenter la carte participative ?

Pour relever une observation sur le terrain :

- ⇒ Noter l'heure
- ⇒ Prendre une photo si possible
- ⇒ Bien identifier la localisation géographique de l'observation

Ajouter une information

Pour déposer votre observation sur la plateforme cartographique :

- ⇒ <http://hydropop.mines-ales.fr>
- ⇒ Onglet « Ajouter une information »
- ⇒ Pour localiser votre information il suffit de cliquer sur la carte au bon endroit. Vous pouvez basculer sur le fond de carte satellite si besoin.



Soyez prudent lors de vos observations, vérifiez bien que vous êtes en condition de basses eaux (faible vitesse et faible hauteur d'eau), privilégiez des observations hors d'eau et dans tous les cas soyez vigilant à l'accès du cours d'eau qui peut être difficile (pente, glissant, embroussaillé,...). Ne prenez pas de risque !

FIGURE 3.6 : LIVRET DESTINÉ AUX VOLONTAIRES OBSERVATEURS

Il peut ajouter une photo et géoréférencer ses observations directement sur la plateforme ou depuis son smartphone. Il est incité à participer ensuite au plan média et aux enquêtes menées sur la zone d'étude (Martin Ph. et al. 2017).

Le volontaire expert

Le dernier profil expérimenté dans HydroPop est le volontaire expert. Ce dernier est recruté pour ses compétences (expertise dans le domaine de l'eau par exemple), sa localisation géographique à

proximité d'un cours d'eau ou encore sa motivation. Un protocole expérimental de suivi des basses eaux va être mis en place avec lui, en fonction de ses contraintes, de ses centres d'intérêt et des besoins de l'équipe de recherche. L'objectif est de constituer *in fine* un groupe d'une dizaine d'experts. Concernant le protocole, et contrairement aux autres profils, il s'agit ici de fixer la périodicité et le type de mesure pour s'assurer de l'obtention de données de qualité. Il peut s'agir d'un relevé journalier de hauteur d'eau, de la prise de photographie sur un point identifié, etc. Du matériel de mesure peut ainsi être prêté à l'expert et l'équipe de recherche reste en appui et à l'écoute durant toute la période d'observation. La donnée produite est téléchargée sur la plateforme cartographique soit par l'expert, soit par l'équipe de recherche.

6.2.2 Susciter la participation

Pour susciter la participation il est tout d'abord nécessaire d'être clairement identifiable sur le terrain d'où la création d'un logo, de teeshirts et de casquettes qui permettent d'être facilement reconnaissables (cf. Fig. 4.6). Ainsi, tous les membres de l'équipe de recherche en charge des relevés hydrologiques sur les stations d'étiage ou des enquêtes de terrain sont facilement reconnaissables et peuvent plus aisément promouvoir, faire connaître le projet et l'existence de la plateforme cartographique.



FIGURE 4.6 : SUSCITER LA PARTICIPATION (CRÉDIT PHOTO : J-F DIDON-LESCOT)

En parallèle, une émission radio hebdomadaire pour rendre compte de l'état de sécheresse et plusieurs conférences sont réalisées durant l'été dans plusieurs communes du bassin versant étudié, complété par la distribution de flyers par les enquêteurs (10 000 durant les étés 2017 et 2018).

6.2.3 Recueillir la participation

Pour le développement de la plateforme, et dans le contexte d'un projet de recherche expérimental, le choix a été fait de s'orienter vers des outils libres (Pottier, 2017). Ainsi, les logiciels PostgreSQL/postGIS ont été utilisés pour le système de gestion de base de données, Geoserver pour le serveur cartographique, Apache comme serveur Web et OpenLayers pour le client cartographique. La

plateforme cartographique a été développée avec les langages suivants : HTML (*HyperText MarkupLanguage*)/CSS (*Cascading Style Sheets*: feuille de style en cascade), *JavaScript* et PHP (*HypertextPreprocessor*). Pour un souci d'efficacité, cette plateforme a été adaptée pour être consultée facilement à partir d'une tablette ou d'un smartphone (Mvoula-Ntsoumou, 2018).



FIGURE 5.6 : PAGE D'ACCUEIL DE LA PLATEFORME CARTOGRAPHIQUE EN LIGNE. À NOTER LA POSSIBILITÉ DE TÉLÉCHARGER LE GUIDE D'UTILISATION ET LA POSSIBILITÉ DE CONSULTER LE SITE EN FRANÇAIS ET EN ANGLAIS.

La plateforme cartographique (<https://hydropop.mines-ales.fr/>) permet donc d'informer sur le projet, de présenter les différentes manières de contribuer avec la possibilité de télécharger des guides spécifiques (cf. Fig. 5.6, page d'accueil), d'afficher les différentes informations collectées sur une carte (cf. Fig. 6.6), d'enregistrer et géolocaliser des observations (cf. Fig. 7.6) et de rajouter une valeur de hauteur sur les différentes échelles limnimétriques situées sur le territoire (cf. Fig. 8.6).

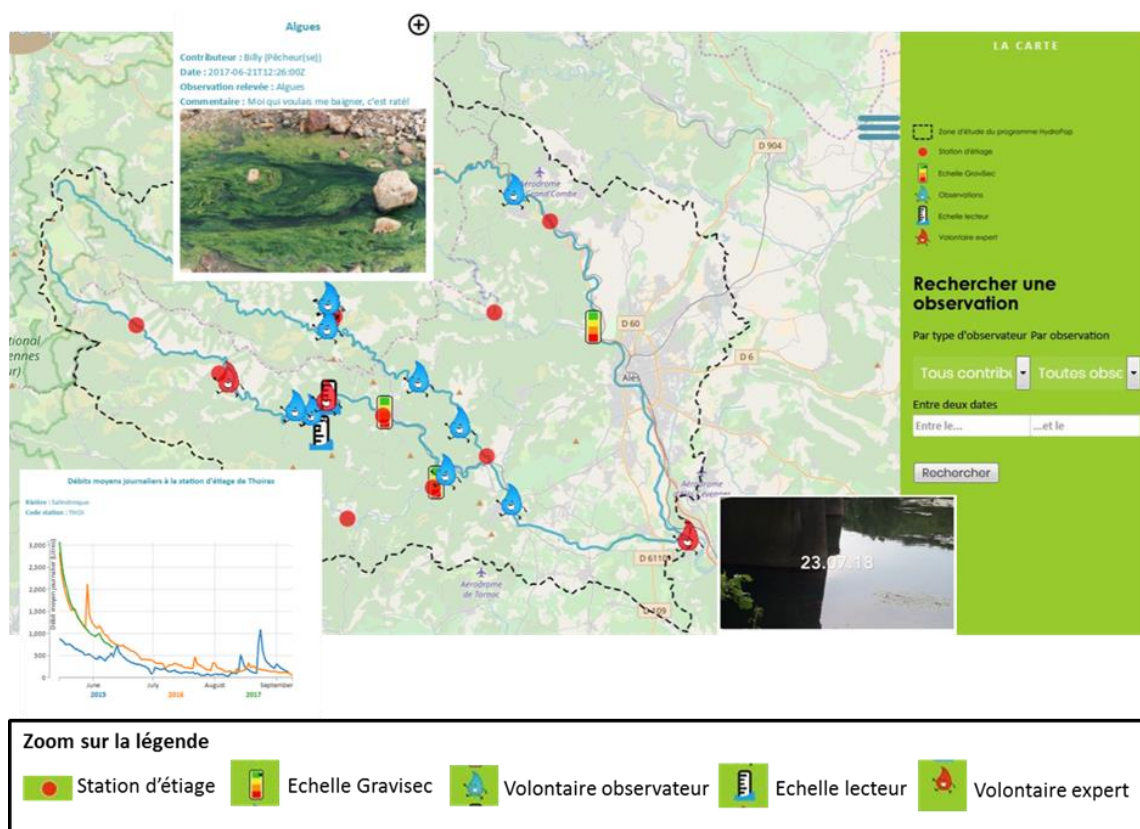


FIGURE 6.6 : LA CARTE DE LA PLATEFORME PARTICIPATIVE



FIGURE 7.6 : GÉOLOCALISER SON OBSERVATION SUR LA PLATEFORME

The screenshot shows the HydraPop web application. On the left is a map of a river network with various locations labeled like 'Estrechou', 'Peyrolles', 'Cathar', and 'Cambaron'. On the right is a green sidebar with the title 'AJOUTER UNE HAUTEUR D'EAU'. It contains a menu with 'Accueil', 'Carte', 'Observation', and 'Lecteur'. Below the menu are links: 'AJOUTER UNE HAUTEUR D'EAU', 'TÉLÉCHARGER LE GUIDE DU VOLONTAIRE LECTEUR', and a dropdown for 'A quelle station?' with 'Peyrolles' selected. There are input fields for 'Quelle hauteur? (en cm)' and 'A quel moment?'. A 'Parcourir...' button is next to a photo upload field. A 'Valider' button is at the bottom.

FIGURE 8.6 : AJOUTER UNE HAUTEUR LUE SUR LES ÉCHELLES LIMNIMÉTRIQUES

La plateforme cartographique permet ainsi d’afficher les débits journaliers issus des stations d’étiage que l’équipe de recherche met à jour chaque semaine (points rouges sur la fig. 6.6), les niveaux des échelles GraviSec qui permettent de qualifier le débit du cours d’eau vis-à-vis de seuils de gravité, les observations des bénévoles (gouttes bleues sur la fig. 6.6), les niveaux d’eau relevés par les lecteurs sur les échelles limnimétriques, et enfin les relevés effectués par les experts (gouttes rouges sur la fig. 3.6). Des données aussi diverses que des graphiques, images, montages vidéos à partir d’images (*Timelapse*) s’affichent dans une fenêtre spécifique lorsque l’on clique sur une icône (cf. Fig. 3.6).

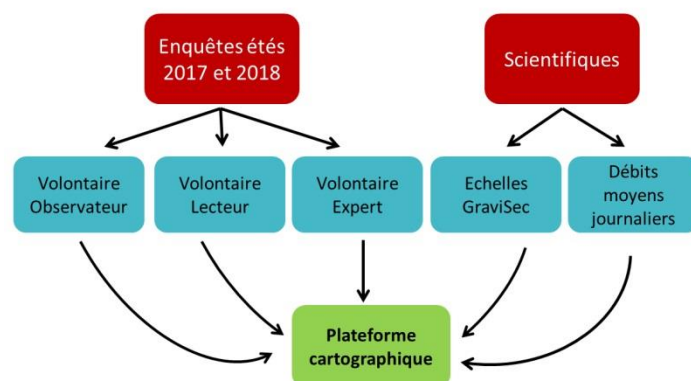


FIGURE 9.6 : LA PLATEFORME CARTOGRAPHIQUE, CIRCUIT DE L’INFORMATION

Une page spéciale est dédiée à l’enregistrement des observations par les volontaires (cf. Fig. 7.6). Cet écran permet d’être guidé dans la démarche, avec des listes qui permettent de renseigner très rapidement un formulaire. Pour positionner une observation sur le territoire, un fond de carte

Open Street Map ou un fond d'image satellite (*Bing Aerial*) peuvent être utilisés. Il est également proposé d'apprécier l'incertitude sur le positionnement de chaque observation.

La plateforme cartographique participative occupe donc une place centrale dans le programme de recherche HydroPop et voit converger l'ensemble des observations de la population et de l'équipe de recherche (Fig. 9.6).

La plateforme cartographique a été développée en 2017 et mise en ligne pour être opérationnelle lors de la période estivale 2018.

6.3 Résultats lors de l'été 2018

La figure suivante présente une synthèse des résultats et observations recueillies durant l'été 2018.

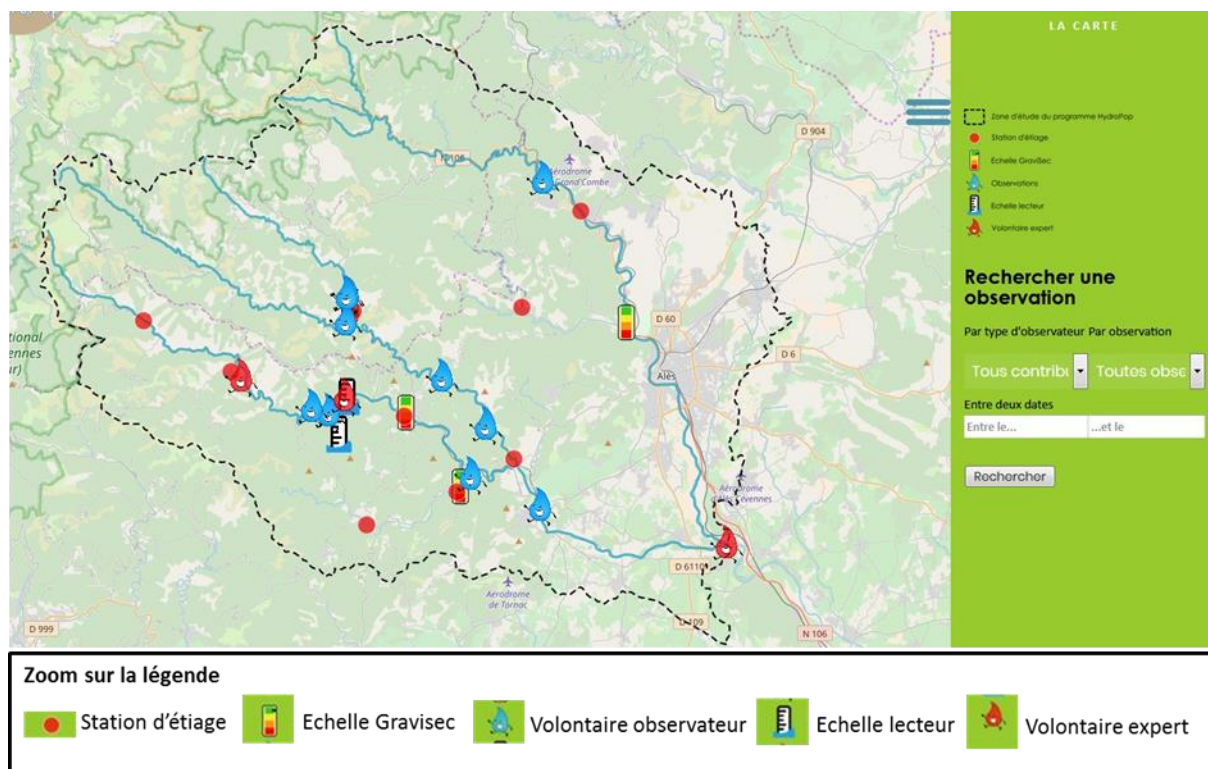


FIGURE 9.6 : LES OBSERVATIONS RECUEILLIES DURANT L'ÉTÉ 2018

6.3.1 Les données des chercheurs

De manière hebdomadaire, les données de débits journaliers sont mises à jour pour chacune des 10 stations. Ces données sont superposées à celles des années précédentes avec 2 chroniques de référence de plus hautes et plus basses eaux enregistrées sur la station, ce qui permet d'obtenir une première visualisation de la sévérité de l'étiage en cours. Les échelles GraviSecs sont également mises à jour chaque semaine sur le site, et permettent cette fois une vision plus qualitative de la sévérité de l'étiage, par les différents niveaux de couleur.

Pour l'équipe de recherche, cet aspect présente une difficulté spécifique liée à la nécessité d'intégrer les données chaque semaine. En effet, 2 journées de terrain sont nécessaires pour relever les 10 stations hydrométriques, et une journée est ensuite nécessaire pour le traitement des données brutes et le calcul des débits journaliers. L'expérience a montré que ce planning pouvait devenir serré en cas

de problèmes liés aux capteurs (dégradation, dérive), à des modifications de la section de mesure pouvant être naturelles (dépôts suite à des crues en automne ou lors d'orages estivaux) ou anthropiques (barrages réalisés par les usagers de la rivière), qui vont rallonger le traitement des données ou nécessiter la mise en place d'une nouvelle relation hauteur-débit.

6.3.2 Le volontaire lecteur

Durant l'été 2018, un seul site a été équipé avec une échelle limnimétrique et un panneau explicatif, à proximité d'un chemin de randonnée thématique sur l'eau sur le site des Bastides (Fig. 1.6 et Fig. 2.6). Un autre site, de baignade, avait également été identifié au niveau du pont d'Arenas (Gardon Saint-Jean) sur la commune de Peyrolles, mais les niveaux d'eau importants n'ont pas permis l'installation de l'échelle. Cette opération n'a produit aucun résultat durant cette première période de test. Pourtant, des dispositifs semblables ont été mis en œuvre avec succès sur de nombreux sites aux États-Unis (Lowry et Fienen, 2012).

Plusieurs possibilités peuvent expliquer cette absence de contributions sur des sentiers : le niveau de fréquentation du sentier qu'il n'est pas actuellement possible d'estimer ou bien encore le peu d'intérêt pour les randonneurs à s'arrêter et prendre le temps de faire une mesure.

Comprendre ce résultat implique de mettre en œuvre de nouvelles expériences en instrumentant de nouveaux sites permettant d'approcher une population menant d'autres activités, comme la baignade par exemple et en se donnant les moyens d'estimer les flux de populations passant à proximité de ces sites. Une optimisation de la fiche présentant les consignes pour réaliser la mesure sera également nécessaire.

6.3.3 Le volontaire observateur

Une vingtaine d'observations ont été proposées par les observateurs et géolocalisées sur la plateforme cartographie (goutte d'eau sur la figure 9.6). Il s'agit pour l'essentiel de personnes proches de l'équipe de recherche et qui ont contribué essentiellement par des photos de sections de cours d'eau. Les facteurs d'information et de motivation des volontaires lecteurs évoqués précédemment peuvent être également explicatifs de la modeste contribution des volontaires observateurs. En complément, les conditions hydrologiques plutôt pluvieuses de l'été 2018 (entre 50 et 100 mm sur le bassin) ont contribué à maintenir des niveaux importants dans les cours d'eau et rendu la problématique de la sécheresse pour la population très peu présente. Ces années « non problématiques » du point de vue de la thématique des basses eaux sont toutefois importantes à documenter dans une perspective d'acquisition de données sur de longues périodes, même s'il est difficile de mobiliser la population sur cette thématique.

D'autres éléments peuvent également expliquer ces résultats et l'efficacité des différents et importants moyens de communication (cf. Figure 2.6) engagés peut être questionnée. En effet, la contribution a été modeste malgré plus de 10 000 plaquettes qui ont été distribuées sur les marchés, dans les commerces de proximité, les campings... De plus, il est très difficile d'estimer l'impact de notre stratégie de communication auprès de la population, et plus particulièrement l'audience de la radio locale vis-à-vis des actions de communication « HydroPop » réalisées.

Le peu d'observations peut également s'expliquer par le manque d'attrait pour la population à participer à ces observations, comme évoqué précédemment. Il convient donc peut-être de trouver des solutions plus ludiques pour rendre plus attrayantes ces actions participatives. La mise en œuvre de « chasses au trésor » thématiques (*Géocaching*) peut être en ce sens une alternative intéressante à développer, ainsi que des circuits de balade/randonnées intégrant des points d'observation « HydroPop » dans leur descriptif (lien à établir avec les offices de tourisme qui proposent ces guides de balades).

De très nombreuses études précisent qu'il faut du temps pour développer efficacement une démarche participative (Houllier F. & Merilhou-Goudard J-B., 2016), et le déploiement participatif du projet HydroPop n'a qu'une année d'existence. Il est donc nécessaire de poursuivre cette action lors des prochaines périodes estivales avant de percevoir les prémices d'une dynamique récurrente se mettre en œuvre.

6.3.4 Le volontaire expert

Trois experts ont été mobilisés durant l'été 2018 pour effectuer des tâches de relevés de hauteurs d'eau (Figure 6.6) ou la prise de photographies sur un point fixe avec un pas de temps régulier. Sur la figure 6.6 on peut observer la chronique produite par un volontaire durant l'été 2018 et constater que malgré des lacunes la chronique permet de bien appréhender l'évolution de la hauteur d'eau du cours d'eau.

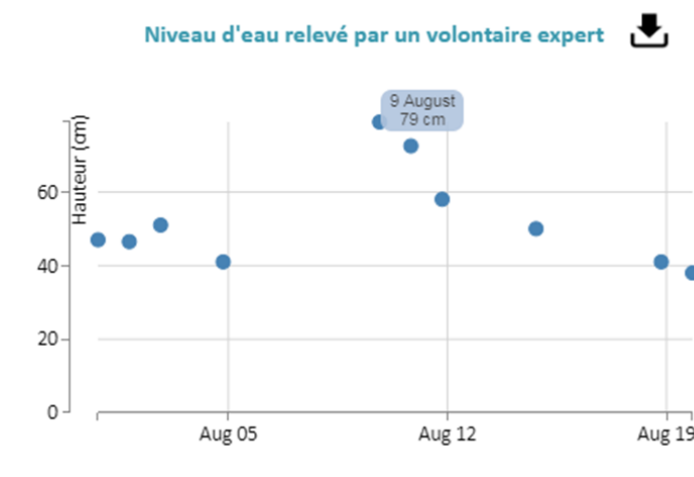


FIGURE 10.6 : RELEVÉS DE HAUTEUR D'EAU JOURNALIERS PAR UN VOLONTAIRE EXPERT

Le travail engagé auprès des volontaires experts a été très satisfaisant du point de vue de leur motivation, de la régularité et de la qualité des informations collectées. Il faut toutefois souligner l'investissement nécessaire par l'équipe de recherche pour accompagner les experts dans leurs observations (contacts réguliers, appuis techniques...), tâche passionnante, mais très chronophage.

6.4 Les limites et perspectives

Cette première saison de mise en œuvre de la plateforme cartographique participative a été riche d'enseignements et va permettre de dégager plusieurs pistes pour améliorer l'information, la participation et l'adhésion de la population au projet.

Concernant l'information de la population, il semble important de poursuivre les démarches engagées au plus proche des populations avec la distribution de flyers, les émissions à la radio, les conférences et développer des actions encore peu explorées sur les réseaux sociaux notamment avec la création et l'animation de comptes Facebook et Twitter. Des relais seront également à trouver auprès des offices de tourisme et des communes pour relayer et diffuser cette information. Une attention devra être également portée sur la mobilisation de la presse régionale papier et Internet. Des contacts vont être pris en ce sens.

Trouver des ressorts ludiques pour accompagner la population vers l'observation est assurément un axe important pour augmenter la contribution des citoyens à cette démarche

participative. Là encore un partenariat avec les offices de tourisme devrait permettre d'intégrer les actions participatives proposées dans les guides de balades/rando, auprès des organisateurs d'activités ludiques sur le secteur, des gîtes, des chambres d'hôtes...

Pour les autres profils de volontaire, il va donc s'agir de multiplier les échelles limnimétriques pour comprendre d'où vient l'absence de retour du profil « lecteur ». Augmenter le réseau de volontaire expert est également un objectif dans la limite du temps à dégager pour organiser ce partenariat, riche de sens, citoyen/chercheur.

En parallèle, il va être important de développer une stratégie d'observation de la participation pour pouvoir suivre l'évolution des observations, analyser les profils des volontaires de manière à pouvoir apporter des éléments de réponse sur le choix des leviers à déployer pour associer efficacement la population à une démarche participative sur les basses eaux. La mise en œuvre de cette démarche d'observation de la participation est un des objectifs majeurs des deux prochaines années consacrées au projet HydroPop.

À l'issue des prochaines périodes estivales et sous réserve de récolter suffisamment de données, il sera également possible d'évaluer l'importance de l'observation citoyenne pour l'amélioration de la connaissance des sécheresses sur ces bassins versants méditerranéens de moyenne montagne.

7 Conclusions (Ph.M)

HydroPop-1 (2017-2018) est un programme de recherche en Sciences Humaines et Sociales financé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse dans le cadre d'un partenariat avec la Zone Atelier du Bassin du Rhône (ZABR) et en relation, en particulier, avec l'EPTB Gardons.

Ce programme a réuni des personnels de plusieurs institutions et équipes de recherche dont l'UMR ESPACE 7300 du CNRS avec des personnels d'Avignon université, d'Aix Marseille université, de l'université de Nice Sophia Antipolis et du CNRS, mais aussi de l'Institut des Sciences du Risque — LGEI de l'IMT Mines Alès et de l'équipe G-Eau de l'IRSTEA de Montpellier. Ont aussi participé à ce programme différents stagiaires et des chercheurs associés à ESPACE.

Le changement climatique en cours, la croissance de la population ainsi que les évolutions dans les modes de vie, observés depuis une cinquantaine d'années, tout comme la nécessité de conserver un bon état écologique aux cours d'eau, conduisent à un questionnement de plus en plus prégnant sur les ressources en eau disponibles, lors des mois habituellement secs, sous climat méditerranéen, dans le sud de la France.

Cette ressource, en particulier en été, dans des vallées aux cours d'eau historiquement non jaugés est mal connue. C'est le cas des Cévennes. À la demande de l'EPTB Gardons (ex. SMAGE) l'UMR ESPACE — Avignon a donc entrepris, dès l'été 2015 et pendant six ans, de procéder, dans le cadre de conventions de recherche, à des mesures, sur la base d'un réseau temporaire de dix stations d'étiage, qui n'évaluent donc que des débits de basses eaux, de la fin du printemps au début de l'automne.

Si la connaissance de cette ressource est un a priori pour une gestion plus informée de la demande en eau, elle n'est pas suffisante pour engager une gestion concertée, populaire, intégrant la population des aires concernées qui définit la demande qui est adressée au milieu naturel. Un travail sur le niveau de cette demande apparaît donc comme essentiel. Pour cela il a semblé indispensable d'intégrer ces populations dans une démarche hydrologique de meilleure gestion de la ressource en eau. C'est tout l'objectif du programme HydroPop-1 qui vise donc à valoriser, en temps réel, sur un plan sociétal, les informations hydrologiques collectées dans une perspective initialement uniquement quantitative.

Les débits observés en zone cévenole de socle correspondent grandement à l'offre naturelle d'eau. Celle-ci doit toutefois être analysée au regard de la demande sociétale en eau, quelles que soient les activités, et cela au cours de la saison sèche. En d'autres termes, il est nécessaire, à côté d'une connaissance hydrologique fine, de disposer de moyens d'agir sur la demande en eau, donc de conduire les populations sur la voie d'une demande raisonnable, la plupart du temps, compte tenu de la variabilité naturelle des situations estivales.

Cette action sur la demande en eau ne peut se faire d'une part, que si la population est sensibilisée et donc informée sur l'état des ressources et d'autre part, que si le niveau de tension entre l'offre naturelle d'eau (les disponibilités) et la demande sociétale, dans laquelle entrent les volumes nécessaires au bon état écologique des rivières, est évaluée. La connaissance de ces deux dernières dimensions du problème est largement insuffisante, surtout si elles sont considérées en relation avec le déroulé de la gestion. Elles ne sont toutefois pas des questions qui entrent dans le périmètre du programme HydroPop-1 qui vise essentiellement, comme nous allons le voir, à diffuser de l'information hydrologique en temps réel et à installer une référence au travers du label que constitue la démarche HydroPop.

La tension qui peut apparaître entre l'offre naturelle et la demande sociétale d'eau correspond à ce que nous nommons la sécheresse, laquelle est à bien différencier de l'impluviosité (absence parfois longue de pluies, sous un seuil à déterminer) et de l'aridité qui intègre certes l'eau disponible, mais aussi tous les retours à l'atmosphère qui peuvent être observés, sur un plan physique

(évaporation) et/ou sur un plan biophysique (évapotranspiration). Le niveau de sécheresse traduit donc une gradation entre la situation où il n'y a pas de tension (la ressource est suffisante pour le bon état écologique et pour les activités humaines) et un niveau où la tension est maximale (aucune activité humaine ne peut alors être servie et le bon état écologique n'est plus garanti). Cette tension se fonde sur une comparaison de volumes offerts ou demandés par unité de temps.

Définie de cette façon, la sécheresse apparaît comme un phénomène relevant aussi des Sciences Humaines et Sociales. Une part des réflexions de nature épistémologiques conduites dans HydroPop, a donc visé à bien mieux conceptualiser la sécheresse et à la différencier clairement l'absence de précipitations et l'aridité produite par des précipitations faibles sous contraintes thermique, aérologique, etc. Dans cette perspective les besoins en eau de l'agriculture, et cela même s'ils sont très limités en Cévennes, sont à comptabiliser du côté de la demande sociétale. Il pourrait en être de même, pour la végétation au sens large, si du bon état écologique des rivières, on passait à un bon état écologique des peuplements, de la végétation arbustive ou arborée considérée comme faisant partie des facteurs définissant des paysages de qualité demandés par la société.

Par définition, les écoulements de basses eaux (régime globalement non influencé) correspondent aux débits restant, en fonction des pluies, après retour d'une partie des volumes d'eau à l'atmosphère via différents mécanismes, mais après aussi des prélèvements anthropiques difficiles à connaître. Ces débits classiquement baissent pour atteindre un débit spécifique, à l'étiage, de l'ordre de 1l/s/km². Sur cette base l'objectif d'HydroPop-1 est d'informer sur cet état hydrologique régulièrement et très rapidement (information hebdomadaire) afin de sensibiliser la population. Il s'agit de lui faire prendre le plus possible conscience des tensions qui peuvent apparaître autour de l'usage de la ressource en eau. Pour cela, la situation offerte par le climat méditerranéen présente un avantage dans la mesure où, presque chaque année, apparaît un niveau de tension plus ou moins sensible.

Ce niveau de tension est toutefois variable d'une année sur l'autre. Si 2017 a été une année remarquable c'est par l'absence de précipitations lors du début de la phase d'automne (septembre – octobre), ce qui a conduit à une grande souffrance de certains végétaux, mais à assez peu de conséquences (hors agriculture) sur les activités humaines ; la saison estivale étant terminée. En 2018 globalement les niveaux d'eau ont été importants tout au long de l'été, ce qui a conduit à un désintérêt assez général pour ces questions. En d'autres termes la mobilisation de la population, mais aussi des acteurs de la gestion de l'eau, est assez contingente et très liée au ressenti immédiat de la situation.

7.1 Retour d'expérience

Le choix des Cévennes gardoises découle de la demande initiale de l'EPTB Gardons, mais s'est avéré assez judicieux dans la mesure où ces vallées sont inscrites dans des roches de socle peu pourvues en aquifères (donc avec peu de ressources et avec peu de transferts entre bassins), alors qu'elles accueillent une population assez nombreuse et variée l'été (tourisme estival). Toutefois, cette zone a un lourd passé qui a dû être souligné dans ce travail dans la mesure où, après une phase historique de hautes densités humaines, les Cévennes se sont vidées de leurs habitants, ce qui a conduit à une relaxation et une croissance du couvert végétal par abandon, pour l'essentiel, de terroirs de cultures en terrasse.

Cette évolution conduit aujourd'hui nécessairement à une évapotranspiration naturelle conséquente. L'agriculture y est donc relictuelle et centrée sur des productions à haute valeur ajoutée et gustative (labellisation...). Les mines qui ont été une activité majeure au XIXe et au XXe siècle sont totalement arrêtées. Il reste toutefois des déchets qui peuvent jouer un rôle dans la qualité des eaux à la suite, par exemple, de petits orages. La qualité de l'eau est une préoccupation majeure des populations et plus précisément des usagers de la rivière (baigneur, pêcheur...). Malgré beaucoup de questions sur

ce point, ce problème n'étant pas dans les problématiques abordées par HydroPop, il nous a été très difficile de répondre, de façon précise et circonstanciée, aux questions qui nous ont été posées.

Sur cette base il devenait nécessaire de proposer une réflexion épistémologique sur ce que pouvait être une démarche populaire et participative. Il devenait aussi indispensable de mieux connaître la population à laquelle nous nous adressions afin de mieux la solliciter et de mieux l'informer. Ce fut l'objet de l'enquête qui a été conduite.

Ceci a progressivement conduit à installer la démarche HydroPop, comme un cadre de référence, un label auxquelles toutes réflexions, discussions, propositions... développées, en société, autour de la question de la sécheresse, devraient plus ou moins faire référence. Pour cela nous avons défini et mis en œuvre un code couleur, une charte, une démarche multiple et variée, afin d'instiller et d'instaurer cette référence, progressivement, dans les esprits, afin de donner corps à cette nécessité d'une pensée des ressources en eau et de leur gestion sur le temps long. Cela conduit à un choix épistémologique qui relève de la recherche – action, tout comme la mise en place d'outils, de solutions techniques, de moyens de médiations, qui visent à toucher différentes parties de la population concernée.

Comme cadre à ces démarches nous avons opté pour une science impliquée, c'est-à-dire une science qui crée de nouveaux questionnements, qui accueille le pluralisme, qui rend compte du réel en explicitant le contexte et qui se dote de la capacité de répondre à différentes personnes, mais aussi de répondre de choix, de prises de positions... afin de construire le cadre d'actions partagées, but de la démarche. C'est aussi une science qui tient sa pertinence de sa tolérance au pluralisme et aux valeurs et donc qui abandonne son idéal d'autonomie et de neutralité sans abandonner son exigence d'impartialité qui conduit à construire des connaissances justes et vérifiées dans le cadre de notre rapport au réel et de procédures de vérification.

Ceci implique une mise en dialogue des différents acteurs de la gestion de la ressource en eau et vise à la constitution d'un groupe, d'un réseau d'entités et de personnalités qui œuvrent ensemble, concouramment à la gestion de cette ressource vitale. Nous avons donc essayé de définir ce que pouvait être une articulation entre les différents acteurs que sont les élus, la population et les gestionnaires, et les chercheurs. Ceci conduit à réfléchir à la nécessité de disposer d'une enceinte, d'un lieu où pourraient être débattu les questions qui remontent du terrain et plus largement les questions qui se posent en ces domaines. D'une certaine façon, certes imparfaitement, le site atelier de la ZABR, dit des Rivières cévenoles, joue ce rôle.

Ceci a conduit à se questionner sur ce qui pouvait être demandé aux populations et sur ce qui pouvait être attendu des populations. Globalement nous n'avons eu que très peu de problèmes pour installer les stations hydrologiques et ensuite y accéder. Sur ce plan les propriétaires, les ayants droits, etc. ont été particulièrement accueillants. Par contre certaines personnes ont jugé bon d'emporter nos sondes... Ces éléments ont servi de bases à la définition et à la mise en œuvre des solutions pratiques pour une science hydrologique participative qui intègre une plateforme cartographique ouverte.

La mise en œuvre du réseau temporaire et surtout sa gestion à un rythme rapide (hebdomadaire) a conduit à prendre conscience des difficultés à surmonter pour mesurer et pour livrer, dans un temps très court, des informations hydrologiques nombreuses, et de qualité, qui soient compréhensibles par des non spécialistes. Outre les problèmes techniques habituels (pannes, mobilité des seuils sédimentaires...), il est rapidement apparu que ces objectifs ne pouvaient se passer de tournées fréquentes en raison de l'utilisation des rivières par les vacanciers qui, en particulier, modifient les lits (barrage ludique...), mais pas seulement (gestion de béals, pompage...).

Ces « perturbations » introduites dans le fonctionnement naturel de la rivière nécessitent, pour avoir des données de haute qualité, des corrections manuelles importantes et répétitives qui ne peuvent se faire qu'en ayant, d'une semaine sur l'autre, la mémoire de l'état de la station, de son seuil, etc. Par ailleurs, la période étant celle des vacances, il est nécessaire de disposer de personnels plus nombreux

qu'à d'autres saisons, tous ces personnels devant être en capacité de se remplacer l'un l'autre. Cette interopérabilité a nécessité une réflexion particulière et la production de documents spécifiques (livret guide, mémo...) ainsi que la programmation de tournées communes de repérage.

Au travers de cette démarche pragmatique, nous avons testé un certain nombre de solutions et de dispositifs qui ont été plus ou moins satisfaisants et qui constituent l'ébauche d'une méthodologie visant à une large information et à une importante concertation avec la population.

Le rythme hebdomadaire, avec deux jours pleins de tournées et deux jours de calculs, nécessite une automatisation des tâches de bureau, autant que cela puisse se faire à partir d'un tableur. La fin de la séquence de calcul aboutit à des informations hydrologiques relativement simples à comprendre et à livrer à la population par plusieurs voies. Ce fut fait au travers d'émissions radio (bulletin hebdomadaire de l'eau), mais aussi avec plus d'ampleur lors de conférences ou d'émissions discursives, et plus techniquement grâce à des fiches hydrologiques, des échelles GraviSec et un site cartographique participatif. De nombreux flyers ont aussi été distribués lors de ces étés dans le plus grand nombre possible de points de contact et par les stagiaires qui enquêtaient.

Les fiches hydrologiques produites chaque semaine rendaient compte des meilleures stations disponibles. Elles avaient pour objectif de donner, tant une profondeur historique au phénomène en cours (valeurs et dates des étiages passés, hydrogrammes multiples...), que de préciser le niveau observé, il y a peu (48 h environ), de l'eau (tableau chronologique des débits hebdomadaires, annotations...). Livrées à toutes personnes qui en faisaient la demande, ces fiches pouvaient permettre de mieux caractériser la situation en cours et donc possiblement d'aider aux décisions à prendre. Il nous est toutefois très difficile de savoir quelle a pu être leur utilité réelle auprès des destinataires, touchés par mails, ou du large public qui pouvait les télécharger sur le site cartographique participatif d'HydroPop ou sur celui de l'EPTB Gardons.

Pour compléter cette démarche les échelles GraviSec (de gravité de la sécheresse au sens vernaculaire) ont été inventées pour essayer de traduire de façon accessible, simple, compréhensible la situation hydrologique observable, par tout un chacun, sur un segment de rivière. Car, placé au bord d'une rivière, sauf à être un spécialiste ou un habitué des lieux, il est très difficile de savoir si l'écoulement observable est normal, plus fourni que la normale ou très en-dessous de la normale du jour correspondant. Le débit baissant tout au long de l'été, ce n'est pas à une valeur fixe qu'il faut se référer pour en juger, mais à une valeur variable, ce qui complique grandement l'évaluation de la situation.

Il s'agissait donc, avec les échelles GraviSec de traduire simplement une approche statistique un peu compliquée qui intègre toutes les informations dont nous disposons (donc x phases de basses eaux pour chaque station) au travers d'une échelle à quatre couleurs (vert, jaune, orange et rouge) et trois niveaux par couleur, la situation observée ; la situation étant indiquée par une flèche mobile qui, au cours de la saison descendait du niveau le plus satisfaisant (vert), au niveau le plus problématique (rouge). Construites à trois exemplaires ces échelles ont été apposées sur différents supports en différents lieux, généralement des murs de mairies. Si les calculs ne posent pas trop de problèmes, c'est la mise à jour de ces échelles qui en a posé (actualisation des indications...), tout comme la pérennité de l'information affichée (déplacement du curseur par des tiers...).

Le programme HydroPop-1 a donc visé à associer, voire à faire participer la population à l'évaluation de l'offre d'eau disponible. Afin de préciser quels pouvaient être l'intérêt et le niveau de connaissance de la population sur ces questions nous avons procédé à une enquête proposée sur le net et déployée sur le terrain par des stagiaires. Cette démarche de terrain, outre le fait qu'elle a apporté beaucoup de réponses de personnes qui jamais n'auraient répondu autrement, a rendu l'opération HydroPop encore plus visible tout en nous assurant aussi, lors de la seconde phase en 2018 (entretiens semi directifs), d'accéder à des perceptions de la démarche HydroPop qui sont globalement positives.

Il s'agissait donc de recueillir les perceptions des populations sur le phénomène de basses eaux en Cévennes : comment sont perçues les rivières, la ressource en eau, la sécheresse, les réglementations... Les réponses obtenues expriment des représentations et des perceptions sur les ressources en eau et les rivières cévenoles en été, lesquelles sont propres à chaque personne.

Nous avons ainsi obtenu des réponses d'autant d'hommes que de femmes, très largement originaires d'Occitanie, mais cette région est aujourd'hui très vaste. On retrouve dans cette population des résidents permanents et secondaires, et des touristes présents lors de villégiatures plus ou moins longues. La diversité des activités est toutefois assez limitée.

Les rivières en été sont associées à des considérations assez classiques comme la chaleur, les bas débits, les assecs, l'insuffisance de pluie... et à des risques plus ou moins spécifiques : fragilité du milieu, pollution de l'eau, plantes invasives... ; l'articulation fondamentale étant entre la chaleur estivale et les débits faibles, ce qui traduit la perception d'une concomitance bien plus que d'une causalité. On retrouve ici la dimension esthétique du problème.

Il a été ensuite possible d'analyser les corpus lexicaux mobilisés où réapparaît la question de la qualité de l'eau. De même, il a été possible d'investiguer sur les savoirs des personnes, relatifs aux différentes dispositions réglementaires prises plus ou moins chaque année (arrêté sécheresse...). Si un quart des enquêtés dit avoir une connaissance assez bonne de ces dispositions, la moitié en a seulement entendu parler, alors que le dernier quart se déclare totalement ignorant.

Cela étant une large majorité des enquêtés se déclare d'accord pour des restrictions d'usages, mais avec des nuances sur les types de restriction. Tout le monde semble d'accord pour ne plus arroser des golfs qui n'existent pas en Cévennes, alors que peu de monde serait prêt à ne pas arroser les jardins d'agrément ou les potagers, qui sont une pratique locale assez fréquente.

L'intérêt pour l'eau et pour la rivière au sens générique semble fort même si le niveau de ces intérêts est vraisemblablement contingent et les intérêts variables selon les catégories socio professionnelles, mais il y a tout de même un intérêt pour la question. Telle pourrait être la synthèse des entretiens semi-directifs effectués la seconde année (2018).

Ces multiples rencontres ont permis aussi de rechercher des observateurs bénévoles occasionnels, sans que cette voie ne soit très productive. Il s'agissait de trouver des personnes qui pouvaient s'engager, même une fois, à collecter des informations hydrologiques par différents moyens (lecture d'échelle, photo...) ; informations qui seraient affichées et stockées sur le site cartographique interactif mis en place sur les serveurs de l'École des Mines d'Alès. Il semble que ce soit plus le réseau de connaissances des chercheurs et certaines publications dans la presse locale qui aient conduit vers nous différentes personnes volontaires. Globalement, cette démarche n'a donné en 2017 et 2018 que peu de résultats contrairement à ce qui peut être observé sur d'autres thématiques (papillon, oiseau...) et dans d'autres pays (USA...). L'intérêt pour l'eau comme élément physique ainsi que le cadre culturel assez étatiste français doivent ainsi être réinterrogés.

Cela étant, la plateforme cartographique est opérationnelle depuis 2018. Son objectif est double : afficher un état hydrologique en Cévennes à partir des informations professionnelles ou bénévoles collectées et susciter une collecte supplémentaire d'informations, car la petite équipe d'HydroPop ne peut être partout. Au-delà, il s'agit, par cette démarche d'associer des observateurs bénévoles qui peuvent, certes réaliser des opérations plus ou moins complexes, fort utiles au programme HydroPop, mais aussi apparaître comme des relais d'influence sur ces questions relatives à la gestion des ressources ne eau en situation de tension.

7.2 Vers HydroPop-2

Tout n'est évidemment pas parfait à l'issue de ces deux années. Si les conditions de définition et de fonctionnement d'un réseau de stations temporaires d'étiage sont maintenant bien maîtrisées, les

échelles GraviSec doivent être encore améliorées et possiblement dématérialisées. De même, l'information hydrologique à haute résolution doit être analysée pour elle-même.

La participation doit aussi être accrue, en particulier en focalisant sur les volontaires qui se proposent de réaliser des mesures plus ou moins sophistiquées. C'est probablement là qu'existe un gisement de bonnes volontés. Tout ceci permettra de mieux aborder ces phases de tensions qui se développent lentement au cours de l'été et qui peuvent affecter des aires considérables lors de situations d'impluviosité et d'aridité extrêmes.

La modélisation de ces crises à cinétique lente permettra certainement de mettre en place un guide de gestion de crise, lequel pourra être testé. Tous ces points seront abordés dans la seconde phase (2019-2020) du programme HydroPop-2 qui prendra en outre en compte le haut bassin de la Cèze.

8 Publications et communications

8.1 Jeux de données

Un corpus d'entretiens, réalisés dans la rue entre le 16 juillet et le 18 août 2018 (76 entretiens, dont 16 à plusieurs personnes, soit 92 personnes dont 87 ont répondu aux questions sur la ressource en eau et le programme de recherche).

Les réponses au questionnaire LimeSurvey®, 472 questionnaires remplis sur les Perceptions des rivières et des ressources en eau en Cévennes (résidents permanents et temporaires), dont 95 à partir de la version en ligne et 377 obtenues sur le terrain.

8.2 Articles

Martin Ph., Ayral P-A., Canovas I., Cicille P., Didon-Lescot J-F., Domergue J-M., Douguédroit A., Grard N., Kamara S., Lopez Ch., Morardet S., Sauvagnargues S. De l'hydrologie populaire et participative : une nouvelle façon d'aborder la question du partage de l'eau en situation de basses eaux en France métropolitaine méridionale. In Ressources en Eau & Changement Climatique. Impacts Anthropiques et Climatiques sur la Variabilité des Ressources en Eau. Volume 1 : Caractérisation qualitative et quantitative des ressources en eau. Eau-Société-Climat'2017 (ESC-2017). Hammamet, Tunisie. 68-73 pp. <http://armspark.msem.univ-montp2.fr/medfriend/Hammamet2017/Volume%20I-ESC-2017.pdf>

Martin Ph., Ayral P-A., Canovas I., Cicille P., Didon-Lescot J-F., Domergue J-M., Douguédroit A., Grard N., Lopez Ch., Morardet S., Pottier B., Sauvagnargues S. (2017). De l'hydrologie populaire et participative à base expérimentale en situation de basses eaux en Cévennes (France) : le projet HydroPop. 7e colloque OPDE Montpellier, 26-27-octobre 2017. 17 p.

Ayral P-A., Pottier B., Sauvagnargues S., Martin P., Brachet N., Cicille P., Didon-Lescot J-F., Domergue J-M., Douguédroit A., Grard N., Lopez C., Mvoula S., Spinelli R. (2019). Mise en œuvre d'une plateforme cartographique participative pour le suivi des basses eaux dans les Cévennes (France), Geo-Eco-Trop, 14 p. (in press).

8.3 Mémoires d'étudiants

Anaïs BAVAROT. Démarche méthodologique de mise en place d'une plateforme éco-participative du suivi des basses eaux en période estivale. L'exemple des Gardons cévenols. Rapport de master 1 GÉOÏDES (Université Grenoble Alpes, Institut de géographie alpine). Soutenu le 9 Juin 2017. 39 p.

Alice BRASQUIES. HydroPop (De l'Hydrologie Populaire ?). Enquête avec LimeSurvey dans le cadre du projet Hydropop. Rapport de stage de fin d'études DUT Statistique et Informatique Décisionnelle (Avignon Université). Soutenu le 28 juin 2017. 47 p.

Klervi BARRÉ-VALTAER. De la communication à l'hydro-participation dans un territoire Cévenol soumis à des tensions sur la ressource en eau en période estivale. Rapport de stage de fin d'études Master GÉOÏDES (Université Grenoble Alpes, Institut de géographie alpine). Soutenu le 11 septembre 2017. 62 p.

Billy POTTIER. Élaboration d'une plateforme cartographique participative sur le suivi des basses eaux dans le bassin versant des Gardons. Rapport de stage de fin d'études Master Carthago (Université Paris 1, ENSG). Soutenu le 19 octobre 2017. 74 p.

Stanislas MVOULA-NTSOU MOU. Étude des basses eaux en régions méditerranéennes : Constitution d'une base de données et premières analyses hydrologiques. Rapport de stage de fin

d'études Master Observation de la Terre et Géomatique (Université de Strasbourg, Laboratoire Image, Ville, Environnement UMR 7362 CNRS). Soutenu en 2018. 71 p.

8.4 Communications

Ayral P.-A., Canovas I., Cicille P., Didon-Lescot J.-F., Domergue J.-M., Douguédroit A., Grard N., Lopez Ch., Martin Ph., Morardet S., Pottier B., Sauvagnargues S. (2017), Focus sur le test de la stratégie d'hydrométrie participative prévue pour l'été 2017 dans le cadre du projet de recherche HydroPop : vers une hydrologie populaire ? Les Journées communes de la Zone Atelier du Bassin du Rhône (Site des Rivières Cévenoles) – Observatoire Hydrométéorologique Méditerranéen Cévennes-Vivarais (OHM-CV) Domaine Olivier de Serres à Mirabel en Ardèche, 6-7 juin 2017.

Didon-Lescot J.-F., Martin Ph., Ayral P.-A. Domergue J.-M., Grard N. (2017), Les stations de suivi de l'étiage estival dans les Gardons d'Anduze et d'Alès : dispositif et premiers résultats, Les Journées communes de la Zone Atelier du Bassin du Rhône (Site des Rivières Cévenoles) – Observatoire Hydrométéorologique Méditerranéen Cévennes-Vivarais (OHM-CV) Domaine Olivier de Serres à Mirabel en Ardèche, 6-7 juin 2017.

Martin P., Ayral P.-A., Canovas I., Cicille P., Didon-Lescot J.-F., Domergue J.-M., Douguédroit A., Grard N., Kamara S., Lopez C., Morardet S., Sauvagnargues S. (2017). De l'hydrologie populaire et participative : une nouvelle façon d'aborder la question du partage de l'eau en situation de basses eaux en France métropolitaine méridionale. Colloque Ressources en Eau & Changement Climatique, Impacts Anthropiques et Climatiques sur la Variabilité des Ressources en Eau, Eau-Société-Climat'2017 (ESC-2017), Hammamet le 2-4 Octobre 2017.

Martin Ph., Ayral P.-A., Canovas I., Cicille P., Didon-Lescot J.-F., Domergue J.-M., Douguédroit A., Grard N., Lopez Ch., Morardet S., Pottier B., Sauvagnargues S. (2017). De l'hydrologie populaire et participative à base expérimentale en situation de basses eaux en Cévennes (France) : le projet HydroPop. 7e colloque OPDE Montpellier, 26-27-octobre 2017.

Martin Ph., Ayral P.-A., Canovas I., Cicille P., Didon-Lescot J.-F., Domergue J.-M., Douguédroit A., Grard N., Lopez Ch., Morardet S., Pottier B., Sauvagnargues S. (2018). Mobilisation des populations cévenoles autour d'une évaluation précise des étiages en bassins versants de socle. Le projet HydroPop, Journée de l'OHM-CV et du GIS Draix-Bléone, Grenoble, 02 février 2018.

Ayral P.-A., Brachet N., Cicille P., Didon-Lescot J.-F., Domergue J.-M., Douguédroit A., Grard N., Lopez C., Martin P., Morardet S., Mvoula S., Pottier B., Sauvagnargues S., Spinelli R. (2018). Mise en œuvre d'une plateforme cartographique participative pour le suivi des basses eaux dans les Cévennes (France), 5ème conférence de l'Association Francophone de Géographie Physique, Coimbra, Portugal, 20-22 septembre 2018.

Ayral P.-A., Brachet N., Cicille P., Didon-Lescot J.-F., Domergue J.-M., Douguédroit A., Grard N., Lopez C., Martin P., Morardet S., Mvoula S., Pottier B., Sauvagnargues S., Spinelli R. (2018). Retours sur le volet participatif du projet de recherche HydroPop : Vers une hydrologie populaire et participative sur la question des basses eaux en Cévennes, Journée thématique dédiée aux Sciences Participatives, OSU OREME, Labex CeMEB, Key Initiative MUSE WATERS, Montpellier, Agropolis, le 5 octobre 2018.

8.5 Plateforme cartographique

<https://hydropop.mines-ales.fr>

9 Bibliographie

- ABRIC J.-C., 1984, L'artisan et l'artisanat : analyse du contenu et de la structure d'une représentation sociale, *Bulletin de Psychologie*, 37 (366), 861-876.
- ALBERT I., ANCELET S., DAVID O., DENIS J.B., MAKOWSKI D., PARENT E., RAU A., SOUBEYRAND S., 2015, *Initiation à la statistique bayésienne*. Ellipse éditeur, Paris, coll. BioBayes, 333 p.
- ANADON M., COUTURE CH., 2007, La recherche participative, une préoccupation toujours vivace. In : La recherche participative, Presses de l'Université du Québec, p.3-7.
- ANADON M., SAVOIE – ZAJC L., 2007, La recherche action dans les pays anglo-saxons et latino-américains. In : La recherche participative, Presses de l'Université du Québec, p.11-30.
- AYRAL P.-A., POTTIER B., SAUVAGNARGUES S., BRACHET N., CICILLE P., DIDON-LESCOT J.-F., DOMERGUE J.-M DOUGUEDROIT A., GRARD N., LOPEZ CH., MARTIN PH., MORARDET S., MVOULA S., SPINELLI R., 2018, Mise en œuvre d'une plateforme cartographique participative pour le suivi des basses eaux dans les Cévennes (France), 5ème conférence de l'Association Francophone de Géographie Physique, Coimbra, Portugal, 20-22 septembre 2018.
- AYRAL P.-A., POTTIER B., SAUVAGNARGUES S., BRACHET N., CICILLE P., DIDON-LESCOT J.-F., DOMERGUE J.-M DOUGUEDROIT A., GRARD N., LOPEZ CH., MARTIN PH., MORARDET S., MVOULA S., SPINELLI R., 2019, Mise en œuvre d'une plateforme cartographique participative pour le suivi des basses eaux dans les Cévennes (France), *GeoEcoTrop*, 15p. in presse.
- BACHELARD G., 1934, La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective. Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 5e édition, 1967. Collection : Bibliothèque des textes philosophiques, 257 pages.
- CABANEL P. (sous la direction de), 2014, *Les Cévennes au XXIe siècle, une renaissance*. Éditions Alcide Nîmes et Club cévenol, 186 p.
- CANOVAS I., 2016. *Modélisation de la montée vers un état critique de la situation de basses eaux sous forçages naturel et anthropique en région méditerranéenne*. Thèse de doctorat, Avignon, 387 p.
- CANOVAS I., MARTIN PH., SAUVAGNARGUES S., 2016. Modélisation heuristique de la criticité des basses eaux en région méditerranéenne. *Physio-Géo*. Vol 10, 191–210.
- CALLICOTT J. B., 2011, *Pensées de la Terre, Méditerranée, Inde, Chine, Japon, Afrique, Amériques, Australie : la nature dans les cultures du monde*. Coll. Domaine sauvage, Wildproject éditeur, 392 p.
- COUTELLE L., 2015, *La science au pluriel. Essai d'épistémologie pour des sciences impliquées*. Quæ éditions, paris, 83 p.
- DIAMOND J., 2006, *Effondrement. Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*. Coll. nrf Essais, Gallimard éditeur, Paris, 648 p.
- DUBUS N., DUBUS J., 2011, *La sécheresse au Sahel. Vers une gestion concertée*. Coll. Territoire, Hermès — Lavoisier éditeur, Paris, 318 p.
- FLAMENT C., 1962, L'analyse de similitude, *Cahiers du Centre de Recherche opérationnelle*, 4, 63-97.
- GAUTIER D., 1996, *Analyse des rapports entre l'organisation spatiale et la gestion des ressources renouvelables appliquées aux paysages de la châtaigneraie en Cévennes*. Thèse, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 352 p.
- GUILLUY CH., 2015, *La France périphérique. Comment on a sacrifié les classes populaires*. Coll. Champs actuel, Flammarion éditeur Paris, 185 p.
- HAKLAY M., 2015. Citizen Science and Policy: A European Perspective. Commons Lab, Science and Technology Innovation Program, *Woodrow Wilson International Center for Scholars, Case Study Series*. 4: 76 p.
- HOULLIER F., & MERILHOU-GOUDARD J.-B., 2016. *Les sciences participatives en France. États des lieux, bonnes pratiques et recommandations*, Ministères de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Paris, France, 63 p.
- HUYBENS N., 2007, Inscrire la recherche scientifique dans le laboratoire de la vie : deux exemples. Le Consortium de recherche sur la forêt boréale et la Chaire en écoconseil. In : La recherche participative, Presses de l'Université du Québec, p.185-202.
- JODELET D., 1991, *Les représentations sociales*, Paris, PUF.
- LINTON J., BUDDS J., 2014, «The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water», *Geoforum*, 57, p. 170-180.
- LÊ NGUYỄN HOANG, 2018, La formule du savoir. Une philosophie unifiée du savoir fondée sur le théorème de Bayes. EDP Sciences éditeur, Paris, 400 p.
- LOWRY CH., FIENEN M. N., 2012. CrowdHydrology: Crowdsourcing Hydrologic Data and Engaging Citizen Scientists. *Groundwater*. 51-1: 151-156.
- MAFFESOLI M., 2017, *Écosophie. Une écologie pour notre temps*. Éditions du Cerf, Paris, 251 p.
- MARTONNE (DE) E., 1927, Regions of interior drainage. *The Geographical Review*, New York, 18 p.
- MARTIN PH., 2016 Modélisation des longueurs des périodes sans pluies supérieures à différents seuils de la chronique de Marseille (1864-2008), *Physio-Géo*, Volume 10, 1, 81-104. <https://physio-geo.revues.org/4805>
- MARTIN PH., 2018, Esthétique des phénomènes extrêmes et construction sociale de la sécheresse. Communication sous forme de poster et de résumé étendu, 3 p, ISRiver 2018, Lyon 4-8 juin. [HTTP://WWW.GRAIE.ORG/ISRIVERS/DOCS/PAPERS/2018/2P249-366MAR.PDF](http://www.graie.org/isrivers/docs/papers/2018/2P249-366MAR.PDF)
- MARTIN PH., 2019, Modélisations parétiennes des longueurs des périodes sans pluies. Mise en œuvre avec des chroniques méditerranéennes. XXXIe Colloque international de l'AIC : Le changement climatique, la variabilité et les risques climatiques. Thessalonique, Grèce, Université Aristote, Département de météorologie et climatologie éditeurs, p. 499-504.

Hydropop-1 : Rapport final

- MARTIN PH., Soumis, Le Modèle Hydrologique Différentiel (MHD. Application d'une nouvelle méthode d'analyse aux cycles et récessions : exemple de ceux de la Fontaine de Vaucluse mesurés entre 1966 et 2014. *Karstologia*.
- MARTIN PH., KABO R., 2015, Variations du débit de la Fontaine de Vaucluse entre 1877 et 2014. Évolutions tendanciennes. *Karstologia* n° 66, p.37-47.
- MARTIN PH., AYRAL P-A., CANOVAS I., CICILLE P., DIDON-LESCOT J-F., DOMERGUE J-M., DOUGUEDROIT A., GRARD N., KAMARA S., LOPEZ C., MORARDET S. & SAUVAGNARGUES S. 2017. De l'hydrologie populaire et participative : une nouvelle façon d'aborder la question du partage de l'eau en situation de basses eaux en France métropolitaine méridionale, *Eau-Société-Climat '2017 (ESC-2017)*, Hammamet le 2, 3 et 4 Octobre 2017, 6p.
- MARTIN PH., AYRAL P.-ALAIN, SAUVAGNARGUES S., DIDON-LESCOT J.-F., 2019, HydroPop : un programme d'hydrologie populaire et participative déployé en Cévennes entre 2015 et 2020. Colloque OPDE 2019 Clermont-Ferrand 15 et 16 octobre 2019, « Comment adapter et hybrider les démarches participatives dans les territoires ? », livre des résumés, 2 p.
- MOSCOVICI S., 1961, *La psychanalyse son image son public*, Paris, Presses universitaires de France.
- MVOULA-NTSOU MOU S., 2018, *Étude des basses eaux en régions méditerranéennes : Constitution d'une base de données et premières analyses hydrologiques*, Mémoire de Master 2 Observation de la Terre et Géomatique, Université de Strasbourg, Mémoire réalisé à IMT Mines Alès, 71 p.
- POTTIER B., 2017, *Élaboration d'une plateforme cartographique participative sur le suivi des basses eaux dans le bassin versant des Gardons*, Mémoire de Master 2 Carthagéo, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, Université Paris Diderot, ENSG, Mémoire réalisé à IMT Mines Alès, 68 p.
- SOUQUE B., 2016, *Vers une stratégie fondamentale et appliquée dans le nouveau site atelier des Rivières cévenoles de la ZABR*. Mémoire de fin d'étude d'élève ingénieur, École des mines d'Alès, Université d'Avignon – UMR ESPACE, P-A-Ayral et Ph. Martin Directeurs, 106 p.
- NÆSS A., 1989, *Écologie, communauté et style de vie*, Éditions Dehors, Paris, nouvelle traduction d'AFEISSA Hicham-Stéphane, 2013, 395 p.
- NÆSS A., 1996, *Une écologie pour la vie. Introduction à l'écologie profonde*. Coll. Anthropocène, éditions du Seuil, Paris, textes réunis par Hicham-Stéphane AFEISSA, 2017, 352 p.
- RECLUS E., 1869, Histoire d'un ruisseau. Réédition Actes Sud éditeur, Arles, 1995, 217 p.
- SEBILLOTTE M., 2007, L'analyse des pratiques. Réflexions épistémologiques pour l'agir du chercheur. In : La recherche participative, Presses de l'Université du Québec, p.49-87.
- VIDAL DE LA BLACHE P., 1913, Des caractères distinctifs de la géographie. *Annales de géographie*, n° 124, p.289-299.
- VERGÈS P., 1970, *Analyse de similitude et méthode des graphes appliquées aux réalités socio-économiques*. Rapport. Laboratoire L.-J. Lebreton (ERA 122), CNRS.