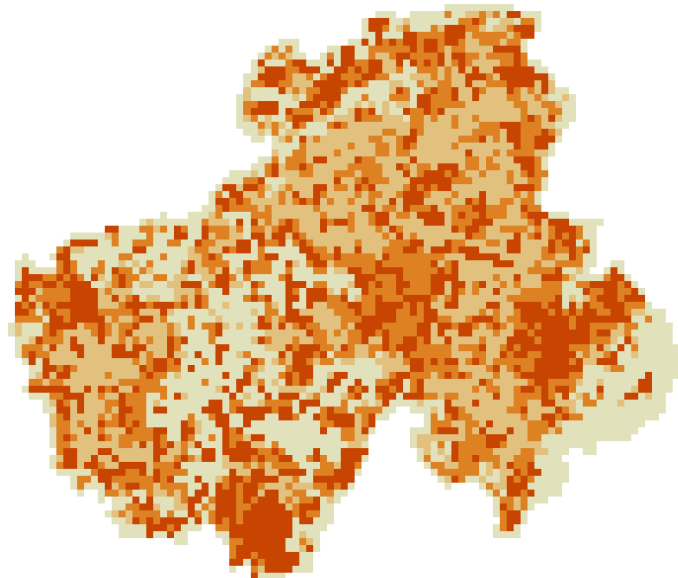


Master 2 Biodiversité, écologie et évolution – parcours
Aménagement des Territoires et Télédétection

Identification de secteurs prioritaires pour la conservation en Haute-Savoie

Septembre 2018



Laetitia LEGER

Maitres de stage :

Sophie VALLEE, *chargée de mission conservation au Conservatoire Botanique National Alpin*

Guillaume COSTES, *géomaticien à Asters – Conservatoire d'Espaces Naturels de Haute-Savoie*

Conservatoire Botanique National



Table des matières

LISTE DES FIGURES	4
LISTE DES TABLEAUX	4
INDEX DES ABREVIATIONS UTILISEES	5
REMERCIEMENTS	5
I) INTRODUCTION	6
A) Contexte général.....	6
B) Contexte du stage	6
C) Présentation des structures d'accueil	8
1) Conservatoire Botanique National Alpin	8
2) Asters – Conservatoire d'Espaces Naturels de Haute-Savoie	8
II) METHODOLOGIE	8
A) Bibliographie.....	8
B) Données disponibles	8
C) Cartographie des habitats	9
D) Indicateurs	13
1) Choix de la maille de travail.....	13
2) Enjeu flore	14
3) Enjeu habitats & écologie du paysage	16
4) Menaces	20
E) Logiciels d'aide à la décision en matière de conservation	21
1) Choix du logiciel.....	21
2) Inputs.....	21
3) Paramétrages utilisés	22
4) Poids des indicateurs.....	23
5) Récapitulatif des différents paramétrages testés.....	23
F) Etude de la corrélation des indicateurs et des résultats.....	24
G) Etude de la connectivité : logiciel GRAPHAB	24
III) RESULTATS	25
A) Secteurs prioritaires pour la conservation.....	25
B) Etude de la corrélation des différents indicateurs et des résultats.....	28
C) Secteurs prioritaires pour la connectivité.....	28
D) Rédaction de fiches descriptives pour les secteurs prioritaires	29
IV) ANALYSE ET DISCUSSION	29
V) CONCLUSION.....	32
BIBLIOGRAPHIE.....	34
ANNEXES	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Nombre d'observations flore par hectare par maille d'1km ²	9
Figure 2 : Décalage entre les couches de la pré-cartographie et de l'OSO	11
Figure 3 : Carte d'occupation des sols produite.....	13
Figure 4 : Richesse spécifique de la flore par relevé	14
Figure 5 : Richesse en espèces de la stratégie flore par relevé	15
Figure 6 : Richesse en espèces patrimoniales par relevé.....	16
Figure 7 : Répartition des habitats prioritaires	16
Figure 8 : Indice de naturalité	18
Figure 9 : Indice de fragmentation (effective mesh size).....	19
Figure 10 : Distance euclidienne aux routes et sentiers (m).....	20
Figure 11 : Extrait du fichier de biodiversity features list	22
Figure 12 : Extrait du fichier des run settings	22
Figure 13 : Sorties exécutées dans Zonation.....	24
Figure 14 : Cartes de hiérarchisation du logiciel Zonation.....	26
Figure 15 : RNN et les 10% des mailles prioritaires	27
Figure 16 : 1% des mailles prioritaires pour la conservation	27
Figure 17 : Etude de la connectivité via les chemins de moindre coût.....	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Limites moyennes des étages de végétation utilisées	12
Tableau 2 : Indice de naturalité en fonction de l'occupation du sol.....	17
Tableau 3 : Classes utilisées pour le calcul d'effective mesh size	19
Tableau 4 : Poids des différents indicateurs	23
Tableau 5 : Valeur de résistance des différentes occupations du sol.....	24
Tableau 6 : Matrice de corrélation des indicateurs utilisés	28

INDEX DES ABREVIATIONS UTILISEES

APPB : Arrêté Préfectoral de Protection du Biotope
CBNA : Conservatoire Botanique National Alpin
CEN : Conservatoire d'Espaces Naturels
CESBIO : Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère
CT ENS : Contrat de Territoire Espaces Naturels Sensibles
CS ENS : Contrat de Site Espaces Naturels Sensibles
CPO : Convention Pluriannuelle d'Objectifs
ENS : Espaces Naturels Sensibles
EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale
LECA : Laboratoire d'écologie alpine
LPO : Ligue de Protection des Oiseaux
MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle
NDSI : Normalized Difference Snow Index
NDVI : Normalized Difference Vegetation Index
OSO : Occupation du Sol
PLU : Plan Local d'Urbanisme
RGD : Régie de Gestion des Données des Pays de Savoie
RNN : Réserve Naturelle Nationale
RPG : Registre Parcellaire Graphique
SCOT : Schéma de Cohérence Territoriale
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique
ZPS : Zone de Protection Spéciale
ZSC : Zone Spéciale de Conservation

REMERCIEMENTS

Je tiens particulièrement à remercier mes encadrants, Sophie VALLEE et Guillaume COSTES, pour m'avoir accordé leur confiance pour mener à bien ce projet. Je les remercie également de s'être montrés disponibles pour échanger avec moi et m'apporter leurs connaissances dans leur domaine respectif durant ce stage.

Je remercie également Marc ISENMANN, Gilles PACHE, Véronique BONNET et Jean-Michel GENIS du CBNA pour leur aide et leurs conseils avisés.

Enfin, un grand merci aux équipes du CBNA et d'Asters pour leur accueil, leur bienveillance et leur bonne humeur.

I) INTRODUCTION

A) Contexte général

La Terre connaît actuellement une nouvelle crise biologique avec l'accélération significative du taux d'extinction des espèces en lien avec la surexploitation des ressources naturelles et le changement climatique. En France métropolitaine, sur 6 500 taxa évalués, 23% seraient menacés au niveau national (INPN, 2018). La **biodiversité**, qui correspond à la diversité de l'ensemble du monde vivant, est ainsi fortement affectée. Or, cette diversité est essentielle pour assurer les différents **services écosystémiques** tels que la résilience des écosystèmes face aux perturbations, la production de ressources alimentaires ou encore la régulation des maladies et des parasites (Balvanera *et al.*, 2006). Le maintien de ces services écosystémiques n'est donc pas uniquement fondamental pour la nature mais l'est également pour l'Homme.

En réponse à ces nouveaux enjeux, la **biologie de la conservation** a connu un essor vers le milieu du XXème siècle. Ce champ scientifique traite de l'évolution de la biodiversité et tente de déterminer des méthodes pouvant conduire à sa restauration. L'un des premiers moyens mis en œuvre historiquement a été l'établissement de zones de protection afin de préserver la biodiversité. Aujourd'hui, de nombreuses initiatives internationales agissent en ce sens, telle que la Convention Ramsar qui œuvre pour la protection des zones humides. La **désignation de zones à protéger**, outre les aspects politiques et économiques, s'appuie sur des critères biologiques et écologiques relativement variés, déterminés selon les enjeux définis pour chaque projet. Cette sélection de critères est une étape primordiale en conservation car ceux-ci permettent de hiérarchiser et prioriser les zones à enjeux en optimisant les ressources disponibles. Les éléments de conservation les plus employés concernent la présence d'espèces d'intérêt patrimonial ou l'importance du site pour certains stades de vie biologiques (accouplement, nidification, etc.). A l'inverse la présence d'habitats sensibles et fragiles est un critère moins répandu (Asaad *et al.*, 2017).

A l'échelle départementale, les conseils départementaux appliquent, dans le cadre de leurs compétences définies par le code de l'urbanisme (articles L-113-8, L-113-10 et L-113-14, **Annexe 2**), la **politique Espaces Naturels Sensibles** (ENS) dans le but d'assurer la protection des milieux naturels et des paysages. La labélisation d'un site ne signifie cependant pas la mise sous cloche de la zone. En effet, les ENS ont vocation à être aménagés afin d'être accessibles au public (sauf exception justifiée par la fragilité du milieu naturel). Afin de mettre en place cette politique, les départements disposent d'outils non réglementaires : la **Taxe Départementale d'Aménagement** (outil financier permettant de financer l'acquisition et la gestion de terrains dans le cadre des ENS) et le **droit de préemption** (outil foncier permettant la création de zones de préemption en accord avec la commune ou l'établissement public de coopération intercommunale (EPCI) concerné).

B) Contexte du stage

La Haute-Savoie est l'un des départements français présentant la richesse spécifique la plus importante. Avec près de 3 300 espèces de plantes, elle abrite environ un tiers de la flore vasculaire française. Cette diversité importante s'explique par la situation géographique de la Haute-Savoie (**Annexe 3**), département localisé à l'est de la France, entre les domaines biogéographiques continental et alpin. Ce dernier représente plus des trois quarts du département. Les influences de ces domaines, associées à une diversité géologique et un gradient altitudinal élevé (de 250 à 4 809 m d'altitude) confèrent à la Haute-Savoie une **très grande diversité d'habitats**, dont une forte proportion identifiés comme rares ou menacés. De plus, les massifs alpins présentent des conditions climatiques extrêmes (précipitations, gel, vents, ultraviolets, etc.) qui impliquent des adaptations de la flore et de la faune et contribuent à un taux d'endémisme marqué dans les Alpes.

La Haute-Savoie présente cependant de fortes pressions sur les espaces naturels et les paysages. Comme dans de nombreuses autres régions françaises, l'**urbanisation** y est croissante et est consommatrice d'espaces agricoles et naturels avec environ 200 hectares de sols artificialisés chaque année. Elle contribue à la fragmentation des habitats et diminue ainsi leur connectivité. De plus, le département fait face à l'évolution des pratiques agricoles avec, selon les secteurs, une **intensification de l'agriculture** (accroissement du nombre de têtes par troupeau, augmentation de l'utilisation de fertilisants et des traitements phytosanitaires) ou une **déprise agricole** (alpages en particulier) qui participent à l'érosion de la biodiversité locale. Les espaces naturels subissent également une **fréquentation touristique croissante** avec le développement des sports de montagne estivaux qui contribuent à leur dégradation. Le dérangement de la faune, qui était alors limité à la saison hivernale dans les stations de sports d'hiver, est maintenant continu tout au long de l'année. De plus, les pratiques hivernales en hors-piste augmentent ces dernières années, notamment avec la démocratisation du ski de randonnée. Or, l'hiver est une saison où la nourriture se raréfie et où le dérangement de la faune est d'autant plus néfaste à cette période où les animaux doivent limiter leurs dépenses énergétiques pour survivre. Par ailleurs, le **changement climatique** est particulièrement marqué dans les Alpes et conduit notamment au recul des glaciers et à la modification des étages de végétation. Certaines espèces sont capables de s'adapter localement grâce à leur plasticité ou de se déplacer afin de retrouver des conditions correspondant à leur niche écologique en migrant plus au nord ou à une altitude plus élevée. Ainsi, on assiste depuis quelques années à l'augmentation de la richesse spécifique floristique dans les montagnes européennes (Steinbauer *et al.*, 2018), accompagné du verdissement des étages alpins dans les Alpes en lien avec l'augmentation de la période de végétation (Carlson *et al.*, 2017). Cependant, la rapidité du phénomène de changement climatique risque de ne pas laisser assez de temps aux espèces pour mettre en place ces stratégies. Ainsi, en zones d'altitude, le risque d'extinction estimé pourrait atteindre 20 voire 30 % (Schéma des Espaces Naturels Sensibles de Haute-Savoie, 2016).

Afin de protéger les espaces naturels de Haute-Savoie de ces pressions, le conseil départemental a mis en place différents outils contractuels via la politique ENS : les **Contrats de Territoires** ENS (CT ENS) et les **Contrats de Sites** ENS (CS ENS). Les premiers s'inscrivent au niveau intercommunal tandis que les seconds sont associés à un périmètre défini, plus restreint, et possèdent un plan de gestion précis. Les objectifs en termes de CT ENS ont été rapidement atteints, dépassant même les ambitions du Conseil Départemental, et ceux-ci couvrent désormais la quasi-totalité du département. Les orientations du conseil départemental de Haute-Savoie en termes de politique ENS se concentrent aujourd'hui vers les CS ENS. Afin de déterminer les zones pouvant faire l'objet de ce type de convention, un projet a été développé en collaboration avec le conseil départemental de Haute-Savoie, le Conservatoire Botanique National Alpin (CBNA) et Asters, le Conservatoire d'Espaces Naturels de Haute-Savoie. Il s'inscrit dans le cadre de la Convention Pluriannuelle d'Objectifs (CPO) entre le conseil départemental de la Haute-Savoie et ces deux structures. Dans cet objectif, un stage a été proposé dans le but de **définir des secteurs prioritaires pour la conservation en Haute-Savoie à partir des données spatiales disponibles**.

Initialement, quatre enjeux basés sur une approche écologique ont été identifiés avant le début du stage : la faune, la flore, les habitats et la connectivité.

Les attentes du département et des structures d'accueil pour ce stage étaient la compilation des données disponibles, la construction d'une méthodologie permettant d'identifier des secteurs prioritaires pour la conservation et une proposition de hiérarchisation de ces secteurs. D'un point de vue plus politique, ce stage co-encadré est également l'occasion d'améliorer la collaboration entre les différents partenaires départementaux.

C) Présentation des structures d'accueil

1) Conservatoire Botanique National Alpin

Le Conservatoire Botanique National Alpin fait partie des 11 conservatoires botaniques nationaux agréés. Il exerce 4 missions définies dans son agrément par le Code de l'environnement : la connaissance de la flore sauvage et des habitats naturels et semi-naturels, l'identification et la conservation des éléments rares et menacés, l'appui technique et scientifique aux collectivités et établissements publics ainsi que l'information et l'éducation du public. Son territoire d'intervention s'étend sur 7 départements des régions Rhône-Alpes (Ain, Drôme, Isère, Savoie et Haute-Savoie) et Provence-Alpes-Côte d'Azur (Hautes-Alpes, Alpes-de-Haute-Provence), dont la moitié est située en domaine biogéographique alpin. Ce syndicat mixte compte une trentaine de salariés. Son siège se situe à Gap (Hautes-Alpes) mais il existe également deux antennes locales : Chambéry (Savoie) et Pringy (Haute-Savoie).

2) Asters – Conservatoire d'Espaces Naturels de Haute-Savoie

Asters est une association de loi 1901 disposant d'un agrément « Conservatoire d'Espaces Naturels agréé » pour le département de la Haute-Savoie, renouvelable pour 5 ans. Ses actions s'articulent autour de quatre missions : la préservation et la gestion des milieux naturels et des espèces, le conseil et l'accompagnement des politiques territoriales, l'expertise scientifique et technique, et la pédagogie et la communication. Asters gère ainsi actuellement 41 sites dont les 9 réserves naturelles nationales (RNN, **Annexe 3**) de Haute-Savoie. 13 de ces sites sont propriétés du Conservatoire. Une quarantaine de salariés travaillent dans cette structure. Ceux-ci se répartissent entre le siège social de Pringy et les 7 antennes localisées à proximité des réserves naturelles.

II) METHODOLOGIE

A) Bibliographie

En premier lieu, un travail de recherche bibliographique a permis de réaliser une **synthèse des indicateurs** pouvant être employés pour définir des zones de biodiversité à protéger (**Annexe 4**). Cette revue de la littérature a servi de base de travail pour définir les indicateurs à utiliser dans ce projet. Les principaux critères de sélection de ceux-ci ont été : l'adéquation avec nos enjeux et objectifs, la disponibilité des données, le temps disponible ainsi que la valorisation des travaux existants des structures.

B) Données disponibles

Les **données faune** n'ont finalement pas pu être utilisées lors de ce stage. En effet, Asters dispose de peu de données faune à l'échelle départementale, cependant, les sites gérés par Asters sont bien couverts. Mi-mars, une réunion a été tenue avec la LPO Haute-Savoie afin de réactualiser la convention de partage des données avec Asters (jusqu'alors seules les données localisées sur les sites gérés par Asters étaient transmises). Etant donné le temps de la mise en place de cette nouvelle convention et du fait que les données de la LPO ne seront pas transmises de manière brute mais transformée (ex : nombre de taxa par maille), il a été décidé de se concentrer dans un premier temps sur les **données flore**. Celles-ci sont issues pour une grande part des données du CBNA. En amont du stage, Asters a également transmis ses données flore au CBNA qui les a compilé aux siennes. Cette dernière étape a été relativement longue et l'extraction des données complètes et standardisées pour le département n'a été disponible qu'à partir du 30 mai au format txt. Par ailleurs, cet échange de données facilitera la préparation des futurs suivis pour les chargés de missions de deux structures.

Seules les données au format shapefile polygone ou point, postérieures à 1990 ont été retenues afin d'écartier les données trop anciennes dont la détermination a pu être remise en cause depuis. Concernant l'imprécision des données, elle est calculée comme le rayon du cercle circonscrit lorsque l'observation est sous forme de polygone. La maille de travail choisie pour ce projet étant une maille d'1km², un seuil d'imprécision a été défini arbitrairement pour ne conserver que les données les moins imprécises. On compte ainsi 481 393 observations de 2 813 taxa différents sur le département. Ces données ne sont pas réparties uniformément sur le territoire (**Figure 1**) : elles apparaissent notamment plus nombreuses dans les RNN et les propriétés d'Asters que dans le reste du département. D'autres mailles, au contraire, sont exemptes d'observations (1196 sur 4858 mailles 1*1km). Une majorité des secteurs comportent moins de 5 observations à l'hectare tandis que pour certaines mailles l'on dénombre près de 200 observations. Il existe donc un important **biais d'observation** dans le département. Une maille comptabilise environs 4700 observations à l'hectare. Il s'agit en réalité d'une zone au nord en bordure qui ne contient que deux observations mais qui a une superficie très restreinte (4m²), ce qui explique le nombre important obtenu lors de la normalisation par l'aire de la maille. Par ailleurs, une synthèse détaillée des données sur la flore vasculaire du département réalisée par le CBNA est disponible dans le bilan 2018 de la CPO entre le CBNA et le Conseil Départemental de Haute-Savoie (Isenmann *et al.*, 2018).

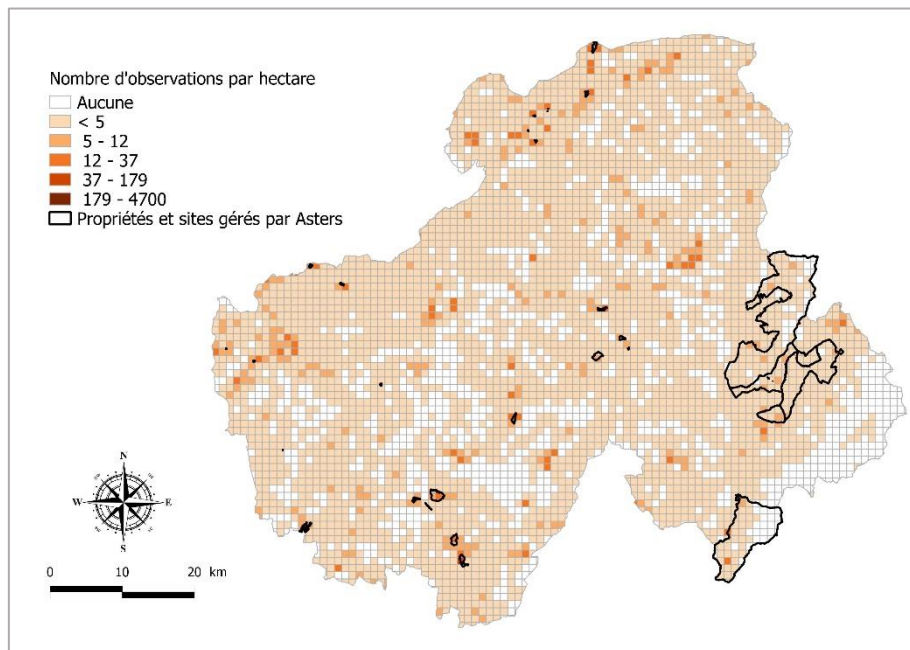


Figure 1 : Nombre d'observations flore par hectare par maille d'1km² (Sources : Asters et CBNA)

C) Cartographie des habitats

L'utilisation d'indicateurs liés aux habitats nécessite une cartographie des habitats couvrante sur le département. Or, il n'existe aucune carte complète, si ce n'est à l'échelle des zones Natura 2000. Dans un premier temps, il avait été envisagé de réaliser une cartographie d'habitats potentiels en intégrant les données d'observations flore. L'idée était de réaliser des listes d'espèces indicatrices pour chaque type d'habitat et d'attribuer cet habitat aux polygones de segmentation du paysage présentant ce cortège d'espèces. Après discussion avec des botanistes du CBNA, ce projet de cartographie s'est révélé trop ambitieux au vu du temps imparti et du manque de connaissances. En effet, les données sont trop peu nombreuses et beaucoup de polygones ne contiennent pas d'observations. De plus, la sélection d'espèces diagnostiques pour chaque habitat est un travail chronophage qui doit être réalisé par des experts.

Finalement, une **cartographie d'occupation du sol** plus simple a été réalisée, mais toujours avec l'objectif d'obtenir des catégories plus fines que celles des cartographies disponibles. Les polygones utilisés sont issus d'une pré-cartographie produite par segmentation d'orthophotographies pour le projet national CarHAB constituée de plus d'un million de polygones. Cette couche possédait déjà quelques catégories d'occupation du sol (bâti, routes, voies ferrées, eau, vigne, verger et une vingtaine de classes de forêts comparables à celles de la BD Forêt). Afin de réattribuer des catégories d'occupation du sol aux autres polygones, plusieurs couches de sources diverses ont été croisées (références en **Annexe 5**) au moyen des logiciels PostgreSQL grâce à l'extension spatiale PostGIS, d'ArcGIS et de QGIS. La quasi-totalité des étapes ont été faites via PostgreSQL. Des indexes spatiaux ont été créés afin d'optimiser les requêtes. Des extraits de scripts SQL sont fournis en **Annexe 6**. Les grandes étapes de la construction de la cartographie sont décrites ci-après.

Milieus artificialisés

Bien que le niveau de segmentation le moins fin de la pré-cartographie ait été utilisé, les zones urbaines étaient très découpées (chaque bâtiment constituait un polygone). Compte tenu qu'un tel niveau de détail n'est pas nécessaire à ce projet en zones bâties, une autre couche a été utilisée pour cette catégorie. La carte d'occupation réelle du sol 2012 (RGD) apparaît en effet plus à jour pour la délimitation des zones artificialisées tout en étant constituée de moins de polygones. La pré-cartographie a donc été découpée avec cette couche avec ArcMap (le temps d'exécution étant plus rapide que sous PostgreSQL ou QGIS), puis les polygones de la RGD ont été fusionnés à la pré-cartographie. On obtient ainsi des polygones de zones artificialisées de plus grande taille, ce qui permet de réduire le temps de calcul lors d'exécution de requêtes SQL. A noter qu'il est nécessaire de réattribuer de nouveaux identifiants après chaque étape de découpe. Les milieux artificialisés étant d'intérêt moindre pour ce projet, les catégories ont été simplifiées pour ne conserver que deux sous-catégories : le bâti et les surfaces imperméables (bâti, routes, voies ferrées, zones industrielles et commerciales) et les espaces verts artificialisés.

Vignes, vergers et eau

Les vignes et vergers étant déjà renseignés dans la pré-cartographie ces catégories n'ont pas été modifiées.

Forêts

Les catégories existantes correspondant globalement à la BD Forêt, elles ont été conservées telles quelles. Seule la catégorie « Mutations récentes » issue de la cartographie de la RGD a été ajoutée par découpage et fusion car elle constitue une information précieuse. Les polygones dont le champ d'occupation du sol était « Jeune peuplement ou coupe rase ou incident » ont été réattribués en « Mutations récentes ».

Haies et cordons forestiers

Les haies étant des éléments du paysage très importants pour la trame verte, l'étape suivante a consisté à incorporer les polygones de la BD Topo catégorisées en haie ou en bois dans la pré-cartographie de la même manière que pour les zones artificialisées.

Cultures d'été, cultures d'hiver, surfaces minérales et neige/glaciers

Les cultures, les zones rocheuses, la neige et les glaciers sont des éléments qui se détachent facilement du paysage et qui sont donc généralement bien segmentées (hors nuages). C'est la cartographie vectorisée de l'OSO 2016 (CESBIO) qui a été utilisée pour renseigner ces catégories. Pour les cultures, le CBNA et Asters disposaient de la couche du RPG mais comme l'OSO a déjà été comparé à celle-ci elle lui a été préférée afin de réduire le nombre de sources d'informations. Pour attribuer la bonne occupation du sol, des tables intermédiaires ont été créées dans PostgreSQL. Tout

d'abord, pour chacune des catégories, une table contenant l'identifiant des polygones de la pré-cartographie ainsi que la surface de recouvrement entre ces polygones et ceux de la catégorie associée ont été générées. Ces cinq tables ont ensuite été fusionnées selon l'identifiant de la pré-cartographie et un champ représentant la surface totale du polygone a été ajouté. On obtient donc une table avec six champs : l'identifiant du polygone de la pré-cartographie, la surface de culture d'été, la surface de culture d'hiver, la surface de surfaces minérales, la surface de neige ou glacier et la surface totale du polygone. L'on considère que l'occupation du sol d'un polygone correspond à l'une des catégories si la surface d'intersection de cette catégorie est supérieure ou égale à la moitié de la surface du polygone.

Cependant, les contours départementaux de la couche vectorisée de l'OSO étant relativement simplifiés comparés à ceux de la segmentation utilisée, l'attribution d'occupation du sol aux polygones de cette dernière a été plus complexe pour les bordures (**Figure 2**). Au niveau des limites départementales françaises, le problème a été résolu assez facilement en téléchargeant les couches de l'Ain et de la Savoie et en appliquant ensuite la même méthodologie d'attribution. Cependant, pour les frontières italienne et suisse, un travail de photo-interprétation associé à l'utilisation de la couche raster de l'OSO a été nécessaire pour réattribuer manuellement une occupation du sol aux polygones.

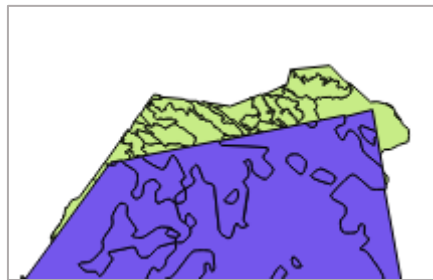


Figure 2 : Décalage entre les couches de la pré-cartographie (en vert) et de l'OSO (en bleu)
(Sources : IGN et CESBIO)

Zones humides, pelouses sèches et friches à molinie

Les zones humides, les pelouses sèches et les friches à molinie constituent des milieux reconnus comme habitats d'espèces patrimoniales. De plus, les zones humides sont des milieux jouant un grand rôle dans le fonctionnement des écosystèmes. Ces trois types de milieux bénéficient d'inventaires départementaux quasi exhaustifs auxquels Asters participe pour beaucoup. Ces habitats ont été répertoriés au format shapefile sous forme de polygones. Initialement, les polygones de la pré-cartographie dont la surface de recouvrement avec les polygones de ces habitats était d'au moins 75% devaient se voir attribuer la catégorie de milieu correspondant pour limiter le redécoupage de la pré-cartographie. Cependant, même en abaissant ce seuil à 50 puis 25%, une grande partie de l'information était perdue. En effet, d'un point de vue paysager, ces milieux ne se distinguent pas forcément des milieux adjacents, et n'ont donc pas été segmentés. Pour pallier à cela, la pré-cartographie a de nouveau été découpée puis fusionnée. Par ailleurs, les zones humides n'ont pas toutes la même importance d'un point de vue écologique et peuvent être de physionomies différentes. Des sous-catégories ont donc été créées. Si le polygone intersecte une zone de forêt la classe « Forêts humides » est attribuée, s'il intersecte avec des cultures il est considéré comme étant une « Culture humide », sinon il est inscrit simplement « Zones humides ».

Combes à neige

Les combes à neige sont des zones d'altitude où la neige persiste 8 à 10 mois par an, limitant fortement la période de végétation. Ainsi, il existe tout un cortège floristique adapté à ces milieux

particuliers. Il était donc intéressant d'intégrer cette catégorie à notre cartographie. En 2017, le CBNA a co-encadré avec le LECA un stage dont l'objectif était d'identifier des combes à neige à l'échelle de l'arc alpin. Un travail de télédétection basé sur un indice de végétation (NDVI) et d'enneigement (NDSI) a été réalisé puis croisé avec des données flore pour déterminer des mailles potentielles de présence de combes à neige de 100*100m (Meyer, 2017). Notre cartographie d'occupation du sol n'ayant pas un but esthétique mais pour objectif de permettre le calcul d'indicateurs, les mailles carrées ont été conservées telles quelles et intégrées à notre carte par découpage et fusion.

Pelouses, prairies et landes

Les dernières catégories d'occupations du sol sont des milieux ouverts : les pelouses, les prairies et les landes. Ces occupations du sol ont été attribuées avec la même méthode que pour les cultures, les surfaces minérales et la neige et les glaciers.

Polygones non attribués

A la suite de toutes ces étapes, de nombreux polygones demeurent sans occupation du sol. Souvent, il s'agit de très petits polygones issus des différents découpages. Attribuer manuellement une occupation du sol aurait été très long. C'est donc l'occupation du sol du polygone adjacent ayant la plus grande surface qui leur a été attribué. L'idéal aurait été de considérer l'occupation du sol du polygone dont la frontière avec le polygone sans attribut est la plus grande mais une telle requête est très complexe en SQL.

Altitude

En Haute-Savoie, la variation altitudinale est importante (plus de 4 000m). De par leurs conditions climatiques, les milieux d'altitude sont très différents des milieux de plaine, notamment en termes de cortèges floristiques. Les menaces qui s'exercent sur ces territoires sont également diamétralement opposées. L'urbanisation est moins pressante à l'exception des domaines de stations de ski qui ne cessent de s'étaler depuis les années 70 et qui étendent désormais leurs activités aux sports estivaux. Concernant l'agriculture, si elle entre en concurrence avec les espaces naturels pour l'occupation des sols en plaine, en montagne elle permet d'entretenir les alpages grâce aux troupeaux qui maintiennent les milieux ouverts. Ainsi, il apparaît important de faire la distinction entre les milieux ouverts de plaines et ceux d'altitude. Les catégories d'occupation du sol ont été précisées grâce à un MNT à 25m de la BD Alti. Cependant du fait du nombre de polygones et de leur taille parfois très réduite, l'attribution d'une altitude moyenne à chaque polygone de milieux ouverts n'a pas été possible sous SIG. A partir des limites des étages de végétation trouvées dans la littérature, trois vecteurs ont été générés à partir du MNT. Ces altitudes ne sont pas immuables : les étages de végétation varient énormément selon l'exposition, la latitude, etc. Il s'agit donc là de moyennes entre les limites moyennes de l'adret et de l'ubac dans les Alpes (**Tableau 1**). Le croisement des couches a ensuite été réalisé avec PostgreSQL selon la surface d'intersection entre les polygones des différents étages.

Etages de végétation	Altitude
Collinéen	< 1000 m
Montagnard	1000 – 1600 m
Subalpin et Alpin	> 1600 m

Tableau 1 : Limites moyennes des étages de végétation utilisées

Correction de la géométrie

Les découpes successives ont entraîné des erreurs de géométries qu'il a été nécessaire de corriger en simplifiant un peu les polygones tout en veillant à préserver le type de géométrie (des polygones ici).

Résultat

Finalement, on obtient une carte d'occupation du sol (**Figure 3**) avec 51 catégories d'occupation du sol. Deux niveaux intermédiaires ont été créés et un code associé à chaque libellé a été ajouté afin de simplifier les requêtes concernant les indicateurs. Les libellés et les codes sont listés en **Annexe 7**.

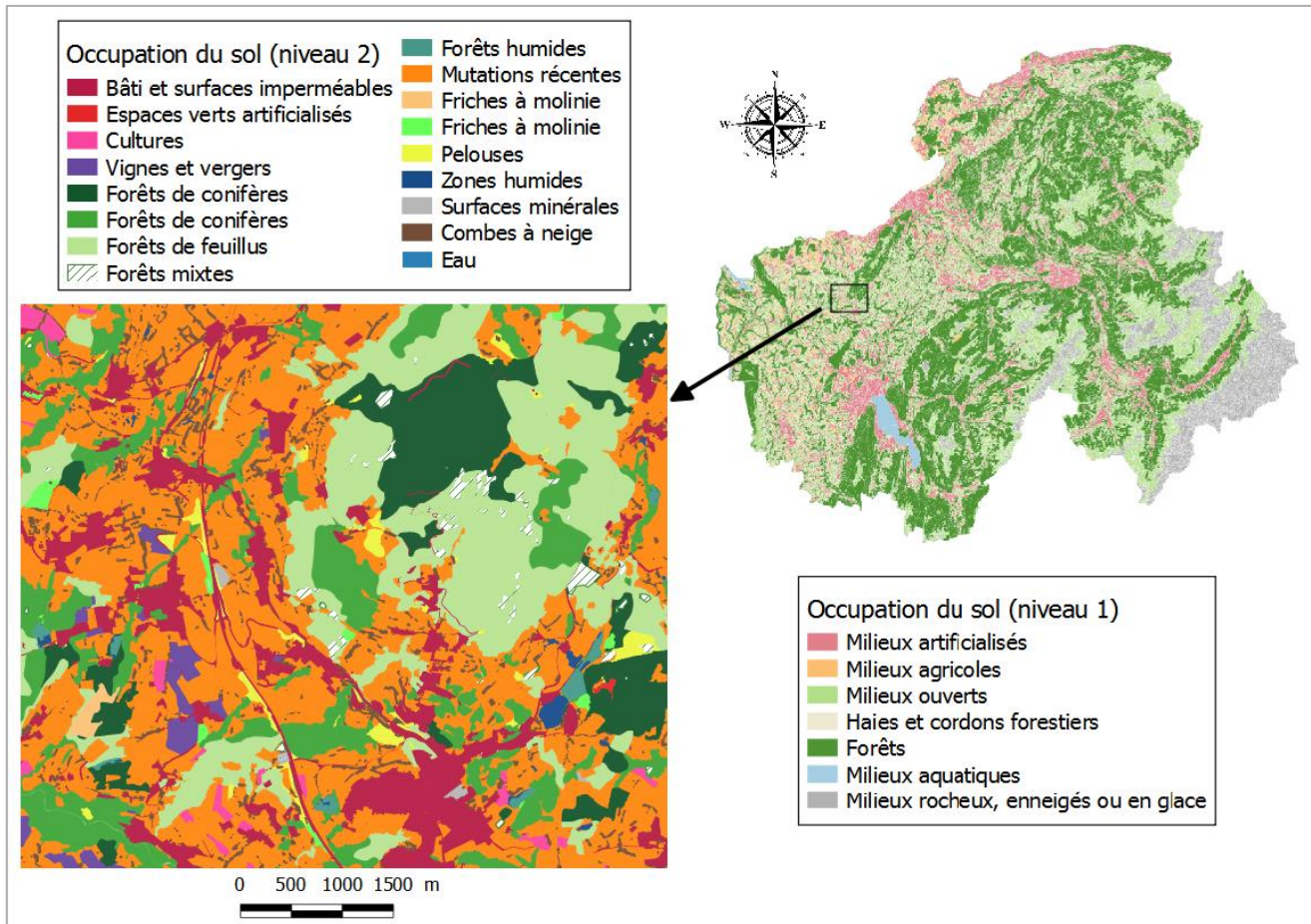


Figure 3 : Carte d'occupation des sols produite

D) Indicateurs

1) Choix de la maille de travail

Bien que la maille 5*5km soit souvent utilisée par les structures naturalistes pour présenter des résultats (atlas de la biodiversité...), le choix de l'échelle de travail s'est porté sur une **maille de 1*1km**. En effet, les sites à identifier ont pour vocation la mise en place de CS ENS, ce qui implique une superficie relativement restreinte. Cette taille de maille représente donc un bon compromis entre la nécessité d'obtenir des secteurs de faible superficie, le temps de traitement et l'imprécision de certaines données. Cela permet également d'obtenir un nombre de mailles plus conséquent sur le département (4 858 contre seulement 235 en mailles 5*5km). De manière logique, une maille en plaine de 1km² n'a pas exactement la même emprise au sol qu'une maille de 1km² en montagne du fait de la pente mais cette variation sera considérée négligeable dans le cadre de ce projet.

2) Enjeu flore

Richesse spécifique

Les espèces qualifiées de **patrimoniales** (menacées, rares, endémiques ...) sont le plus souvent bien prises en compte dans la désignation de secteurs à enjeux mais ce n'est pas toujours le cas d'espèces plus communes qui ont longtemps été considérées comme ne revêtant que de peu d'intérêt pour la conservation. Ces espèces sans statut particulier constituent pourtant la majorité des taxa et jouent ainsi un grand rôle en termes de services écosystémiques, notamment dans la résilience des écosystèmes. De plus, compte tenu des impacts anthropiques (pollution, urbanisation, fragmentation des milieux...), les espèces communes d'aujourd'hui constituent potentiellement les espèces menacées de demain, en atteste le déclin alarmant des oiseaux dans nos campagnes qui auraient perdu un tiers de leurs effectifs en 17 ans (Geffroy, 2018). Ainsi, de plus en plus d'études insistent sur la nécessité d'agir en amont et d'intégrer la **nature ordinaire** dans les projets de conservation. Un moyen simple de le faire est d'utiliser un indicateur de **richesse spécifique**. En effet, les zones les plus riches en taxa ne présentent pas forcément d'espèces patrimoniales. Cependant, il faut noter qu'hormis dans le cas de relevés exhaustifs, les espèces communes ne sont pas systématiquement notées dans les observations. Leurs effectifs sont donc très certainement sous-estimés.

Afin d'obtenir un indicateur de richesse spécifique limitant le **biais d'observation**, le nombre d'espèces par maille a été divisé par le nombre de numéros chrono répertoriés sur la maille. Un numéro chrono est un identifiant unique correspondant à un relevé précis. Cela ne permet cependant pas d'éviter tous les biais : l'**effort d'échantillonnage**, par exemple, est fortement corrélé à la méthode de relevé et varie énormément d'une observation à l'autre.

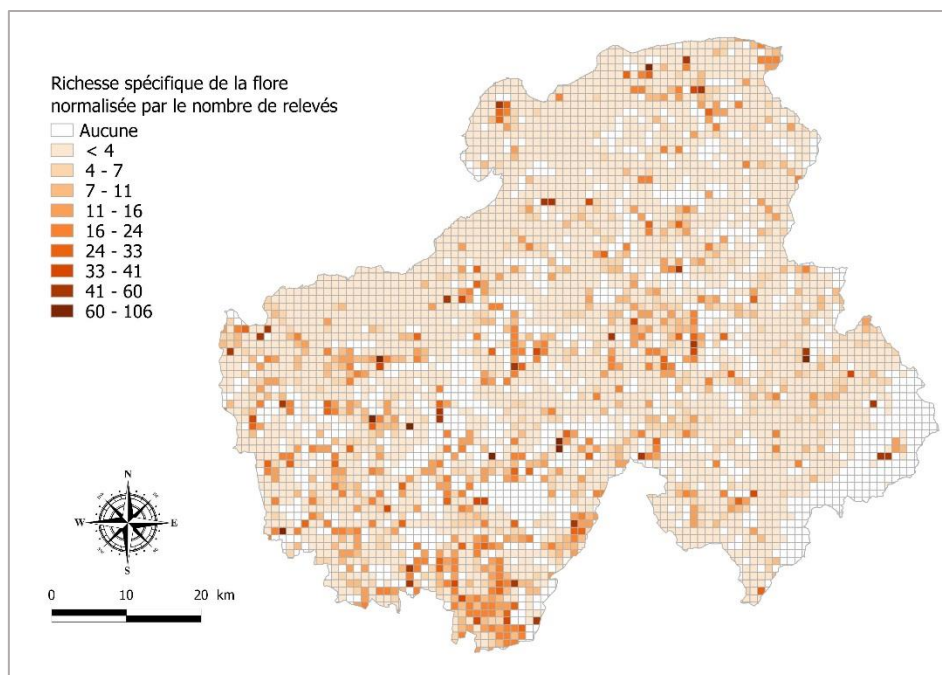


Figure 4 : Richesse spécifique de la flore par relevé en mailles d'1km² (Sources : Asters et CBNA)

La **Figure 4** présente la richesse spécifique normalisée par le nombre de relevés par maille en Haute-Savoie. Cette carte a été obtenue via PostgreSQL par croisement de la table d'observations et d'une table composée des mailles 1*1km (scripts en **Annexe 6**). On peut observer une richesse plus importante au sud-ouest. Certaines mailles ne présentent que 4 espèces tandis que certaines en comportent plus d'une centaine selon cet indice.

Priorisation et hiérarchisation des espèces

En conservation, il est nécessaire de prioriser et hiérarchiser car les **ressources sont limitées** (temps, argent...). Au niveau local, les seules listes classant les espèces disponibles sont les listes rouges régionales ou départementales. Cependant, celles-ci ne sont pas nécessairement suffisantes car basées généralement sur les critères UICN qui sont uniquement en lien avec le niveau de menace d'extinction de l'espèce.

- Stratégie de conservation de la flore

Afin de créer une liste plus intégrative, le CBNA a rédigé une « **stratégie de conservation de la flore en Rhône-Alpes** » (Bonnet *et al.*, 2016). Ce rapport présente une méthodologie de priorisation des espèces à l'échelle régionale et départementale en prenant en compte la vulnérabilité des taxa et la responsabilité du territoire. Cette méthodologie est une adaptation d'une méthodologie du MNHN (Savouré-Soubelet, 2015). Une centaine de taxa de la flore vasculaire ont été identifiés comme prioritaires pour le département de la Haute-Savoie. Cette liste a été réactualisée en 2018 et compte désormais 105 taxa (**Annexe 9**). Dans les données utilisées pour ce projet, 103 taxa sont présents et l'on dénombre 6 642 observations. Ces observations ont été croisées avec les grilles 1*1km pour obtenir le nombre d'observations d'espèces de la stratégie de conservation de la flore par maille (**Figure 5**) selon la même méthodologie que pour la richesse spécifique totale (**Annexe 8**). Afin d'accorder plus de poids aux mailles comportant le plus d'individus et avec une plus grande richesse spécifique en espèces de la stratégie de conservation, des rasters sont générés pour chaque taxon (**Annexe 10**).

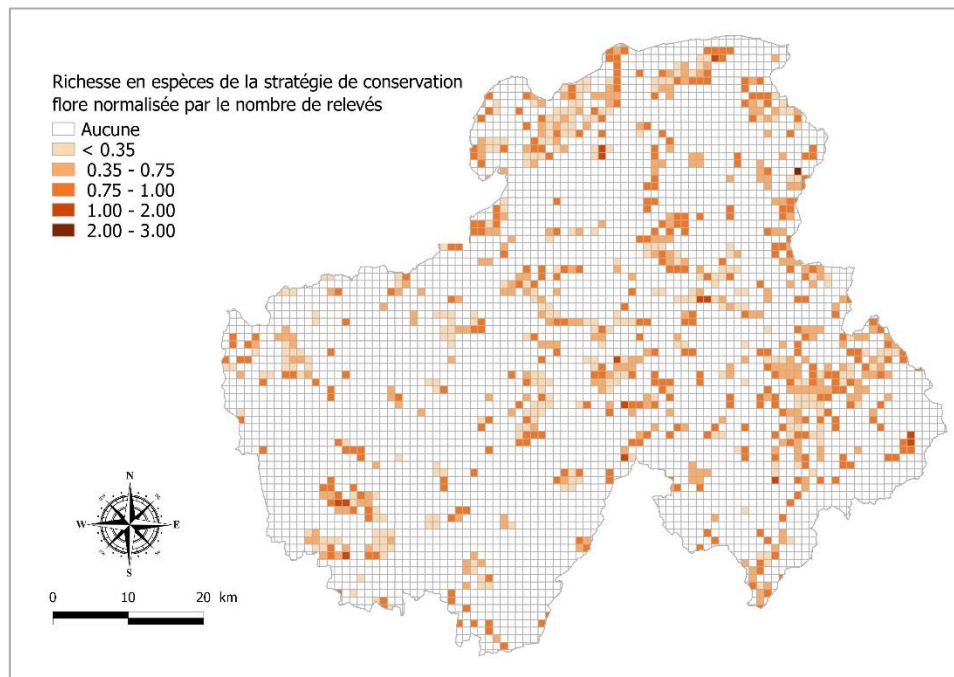


Figure 5 : Richesse en espèces de la stratégie flore par relevé (Sources : Asters et CBNA)

- Espèces patrimoniales

Le nombre d'espèces dans la liste de la Stratégie de conservation du CBNA est relativement réduit et cela représente assez peu d'observations sur le département. Afin de prendre en compte plus de taxa, une deuxième liste est créée. Elle contient des espèces identifiées comme **patrimoniales** au niveau local ou international, qu'elles possèdent un statut réglementaire ou non. Cette liste comprend les espèces citées dans les documents suivants :

- Livre Rouge National, tomes I et II
- Liste rouge Rhône-Alpes

- Directive Habitat, Faune, Flore, annexes II, IV et V
- Inventaire ZNIEFF Rhône-Alpes
- Protection nationale, annexes 1 et 2
- Protection Rhône-Alpes
- Protection Haute-Savoie
- Convention de Berne
- Convention de Washington, annexes 1, 2, A, B, C1, D

Ainsi, on obtient une liste de 523 taxa. La **Figure 6** présente la richesse spécifique en espèces patrimoniales normalisée par le nombre de relevés.

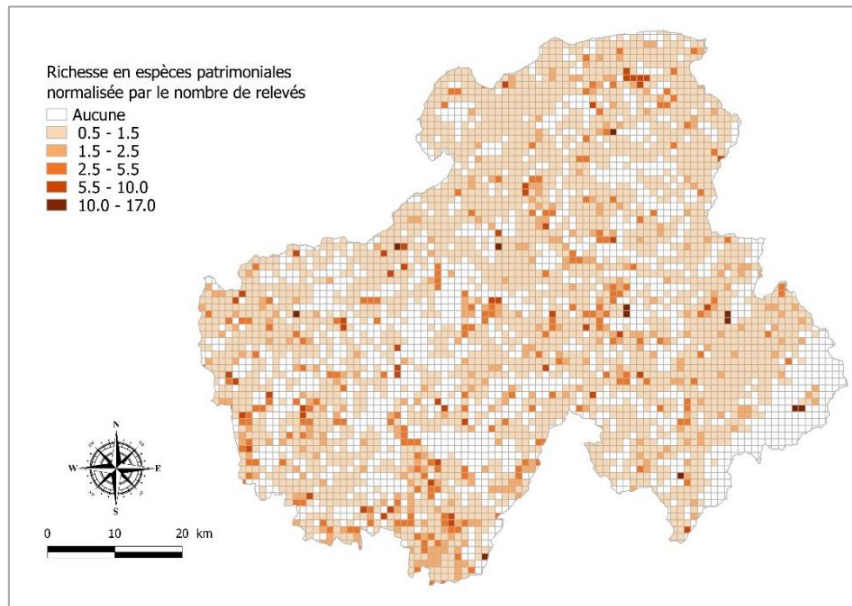


Figure 6 : Richesse en espèces patrimoniales par relevé (Sources : Asters et CBNA)

3) Enjeu habitats & écologie du paysage

Habitats prioritaires

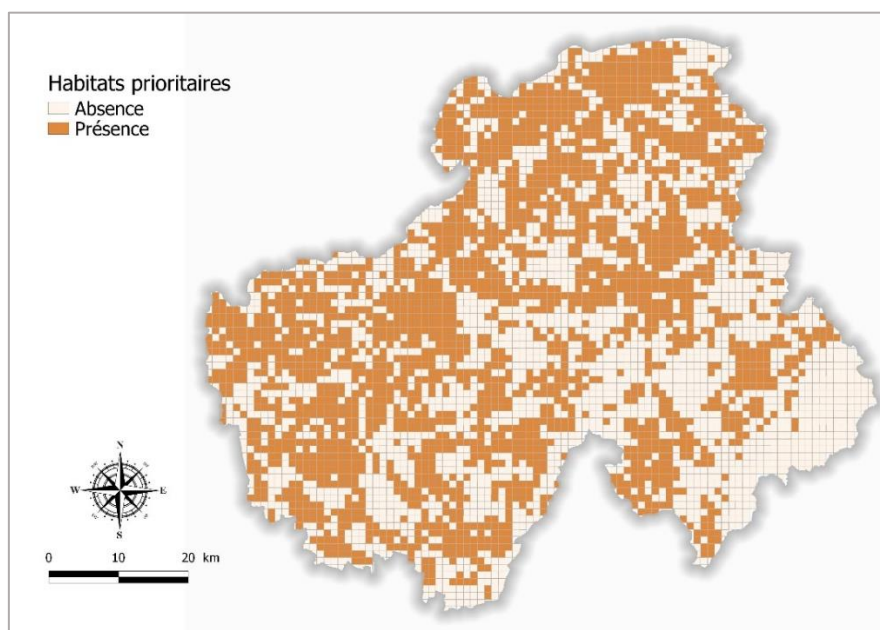


Figure 7 : Répartition des habitats prioritaires (Sources : Asters)

En Haute-Savoie, il n'existe pas de cartographie des **habitats prioritaires** hors zones Natura 2000 mais les pelouses sèches, les zones humides et les friches à molinie font l'objet **d'inventaires départementaux**. Afin de mettre en avant ces milieux d'intérêt, une couche de présence/absence par maille de 1*1km a été créée via PostgreSQL (**Figure 7**). La surface de ces derniers n'est pas prise en compte car il s'agit généralement de zones réduites et que l'idée n'est pas de labelliser toute la maille en ENS. De plus, cela aurait donné plus de poids aux zones humides qui sont généralement plus grandes que les pelouses sèches et les friches à molinie. Enfin, utiliser le nombre de milieux d'intérêt par maille n'est pas non plus pertinent car il peut être plus intéressant de conserver une seule pelouse sèche fonctionnelle que plusieurs petits patches non caractéristiques.

Indice de naturalité

Le concept de naturalité est lié à la pression exercée par l'Homme sur le milieu et aux potentialités biologiques de ce milieu (Starkman *et al.*, 2008). En conséquence, la **naturalité** est un indice intégrateur qui prend en considérations de nombreux éléments : biodiversité, taille de l'habitat, continuités écologiques, etc.

Une note de 0 à 5 a été attribuée aux différentes occupations du sol (**Tableau 2**), avec 0 la naturalité la plus faible et 5 la plus forte, en adaptant les propositions de Liénard & Clergeau (2011) et Starkman *et al.* (2008). Une naturalité nulle correspond à des surfaces imperméables. Les zones végétalisées anthropiques (espaces agricoles, plantations) présentent une naturalité très faible à moyenne (note de 1 à 3). Une note plus grande est assignée aux cultures d'hiver par rapport aux cultures d'été car celles-ci sont plus favorables aux messicoles (Van Elsen, 1999). Par ailleurs, les pelouses de plaine ont une valeur de naturalité assez faible car elles sont souvent situées en bord de routes et sont soumises à des pratiques de gestion défavorables à la biodiversité (fauches précoces et régulières...). Les plus forts indices de naturalité sont associées aux forêts de plus d'un hectare (plus grande maturité du peuplement, moins d'effet lisière). Par ailleurs, les milieux de plaine étant soumis à plus de pressions anthropiques que les milieux d'altitude, ils présentent une naturalité moindre.

Occupation du sol	Indice de naturalité
Bâti et surfaces imperméables	0
Cultures d'été	1
Espaces verts artificialisés, Cultures d'hiver, Cultures humides, Mutations récentes, Peupleraies, Forêts de douglas, Forêts de robiniers	2
Vignes, Vergers, Pelouses de plaine	3
Haies et cordons forestiers, Forêts de moins d'un hectare, Milieux ouverts de plaine	4
Forêts de plus d'un hectare, Eau, Surfaces minérales, Neige, glaciers, Milieux ouverts montagnards à alpins	5

Tableau 2 : Indice de naturalité en fonction de l'occupation du sol

Liénard & Clergeau (2011) et Starkman *et al.* (2008) considèrent dans leur article respectif que la naturalité des forêts de conifères est plus faible que celles de feuillus, ce qui se justifie dans le cas de milieux de plaine car il s'agit généralement de plantations. Cependant, en milieux de montagne les forêts de conifères sont souvent spontanées : leur dominance progressive en altitude est liée à une meilleure compétitivité que les feuillus en conditions de montagne (feuilles persistantes transformées en aiguilles, etc.). Dans cette étude la distinction feuillus/conifères ne sera donc pas

faite. Par ailleurs, une naturalité plus faible a été attribuée aux peupleraies, aux forêts de douglas et aux forêts de robiniers. Les deux premières catégories constituent des plantations dont les méthodes de gestion ne favorisent pas la biodiversité. Le robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*) est quant à lui une espèce invasive originaire d'Amérique du Nord très compétitrice qui a tendance à remplacer les essences locales (croissance rapide, capacités de rejet de souche, de drageonnage...).

Une valeur est attribuée à chaque polygone selon son occupation du sol puis on calcule la naturalité moyenne par maille en tenant compte de l'aire de chaque polygone avec PostgreSQL (**Figure 8**).

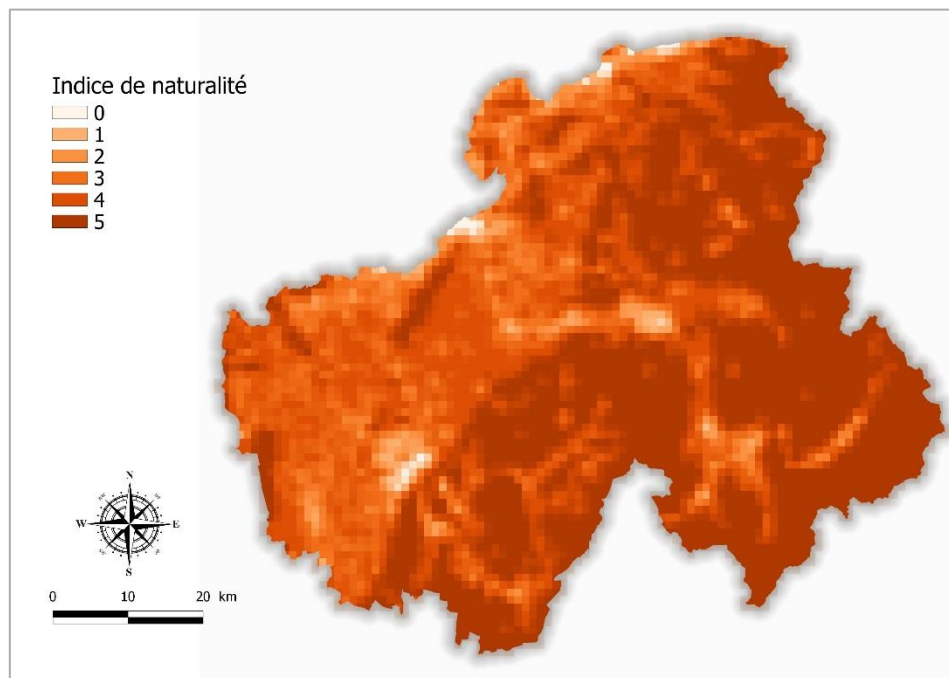


Figure 8 : *Indice de naturalité*

Indice de fragmentation : *effective mesh size*

La fragmentation des milieux est un phénomène anthropique entraînant un déclin de la biodiversité. En effet, le **fractionnement des espaces naturels** induit une diminution de la connectivité des patches d'habitats limitant la possibilité de migration pour les individus et pouvant conduire à l'isolation de populations. De plus, la fragmentation modifie la taille et la forme des patches et augmente ainsi l'effet lisière : les espèces inféodées à un type de milieux n'ont plus assez de surface, et donc de ressources, pour vivre et laissent place à des espèces généralistes (DIREN PACA, 2008).

A noter que la relation biodiversité/fragmentation n'est pas linéaire : une fragmentation faible augmente la diversité des milieux et donc la biodiversité par extension. C'est la sur-fragmentation qui est néfaste aux espèces spécialistes. Dans le cadre de ce projet, les habitats peu fragmentés seront privilégiés par simplification.

Afin de mesurer cette fragmentation, l'indicateur d'*effective mesh size* a été sélectionné. Il estime la probabilité que deux points pris au hasard dans la maille fassent partie du même patch d'habitat. Il peut également être interprété comme la taille du patch d'un point pris au hasard dans cette même maille. Ainsi, plus la valeur de cet indice est grande, plus la probabilité que deux points fassent partie de la même maille est grande, et plus la taille du patch d'un point pris au hasard est grande (i.e la fragmentation est faible).

Dans un premier temps, il a été envisagé d'étudier différents continuums en exploitant la carte d'occupation du sol produite au moyen des libellés de niveau 1 ou 2. Cependant, le calcul d'*effective mesh size* est réalisé sur un raster au moyen d'un calcul de voisinage grâce à une fenêtre mouvante, c'est-à-dire que la valeur d'indice d'un pixel dépend des valeurs en entrée des pixels voisins. Cependant, la carte d'occupation a été réalisée sur la base des limites du département, sans prendre en compte de buffer. Ainsi, l'utilisation de cette carte créerait un biais au niveau des contours du département et donc impacterait potentiellement négativement ces zones lors de l'exécution du logiciel Zonation. Pour éviter cet effet de bordure, il a été décidé de travailler avec le raster de l'OSO qui a été découpé avec les contours du département avec une zone tampon de 200m.

Pour le calcul de la fragmentation, trois classes ont été formées selon leur perméabilité au déplacement d'espèces : les milieux « barrière », les milieux mixtes et milieux favorables (**Tableau 3**). L'espèce référence en est une espèce terrestre de plaine plutôt forestière. Un code a été attribué à chaque classe en reclassifiant les occupations du sol avec la calculatrice raster de QGIS.

Code	Perméabilité	Type d'occupation du sol OSO	Code OSO
1	Barrière	Urbain dense, Urbain diffus, Zones industrielles et commerciales, Surfaces de routes, Surfaces minérales, Eau, Glaciers ou neige	41, 42, 43, 44, 45, 51, 53
2	Mixte	Cultures d'été, Cultures d'hiver, Pelouses, Vergers, Vignes	11, 12, 34, 221, 221
3	Favorable	Forêt de feuillus, Forêts de conifères, Landes ligneuses, Prairies	31, 32, 36, 211

Tableau 3 : Classes utilisées pour le calcul d'*effective mesh size*

Le logiciel **Fragstat** est employé en écologie du paysage et permet de calculer de nombreuses métriques à partir d'une carte présentant différentes classes d'occupation du sol (McGarigal *et al.*, 2002). Après avoir exécuté le calcul d'*effective mesh size* sur ce logiciel, le raster en sortie à une résolution similaire à celui en entrée. Comme le logiciel Zonation (utilisé par la suite) n'accepte que des rasters en entrée ayant la même résolution, il a été nécessaire de dégrader l'information pour obtenir une taille de cellule de 1*1 km (**Annexe 12**).

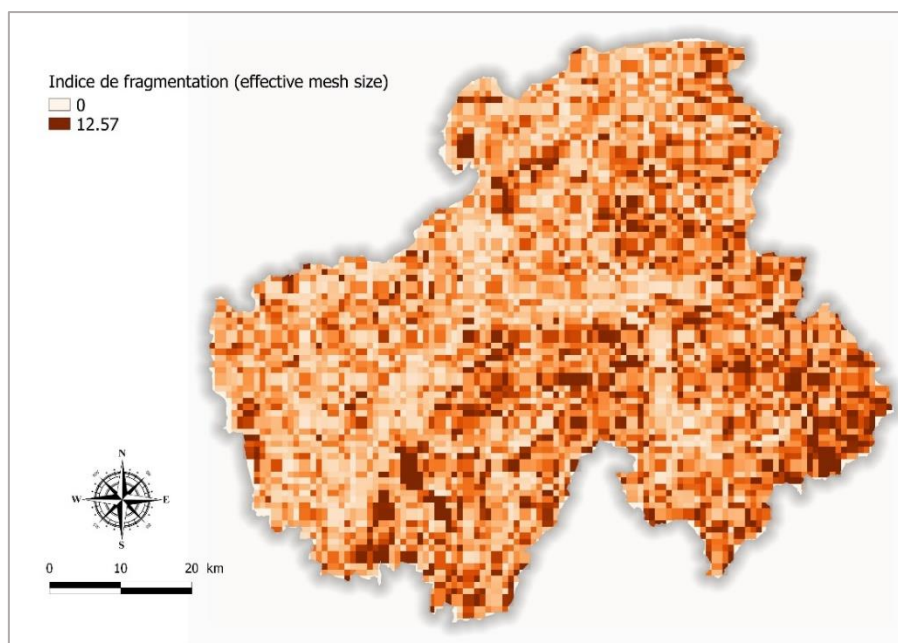


Figure 9 : Indice de fragmentation (*effective mesh size*) (Sources : OSO)

Les valeurs de fragmentation obtenue sont comprises entre 0 et 12,57 (**Figure 9**). Les zones qui ressortent très fragmentées sont principalement les zones urbaines et les grandes rivières : la région d'Annemasse (frontalière avec Genève), les bords du lac Léman, la vallée de l'Arve avec l'autoroute A40, le bassin annécien et l'autoroute A41 ainsi que la rivière du Giffre. A l'inverse, les hautes montagnes des Bauges, des Aravis, du Chablais, du Haut-Giffre et du massif du Mont-Blanc constituent des secteurs très peu fragmentés.

4) Menaces

Les menaces pesant sur la biodiversité et les milieux sont de natures multiples : pollution, urbanisation, agriculture ... Parmi elles, la **sur-fréquentation** d'un site constitue un facteur de dérangement pour la faune et un risque de piétinement et de prélèvement pour la flore et peut donc conduire à la régression locale de populations. Il est cependant difficile de la mesurer directement sur l'ensemble d'un département. L'application Strava a récemment libéré ses données portant sur les parcours empruntés par les joggeurs et cyclistes principalement. Il est ainsi possible d'afficher sur QGIS une carte de chaleur de la fréquentation de n'importe quelle zone du globe (**Annexe 13**) via un flux WMS. Cependant, il s'agit simplement de visualisation, les valeurs associées ne sont pas transmises et donc non exploitables. Une manière simple d'estimer la fréquentation a été d'utiliser la proximité des routes et des sentiers comme indicateur. Les voies ferrées ont également été intégrées car elles produisent elles aussi des nuisances pour la faune. Pour cela, un raster de distance aux routes (**Figure 10**) a été créé sous ArcMap (**Annexe 14**).

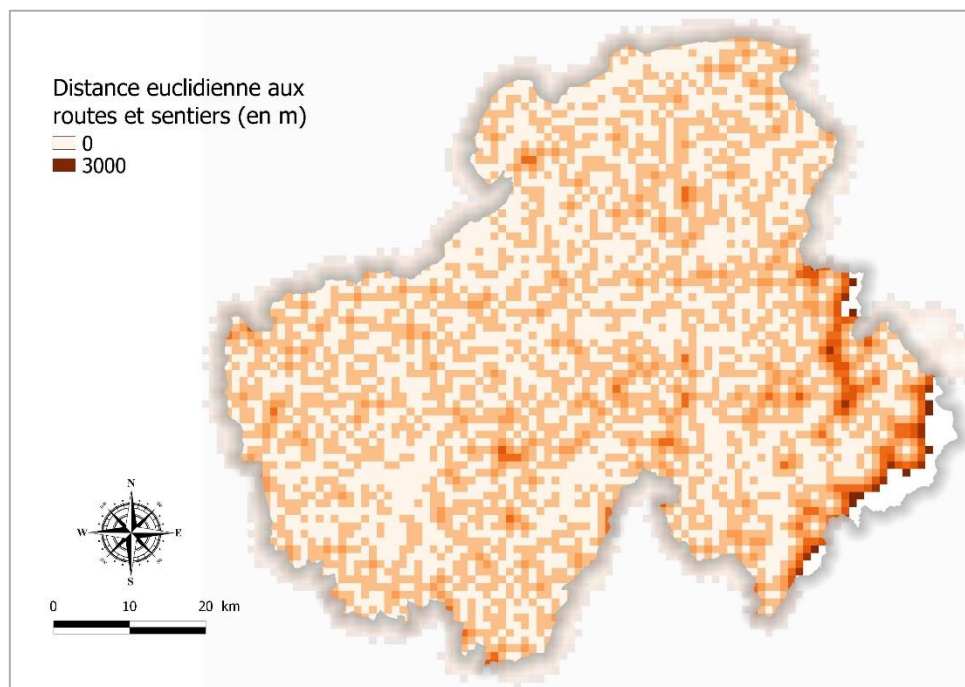


Figure 10 : Distance euclidienne aux routes et sentiers (m) (Source : IGN)

Au cours de la réunion avec l'unité ENS du conseil départemental, il leur a été demandé s'ils avaient pour objectif de labelliser des sites ENS présentant un grand intérêt en termes de diversité et de patrimonialité d'espèces et relativement préservés car isolés, ou des milieux naturels éventuellement plus ordinaires mais plus vulnérables. La politique ENS ayant comme philosophie de rendre les sites accessibles au public, le conseil départemental s'intéresse aux deux catégories de milieux. Deux sorties seront donc proposées : dans un cas, le raster de distance sera utilisé tel quel (avec une valeur plus grande, et donc plus de poids, pour les zones excentrées) et dans l'autre, on utilisera l'inverse de ce raster pour privilégier des secteurs plus accessibles et donc potentiellement plus menacés.

E) Logiciels d'aide à la décision en matière de conservation

A l'origine, la création de zonages de protection s'est faite de manière relativement arbitraire sur des aires de présence d'espèces porte-drapeaux, à la faveur d'absence d'intérêts politico-économiques. Par la suite, le *systematic conservation planning* est une démarche structurée qui s'est développée avec une volonté d'établir avec rigueur et transparence un réseau d'aires protégées (**Annexe 15**). Les logiciels **Marxan** et **Zonation** sont tous deux des logiciels s'intégrant dans cette démarche et ayant pour objectif d'aider les conservateurs et les partenaires associés à identifier les zones d'intérêts pour la conservation.

1) Choix du logiciel

Les logiciels Zonation et Marxan sont les deux logiciels le plus utilisés en conservation pour déterminer des aires à protéger. Ils sont tous deux gratuits. Leur utilisation nécessite un certain apprentissage et de prendre le temps de créer les fichiers à mettre en entrée (=inputs) mais ils possèdent des interfaces facilitant ces étapes ce qui les rend relativement accessibles. Zonation dispose de sa propre interface utilisateur ainsi que d'un panneau permettant la création rapide d'un projet simplement à partir de rasters sans passer par la création de nouveaux fichiers. Quant à Marxan, il existe des extensions SIG telles que CLUZ permettant de créer facilement les fichiers en entrée requis et de visualiser les résultats pour QGIS. Il existe cependant des différences importantes entre ces deux logiciels.

Tout d'abord, ils ne sont pas basés sur le même algorithme car ils n'ont pas été conçus pour répondre au même objectif. Zonation permet de **hiérarchiser** toutes les unités de la zone étudiée tandis que Marxan priorise les secteurs en sélectionnant le minimum de zones permettant d'atteindre les objectifs fixés. Or, lorsque l'on utilise des indicateurs comme l'*effective mesh size*, il n'est pas pertinent de lui attribuer un objectif comme on peut le faire quand on a seulement des aires de présence d'espèces (ex : conserver 20% de l'aire de présence de l'espèce A). Par ailleurs, Marxan n'accepte que les fichiers shapefiles polygones et lignes pour créer ses inputs tandis que Zonation travaille avec des rasters et des points d'occurrences. Dans notre cas, il est plus simple de travailler avec des rasters mais en utilisant les mailles de 1*1km, il aurait été tout à fait possible de travailler en vecteurs. De plus, avec Marxan, le nombre d'éléments de conservation conseillés est de maximum 100 éléments alors qu'il est possible de travailler avec beaucoup plus d'éléments sur Zonation sans impacter énormément le temps d'exécution. Or, avec toutes les espèces patrimoniales, plus de 500 éléments ont été sélectionnés. Enfin, les paramétrages sont plus complets dans Zonation (agrégation, connectivité) et il est même possible de travailler en mode « *target* », en fixant des objectifs pour chaque élément de conservation comme dans Marxan. Ainsi, c'est avec le logiciel **Zonation** que les secteurs prioritaires pour la conservation ont été identifiés.

2) Inputs

L'utilisation de Zonation nécessite certains fichiers en entrée. Certains inputs sont obligatoires et d'autres dépendent des paramétrages utilisés. Les fichiers obligatoires sont au nombre de trois :

- **Raster(s) de distribution des éléments de conservation (.tiff)** : Chaque raster correspond à un élément de conservation (une espèce, un indice, etc.). Il décrit la distribution et la densité de l'élément. Les rasters doivent tous avoir la même emprise et le même nombre de colonnes et lignes. De plus, il faut faire attention à ne pas rasteriser les couches shapefile avec une emprise minimale mais à conserver plusieurs lignes et colonnes sans données (no data) sur les bordures car la zone extérieure n'est pas prise en compte lors de l'exécution de Zonation.

- **Biodiversity features list file (.spp)** : ce fichier liste les rasters utilisés ainsi que le poids attribué à chacun dans la première colonne (**Figure 11**). Les autres colonnes concernent des paramètres non utilisés ici.
- **Run settings file (.txt)** : c'est dans ce fichier que sont spécifiés les paramètres que l'on souhaite utiliser (**Figure 12**).

Fichier	Edition	Format	Affichage	?	
10	0	1	1	0.25	F:/Stage_CBNA_CEN74/Z_rich_spe_cd_nom_nat/inputs/rast_indice_nat.tif
10	0	1	1	0.25	F:/Stage_CBNA_CEN74/Z_rich_spe_cd_nom_nat/inputs/menace.tif
10	0	1	1	0.25	F:/Stage_CBNA_CEN74/Z_rich_spe_cd_nom_nat/inputs/mesh_fin.tif
10	0	1	1	0.25	F:/Stage_CBNA_CEN74/Z_rich_spe_cd_nom_nat/inputs/rich_spe500.tif
10	0	1	1	0.25	F:/Stage_CBNA_CEN74/Z_rich_spe_cd_nom_nat/inputs/hab_prio.tif
0.02	0	1	1	0.25	F:/Stage_CBNA_CEN74/Z_rich_spe_cd_nom_nat/inputs/_3885.tif
0.02	0	1	1	0.25	F:/Stage_CBNA_CEN74/Z_rich_spe_cd_nom_nat/inputs/_4763.tif

Figure 11 : Extrait du fichier de biodiversity features list

```

[[Settings]
removal rule = 2
warp factor = 1
edge removal = 1
output weighted range size corrected richness = 1
output proportional loss ranking = 1

mask missing areas = 1
area mask file = inputs/area_mask3.tif

```

Figure 12 : Extrait du fichier des run settings

Concernant les rasters, des difficultés ont été rencontrées pour générer les centaines de rasters d'espèces patrimoniales et celles identifiées dans la Stratégie de conservation du CBNA. Tout d'abord, il a fallu réussir à regrouper les données polygones et celles en point d'occurrences. Sous PostgreSQL, une grille de 1*1km² a été croisée avec ces données ce qui a permis d'obtenir les observations présentes dans chaque maille. N'ayant pas réussi à créer une boucle avec PostgreSQL, l'export des shapefiles pour chaque espèce s'est fait un par un en ligne de commande. La rasterisation s'est ensuite faite sous QGIS en exécution comme processus de lot.

3) Paramétrages utilisés

Règle de suppression des cellules (« cell removal rule »)

Afin de hiérarchiser (ou de prioriser) les cellules, l'algorithme de Zonation va considérer l'ensemble des cellules d'étude puis supprimer au fur et à mesure celles considérées comme les « moins bonnes » au vu des éléments de conservation présents, et selon les paramètres choisis (poids notamment). Cette suppression de cellules suit une règle, appelée **cell removal rule**, qui est défini par l'utilisateur. Dans ce projet, la règle la plus adaptée est l'**additive benefit fonction**. Elle est conseillée lorsque l'on n'est pas certain de la distribution des espèces et que l'on utilise des indicateurs, que l'objectif n'est pas de protéger toutes les espèces et que l'on ne souhaite pas prioriser des zones mais toutes les hiérarchiser. Cette description correspond parfaitement à notre cas.

Warp factor

Le *warp factor* correspond au nombre de cellules supprimées en même temps lors de l'exécution de Zonation. Plus ce nombre est faible, plus les calculs seront précis mais plus le temps d'exécution de la requête sera long. Il est donc conseillé de commencer par vérifier la validité des inputs et tester les paramètres avec un *warp factor* relativement grand tel que 20 et une fois que tout semble bon relancer l'exécution avec un facteur de 1 pour obtenir les résultats finaux.

Couche de masquage

Il peut être intéressant d'exclure des zones de l'analyse, soit simplement car elles sont hors du territoire d'étude, soit parce que ces zones font déjà l'objet de mesures de conservation. Deux masques ont été construits pour ce projet. Le premier constitue le contour du département de la Haute-Savoie, ce qui permet d'éviter que le calcul ne se fasse sur toute l'emprise. Le second correspond au premier auquel on a ajouté les mailles dont la superficie est déjà complètement ou quasiment occupée par un ENS ou une RNN (carte des ENS en **Annexe 16**). La zone d'étude avec le premier masque comporte 4 858 mailles et le second 4535. L'étude des résultats de Zonation avec le premier masque a permis, dans un premier temps d'étudier, d'étudier tout le département et d'analyser si le réseau existant de RNN et d'ENS semblait cohérent par rapport à la hiérarchisation du logiciel. Le second type de masque a lui permis d'identifier de nouveaux sites potentiels pour une labellisation ENS.

Facteur d'agrégation :

Il existe de nombreux paramétrages permettant de jouer sur l'agrégation des cellules lors de leur hiérarchisation dans Zonation. Ceux-ci peuvent apparaître très utiles dans le cas de la sélection d'une aire pour la création d'une réserve, si l'on a une surface minimale à atteindre ou si l'on souhaite préférentiellement créer des aires de protection en bordure de zones existantes. Dans notre cas, il n'est pas pertinent d'utiliser ces paramétrages car la carte finale servira principalement à identifier des zones pour des CS ENS qui ont une superficie relativement restreinte. Il s'agit donc d'identifier les « meilleures » mailles, sans tenir compte des cellules adjacentes.

4) Poids des indicateurs

Le choix retenu a été d'attribuer à chaque indicateur le **même poids**. En effet, compte tenu des biais concernant les données flore ainsi que de l'échelle utilisée pour les indicateurs d'habitats qui diminue leur précision, il ne paraissait pas pertinent de donner un plus fort poids à un indicateur en particulier. Cependant, il faut prêter attention au nombre de couches pour chaque indicateur. En effet, il n'y a qu'un seul raster pour la richesse spécifique totale alors que pour les espèces de la stratégie de conservation il y a une couche par espèce, soit 103 couches. Ainsi, si chaque couche a un poids de 1, l'indicateur de la Stratégie de conservation aura 100 fois plus de poids que celui de la richesse spécifique. Pour réajuster les poids de chaque indicateur, on attribue un poids de $\frac{10}{x}$ (avec x le nombre de couches par indicateur) à chaque raster (**Tableau 4**). La multiplication par 10 sert simplement à ne pas avoir de nombre trop petit, elle n'est pas essentielle. Par ailleurs, cette méthode permet d'accorder un poids plus important aux espèces qui sont à la fois identifiées dans la Stratégie de conservation flore et en tant qu'espèces protégées/patrimoniales. En effet, si l'espèce A est dans ce cas, elle aura un raster pour l'indicateur de la Stratégie de conservation et un autre pour l'indicateur d'espèces patrimoniales.

Indicateurs	Poids par raster
<i>Richesse spécifique, habitats prioritaires, naturalité, fragmentation, distance aux routes (ou inverse)</i>	10
<i>Espèces de la stratégie de conservation</i>	0.1
<i>Espèces patrimoniales</i>	0.02

Tableau 4 : Poids des différents indicateurs

L'**Annexe 17** apporte quelques éléments supplémentaires sur l'utilisation de Zonation.

5) Récapitulatif des différents paramétrages testés

Plusieurs cas de figure seront étudiés grâce au logiciel Zonation. Ceux-ci sont résumés dans la **Figure 13**. Les sorties A et C permettront d'étudier le **réseau de RNN** et d'ENS existants. Les sorties B et D,

quant à elles, serviront à identifier des **maillages prioritaires** pour la conservation. Enfin, les sorties A et B ont pour objectif d'identifier des secteurs de **grande naturalité** et peu menacés tandis que les sorties C et D devraient identifier des secteurs plus **vulnérables**.



Figure 13 : Sorties exécutées dans Zonation

F) Etude de la corrélation des indicateurs et des résultats

L'outil *Band Collection Statistics* d'ArcMap permet d'étudier la corrélation entre plusieurs rasters. Il sera utilisé sur les indicateurs et également sur les résultats de Zonation pour étudier leurs relations.

G) Etude de la connectivité : logiciel GRAPHAB

Avec l'urbanisation et la fragmentation des milieux, la **connectivité des patchs d'habitats** est devenue un élément fondamental pour la conservation. Afin d'étudier ce dernier enjeu, les corridors entre les RNN, les ENS existants et les sites identifiés par Zonation ont été analysés via **Graphab**, un logiciel se basant sur la théorie des graphes paysagers. Cette théorie mathématique permet la modélisation et l'analyse de la connectivité paysagère à partir de patchs d'habitats (= nœuds) et d'une carte d'occupation des sols modélisant la résistance du milieu.

Occupation du sol	Valeur de résistance
Forêts	1
Haies et cordons forestiers Milieux ouverts des étages collinéen et montagnard	4
Mutations récentes	16
Milieux ouverts des étages subalpins à alpins	63
Espaces verts artificialisés Milieux agricoles Surfaces minérales Combes à neige subalpines et alpines	251
Bâti et surfaces imperméables Eau Neige, glaciers	1000

Tableau 5 : Valeur de résistance des différentes occupations du sol

Dans ce projet, les RNN, les ENS existants et les sites identifiés par Zonation constituent les patches d'habitats. La matrice de résistance est, elle, basée sur la carte d'occupation du sol produite au cours de ce stage. Des valeurs de résistance du milieu ont été attribuées aux occupations du sol selon la **Tableau 5**. On a ici considéré une super-espèce animale terrestre de plaine plutôt forestière. Les forêts et autres milieux naturels sont des milieux favorables à cette espèce et ont donc été associés à une valeur de résistance faible. Une gradation progressive de résistance a été réalisée selon l'altitude. Enfin, le bâti, l'eau et la neige et les glaciers ont été considérés comme des milieux barrières difficilement pénétrables par l'espèce. Les valeurs de résistance suivent une courbe exponentielle pour appuyer l'effet barrière.

A partir des patches d'habitats et de la matrice de résistance, Graphab va déterminer les liens connectant l'ensemble des nœuds. Ces liens constituent les chemins potentiels empruntés par les espèces pour rejoindre un autre patch. Ils sont ici calculés selon la distance de moindre coût, i.e. en prenant en compte l'hétérogénéité du paysage contrairement à la distance euclidienne qui ne considère que la distance séparant les patches. La méthodologie d'utilisation du logiciel Graphab est décrite en **Annexe 18**.

Pour compléter les propositions de secteurs prioritaires pour la conservation, il sera proposé au département des secteurs prioritaires pour la connectivité. Ceux-ci ont été identifiés à partir des chemins de moindre coût et de leurs coûts cumulés.

III) RESULTATS

A) Secteurs prioritaires pour la conservation

L'exécution du logiciel Zonation avec l'intégralité des indicateurs (soit plus de 600 rasters) est étonnamment rapide. La carte des résultats s'affiche en moins de 10 minutes. Les principaux fichiers en sortie (= outputs) de Zonation sont une carte au format raster avec des valeurs de pixels entre 0 et 1 (avec 1 la dernière cellule retirée, c.-à-d. la plus importante), un fichier texte résumant le run et un ensemble de courbes visualisables sur l'interface de Zonation. Ces courbes indiquent notamment la relation entre la proportion de surface protégée et la proportion de la distribution des éléments de conservation (ex : pour 20% de terres protégées, 40% des aires de répartitions des espèces sont protégées). Cependant, dans notre cas, les courbes sont difficilement interprétables compte tenu que les inputs intégrés ne correspondent pas seulement à des répartitions d'espèces mais également à des indicateurs (richesse spécifique, etc.).

Les cartes de hiérarchisation des mailles des quatre sorties A, B, C et D sont **très similaires (Figure 14)**. Chaque maille possède une valeur unique issue du classement. Les secteurs ressortant comme n'ayant que peu d'intérêt pour la conservation sont la vallée de l'Arve, les bords du Léman, la vallée du Giffre (région de Taninges) et le bassin rhodanien. A l'inverse, le plateau Gavot, le Chablais, le sud du Haut-Giffre, le massif des Aiguilles Rouges, le nord du bassin rhodanien, la cluse du lac d'Annecy et le secteur des Bornes constituent des zones d'intérêt pour la conservation.

Concernant l'analyse du réseau de RNN actuelles (sorties A et C), l'objectif était de vérifier si leur localisation est en accord avec notre modèle. L'analyse des résultats du logiciel Zonation montre bien que ces zonages coïncident avec la présence de mailles de hautes valeurs pour la conservation. En effet, toutes les RNN actuelles intersectent avec au moins une maille faisant partie des 10% prioritaires (**Figure 15**).

Par ailleurs, les sorties B et D permettent d'identifier des mailles pouvant faire l'objet de nouveaux CS ENS. On note que sur 1% des « meilleures » mailles, 40 sont communes entre ces deux sorties sur 50. Ces mailles prioritaires sont globalement bien réparties sur le territoire même si la plupart sont situées dans des secteurs montagneux, en particulier dans le massif des Bornes et la chaîne des Aravis (**Figure 16**).

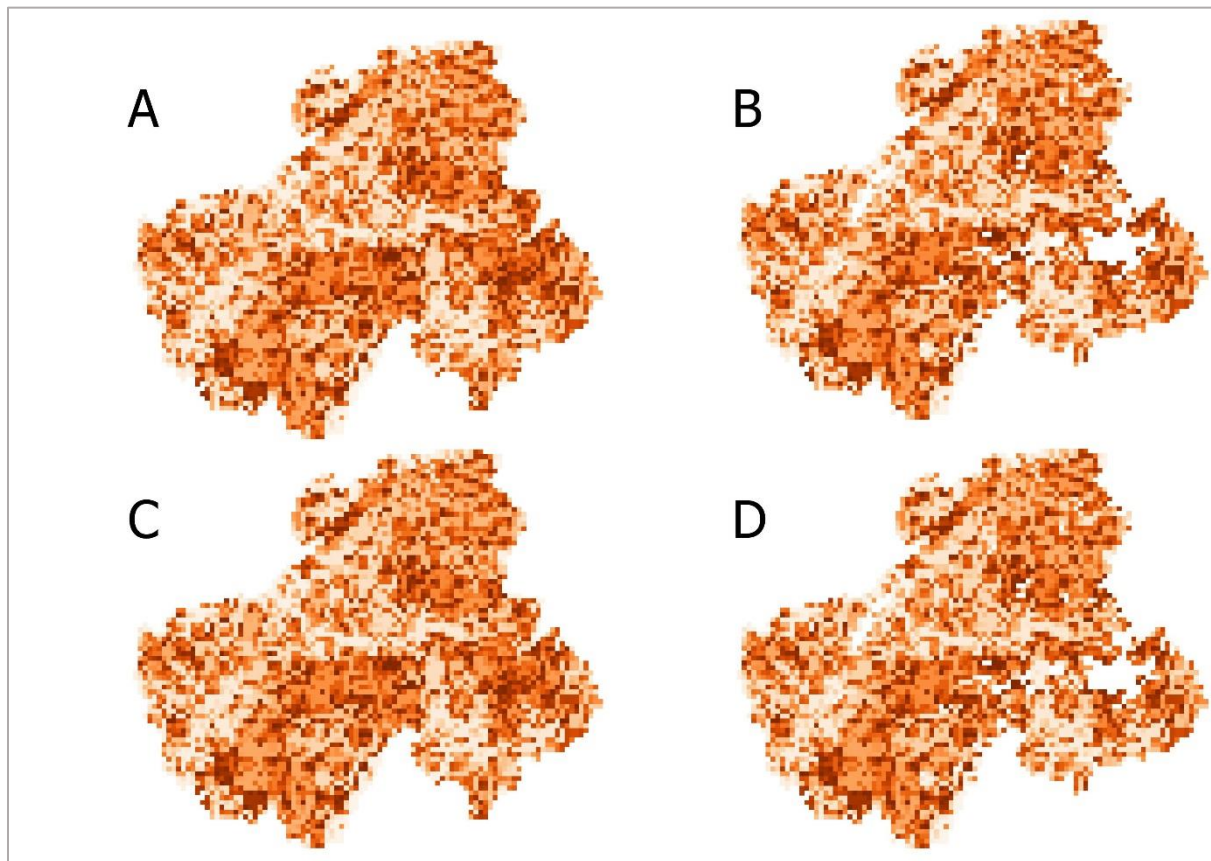


Figure 14 : Cartes de hiérarchisation du logiciel Zonation (0 : beige ; 1 : marron)

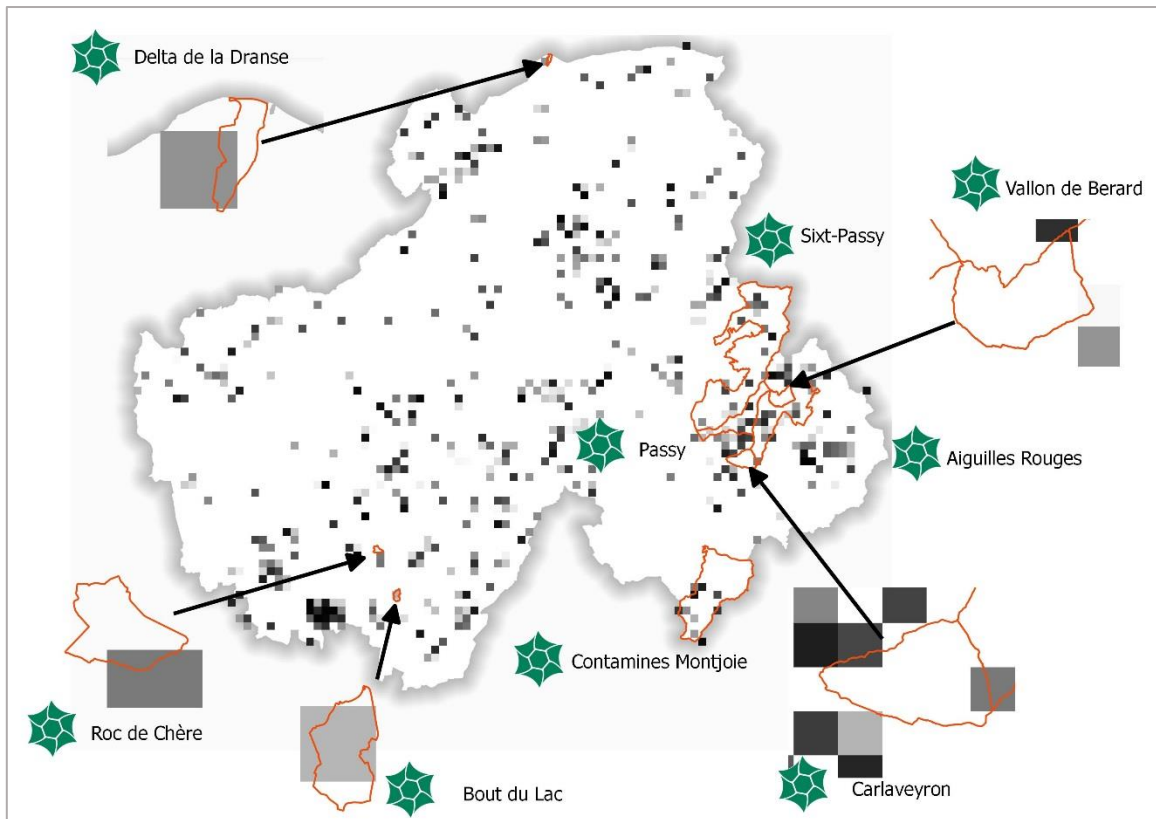


Figure 15: RNN et les 10% des mailles prioritaires

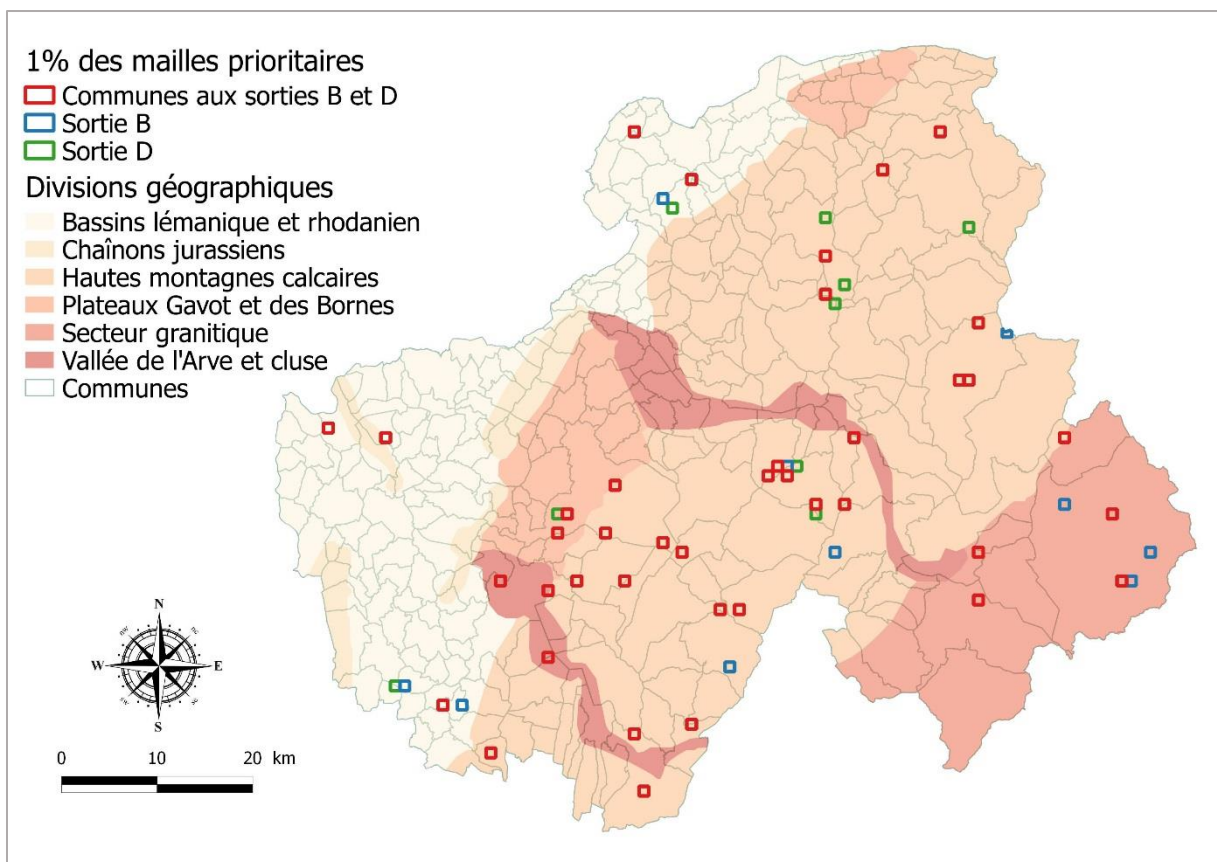


Figure 16 : 1% des mailles prioritaires pour la conservation

B) Etude de la corrélation des différents indicateurs et des résultats

Le **Tableau 6** présente les indices de corrélation obtenus entre les différents indicateurs. La plus grande corrélation est sans surprise celle entre la couche de distance et son inverse. Par ailleurs, la naturalité présente une corrélation importante avec la distance aux routes. La corrélation entre la richesse spécifique totale et la richesse en espèces patrimoniales est également importante. Enfin, le reste des indicateurs présente des corrélations relativement faibles.

Couche	dist	hab_prio	inv_dist	mesh	nat	esp_prio	esp_strat	rich_spe
dist	1	-0,38	-0,81	-0,07	-0,62	-0,3	-0,14	-0,19
hab_prio	-0,38	1	-0,29	0,22	-0,41	-0,04	0,06	-0,03
inv_dist	-0,81	-0,29	1	0,16	-1,14	-0,4	-0,21	-0,27
mesh	-0,07	0,22	0,16	1	0,15	0,2	0,12	0,13
nat	-0,62	-0,41	-1,14	0,15	1	-0,42	-0,2	-0,29
esp_prio	-0,3	-0,04	-0,4	0,2	-0,42	1	0,11	0,56
esp_strat	-0,14	0,06	-0,21	0,12	-0,2	0,11	1	-0,01
rich_spe	-0,19	-0,03	-0,27	0,13	-0,29	0,56	-0,01	1

Tableau 6 : Matrice de corrélation des indicateurs utilisés (dist = distance euclidienne aux routes et sentiers, hab_prio = présence d'habitats prioritaires, inv_dist = inverse de inv *10 = menace, mesh = effective mesh size, nat = naturalité, esp_prio = richesse en espèces à statut, esp_strat = richesse en espèces de la stratégie de conservation flore, rich_spe = richesse spécifique totale)

C) Secteurs prioritaires pour la connectivité

Le logiciel Graphab permet de visualiser les chemins de moindre coût entre les tâches. Ceux-ci sont exportables au format shapefile. Le coût cumulé des différents chemins varie entre 2 et 5 962 pour la sortie B et entre 2 et 6 055 pour la sortie D. Au-delà de 1 500 (seuil arbitraire), on considère que la connectivité est très compromise. Les secteurs de faible connectivité sont similaires entre les deux sorties.

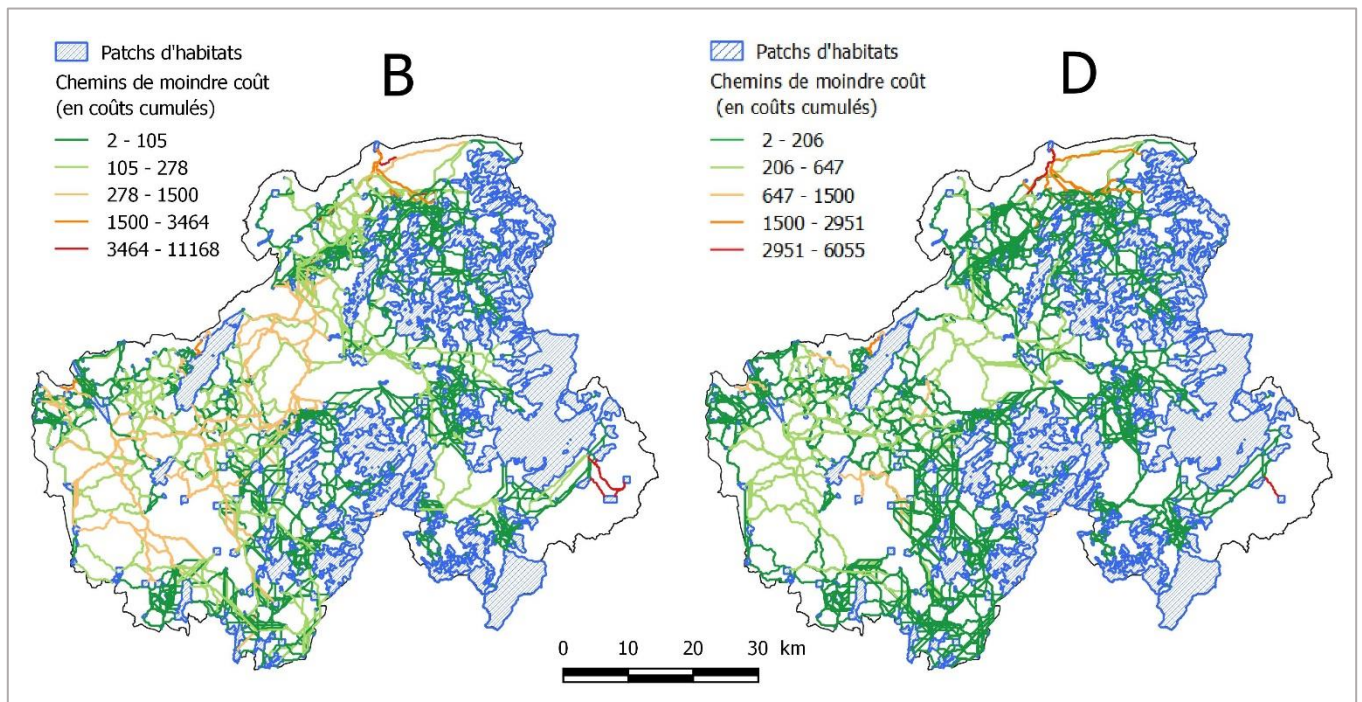


Figure 17 : Etude de la connectivité via les chemins de moindre coût

Le premier secteur qui ressort est la région du glacier de la Mer de Glace bien qu'il existe plusieurs ENS et secteurs prioritaires pour la conservation très proches. Pour rappel, la résistance des différentes occupations du sol a été estimée en considérant une espèce de plaine ce qui explique que cette zone présente des valeurs de résistance assez forte. Pour des **espèces d'altitude**, cette zone pourrait être considérée comme de bonne connectivité, aussi, il ne sera pas proposé de secteurs prioritaires pour la connectivité dans cette zone.

Les autres secteurs de faible connectivité se situent au nord et à l'ouest de la Haute-Savoie, dans la zone de plaine qui concentre le plus de bâti et de zones agricoles du département. Cette zone est particulièrement fragmentée. De nombreux chemins avec coût élevé se concentrent au nord du bassin lémanique et dans la région du plateau Gavot en raison de cette urbanisation importante sur les bords du Léman et par la fragmentation des milieux. Tout d'abord, on note une zone au niveau des communes d'Archamps et Collonges-sous-Salève, au nord de la montagne du Salève. Ensuite, une grande zone de faible connectivité est présente en étoile depuis Thonon-les-Bains dans le nord du département. Pour la sortie B, cette difficulté se poursuit en un chemin jusqu'au bassin annécien. Enfin, une dernière zone de faible connectivité au niveau de la montagne du Vuache.

D) Rédaction de fiches descriptives pour les secteurs prioritaires

Lors de la réunion mi-mars avec le Conseil Départemental de Haute-Savoie, celui-ci a émis le souhait de la rédaction, hors stage, de fiches descriptives pour chaque secteur identifié comme prioritaires. Une première proposition de fiche a cependant été réalisée sur certains secteurs constituant les 1% des « meilleures » mailles en sortie de Zonation. Celles-ci renseignent sur la localisation de la maille, les indicateurs utilisés, les zonages existants (ENS, ZNIEFF, zone Natura 2000, etc.) et présente une proposition d'ENS au sein de cette maille (**Annexe 19**).

IV) ANALYSE ET DISCUSSION

Utilisation de PostgreSQL

Le logiciel PostgreSQL est un outil très puissant pour effectuer des calculs sur des tables et réaliser des requêtes spatiales via son extension PostGIS. Le langage SQL est relativement simple dans sa construction et plusieurs écritures sont possibles pour obtenir le même résultat. La manipulation de grands jeux de données, nécessite cependant d'**optimiser** ses requêtes. En effet, en modifiant l'écriture ou en créant des tables intermédiaires, il est possible de diminuer de façon non négligeable le temps de calcul. Pour les requêtes spatiales cela passe également par la création d'index spatiaux qui organisent les données d'une table pour accélérer la recherche.

Secteurs prioritaires pour la conservation

Le réseau constitué des neuf RNN apparaît cohérent au vu des sorties de Zonation (A et C) à partir des indicateurs utilisés. Cependant, plusieurs de ces indicateurs intègrent des données d'observation dont la répartition est biaisée géographiquement. De plus, la présence d'espèces patrimoniales est vraisemblablement mieux connue dans les RNN que dans le reste du département. Il est donc compliqué de déduire si le choix des localisations des RNN est cohérent avec nos indicateurs. En outre, ce choix ne se base pas uniquement sur des données écologiques mais tient compte de facteurs socio-économiques et fonciers.

Par ailleurs, en considérant les résultats du logiciel Zonation excluant les RNN et ENS existantes (sorties B et D), un **clivage** apparaît entre le nord-ouest et le sud-est du département. La majorité des mailles prioritaires se concentre en effet dans la partie sud-est. Cette opposition correspond à une différence de topographie entre ces deux parties de la Haute-Savoie. Le sud-est est composé de

massifs d'altitudes élevées constitués de grands patchs forestiers et de milieux ouverts d'altitude. A l'inverse, le nord-ouest, ainsi que la vallée de l'Arve, sont des zones plus planes, propices à l'agriculture. Cette topographie ainsi que la proximité avec Genève et de grands lacs (lac Léman, lac d'Annecy) expliquent l'urbanisation plus marquée. En conséquence, cette zone présente une fragmentation des milieux importante, accompagnée d'une naturalité moindre. Ce clivage se maintient en considérant les 1% des mailles les mieux classées. Quelques mailles prioritaires sont cependant localisées au nord-ouest du département, dans des secteurs parfois inattendus. A titre d'exemple, l'une d'entre elles se situe en plein cœur du bassin annécien, à proximité de l'aéroport d'Annecy. Cette maille, bien que constituée de moitié par du bâti, comportent des zones humides d'intérêt ainsi que des espèces patrimoniales inféodées à ces milieux qui font qu'elle présente un intérêt certain pour la conservation.

Secteurs pressentis

Le Conseil Départemental de Haute-Savoie avait pré-identifiés plusieurs secteurs qui pourraient apparaître intéressants pour un CS ENS (plateau des Glières, plateau de Loëx) ou qui, au contraire, n'étaient pas du tout pressentis comme d'intérêt pour la conservation (secteur de Rumilly, Chablais).

- Le **plateau des Glières** est un plateau calcaire qui constitue un ancien lieu de la Résistance haut-savoyarde. En plus de l'importance historique, ce territoire est un lieu très préservé grâce à l'implication du Conseil Départemental qui est propriétaire de 41% du massif. Ce plateau fait partie de la ZSC des Frettes – Massif des Glières en raison de la présence de milieux variés (pelouses alpines, forêts, tourbières...) dont sept habitats d'intérêts communautaires identifiés comme prioritaires associés à une faune et une flore remarquables : Sabot de Vénus (*Cypripedium calceolus*), Chardon bleu (*Eryngium alpinum*), Lynx d'Europe (*Lynx lynx*)... Effectivement, une maille prioritaire est présente sur ce plateau pour les deux sorties du logiciel ainsi que d'autres mailles de fortes valeurs. Une partie au nord-est de cette maille est d'ailleurs déjà labellisée ENS mais elle pourrait être agrandie pour inclure les zones présentant des espèces patrimoniales (partie sud-ouest principalement).
- Le **plateau de Loëx** est un autre plateau calcaire situé entre les villes de Taninges, Samoëns et Morzine. Une grande partie de sa surface est classée en ZPS Natura 2000. Ce territoire abrite en effet plusieurs espèces d'intérêt : Pic tridactyle (*Picoides tridactylus*), Tétraz lyre (*Lyrurus tetrix*), Chouette de Tengmalm (*Aegolius funereus*)... Bien qu'aucune des 1% de mailles d'intérêt ne se situe sur ce plateau, on y note la présence de mailles de forte valeur (jusqu'à 0.98).
- La région du **Chablais**, située au nord du département, faisait partie des zones peu pressenties comme d'intérêt pour la conservation. Ce ne sont pourtant pas moins de 8 mailles qui ont été identifiées prioritaires entre les sorties B et D au sud du plateau Gavot. Ces mailles bénéficient d'une grande naturalité, d'une fragmentation moyenne, de la présence d'espèces d'intérêt et, pour la majorité, abritent des habitats prioritaires.
- Enfin, le secteur de **Rumilly** est assez peu connu. Une maille prioritaire a cependant été identifiée dans chacune des deux sorties, au sud de Rumilly, dans les communes de Bloye, Rumilly et Marigny-Saint-Marcel. Les occupations du sol sont variées : bâti rural diffus, zones humides (dont forêts), cultures, patchs forestiers... En plus des milieux d'intérêt, des espèces patrimoniales inféodées aux zones humides sont présentes sur ces deux mailles (*Senecio paludosus*, *Carex appropinquata* ...).

Corrélation des indicateurs

La plupart des indicateurs présentent une corrélation relativement faible, ce qui est positif car la règle de parcimonie veut que l'on ne cumule pas les indicateurs et que ceux-ci ne doivent pas être corrélés. Cependant, certains résultats apparaissent surprenant comme la corrélation négative entre l'indice de naturalité et la distance aux routes. De plus, la valeur de corrélation est inférieure à -1 pour le couple nat/inv_dist or le coefficient de corrélation doit être compris entre -1 et 1. Par ailleurs, ces valeurs de corrélation sont à interpréter avec prudence car ce test ne nous renseigne pas sur la **significativité** des corrélations. Les corrélations entre les résultats de Zonation et les indicateurs ont également été calculées, mais, au vu des résultats improbables (valeurs de -4), ils n'ont pas été présentés dans la partie résultat.

Pertinence des indicateurs

Les choix d'indicateurs, de leur notation et de leur poids constituent une étape cruciale dans la réalisation d'un tel projet. Ceux-ci sont totalement dépendants des données disponibles. Par ailleurs, il n'y a pas de proposition unique, il est donc parfois nécessaire de prendre des partis pris tout en justifiant ces choix. La définition de secteurs prioritaires pour la conservation est complexe et il est difficile de conclure sur le bien-fondé des indicateurs en analysant les résultats. Cependant quelques remarques peuvent être apportées à ce travail.

Tout d'abord, la **similitude** des différentes sorties du logiciel est marquante. Pour obtenir des propositions moins semblables entre les sorties A/C et B/D l'indicateur de menace pourrait être repensé. Une possibilité serait de jouer sur le poids de l'indicateur de distance aux routes et son inverse. L'avantage de Zonation est qu'une fois les indicateurs et les fichiers d'inputs créés, il est très aisé de relancer un nouveau run en modifiant les poids des indicateurs. Par ailleurs, dans la même optique, il serait également possible d'ajouter de nouveaux indicateurs de menace, tels qu'un indice de pression urbaine en lien avec les différents PLU et SCOT ou un indice démographique, pour différencier les sorties et être plus exhaustif. Cependant, même si les sorties sont similaires, on obtient tout de même à la fois des mailles prioritaires dans des zones de grandes naturalité et dans des secteurs relativement urbanisés et donc potentiellement vulnérables.

D'autre part, la **normalisation de la richesse spécifique** par le nombre de relevés peut présenter des limites. En effet, on sait que le nombre d'espèces dans une zone est corrélé positivement à l'effort d'échantillonnage mais fini par atteindre un plateau. Ici, les mailles avec une richesse spécifique forte et un nombre de relevés important possèdent une valeur de richesse spécifique normalisée faible tandis ce qu'une maille avec une richesse spécifique plus faible mais présentant moins de relevé peut obtenir une valeur forte. Si cette normalisation diminue certains biais, elle peut potentiellement en recréer d'autres, et ceci est difficile à évaluer.

Concernant les indicateurs de fragmentation ou de résistance des milieux pour l'étude de la connectivité, l'attribution de valeurs aux différentes occupations du sol a été complexe en considérant l'ensemble de la biodiversité. En effet, ce genre d'étude se fait généralement pour une espèce ou un groupe particulier dont on connaît les **préférences écologiques**. Ici, il a été nécessaire de rester très généraliste.

Par ailleurs, il faut noter que 4 mailles prioritaires sur 5 présentent un **habitat prioritaire** (zone humide, pelouse sèche ou friche à molinie). Or, ce ne sont pas les seuls habitats d'intérêt patrimonial prioritaires dans le département. Un léger biais pour ces milieux a donc été créé. Cela montre la nécessité de mieux connaître la répartition des autres habitats prioritaires de la Haute-Savoie pour

améliorer cet indicateur. Néanmoins, celui-ci présente cependant l'avantage de valoriser les travaux d'inventaires qui ont déjà été réalisés.

De plus, l'étude des secteurs pressentis a permis de montrer l'intérêt d'ajouter les **données faune** dans cette étude (ex du plateau de Loëx), notamment pour donner plus de poids aux mailles présentant des espèces d'intérêt faunistiques. En effet, leur aire de répartition n'est pas forcément corrélée à celle des espèces patrimoniales floristiques.

Enfin, le choix du **masque** utilisé est discutable. En effet, les RNN ont été exclues afin de mettre en avant des zones non protégées réglementairement. Cependant, il faut préciser que les ENS peuvent tout à fait se superposer aux RNN car les objectifs affichés sont différents. La politique ENS est ainsi très orientée informations et accès au public tandis que les RNN ont vocation première à protéger les habitats et espèces. Un label ENS peut ainsi constituer une source de financement supplémentaire pour la gestion du site en question. De plus, les arrêtés préfectoraux de protection du biotope, au nombre de 45 en Haute-Savoie pour 7 300 ha, constituent également une protection réglementaire, certes plus souple que les RNN, mais ceux-ci n'ont pas été inclus dans le masque. A noté que seules deux mailles prioritaires intersectent le périmètre d'un APPB.

Globalement, les résultats obtenus avec le logiciel Zonation apparaissent cohérents au vu de la politique ENS. Ces données peuvent donc constituer des outils d'aide à la décision pour entreprendre des démarches envers les communes concernées. Une telle carte doit cependant être analysée avec précaution, en tenant compte des indicateurs choisis pour identifier les mailles prioritaires et le poids de chacun de ceux-ci. Des ajustements et des améliorations des indicateurs peuvent par ailleurs être entrepris après discussion avec l'ensemble des partenaires. A noter que ces mailles ont été identifiées sans tenir compte du foncier, les zones d'intérêt peuvent donc être situées en terrain privé.

Connectivité

La connectivité des sites a ici été étudiée sur Graphab en considérant la théorie des chemins de moindre coût. Cette théorie tient compte de la **variabilité du paysage** dans lequel se déplace l'espèce mais elle suppose que celle-ci se déplace en sachant où elle veut aller. Il existe d'autres logiciels d'étude de la connectivité tels que Circuitscape se basant sur la **théorie des circuits électriques**. Cette dernière considère que l'espèce se déplace au hasard, en fonction de la résistance du milieu. Ce genre d'étude prend plus de temps mais apparaît comme plus pertinent biologiquement (Collectif TVB01, 2017). Il serait donc intéressant d'étudier la connectivité dans le département avec ce type d'outil. Par ailleurs, les patches d'habitats considérés sont constitués des RNN, des ENS existants et des mailles identifiées comme prioritaires pour la conservation mais ne prennent pas en compte les autres patches forestiers, etc. Graphab a donc permis une première approche d'étude de la connectivité en identifiant la connectivité dans le réseau de RNN et d'ENS existantes et potentielles mais **l'identification de secteurs prioritaires pour la connectivité nécessiterait une étude beaucoup plus poussée en considérant l'ensemble des habitats potentiels pour une espèce donnée.**

V) CONCLUSION

Ce stage d'identification de secteurs prioritaires pour la conservation fait partie intégrante des CPO du CBNA et d'Asters avec le Conseil Départemental de Haute-Savoie. Le projet est donc amené à se poursuivre sur plusieurs années. Ce stage a ainsi constitué une **première étape dans la construction**

d'une méthodologie et l'appropriation des outils. Il a permis d'obtenir une première cartographie des secteurs prioritaires pour la conservation dans le département à partir d'indicateurs relativement simples issus des données disponibles et de travaux existants tels que la Stratégie de conservation flore ou la télédétection de combes à neige. Ces résultats peuvent être d'ores et déjà utilisés pour appuyer la politique ENS du département en tenant compte des indicateurs employés ou être réajustés en modifiant les indicateurs et/ou leur poids si nécessaire. De plus, une **cartographie de l'occupation des sols** a été produite et pourra être valorisée dans d'autres projets. Des **fiches descriptives** des secteurs prioritaires pour la conservation à destination de l'unité ENS du Département ont également commencées à être rédigées.

Afin d'affiner ce travail, un **effort d'acquisition des données** pourrait être mené. La réactualisation de la convention de partage des données entre la LPO Haute-Savoie et Asters pourrait ainsi permettre d'intégrer les **données faune** à l'analyse après la fin du stage car même si la diversité floristique est un bon indicateur de la biodiversité globale ce n'est pas vrai pour tous les groupes. La méthodologie étant élaborée, il sera aisé de rajouter des indicateurs ou de faire varier les poids de ceux-ci. Le travail de préparation des inputs sera tout de même une étape nécessaire. De plus, un important travail de terrain devrait être engagé en priorité sur les **zones sous-prospectées** si l'on souhaite limiter le biais d'observation. Cela permettrait potentiellement de réaliser à terme une cartographie des habitats couvrante pour le département et donc d'intégrer d'autres indicateurs basés sur les habitats. Un tel travail serait extrêmement chronophage. Or, les journées de terrain sont fortement contraintes par les financements qui sont attribués pour un projet donné. Les temps de prospection « libres » sont donc fortement limités pour les naturalistes. Une part importante de la biodiversité demeure inconnue : de nouvelles espèces pour la Haute-Savoie sont observées chaque année. Mieux connaître la biodiversité locale est ainsi nécessaire pour mieux la protéger.

Concernant le **logiciel Zonation**, il constitue un outil puissant mais totalement dépendant des données en entrée et des paramétrages qu'on lui impose. Comme dans chaque étude scientifique, des données erronées, incomplètes, non représentatives conduisent à des résultats plus ou moins cohérents avec la réalité. Les résultats sont donc à interpréter avec extrême prudence, en gardant toujours à l'esprit les choix qui ont mené à ceux-ci. Des partis pris ont dû être fait pour attribuer des valeurs par maille et des poids pour chacun des indicateurs. Il a notamment été difficile d'attribuer des valeurs aux occupations du sol pour le calcul d'*effective mesh size* ou des valeurs de résistance du milieu pour l'étude de la connectivité en considérant l'ensemble de la biodiversité. En effet, ce genre d'étude se fait généralement pour une espèce ou un groupe particulier dont on connaît les **préférences écologiques**. Ainsi, le travail d'analyse des résultats du logiciel est donc très important en considérant l'ensemble de ces choix.

Par ailleurs, on ne peut qu'insister sur le fait qu'un tel outil n'a pas vocation à remplacer le dialogue avec les partenaires et les échanges avec les experts locaux. Au contraire, **les étapes de concertation et d'échanges** avant et surtout après l'exécution du logiciel sont des moments clés dans la démarche de *systematic conservation planning*. L'étape suivante du projet est donc d'échanger avec différents experts pour estimer si les résultats en sortie apparaissent pertinents au vu de leurs connaissances du département et si des ajustements sur les indicateurs utilisés ou leur poids respectif doit avoir lieu. Ainsi, une réunion de présentation des résultats sera faite à l'unité ENS du conseil départemental de Haute-Savoie le 10 septembre en présence des encadrants du stage et des directeurs des structures d'accueil pour leurs présenter les premiers résultats et avoir leur retour pour la suite du projet.

Enfin, d'un point de vue personnel, ce stage a constitué une excellente expérience. J'ai apprécié travailler sur une thématique liée à la conservation et ainsi mobiliser toutes les connaissances acquises lors de mon cursus pour servir un projet concret. J'espère d'ailleurs par la suite avoir la chance d'intégrer un poste conservant un lien fort avec l'écologie. Ce stage m'a également permis de développer mes compétences en outils informatiques et géomatiques. La construction de la carte d'occupation du sol a été une étape chronophage qui a constitué une grande partie de mon stage. Elle m'a permis de me former sur PostgreSQL et sur son extension spatiale, PostGIS. Désormais, PostgreSQL m'apparaît comme un outil indispensable en SIG. J'ai également pu tester de nombreux logiciels et j'ai souvent dû jongler entre ArcGIS et QGIS. Cela m'a ouvert les yeux sur la nécessité d'être curieux et de tester sans cesse de nouveaux logiciels car maîtriser QGIS n'est pas toujours suffisant, il faut savoir être polyvalent. Par ailleurs, j'ai grandement apprécié pouvoir échanger avec des acteurs variés, et j'ai pu constater à quel point cette étape est bénéfique pour faire avancer un tel projet.

BIBLIOGRAPHIE

Abellan, P., Sanchez-Fernandez, D., Velasco, J. and Millan, A. (2005). Conservation of freshwater biodiversity: a comparison of different area selection methods. *Biodiversity and Conservation*, 14, 3457–3474.

Ardron, J.A., Possingham, H.P., and Klein, C.J. (eds). (2010). Marxan Good Practices Handbook, Version 2. *Pacific Marine Analysis and Research Association*, Victoria, BC, Canada. 165 p.

Asaad, I., Lundquist, C. J., Erdmann, M. V. and Costello, M. J. (2017). Ecological criteria to identify areas for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 213, 309-316.

Avon, C. and Bergès, L. (2012). Outils pour l'analyse de la connectivité des habitats. Tests d'outils de diagnostic de la connectivité fonctionnelle potentielle de la trame forestière.

Balvanera, P., Pfisterer, A. B., Buchmann N., He, J. S., Nakashizuka, T., Raffaelli, D., and Schmid, B. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters*, (9), 1146–1156.

Baral, H.S., Sahgal, B., Mohsanin, S., Namgay, K. and Khan, A. A. (2014). Species and habitat conservation through small locally recognised and community managed Special Conservation Sites. *Journal of Threatened Taxa*, 6(5), 5677–5685.

Barnier, F., Figuet, S., Poncet, L. and Touroult, J. (2018). La biodiversité en France—100 chiffres expliqués sur les espèces. Repéré à https://inpn.mnhn.fr/docs/communication/livretInpn/LIVRET_INPN_2018.pdf

Beck, M. W., Odaya, M., Bachant, J. J., Bergan, J., Keller, B., Martin, R ... Ramseur, G. (2000). Identification of Priority Sites for Conservation in the Northern Gulf of Mexico: An Ecoregional Plan. *The Nature Conservancy*, Arlington, VA.

Belle, E.M.S., Burgess, N.D., Misrachi, M., Arnell, A., Masumbuko, B., Somda, J... and Kingston N. (2016). Impacts du changement climatique sur la biodiversité et les aires protégées en Afrique de l'Ouest, Résumé des résultats du projet PARCC, Aires protégées résilientes au changement climatique en Afrique de l'Ouest. *UNEP-WCMC*, Cambridge, UK.

Bonnet, V., Fort, N. and Antonetti, P. (2016). Stratégie de conservation de la flore en Rhône-Alpes. Démarche, méthodologie et résultats.

Bonnet, V. and Sanz, T. (2017). Stratégie de conservation de la flore et des habitats du Parc naturel régional de Chartreuse. Etat des lieux, priorisation des espèces végétales et des habitats et propositions d'actions de conservation.

Callmander, M. W., Schatz, G. E., Lowry II, P. P., Laivao, M. O., Raharimampionona, J., Andriambololona, S., Raminosoa, T. and Consiglio, T. K. (2007). Identification of priority areas for plant conservation in Madagascar using Red List criteria: rare and threatened Pandanaceae indicate sites in need of protection. *Oryx*, 41 (2), 168-176.

Carlson, B. Z., Corona, M. C., Dentant, C., Bonet, R., Thuiller, W. and Choler, P. (2017). Observed long-term greening of alpine vegetation—a case study in the French Alps. *Environ. Res. Lett*, 12 (114006).

Clark, M. R., Rowden, A. A., Schlacher, T. A., Guinotte, J., Dunstan, P. K., Williams, A. ... Tsuchida, S. (2014). Identifying Ecologically or Biologically Significant Areas (EBSA): A systematic method and its application to seamounts in the South Pacific Ocean. *Ocean and Coastal Management*, 91, 65-79.

Castro Parga, I., Moreno Saiz, J. C., Humphries, C. H. and Williams, P. H. (1996). Strengthening the Natural and National Park system of Iberia to conserve vascular plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 121 (3), 189–206.

Clauzel, C., Foltête, J. C., Girardet, X. and Vuidel, G. (2017). Graphab 2.2 – Manuel d'utilisation. Repéré à <https://sourcesup.renater.fr/graphab/download/manual-2.2-fr.pdf>

Collectif TVB01 : Clément, R., Costes, G., Danancher, D., Favre, E., Greff, N., Renard, L. and Léorier, M. (2017). Guide méthodologique et technique – Continuités éco-paysagères de l'Ain reconnues d'intérêt départemental.

Cuesta, F., Peralvo, M., Merino-Viteri, A., Bustamante, M., Baquero, F., Freile, J. F., Muriel, P. and Torres-Carvajal, O. (2017). Priority areas for biodiversity conservation in mainland Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 3 (1), 93-106.

Culat, A., Mikolajczak, A. and Sanz, T. (2014). Référentiel et liste rouge des végétaux de Rhône-Alpes. Méthodologie et résultats.

Delauge, J., Abdulhak, S. and Noble, V. (2016). Définition d'une stratégie foncière régionale en faveur du patrimoine naturel en PACA. Etude préalable : méthode et organisation.

Delavenne, J., Metcalfe, K., Smith, R. J., Vaz, S., Martin, C. S., Dupuis, L., Coppin, F. and Carpentier A. (2012). Systematic conservation planning in the eastern English Channel: comparing the Marxan and Zonation decision-support tools. *ICES – Journal of Marine Science*, 69 (1), 75-83.

Deliry, C. (2015). Plan régional d'action en faveur des odonates de Rhône-Alpes.

Département de la Haute-Savoie (2016). Schéma des Espaces Naturels Sensibles de Haute-Savoie 2016-2022.

DIREN PACA. (2008). LA FRAGMENTATION DES MILIEUX NATURELS- 1- Etat de l'art en matière d'évaluation de la fragmentation des milieux naturels. Repéré à http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/1_fragmentation_synthese_bibliographique_cle7446fb.pdf

Esselman, P. C. and Allan, J. D. (2011). Application of species distribution models and conservation planning software to the design of a reserve network for the riverine fishes of northeastern Mesoamerica. *Freshwater Biology*, 56, 71–88.

- Fajardo, J., Lessmann, J., Bonaccorso, E., Devenish, C. and Muñoz, J. (2014). Combined Use of Systematic Conservation Planning, Species Distribution Modelling, and Connectivity Analysis Reveals Severe Conservation Gaps in a Megadiverse Country (Peru). *PLoS ONE*, 9 (12).
- Flather, C. H., Knowles, M. S. and Kendall, I. A. (1998). Threatened and Endangered Species Geography Characteristics of hot spots in the conterminous United States. *BioScience*, 48 (5), 365-376.
- Foltête J.C., Clauzel C. and Vuidel G. (2012). A software tool dedicated to the modelling of landscape networks. *Environmental Modelling & Software*, (38), 316-327.
- Game, E. T. and Grantham, H. S. (2008). Marxan User Manual: For Marxan version 1.8.10. University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, and Pacific Marine Analysis and Research Association, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Gatelier, T. (2015). Méthode d'évaluation du patrimoine naturel remarquable du département des Landes.
- Geffroy, L. (2018). Où sont passés les oiseaux des champs ? Repéré à <https://lejournal.cnrs.fr/articles/ou-sont-passes-les-oiseaux-des-champs>
- Girardet, X., Clauzel, C. (2018). Graphab. 14 réalisations à découvrir. Actes de la journée « Retour d'expérience sur Graphab du 27 juin 2017 ». Repéré à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01701885>
- Groupe botanique de Nature Midi-Pyrénées. (2017). Urbaflora - Programme régional de gestion de la sous-trame milieux urbains et périurbains.
- Groupe Sympetrum. (2014). Liste rouge des odonates de Rhône-Alpes. *Histoires Naturelles*, 25.
- Isenmann, M., Paulin, D., Bonnet, V., Genis, J.M., Legland, T., Molinatti, M., Pache, G. and Vallée, S. (2018). Convention pluriannuelle d'objectifs 2017 – 2019 entre le CBNA et le Département de la Haute –Savoie – Bilan des actions réalisées en 2017 et proposition de programme d'actions pour 2018.
- Kiedrzyński, M. and Jakubowska-Gabara, J. (2014). The detection of thermophilous forest hotspots in Poland using geostatistical interpolation of plant richness. *Acta Soc Bot Pol*, 83(3), 183–189.
- Küper, W., Henning Sommer, J., Lovett, J. C., Mutke, J., Linder H. P., Jaap Beentje, H., Van Rompaey, R. S. A. R., ..., Barthlott, W. (2004). Africa's Hotspots of Biodiversity Redefined. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 91 (4), 525-535.
- Langhammer, P.F., Bakarr, M.I., Bennun, L.A., Brooks, T.M., Clay, R.P., Darwall, W., De Silva, N. ... and Tordoff, A.W. (2007). Identification and Gap Analysis of Key Biodiversity Areas: Targets for Comprehensive Protected Area Systems. Gland, Switzerland: IUCN.
- Liénard, S. and Clergeau, P. (2011). Trame Verte et Bleue : Utilisation des cartes d'occupation du sol pour une première approche qualitative de la biodiversité. *Cybergeo : European Journal of Geography*. Repéré à <http://journals.openedition.org/cybergeo/23494>
- Le Berre, M., Noblea, V., Piresa, M., Casazzab, G., Minutob, I., Mariottib, M., Abdulhacd, S., ... Diadema, K. (2018). Applying a hierarchisation method to a biodiversity hotspot: Challenges and perspectives in the South-Western Alps flora. *Journal for nature conservation*, 42, 19-27.
- Lehtomäki, J. and Moilanen, A. (2013). Methods and workflow for spatial conservation prioritization using Zonation. *Environmental Modelling & Software*, 47, 128 – 137.
- LPO Haute-Savoie and FRAPNA. (2014). Reptiles et amphibiens de Haute-Savoie – Etat des lieux et plans d'actions.

- Lessmann, J., Muñoz, J. and Bonaccorso, E. (2014). Maximizing species conservation in continental Ecuador: a case of systematic conservation planning for biodiverse regions. *Ecology and Evolution*, 4 (12), 2410-2422.
- Maire, A. (2014). Comment sélectionner les zones prioritaires pour la conservation et la restauration des communautés de poissons de rivière ? Applications aux échelles de la France et du Pas-de-Calais. Sciences de l'environnement. INP DE TOULOUSE.
- McGarigal, K., Cushman, S.A., and Ene, E. (2012). FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Répertorié à <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- MEB and LPO PACA. (2016). Comment localiser les sites à haut potentiel écologique et orienter les recherches de sites compensatoires ? Méthodologie de diagnostic territorial basée sur la répartition des espèces à enjeux. *Les cahiers de la biodiversité 2015*, 8, 76p.
- Meyer, M. (2017). *Définition et test d'un protocole de suivi des combes à neige, apport de l'imagerie satellitaire haute résolution* (Mémoire de master 2, Université Savoie Mont-Blanc).
- Mirzaei, R., Hemami, M.R., Esmaili Sari, A., Rezaei, H. R. and Peterson, H. (2017). Using ecological niche modeling to determine avian richness hotspots. *Global J. Environ. Sci. Manage.*, 3(2), 131-142.
- Moilanen, A., Pouzols, F. M., Meller, L., Veitch, V., Arponen, A., Leppänen, J. and Kujala, H. (2014). Zonation - Spatial conservation planning methods and software. Version 4. User Manual.
- Murray-Smith, C., Brummitt, N. A., Oliveira-Filho, A. T., Bachman, S., Moat, J., Nic Lughadha, E. M. and Lucas, E. V. (2008). Plant Diversity Hotspots in the Atlantic Coastal Forests of Brazil. *Conservation Biology*, 23 (1), 151-163.
- Myers, N. (1988). Threatened Biotas: "Hot Spots" in Tropical Forests. *The Environmentalist*, 8 (3), 187-208.
- Ndayishimiye, J., Stoffelen, P., Bigendako, M. J., Lejoly, J., De Cannière, C. and Bogaert, J. (2013). Détermination des zones potentielles de conservation de la biodiversité : un aperçu sur l'approche méthodologique basée sur la diversité spécifique et les espèces endémiques. *Bull. sci. Inst. natl. environ. conserv. nat.*, 11, 20-30.
- Razola, I., Rey Benayas, J.M., De la Montaña, E. and Cayuela, L. (2006) Selección de áreas relevantes para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas*, 15 (2), 34-41.
- Rey Benayas, J. M. and De la Montana, E. (2003). Identifying areas of high-value vertebrate diversity for strengthening conservation. *Biological Conservation*, 114, 357-370.
- Rodríguez, L. O. and Young, K. R. (2000). Biological Diversity of Peru: Determining Priority Areas for Conservation. *Ambio*, 29 (6), 329-337.
- Romo, H., Munguira, M. L. & García-Barros, E. (2007). Area selection for the conservation of butterflies in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Animal Biodiversity and Conservation*, 30.1, 7-27.
- Savouré-Soubelet, A. (2015). Liste hiérarchisée d'espèces pour la conservation en France. Espèces prioritaires pour l'action publique. V1.1. Muséum national d'histoire naturelle – Service du Patrimoine naturel. 22p.
- Schouten, M. A., Barendregt, A., Verweij, P-A., Kalkman, V. J., Kleukers, R. M. J. C., Lenders, H. J. R. and Siebel, H. N. (2010). Defining hotspots of characteristic species for multiple taxonomic groups in the Netherlands. *Biodivers Conserv*, 19, 2517-2536.

Smith, R. J., Eastwood, P. D., Ota, Y., and Rogers, S. I. (2009). Developing best practice for using Marxan to locate Marine Protected Areas in European waters. *ICES Journal of Marine Science*, 66, 188–194.

Smith R. (2015). Analyse des carences et établissement de priorités géographiques pour la conservation en Afrique de l'Ouest. *UNEP-WCMC Technical Report*.

Starkman, N., Cailleretz, A., Chautard, G., Blondel, C., Govaere, A. and Raevel, P. (2008). Actualisation de l'inventaire de sites d'intérêt écologique. Repéré à http://www.nord.gouv.fr/content/download/8705/53351/file/rapport_annexe2.pdf

Steinbauer, M. J., Grytnes, J.A., Jurasinski, G., Kulonen, A., Lenoir, J., Pauli, H., Rixen, C., ... Wipf, S. (2018). Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature*, 556, 231–234.

Turpie, J. K., Beckley, L. E., and Katua, S. M. (2000). Biogeography and the selection of priority areas for conservation of South African coastal fishes. *Biological Conservation*, 92, 59-72.

Underwood, J. G., D'Agrosa, C. and Gerber, L. R. (2009). Identifying Conservation Areas on the Basis of Alternative Distribution Data Sets. *Conservation Biology*, 24 (1), 162-170.

Van Elsen, T. (1999). Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77, 101-109.

Véla, E. and Benhouhou, S. (2007). Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *C. R. Biologies*, 330, 589–605.

Williams, P., Gibbons, D., Margules, C., Rebelo, A., Humphries, C. and Pressey R. (1996). A Comparison of Richness Hotspots, Rarity Hotspots, and Complementary Areas for Conserving Diversity of British Birds. *Conservation Biology*, 10, (1), 155-174.

Wu, T. S., Walther, B. A., Chen, Y. H., Lin, R. S. and Lee, P. H. (2013). Hotspot analysis of Taiwanese breeding birds to determine gaps in the protected area network. *Zoological Studies*, 52 (29).

Yahi, N., Vela, E., Benhouhou, S., De Belair, G. and Gharzouli, R. (2012). Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. *Journal of Threatened Taxa*, 4(8), 2753–2765.

Yang, F., Hu, J. and Wu, R. (2016). Combining endangered plants and animals as surrogates to identify priority conservation areas in Yunnan, China. *Scientific reports*, 6 (30753).

ANNEXES

Annexe 1 : Glossaire

Convention de Berne : Convention européenne de 1979 visant à promouvoir la coopération entre les Etats signataires pour assurer la conservation de la faune et la flore. L'annexe I présente la liste d'espèces de la flore strictement protégées.

Convention de Washington : Accord international datant de 1973 régulant la commercialisation d'espèces afin d'assurer la conservation de la biodiversité. L'annexe I comprends les espèces actuellement menacées d'extinction, l'annexe II les espèces vulnérables et l'annexe III les espèces inscrites à la demande d'un Etat.

CPO : Une Convention Pluriannuelles d'Objectif s'établit entre une association et une collectivité locale et présente les projets et réalisation de l'association justifiant d'une demande de financement. Ce document a été rendu obligatoire par la loi française pour les subventions supérieures à 23 000€.

Directive Habitat, Faune, Flore : Directive ayant pour objectif de maintenir ou de rétablir la biodiversité au niveau de l'Union européenne. Les membres signataires s'engagent à développer un réseau d'aires Natura 2000 afin de préserver les habitats et les espèces listées en annexes.

Flore vasculaire (= plantes trachéophytes) : Ensemble des végétaux pourvu de vaisseaux conducteurs comprenant les angiospermes, les gymnospermes, les lycopodes, les prêles et les fougères.

Liste rouge : Inventaire de l'état de conservation des espèces au niveau mondial, national, régional ou départemental. Ces listes se basent généralement sur la méthodologie de l'IUCN.

Livre rouge national : Liste d'espèces menacées au niveau national.

Messicole : Plante généralement annuelle inféodée aux cultures dont le cycle biologique est semblable à celui des céréales cultivées.

Observation : Noter une observation c'est noter la présence d'un individu ou d'une population et sa localisation. Il n'y a donc qu'une espèce par observation mais il peut y avoir plusieurs individus.

Point scoring : Méthode de hiérarchisation basée sur une attribution de points selon plusieurs critères.

Population : Ensemble des individus d'un même taxon situés dans une région géographique donnée.

Relevé : Méthode consistant à noter les espèces présentes dans un secteur défini ainsi que des informations associées diverses (surface du relevé, date, exposition, sol, altitude...). Il existe différentes techniques de relevés.

Taxon (pl. taxa) : Ensemble d'êtres vivants possédant des caractères communs en raison d'une parenté. Exemple : espèce, famille, ordre.

ZNIEFF : Espace naturel présentant u fort enjeu et faisant l'objet d'un inventaire. Il existe deux types de zones : les ZNIEFF de type I (très fort enjeu) et les ZNIEFF de type II (fort enjeu). Il existe des listes d'espèces déterminantes ZNIEFF.

Annexe 2 : Principaux articles du code de l'urbanisme relatifs aux Espaces Naturels Sensibles

- Autorité compétente pour l'application de la politique ENS :

Article L113-8

Créé par ORDONNANCE n°2015-1174 du 23 septembre 2015 - art.

Le département est compétent pour élaborer et mettre en œuvre une politique de protection, de gestion et d'ouverture au public des espaces naturels sensibles, boisés ou non, destinée à préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels et des champs naturels d'expansion des crues et d'assurer la sauvegarde des habitats naturels selon les principes posés à l'article L. 101-2.

- Taxe d'aménagement :

Article L113-10

Créé par ORDONNANCE n°2015-1174 du 23 septembre 2015 - art.

Pour mettre en œuvre la politique prévue à l'article L. 113-8, le département peut instituer une part départementale de la taxe d'aménagement destinée à financer les espaces naturels sensibles, dans les conditions définies à l'article L. 331-3.

- Droit de préemption :

Article L113-14

Créé par ORDONNANCE n°2015-1174 du 23 septembre 2015 - art.

Pour mettre en œuvre la politique prévue à l'article L. 113-8, le département peut créer des zones de préemption dans les conditions définies aux articles L. 215-1 et suivants.

Article L215-1

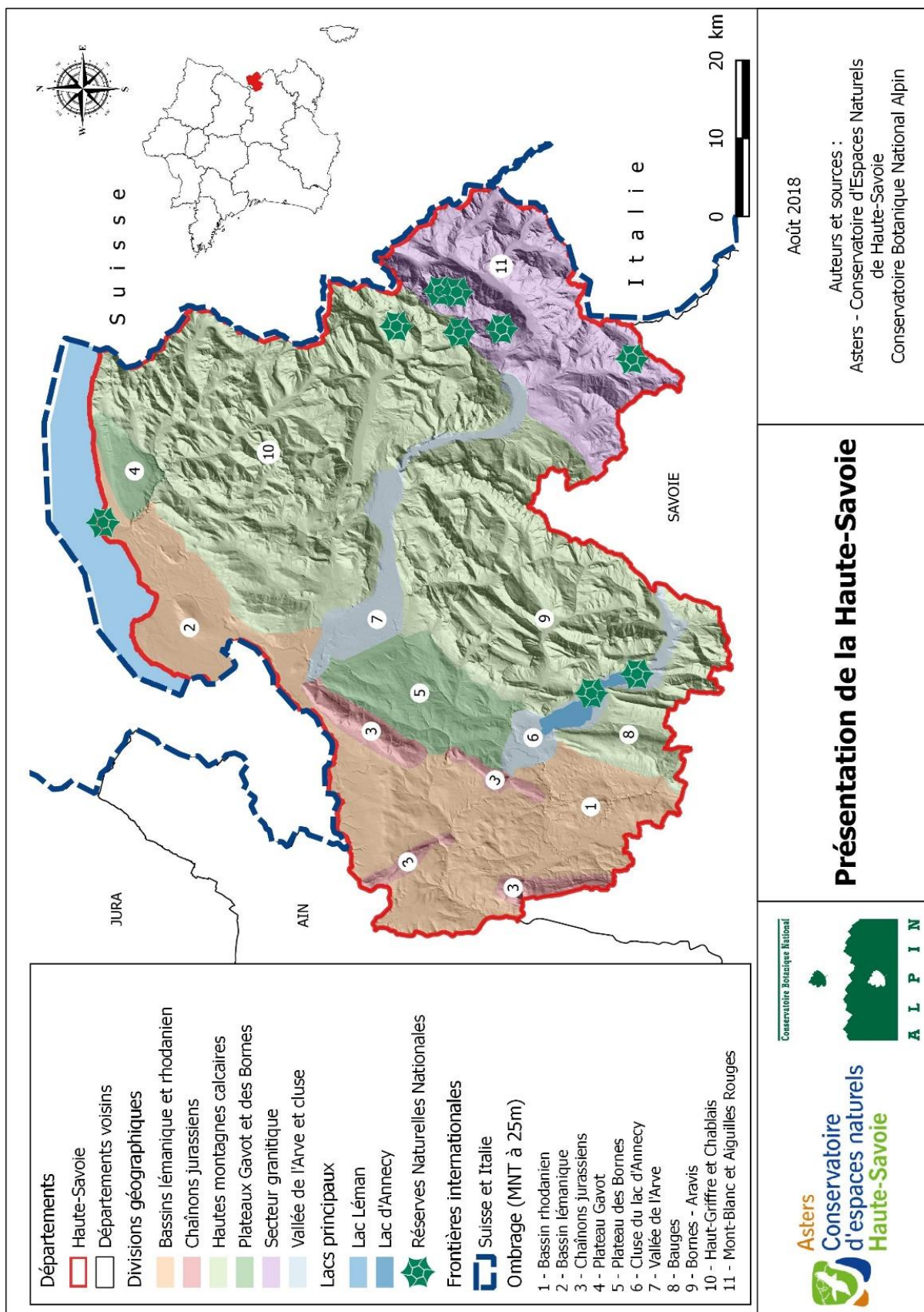
Créé par ORDONNANCE n°2015-1174 du 23 septembre 2015 - art. 4

Pour mettre en œuvre la politique prévue à l'article L. 113-8, le département peut créer des zones de préemption dans les conditions définies au présent article.

Dans les communes dotées d'un plan local d'urbanisme approuvé, les zones de préemption sont créées avec l'accord de la commune ou de l'établissement public de coopération intercommunale compétent en matière de plan local d'urbanisme. En l'absence d'un tel document, et à défaut d'accord des communes ou des établissements publics de coopération intercommunale compétents en matière de plan local d'urbanisme concernés, ces zones ne peuvent être créées par le département qu'avec l'accord de l'autorité administrative compétente de l'Etat.

Source : site Legifrance (www.legifrance.gouv.fr)

Annexe 3 : Carte de la situation de la Haute-Savoie



Remarque : La frontière suisse traverse officiellement le Léman.

Annexe 4 : Extrait du tableau de synthèse des indicateurs cités dans la littérature

Ce tableau fait la synthèse des indicateurs relevés dans la bibliographie. Plus d'une soixantaine d'indicateurs variés ont été relevés dans près de 40 articles. Un extrait est visible ci-dessous.

Liste des critères (et indicateurs associés) utilisés dans la littérature pour prioriser les espèces/habits/lieux en termes de conservation & application dans le cadre de l'identification de secteurs prioritaires pour la Haute-Savoie (2018)						
Critère	Indicateur		Méthodologie	Données disponibles	Remarque(s)	Bibliographie
	Nom	Définition				
Biodiversité générale	Représentativité	Aire préservant un large éventail d'habitats, d'espèces > représentativité de la biodiversité de la zone d'étude			10 initiatives mondiales/15	Ecological criteria to identify areas for biodiversity conservation (I. Asaad et al., 2017)
	Richesse	Ensembles de entités (espèces, taxons, habitats...)	Globale ou par groupe taxonomique		Etude à l'échelle de proposition, résultats ?	Définition d'une stratégie fondée régionale en faveur du patrimoine naturel en PACA - étude préalable - méthode et organisation (CBNA, GBNIP, CEN PACA, 2016)
	Ecorégions	Intégrer richesse spécifique, endémisme et unicité taxonomique	Données WWF	?	Può, utilisation d'indices directs richesses endémisme...)	Analyse des carences et établissement de priorités géographiques pour la conservation en Afrique de l'Ouest (R. J. Smith, 2015)
	Liste de végétations		Données GlobalCover : 22 types de couverts végétaux (à partir des images satellites)	Liste rouge de végétation, données phytosociologiques non courantes	Dépend de données	Analyse des carences et établissement de priorités géographiques pour la conservation en Afrique de l'Ouest (R. J. Smith, 2015)
	Proposition de l'étude : taxa endémiques, menaces, origines, richesses spécifique, abondance spécifique)					Ecological criteria to identify areas for biodiversity conservation (I. Asaad et al., 2017)
	Indice combiné	Prend en compte : rareté, richesses spécifique, statut de menace, l'indice de rareté - indice de vulnérabilité.		Données OK		Identifying areas of high value vertebrate diversity for strengthening conservation (J. M. Rey Benayas, E. de la Montaña, 2003)

Annexe 5 : Références des logiciels et des données utilisés

- Références des logiciels et extensions :

SIG :

- QGIS 2.8.3 (Wien)
- QGIS 2.16.3 (Nødebo)
- QGIS 3.2.1 (Bonn)
- ArcGIS 10.6

Base de données :

- PostGIS 2.0
- PostgreSQL 10
- pgAdmin4

Autres :

- Fragstats v4.2.1
- Graphab 2.2.6
- Suite office 2013

- Producteurs de données :

Asters :

- Données flore Haute-Savoie. Format vecteur.
- Inventaires pelouses sèches, zones humides et friches à molinie. Données vecteurs.

CBNA :

- Données flore Haute-Savoie. Données vecteur.
- Mailles potentielles de combes à neige à l'échelle de l'Arc Alpin. Format vecteur (mailles 100*100m).

CESBIO :

- OSO : Carte d'occupation des sols avec 17 catégories issues de la télédétection. Format vecteur et raster (pixel de 10m). Version 2016. CESBIO. <http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/~oso/>

RGD 73-74 / Bureau d'étude SIRS :

- Carte réelle d'occupation du sol : Format vecteur. Version 2012. <http://www.rgd73-74.fr/>

IGN :

- BD Alti. <http://professionnels.ign.fr/bdalti>
- BD Topo. <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>
- MNT à 25m.
- Pré-cartographie de la Haute-Voie. Format raster vectorisé. Produite par segmentation d'images. Projet CarHAB.

Annexe 6 : Méthodologie de la carte d'occupation des sols (extraits de scripts SQL)

Cultures d'été, cultures d'hiver, surfaces minérales et neige/glaciers

```
-- Réattribuer des valeurs à la segmentation pour les cultures d'été et d'hiver, les glaciers
et les milieux rocheux
```

```
-- Création d'une table à partir de l'OSO vecteur avec les données des OS concernées
CREATE TABLE test_laetitia.oso_carto as (
  SELECT id, geom, classe
  FROM test_laetitia.oso
  WHERE classe IN (11, 12, 45, 46, 53)) ;
```

```
-- Création de tables pour chaque classe d'OSO retenue avec la surface d'intersection
CREATE TABLE test_laetitia.oso_cult_ete as (
  SELECT b.id, round(st_area(st_union(st_intersection(a.geom, b.geom)))):
  NUMERIC,2)
  FROM test_laetitia.segm_finale as b JOIN test_laetitia.oso_carto as a ON
  st_intersects(a.geom, b.geom)
  WHERE a.classe = 11
  GROUP BY b.id );
```

De même pour les autres OS

```
-- Table fusionnée avec par ligne surface oso par id
CREATE TABLE test_laetitia.oso_surface as (
  SELECT b.id, a.round as cult_ete, c.round as cult_hiver, d.round as surf_mineral, e.round as
  glacier, round(st_area(b.geom):: numeric, 2) as total, os, geom
  FROM test_laetitia.segm_finale as b LEFT OUTER JOIN test_laetitia.oso_cult_ete as a on (b.id
  = a.id)
  test_laetitia.oso_cult_hiver as c on (b.id = c.id)
  test_laetitia.oso_surf_mineral as d on (b.id = d.id)
  test_laetitia.oso_glaciers as e on (b.id =e.id) ) ;
```

```
-- MAJ de l'OS pour surface d'intersection > 50%
UPDATE test_laetitia.oso_surface
SET os = 'Cultures hiver'
WHERE (cult_hiver / total) > 0.5 AND os = 'Milieux ouverts' AND total <> 0;
```

```
UPDATE test_laetitia.oso_surface
SET os = 'Cultures ete'
WHERE (cult_ete / total) > 0.5 AND os = 'Milieux ouverts' AND total <> 0;
```

```
UPDATE test_laetitia.oso_surface
SET os = 'Surfaces minérales'
WHERE (surf_mineral / total) > 0.5 AND os = 'Milieux ouverts' AND total <> 0;
```

```
UPDATE test_laetitia.oso_surface
SET os = 'Neige, glaciers'
WHERE (glacier / total) > 0.5 AND os = 'Milieux ouverts' AND total <> 0;
```

```
--> oso_surface : os Ã jour + id + geom
```

Polygones non attribués et correction de la géométrie

```
-- Attribution d'une OS aux polygones sans OS en fonction de l'OS du plus grand polygone
adjacent
```

```
-- Table subset avec seulement les milieux ouverts
CREATE TABLE test_laetitia.mil_ouvert_agreg as
SELECT id, os_vf, geom
FROM test_laetitia.singlepart_clip
WHERE os_vf = 'Milieux ouverts';
```

```
-- Sélection des polygones adjacents à chaque polygone sans OS
CREATE TABLE test_laetitia.pol_adjacent as
SELECT b.id as id_mil , a.id as id_adj, b.geom
FROM test_laetitia.mil_ouvert_agreg b, test_laetitia.singlepart_clip a
WHERE st_dwithin(b.geom, a.geom, 0) AND a.id != b.id ;
```

```
-- Ajout de l'aire du polygone adjacent et de son os
ALTER TABLE test_laetitia.pol_adjacent
```

```

ADD area double precision ;

UPDATE test_laetitia.pol_adjacent
SET area = round(st_area(geom)::numeric/10000, 3)

ALTER TABLE test_laetitia.pol_adjacent
ADD os_vf varchar(80) ;

UPDATE test_laetitia.pol_adjacent
SET os_vf = b.os_vf
FROM test_laetitia.singlepart_clip b
WHERE pol_adjacent.id_adj = b.id ;

-- Création de la table contenant les surfaces les plus grandes
CREATE TABLE test_laetitia.pol_adjacent_max as
WITH tmp as ( SELECT id_mil, max(area)
              FROM test_laetitia.pol_adjacent
              GROUP BY id_mil
              ORDER BY id_mil)
SELECT a.*
FROM test_laetitia.pol_adjacent a JOIN tmp on a.id_mil = tmp.id_mil AND a.area = tmp.max ;

-- Double singlepart_clip
CREATE TABLE test_laetitia.singlepart_clip_agreg as
(SELECT *
FROM test_laetitia.singlepart_clip ) ;

-- MAJ os
UPDATE test_laetitia.singlepart_clip_agreg
SET os_vf = b.os_vf
FROM test_laetitia.pol_adjacent_max b
WHERE b.id_mil = singlepart_clip_agreg.id ;

-- Correction de la géométrie
SELECT count(id)
FROM test_laetitia.singlepart_clip_agreg
WHERE st_isvalid(geom) is false ;
-- 319

CREATE TABLE test_laetitia.singlepart_agreg_dump AS
SELECT id, os_vf, (ST_DUMP(geom)).geom::geometry(Polygon,2154) AS geom
FROM test_laetitia.singlepart_clip_agreg ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET geom = (ST_DUMP(ST_CollectionExtract(
                ST_MakeValid(
                    st_snaptogrid(
                        ST_SimplifyPreserveTopology(geom,0.5)
                        ,0.001))
                ,3))).geom::geometry(Polygon,2154)

SELECT count(id)
FROM test_laetitia.singlepart_agreg_dump
WHERE st_isvalid(geom) is false ;
-- 0

-- Ajout d'un index
CREATE INDEX singlepart_agreg_dump_gist ON test_laetitia.singlepart_agreg_dump USING GIST
(geom) ;

```

Altitude :

Tout d'abord, sous QGIS, il a été tenté d'attribuer une valeur moyenne d'altitude à chaque polygone de milieux ouverts mais de nombreux polygones n'obtenaient pas de valeurs. A partir d'un MNT à 25 m des rasters ont donc été créés via la calculatrice raster selon les étages de végétation: ex = "RGEALTI_MNT_25M_D074@1" > 1000 AND "RGEALTI_MNT_25M_D074@1" < 1600

Ces rasters ont ensuite été vectorisés pour être croisés avec la carte d'occupation des sols et préciser les catégories des milieux ouverts (ex : pelouse de plaine, lande montagnarde, etc.).

Etages de végétation	Altitude
Collinéen	< 1000 m
Montagnard	1000 – 1600 m
Subalpin et Alpin	> 1600 m

Annexe 7 : Libellés et codes de la carte d'occupation des sols

code_1	lib_1	code_2	lib_2	code_3	lib_3
1	Milieux artificialisés	11	Bâti et surfaces imperméables	111	Bâti et surfaces imperméables
		12	Espaces verts artificialisés	121	Espaces verts artificialisés
2	Milieux agricoles	21	Cultures	211	Cultures d'été
				212	Cultures d'hiver
				213	Cultures humides
		22	Vignes et vergers	221	Vergers
				222	Vignes
3	Milieux ouverts	31	Pelouses	311	Pelouses de plaine
				312	Pelouses montagnardes
				313	Pelouses subalpines et alpines
				314	Pelouses sèches de plaine
				315	Pelouses sèches montagnardes
		32	Prairies	321	Prairies de plaine
				322	Prairies montagnardes
				323	Prairies subalpines et alpines
		33	Combes à neige	331	Combes à neige montagnardes
				332	Combes à neige subalpines et alpines
		34	Friches à molinie	341	Friches à molinie de plaine
				342	Friches à molinie montagnarde
		35	Zones humides	351	Zones humides de plaine
				352	Zones humides montagnardes
				353	Zones humides subalpines et alpines
		36	Landes	361	Landes de plaine
				362	Landes montagnardes
				363	Landes subalpines et alpines
4	Haies et cordons forestiers	41	Haies et cordons forestiers	411	Haies et cordons forestiers
5	Forêts	51	Forêts de feuillus	511	Forêts fermées de châtaignier pur
				512	Forêts fermées de chênes décidus purs
				513	Forêts fermées de hêtre pur
				514	Forêts fermées de robinier pur
				515	Peupleraies
				516	Forêts fermées d'un autre feuillu pur
				517	Forêts fermées de feuillus purs en îlots
				518	Forêts fermées à mélange de feuillus
		52	Forêts de conifères	521	Forêts fermées de douglas pur
				522	Forêts fermées de mélèze pur
				523	Forêts fermées de pin à crochets ou pin cembro pur

				524	Forêts fermées de pin laricio ou pin noir pur
				525	Forêts fermées de pin sylvestre pur
				526	Forêts fermées de sapin ou épicéa
				527	Forêts fermées d'un autre conifère pur autre que pin
				528	Forêts fermées de conifères purs en îlots
				529	Forêts fermées à mélange de pins purs
				530	Forêts fermées à mélange de conifères
		53	Forêts mixtes	531	Forêts fermées à mélange de feuillus prépondérants et conifères
				532	Forêts fermées à mélange de conifères prépondérants et feuillus
		54	Forêts humides	541	Forêts humides
		55	Mutations récentes	551	Mutations récentes
6	Milieux aquatiques	61	Eau	611	Eau
7	Milieux rocheux, enneigés ou en glace	71	Surfaces minérales	711	Surfaces minérales
		72	Neige, glaciers	721	Neige, glaciers

Annexe 8 : Script SQL concernant l'indicateur de richesse spécifique

```
-- Sélection des données d'observation point et polygones dont l'imprécision est inférieure à 500m :

CREATE TABLE indicateurs.data_point_pol_500m as (
    SELECT *, ST_GeomFromText(_geometry, 2154) as geom
    FROM tax_prio.data_extract74
    WHERE lmprecision_l931 <= 500 AND (_geometry ILIKE '%point%' OR _geometry ILIKE
'%polygon%' ) ) ;

-- Correction de la géométrie :

SELECT id, _geometry
FROM indicateurs.data_point_pol_500m
WHERE st_isvalid(geom) is false
-- + de 400 polygones comprenant des erreurs

CREATE TABLE indicateurs.data_point_pol_500m_dump as
SELECT id, numchrono, nom_complet_taxon_cbna, cd_nom,
(ST_DUMP( ST_MakeValid(st_snaptogrid(
    ST_SimplifyPreserveTopology(geom,0.5),0.001)))) geom as geom
FROM indicateurs.data_point_pol_500m
WHERE dateannee >= 1990;

-- Intersection des observations flore et des mailles 1*1km :

CREATE TABLE indicateurs.int_m1_obs500 as (
SELECT a.id, a.geom, b.nom_complet_taxon_cbna, b.cd_nom, b.numchrono
FROM indicateurs.decoup_grille1_74 as a LEFT JOIN indicateurs.data_point_pol_500m_dump as b on
st_intersects(a.geom, b.geom)) ;

-- Création table de la richesse spécifique :

CREATE TABLE indicateurs.rich_spe_obs500 as (
SELECT id, geom, count(distinct cd_nom)
FROM indicateurs.int_m1_obs500
GROUP BY id, geom) ;

-- Normalisation par les numéros chrono (= identifiants des relevés) :

ALTER TABLE indicateurs.rich_spe_obs500
ADD count_numchrono double precision ;

WITH tmp as ( SELECT id, count(distinct numchrono) as count_chrono
                FROM indicateurs.int_m1_obs500
                GROUP BY id)
UPDATE indicateurs.rich_spe_obs500
SET count_numchrono = tmp.count_chrono
FROM tmp
WHERE rich_spe_obs500.id = tmp.id ;

ALTER TABLE indicateurs.rich_spe_obs500
ADD rich_numchrono_ss_sup double precision ;

WITH tmp as ( SELECT id, round((count / count_numchrono)::numeric, 3) as rich_chrono_ss_sup
                FROM indicateurs.rich_spe_obs500
                WHERE count_numchrono != 0
                GROUP BY id, count, count_numchrono)
UPDATE indicateurs.rich_spe_obs500
SET rich_numchrono_ss_sup = tmp.rich_chrono_ss_sup
FROM tmp
WHERE rich_spe_obs500.id = tmp.id ;

UPDATE indicateurs.rich_spe_obs500
SET rich_numchrono_ss_sup = 0
WHERE count = 0 ;
```

Annexe 9 : Méthodologie de la stratégie de conservation flore du CBNA

Echelle régionale

La méthodologie de la Stratégie de conservation flore se base sur une méthodologie du MNHN. Celle-ci croise un indice de vulnérabilité IV et un indice de responsabilité du territoire IR. Le premier utilise les cotations des listes rouges nationales. Or, au moment de l'élaboration de cette méthodologie ces cotations n'étaient pas disponibles pour tous les taxons. Une adaptation a donc dû être nécessaire pour la liste régionale. Pour l'indice de vulnérabilité IV on croise donc les cotations LR régionale avec un indice de rareté Cr :

$Cr = 100 - 100 \times (\text{Nb mailles de présence en France après 1990} / \text{nb total de mailles en France})$.

La valeur de Cr obtenue est associée à une classe de rareté décrite dans le tableau suivant :

Classe de rareté	Intervalle de valeur du coefficient de rareté (Cr)
Exceptionnel (E)	$Cr \geq 99,5$
Très rare (RR)	$99,5 > Cr \geq 98,5$
Rare (R)	$98,5 > Cr \geq 96,5$
Assez rare (AR)	$96,5 > Cr \geq 92,5$
Peu commun (PC)	$92,5 > Cr \geq 84,5$
Assez commun (AC)	$84,5 > Cr \geq 68,5$
Commun (C)	$68,5 > Cr \geq 36,5$
Très commun (CC)	$36,5 > Cr$

On croise ensuite la classe de rareté avec la cotation de l'espèce en LR régionale pour déterminer la valeur de IV:

CR / CR*	2	4	5	5	6
EN	2	3	4	5	5
VU	2	3	4	4	5
NT	1	3	3	3	4
LC	1	1	2	2	2
	PC, AC, C, CC	AR	R	RR	E

L'indice de responsabilité du territoire IR est ensuite estimé à partir de l'aire de répartition de l'espèce au niveau national et régionale d'après la figure suivante. Ici, pour Va, c'est la surface véritable des territoires qui est utilisées et non les mailles.

$$\text{Valeur attendue (Va)} = (\text{Surface territoire d'étude} / \text{Surface territoire de référence}) \times 100$$

$$= (\text{Surface Région} / \text{Surface nationale}) \times 100$$

$$\text{Valeur observée (Vo)} = (\text{Distribution espèce sur territoire d'étude} / \text{Distribution espèces sur territoire de référence}) \times 100$$

$$= (\text{Distribution espèce région} / \text{Distribution espèce France}) \times 100$$

Valeur observée (Vo)	1	2	3	4	5
Indice de responsabilité (IR)	< Va	[Va - 2 Va [	[ 2 Va - 4 Va [	[ 4 Va - 6 Va [	≥ 6 Va
	Niveau de responsabilité suivant la Valeur attendue (Va)				

Par ailleurs si l'espèce en question constitue une population isolée dans la région (une seule maille de présence au niveau régional, distante de plus de 100 km (marge de 10 % pour les taxons localisés en bord de maille), de la maille la plus proche hors région RA) une valeur de 5 est attribuée d'office à IR.

65 taxons en Rhône-Alpes sont concernés.

Enfin, on croise IVr et IR pour obtenir l'indice de conservation :

Indice de vulnérabilité IVr	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
Priorité de conservation - seuils		1	2	3	4	5
Indice de responsabilité IR						

Ces valeurs de priorité de conservation sont réparties en 5 classes pour déterminer le score final de priorité de conservation :

Score PC	Valeur PC	Nombre taxons
1	]25 ; 30]	19
2	]15 ; 25]	182
3	]9 ; 15]	605
4	]4 ; 9]	774
5	<=4	1432

Echelle départementale :

A l'échelle départementale, l'indice de responsabilité n'est pas utilisé, c'est la rareté à l'échelle du département qui prime. L'indice de vulnérabilité est calculé en croisant la liste rouge régionale avec la rareté départementale. Le niveau de priorité est déterminé comme suit :

Score PC	Valeur PC
1	5 ; 6
2	4
3	3
4	2
5	1

Liste des espèces de la stratégie flore en Haute-Savoie :

- *Achillea atrata* L., 1753
- *Achillea erba-rotta* subsp. *moschata* (Wulfen) Vacc., 1909
- *Alchemilla grossidens* Buser, 1891
- *Alchemilla hoppeana* (Rchb.) Dalla Torre, 1882
- *Alchemilla plicata* Buser, 1893
- *Alchemilla splendens* H.Christ ex Favrat, 1889
- *Allium coloratum* Spreng., 1825
- *Anacamptis coriophora* (L.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase, 1997
- *Anacamptis palustris* (Jacq.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase, 1997
- *Androsace alpina* (L.) Lam., 1779
- *Arenaria marschlinsii* W.D.J.Koch, 1841
- *Asperula tinctoria* L., 1753
- *Asplenium lepidum* C.Presl subsp. *lepidum*
- *Astragalus cicer* L., 1753
- *Astragalus frigidus* (L.) A.Gray, 1864
- *Blitum virgatum* L., 1753
- *Botrychium simplex* E.Hitchc., 1823
- *Bromus japonicus* Thunb., 1784
- *Butomus umbellatus* L., 1753

- *Calamagrostis pseudophragmites* (Haller f.) Koeler, 1802
- *Callitriche obtusangula* Le Gall, 1852
- *Carex appropinquata* Schumach., 1801
- *Carex bicolor* All., 1785
- *Carex bohemica* Schreb., 1772
- *Carex brunnescens* (Pers.) Poir., 1813
- *Carex buxbaumii* Wahlenb., 1803
- *Carex dioica* L., 1753
- *Carex firma* Mygind ex Host, 1797
- *Carex heleonastes* Ehrh. ex L.f., 1782
- *Carex magellanica* subsp. *irrigua* (Wahlenb.) Hiitonen, 1933
- *Carex microglochin* Wahlenb., 1803
- *Carex pauciflora* Lightf., 1777
- *Carex vaginata* Tausch, 1821
- *Carlina biebersteinii* Bernh. ex Hornem., 1819
- *Cerinthe glabra* Mill. subsp. *glabra*
- *Cirsium heterophyllum* (L.) Hill, 1768
- *Coronilla coronata* L., 1759
- *Cynoglossum germanicum* Jacq., 1767
- *Cyperus flavescens* L., 1753
- *Cystopteris montana* (Lam.) Desv., 1827
- *Dactylorhiza incarnata* var. *straminea* (Rchb.f.) Soó
- *Delphinium consolida* L., 1753
- *Delphinium elatum* subsp. *helveticum* Pawl., 1934
- *Dictamnus albus* L., 1753
- *Draba tomentosa* Clairv., 1811
- *Drosera longifolia* L., 1753
- *Dryopteris cristata* (L.) A.Gray, 1848
- *Dryopteris remota* (A.Braun ex Döll) Druce, 1908
- *Erica carnea* L., 1753
- *Erigeron atticus* Vill., 1788
- *Eriophorum gracile* Koch ex Roth, 1806
- *Eryngium alpinum* L., 1753
- *Fritillaria meleagris* L., 1753
- *Gentiana pneumonanthe* L., 1753
- *Gladiolus palustris* Gaudin, 1828
- *Gratiola officinalis* L., 1753
- *Hierochloa odorata* (L.) P.Beauv., 1812
- *Honorius nutans* (Sm.) Gray, 1821
- *Hornungia procumbens* (L.) Hayek, 1925
- *Jacobaea paludosa* (L.) P.Gaertn., B.Mey. & Scherb., 1801
- *Juncus arcticus* Willd., 1799
- *Laserpitium prutenicum* L., 1753
- *Lathyrus palustris* L., 1753
- *Leonurus cardiaca* L., 1753
- *Leucopoa pulchella* subsp. *pulchella*
- *Liparis loeselii* (L.) Rich., 1817
- *Littorella uniflora* (L.) Asch., 1864
- *Lycopodiella inundata* (L.) Holub, 1964
- *Lycopodium issleri* (Rouy) Domin, 1937
- *Lysimachia minima* (L.) U.Manns & Anderb., 2009
- *Myosotis minutiflora* Boiss. & Reut., 1852
- *Neslia paniculata* (L.) Desv. subsp. *paniculata*
- *Nymphoides peltata* (S.G.Gmel.) Kuntze, 1891
- *Oenanthe fistulosa* L., 1753
- *Ophrys fuciflora* subsp. *elatior* (Gumpr. ex Paulus) Engel & Quentin, 1993
- *Oreochloa disticha* (Wulfen) Link, 1827
- *Orobanche alsatica* Kirschl., 1836
- *Ophrys fuciflora* subsp. *elatior* (Gumpr. ex Paulus) Engel & Quentin, 1993
- *Papaver alpinum* var. *occidentale* Markgr., 1958
- *Pinguicula grandiflora* subsp. *rosea* (Mutel) Casper, 1962
- *Potamogeton praelongus* Wulfen, 1805
- *Ranunculus lingua* L., 1753
- *Ranunculus parnassifolius* subsp. *heterocarpus* Küpfer, 1975
- *Ranunculus trichophyllus* subsp. *eradicatus* (Laest.) C.D.K.Cook, 1967
- *Rhododendron hirsutum* L., 1753
- *Rumex maritimus* L., 1753
- *Salix breviserrata* Flod., 1940
- *Salix caesia* Vill., 1789
- *Salix helvetica* Vill., 1789
- *Saxifraga adscendens* L., 1753
- *Saxifraga cotyledon* L., 1753
- *Saxifraga mutata* L., 1762
- *Saxifraga retusa* Gouan, 1773
- *Scabiosa canescens* Waldst. & Kit., 1802
- *Schoenoplectus mucronatus* (L.) Palla, 1888
- *Schoenoplectus triqueter* (L.) Palla, 1888
- *Selaginella helvetica* (L.) Spring, 1838
- *Seseli annuum* L. subsp. *annuum*
- *Spiranthes aestivalis* (Poir.) Rich., 1817
- *Stuckenia filiformis* (Pers.) Börner, 1912
- *Swertia perennis* L., 1753
- *Taraxacum palustre* groupe
- *Thalictrum simplex* L., 1767
- *Trichophorum alpinum* (L.) Pers., 1805
- *Tulipa sylvestris* L. subsp. *sylvestris*
- *Typha minima* Funck, 1794
- *Utricularia minor* L., 1753
- *Veronica acinifolia* L., 1762
- *Woodsia ilvensis* (L.) R.Br., 1815

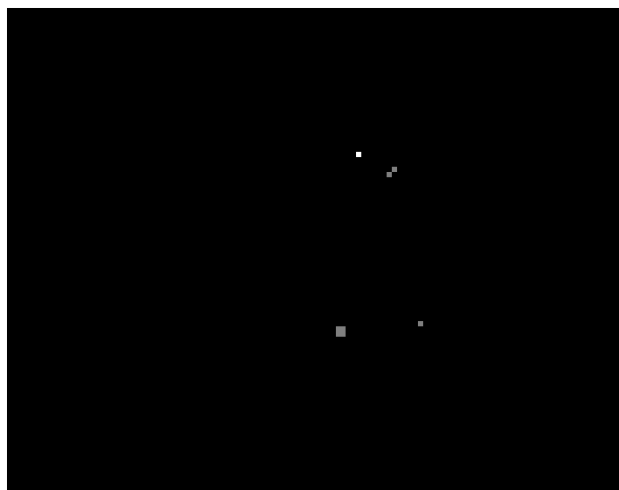
Annexe 10 : Création des rasters de distribution des espèces prioritaires

La table d'intersection entre les données flore et les mailles de 1km² (**Annexe 8**) est utilisée sous PostgreSQL pour sélectionner les observations d'espèces de la Stratégie de conservation flore et des espèces patrimoniales. Le cd_nom est un champ d'identifiant unique pour chaque espèce, il a permis de rattacher la listes des espèces prioritaires aux données d'observation.

Par la suite, on souhaite obtenir un raster pour chaque espèce. Il faut donc créer une table par espèce grâce au cd_nom :

```
-- Création des tables par taxon
CREATE TABLE esp_prio._80037 as
(SELECT *
FROM indicateurs.occ_esp_prio500
WHERE cd_nom =80037) ;
```

Une fois les tables créées, les tables sont ouvertes au format shape via PostGIS dans QGIS. Les fichiers sont ensuite rastériser avec l'outil *Rastériser (vecteur vers raster)* de la bibliothèque GDAL en processus de lot. On obtient des rasters avec le nombre d'observations de l'espèce en question par pixel.



Exemple de raster pour une espèce

Annexe 11 : Script SQL concernant l'indicateur de naturalité

```
-- Indice de naturalité par classe
ALTER TABLE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
ADD classe_natur integer ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET classe_natur = 0
WHERE code_3 = 111 ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET classe_natur = 1
WHERE code_3 = 211 ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET classe_natur = 2
WHERE code_3 IN (212, 121, 213, 551, 515, 521, 514) ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET classe_natur = 3
WHERE code_3 IN (222, 221, 311) ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET classe_natur = 4
WHERE code_3 IN (411, 314, 321, 341, 351, 361) OR (code_1 = 5 AND classe_natur is null AND type_foret is
null) ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET classe_natur = 5
WHERE classe_natur is null

-- Croisement avec mailles de 1*1km
CREATE TABLE test_laetitia.naturalitel1 as
(SELECT b.id as id_grille, a.id as id_pol, round(st_area(st_union(st_intersection(a.geom, b.geom))))::
NUMERIC,2) as area
FROM test_laetitia.decoup_grille1_74 as b JOIN test_laetitia.singlepart_agreg_dump as a ON
st_intersects(a.geom, b.geom)
WHERE a.classe_natur = 0
GROUP BY b.id, a.id) ;

De même pour chaque classe

-- Création de table avec la somme des surfaces dans chaque maille
CREATE TABLE test_laetitia.surface_cl_1 as
(SELECT id_grille, sum(area)
FROM test_laetitia.naturalitel1
GROUP BY id_grille) ;

De même pour chaque classe

-- Fusion des différentes tables de surface totale :
CREATE TABLE test_laetitia.indice_naturalite as (
SELECT b.id, a.sum as nat1, c.sum as nat2, d.sum as nat3, e.sum as nat4, f.sum as nat5, g.sum as nat6
FROM test_laetitia.decoup_grille1_74 as b
LEFT OUTER JOIN test_laetitia.surface_cl_1 as a on (b.id
= a.id_grille)
LEFT OUTER JOIN test_laetitia.surface_cl_2 as c on (b.id = c.id_grille)
LEFT OUTER JOIN test_laetitia.surface_cl_3 as d on (b.id = d.id_grille)
LEFT OUTER JOIN test_laetitia.surface_cl_4 as e on (b.id = e.id_grille)
LEFT OUTER JOIN test_laetitia.surface_cl_5 as f on (b.id = f.id_grille)
LEFT OUTER JOIN test_laetitia.surface_cl_6 as g on (b.id = g.id_grille)) ;

-- MAJ des Null en 0 pour réaliser le calcul de naturalité
UPDATE test_laetitia.indice_naturalite
SET nat1 = 0
WHERE nat1 is null ;

De même pour chaque champ

-- Calcul de l'indice de naturalité

ALTER TABLE test_laetitia.indice_naturalite
ADD indice_nat numeric ;

UPDATE test_laetitia.indice_naturalite
SET indice_nat = round((nat1 * 0 + nat2 + nat3 * 2 + nat4 * 3 + nat5 * 4 + nat6 * 5)/(nat1+ nat2 + nat3 +
nat4 + nat5 + nat6):: NUMERIC) ;

-- Jointure des valeurs à une table de maille de 1km²
ALTER TABLE test_laetitia.decoup_grille1_74
ADD indice_naturalite numeric ;

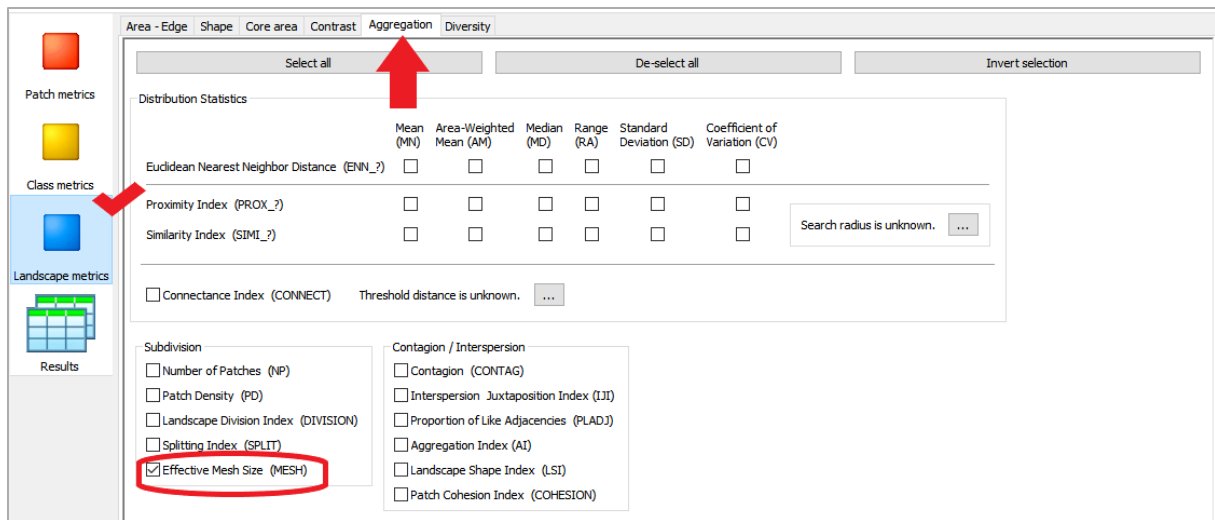
UPDATE test_laetitia.decoup_grille1_74
SET indice_naturalite = b.indice_nat
FROM test_laetitia.indice_naturalite b
WHERE decoup_grille1_74.id = b.id ;
```

Annexe 12 : Méthodologie concernant l'indicateur d'*effective mesh size* sur Fragstat

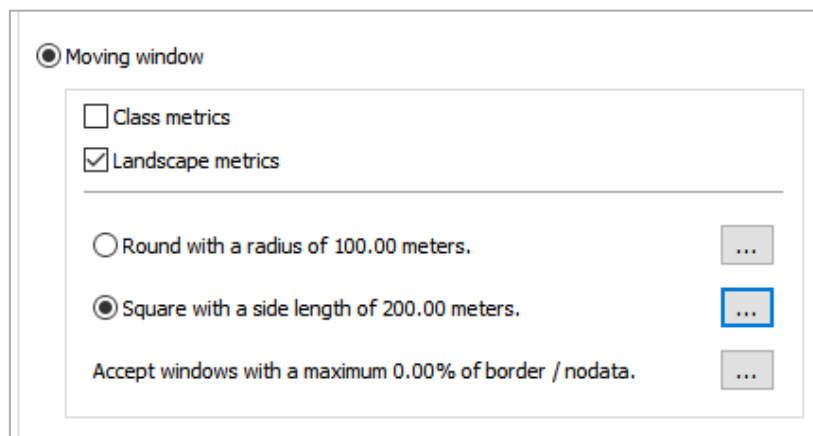
La première étape consiste à réattribuer des valeurs aux pixels selon les regroupements que l'on souhaite effectuer. Pour ce faire, on reclassifie les valeurs grâce à la calculatrice raster de QGIS avec une formule du type :

$(\text{"cesbio74@1"} = 11) * 1 + (\text{"cesbio74@1"} > 40 \text{ AND } \text{"cesbio74@1"} < 54) * 0 + [\dots]$.

Une fois le raster reclassifié, on peut l'ouvrir dans le logiciel Fragstats. On sélectionne ensuite les métriques que l'on souhaite calculer. Ici, dans les métriques de paysage (*landscape metrics*), on va dans l'onglet *Aggregation* et on coche *Effective mesh size*.



Par la suite, on choisit les paramètres de calcul. L'indice d'*effective mesh size* se calcule en fonction des valeurs des pixels adjacents. Comme nous disposons d'un raster avec un buffer de 200m, on sélectionne une fenêtre mouvante de 200m appliquée aux *landscape metrics*.

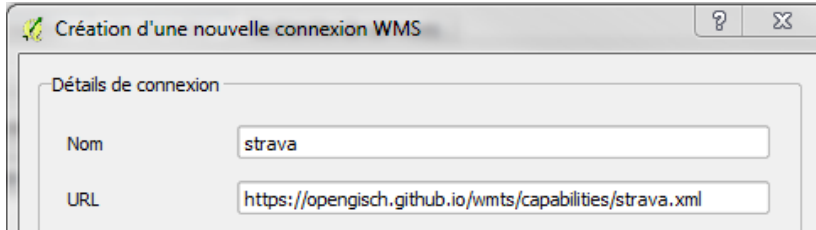


On exécute ensuite Fragstats en cliquant sur la flèche verte « Run ». On obtient en sortie un raster avec une valeur de pixel égale à l'indice de fragmentation avec la même résolution que le raster en entrée (ici 10m). Comme le logiciel Zonation n'accepte que des rasters ayant la même résolution, il faut ensuite dégrader l'information pour obtenir une taille de cellule de 1*1 km. Dans ArcMap, c'est la fonction *Aggregate* qui permet de réaliser cette étape. On choisit comme facteur d'agrégation de 100 pour passer d'une cellule de 10 à 1000m de côté. Si nécessaire, les fonctions sur QGIS *Aligner les rasters* ou la calculatrice raster permettent de modifier l'emprise pour réaligner le raster sur la même grille que celle des autres rasters utilisés en inputs de Zonation.

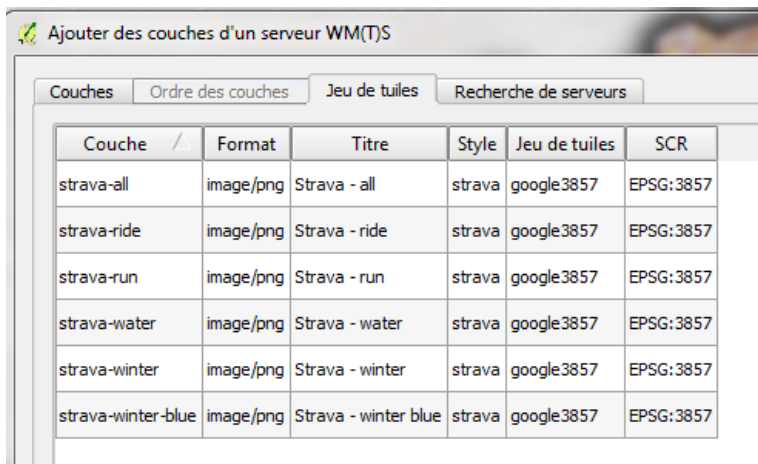
Annexe 13 : Flux STRAVA

Les données de l'application sportive Strava sont visualisable sur QGIS via un flux WMS. Pour ajouter le flux WMS : Couche > Ajouter une couche WMS...

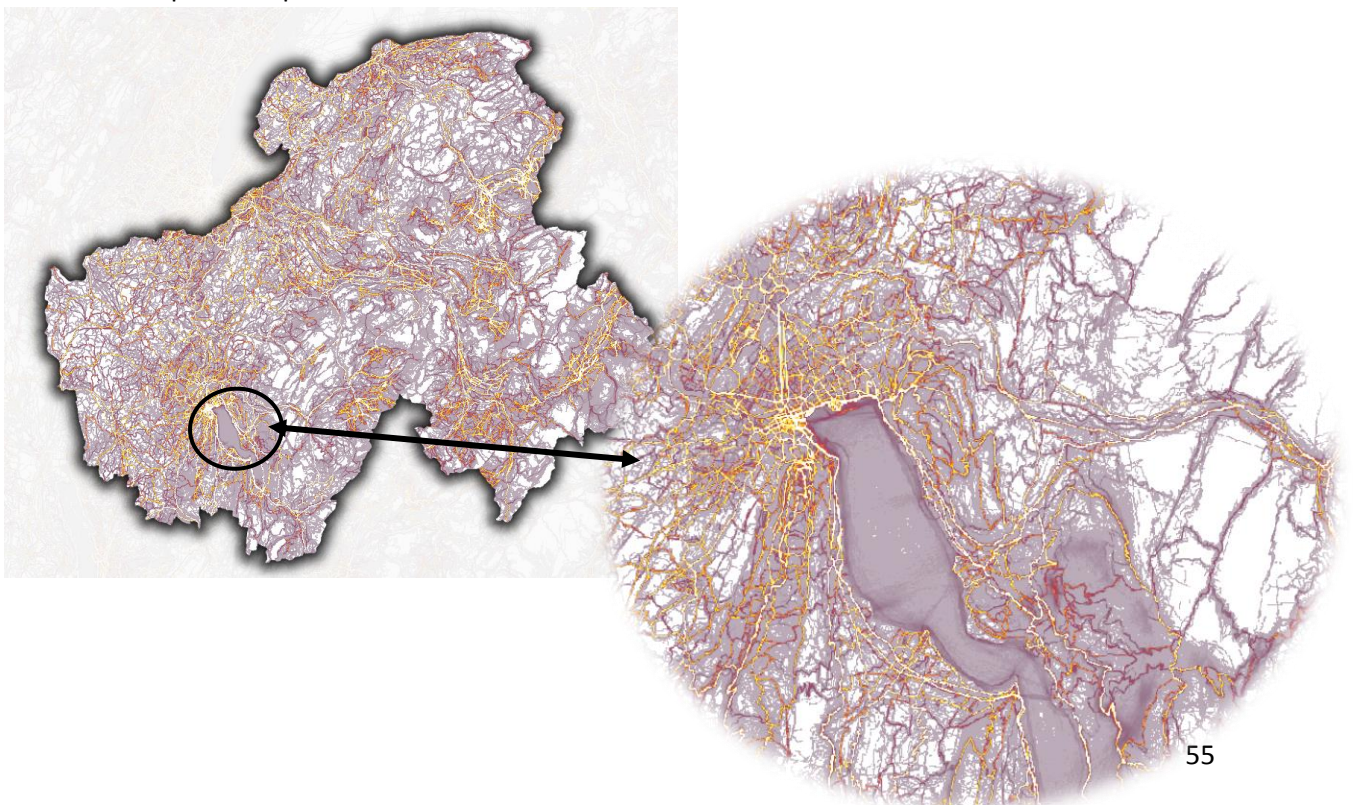
Il faut par la suite ensuite une nouvelle connexion en ajoutant l'url suivant :



Il est ensuite possible de sélectionner plusieurs couches suivant le type de sport que l'on souhaite étudier :



On peut ensuite visualiser la fréquentation des utilisateurs de l'application Strava à l'échelle de la Haute-Savoie par exemple :



Annexe 14 : Méthodologie concernant l'indicateur de menaces

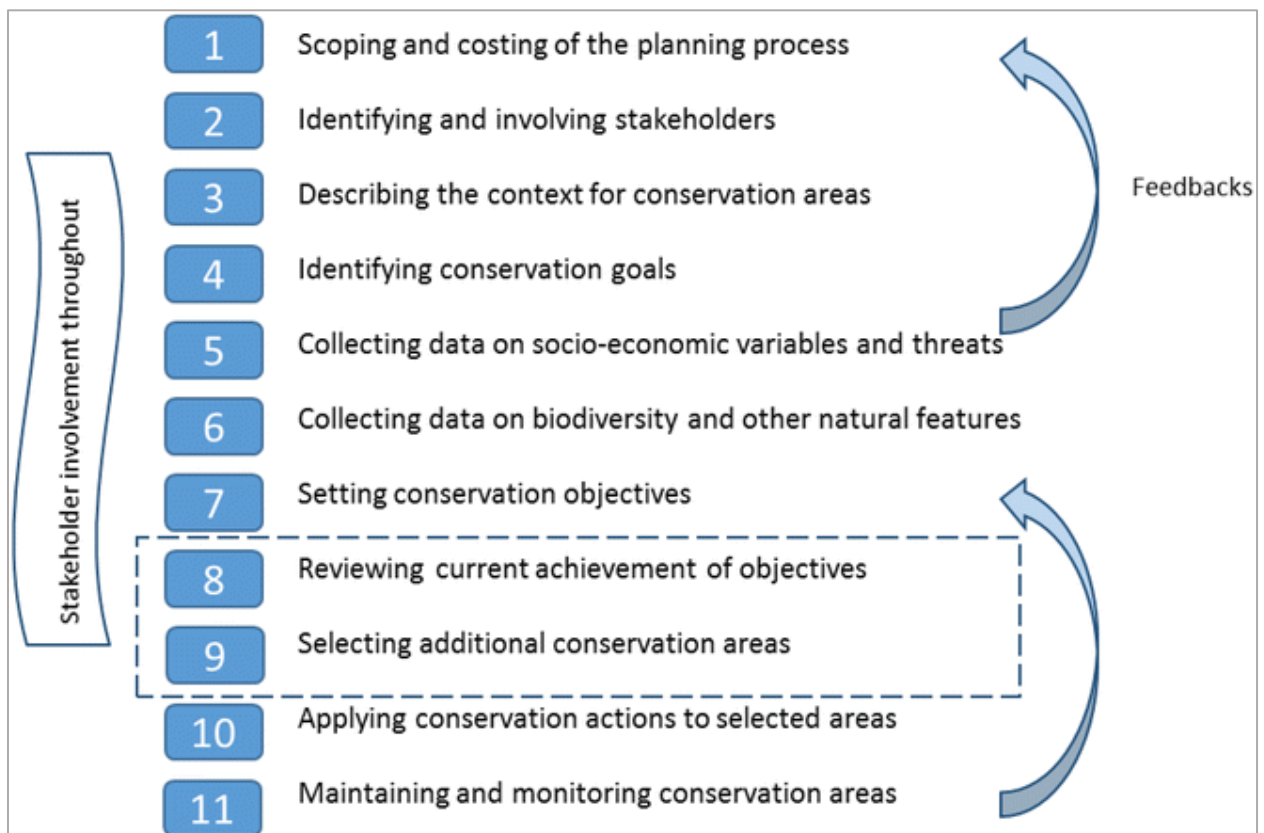
Trois vecteurs ont été fusionnés sur QGIS : les tronçons de voies ferrées et l'ensemble des routes et chemins issus de la BD Topo ainsi que les sentiers des réserves naturelles qui sont plus à jour et plus précis que ceux de la BD. La couche a ensuite été rastérisée en attribuant une valeur de 1 à l'ensemble des routes.

La fonction *Distance Euclidienne* d'ArcMap a ensuite été utilisée sur cette couche pour créer un raster dont la valeur des pixels est égale à la distance minimale aux routes/sentiers.

Afin de créer une seconde sortie mettant en avant des zones vulnérables, donc plus accessibles par les routes et sentiers, on utilise la calculatrice raster pour obtenir l'inverse du raster précédent selon la formule : $(1 / \text{raster_distance_euclidienne}) * 10000$.

Annexe 15 : Démarche de la systematic conservation planning

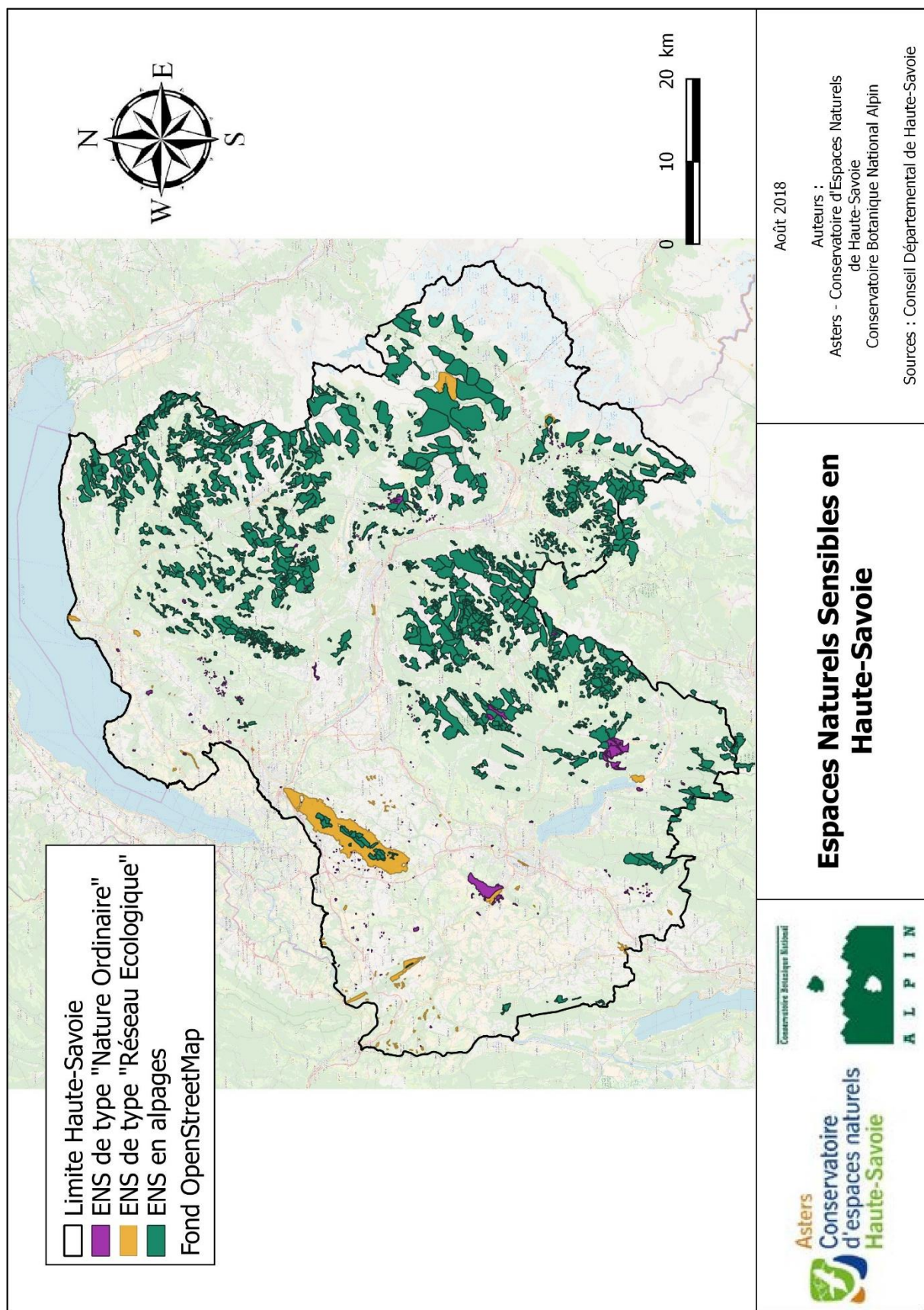
La démarche de *systematic conservation planning* est résumée ci-dessous :



Source de la figure :

McIntosh, E. J., McKinnon, M. C., Pressey R. L. and Grenyer R. (2016). What is the extent and distribution of evidence on effectiveness of systematic conservation planning around the globe? A systematic map protocol. *Environmental Evidence*, 5 (15)

Annexe 16 : Carte des ENS en Haute-Savoie



Août 2018
 Auteurs :
 Asters - Conservatoire d'Espaces Naturels
 de Haute-Savoie
 Conservatoire Botanique National Alpin
 Sources : Conseil Départemental de Haute-Savoie

Espaces Naturels Sensibles en Haute-Savoie



Asters
 Conservatoire
 d'espaces naturels
 Haute-Savoie



Conservatoire Botanique National
 A L P I N

Annexe 17 : Utilisation du logiciel Zonation

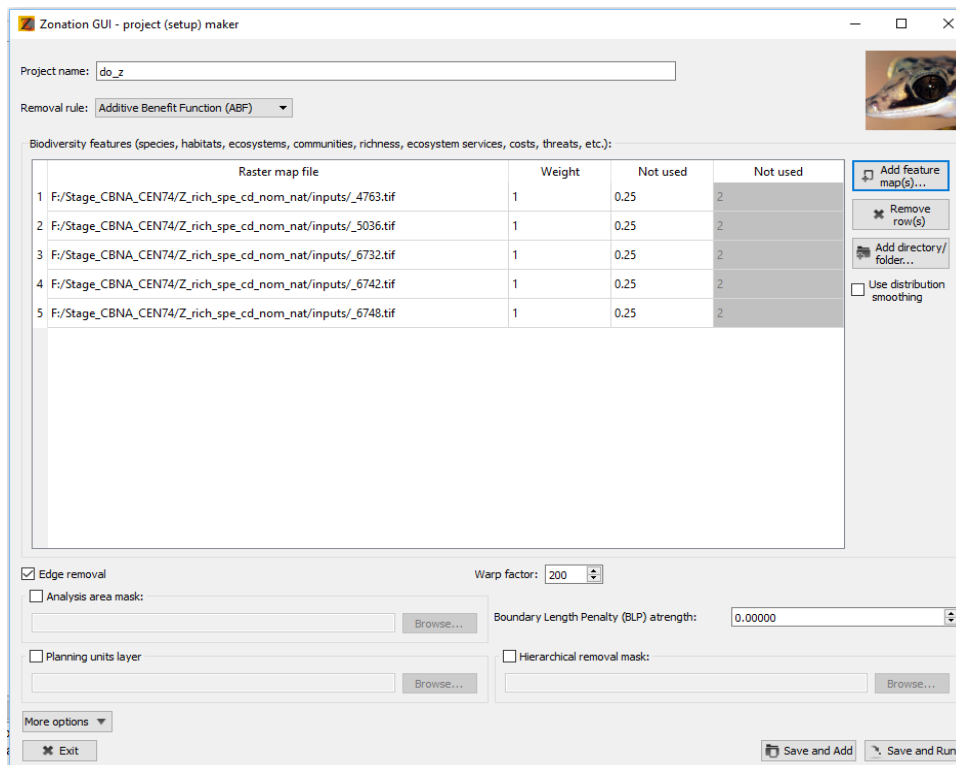
Pour travailler avec Zonation, il est nécessaire de créer un dossier de travail. A l'intérieur, il doit se trouver un dossier *d'inputs* et un *d'outputs*. Dans le premier, on doit placer les rasters des éléments de conservation ainsi que le fichier listant ces couches ainsi que leur poids et *run settings file* définissant les paramètres utilisés.

Concernant les rasters en entrée, il est nécessaire de travailler avec des couches ayant la même emprise. De plus, il faut faire attention à ne pas rasteriser les couches shapefile avec une emprise minimale mais à conserver plusieurs lignes et colonnes sans données (no data) sur les bordures car la zone extérieure n'est pas prise en compte lors de l'exécution de Zonation. Afin d'éviter ces problèmes, un raster de référence a été créé à partir de mailles vectorisées 1*1km du CBNA) et a été utilisé comme emprise lors des rasterisations des couches des différents indicateurs.

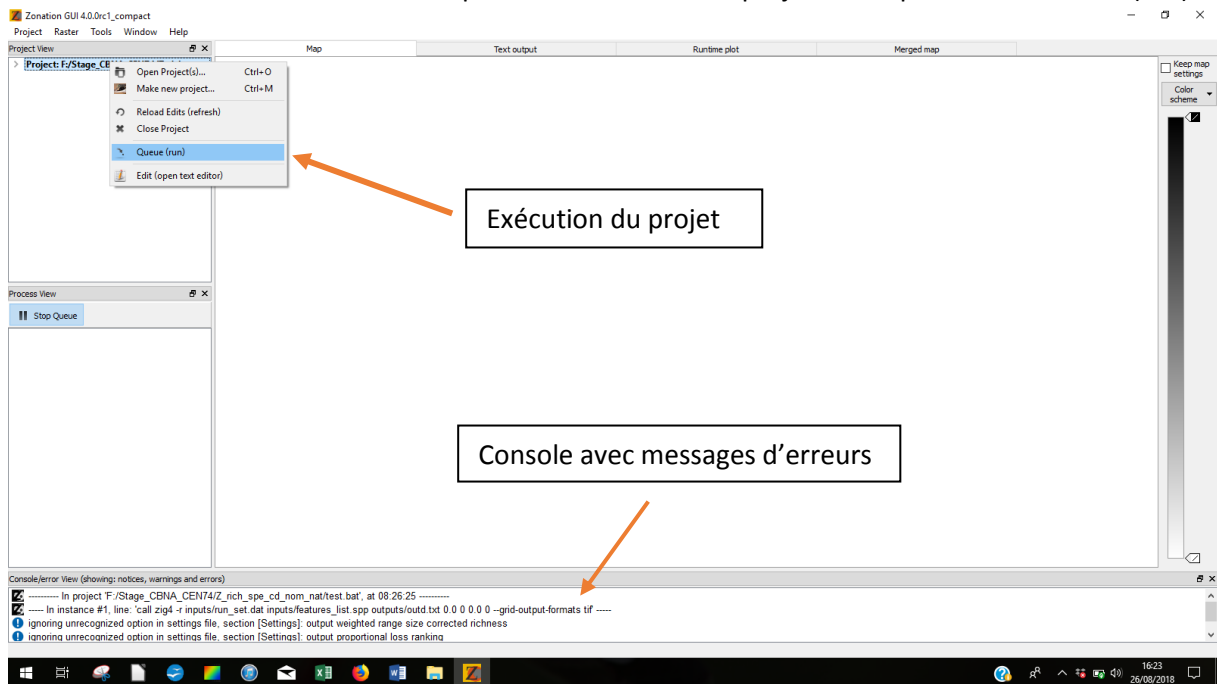
Un autre fichier doit également être créé : le fichier d'exécution. Ce fichier .bat permet de lancer l'exécution du logiciel. On y spécifie également le chemin des fichiers obligatoires (*biodiversity featureslist* et *run settings file*) ainsi que celui du dossier d'outputs. On a également la possibilité de définir le format des rasters en outputs.

```
test.bat - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
call zig4 -r inputs/run_set.dat inputs/features_list.spp outputs/oud.txt 0.0 0 0.0 0 --grid-output-formats tif
```

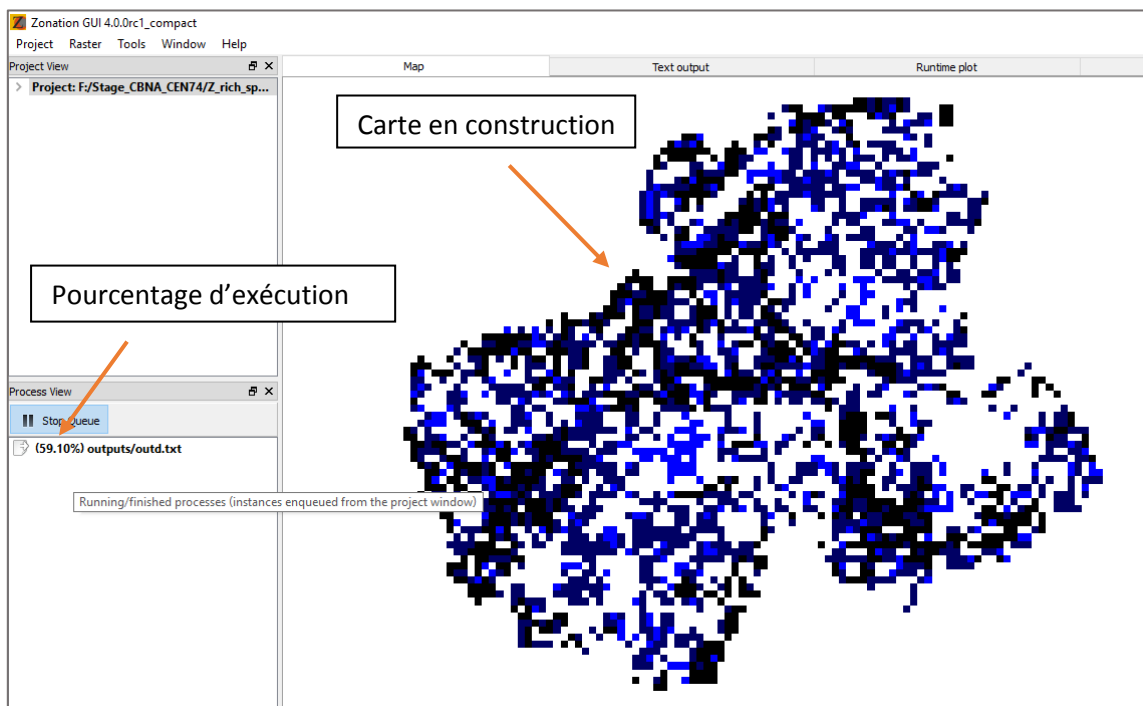
Il est également possible de créer un projet en passant par l'assistant de projet (*Project Maker*). C'est une interface simplifiée qui permet de sélectionner directement les rasters que l'on souhaite utiliser et définir les paramètres d'exécution. Tous les paramétrages ne sont cependant pas disponibles et l'on ne peut pas utiliser de fichiers d'occurrences. On peut ensuite l'enregistrer et l'exécuter dans Zonation comme n'importe quel projet.



Une fois le projet créé, on peut l'ouvrir dans Zonation. La console indique alors si tous les fichiers ont été localisés et s'ils sont lisibles. On peut ensuite lancer le projet en cliquant sur « Queue (run) ».



L'onglet *Map* permet de visualiser en temps réel la construction de la carte avec l'apparition progressive des cellules hiérarchisée. L'onglet *Text output* donne des informations sur l'exécution des runs et le *Runtime plot* présente des courbes sur le projet.



Annexe 18 : Utilisation de Graphab

Le logiciel Graphab a été employé dans le but d'étudier la connectivité des RNN, des ENS existants et des 10% de mailles identifiées comme prioritaires par Zonation.

La 1^{ère} étape consiste à créer un raster où chaque pixel est associé à une valeur de résistance du milieu selon si celui-ci est favorable à la dispersion des espèces ou si au contraire il provoque un effet barrière. Ainsi, le coût pour effectuer un trajet est plus ou moins élevé selon la résistance du milieu. Les éléments les plus difficiles à traverser ont un coût plus élevé.

On crée un vecteur en maille de 100m²

```
-- Attribution d'une valeur de résistance à chaque polygone selon son OS :

ALTER TABLE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
ADD val_resist integer ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET val_resist = 1000
WHERE code_3 IN (111, 611, 721) ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET val_resist = 251
WHERE code_3 IN (121, 211, 212, 213, 221, 222, 711, 332) ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET val_resist = 63
WHERE code_3 IN (313, 323, 331, 353, 363) ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET val_resist = 16
WHERE code_3 = 551 ;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET val_resist = 4
WHERE code_3 IN (411, 311, 312, 314, 315, 321, 322, 341, 342, 351, 352, 361, 362 )
;

UPDATE test_laetitia.singlepart_agreg_dump
SET val_resist = 1
WHERE code_2 IN (51, 52, 53, 54) ;

-- Croisement avec mailles de 100*100m et calcul de la surface d'intersection des
polygones avec les mailles

CREATE TABLE test_laetitia.resist1000 as
(SELECT b.id as id_grille, a.id as id_pol,
round(st_area(st_union(st_intersection(a.geom, b.geom))):: NUMERIC,2) as area
FROM test_laetitia.grille100m as b JOIN test_laetitia.singlepart_agreg_dump as a ON
st_intersects(a.geom, b.geom)
WHERE a.val_resist = 1000
GROUP BY b.id, a.id) ;

De même pour chaque classe de résistance

-- Création de tables intermédiaires avec surface totale de la classe par maille
CREATE TABLE test_laetitia.surf_cl_1000 as
(SELECT id_grille, sum(area)
FROM test_laetitia.resist1000
GROUP BY id_grille ) ;

De même pour chaque classe de résistance

-- Fusion des différentes tables de surface totale
CREATE TABLE test_laetitia.indice_resist as (
```

```

SELECT b.id, a.sum as r1000, c.sum as r251, d.sum as r63, e.sum as
r16, f.sum as r4, g.sum as r1
FROM test_laetitia.grille100m as b
LEFT JOIN test_laetitia.surf_cl_1000 as a on (b.id = a.id_grille)
LEFT JOIN test_laetitia.surf_cl_251 as c on (b.id = c.id_grille)
LEFT JOIN test_laetitia.surf_cl_63 as d on (b.id = d.id_grille)
LEFT JOIN test_laetitia.surf_cl_16 as e on (b.id = e.id_grille)
LEFT JOIN test_laetitia.surf_cl_4 as f on (b.id = f.id_grille)
LEFT JOIN test_laetitia.surf_cl_1 as g on (b.id = g.id_grille));

-- Transformation des valeurs nulles en 0 pour réaliser les calculs
UPDATE test_laetitia.indice_resist
SET r1000 = 0
WHERE r1000 is null ;

De même pour chaque champs

-- MAJ champs de valeur de résistance
ALTER TABLE test_laetitia.indice_resist
ADD resistance integer ;

UPDATE test_laetitia.indice_resist
SET resistance = (CASE
WHEN r1000 > r251 AND r1000 > r63 AND r1000 > r16 AND r1000 > r4 AND r1000 > r1
THEN 1000
WHEN r251 > r1000 AND r251 > r63 AND r251 > r16 AND r251 > r4 AND r251 > r1 THEN
251
WHEN r63 > r1000 AND r63 > r251 AND r63 > r16 AND r63 > r4 AND r63 > r1 THEN 63
WHEN r16 > r1000 AND r16 > r251 AND r16 > r63 AND r16 > r4 AND r16 > r1 THEN 16
WHEN r4 > r1000 AND r4 > r251 AND r4 > r63 AND r4 > r16 AND r4 > r1 THEN 4
WHEN r1 > r1000 AND r1 > r251 AND r1 > r63 AND r1 > r16 AND r1 > r4 THEN 1
END );

-- Attribution d'une valeur de résistance à chaque maille
ALTER TABLE test_laetitia.grille100m
ADD resistance integer ;

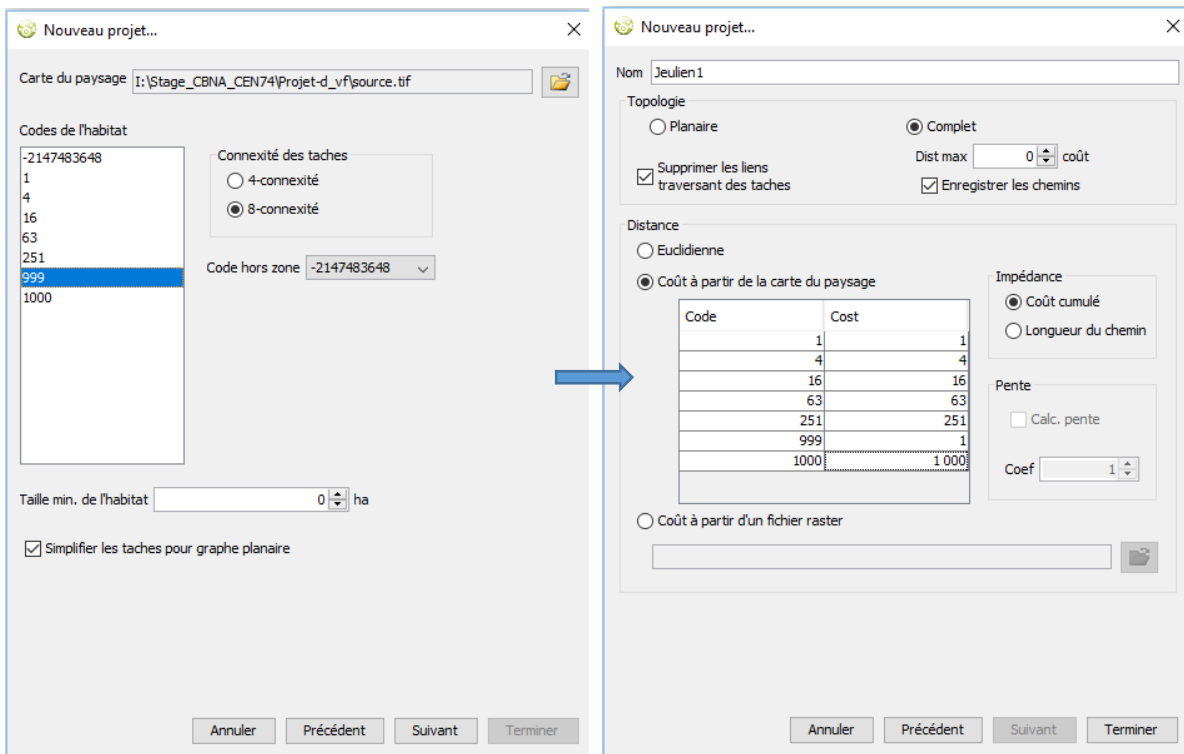
UPDATE test_laetitia.grille100m
SET resistance = b.resistance
FROM test_laetitia.indice_resist b
WHERE grille100m.id = b.id ;

```

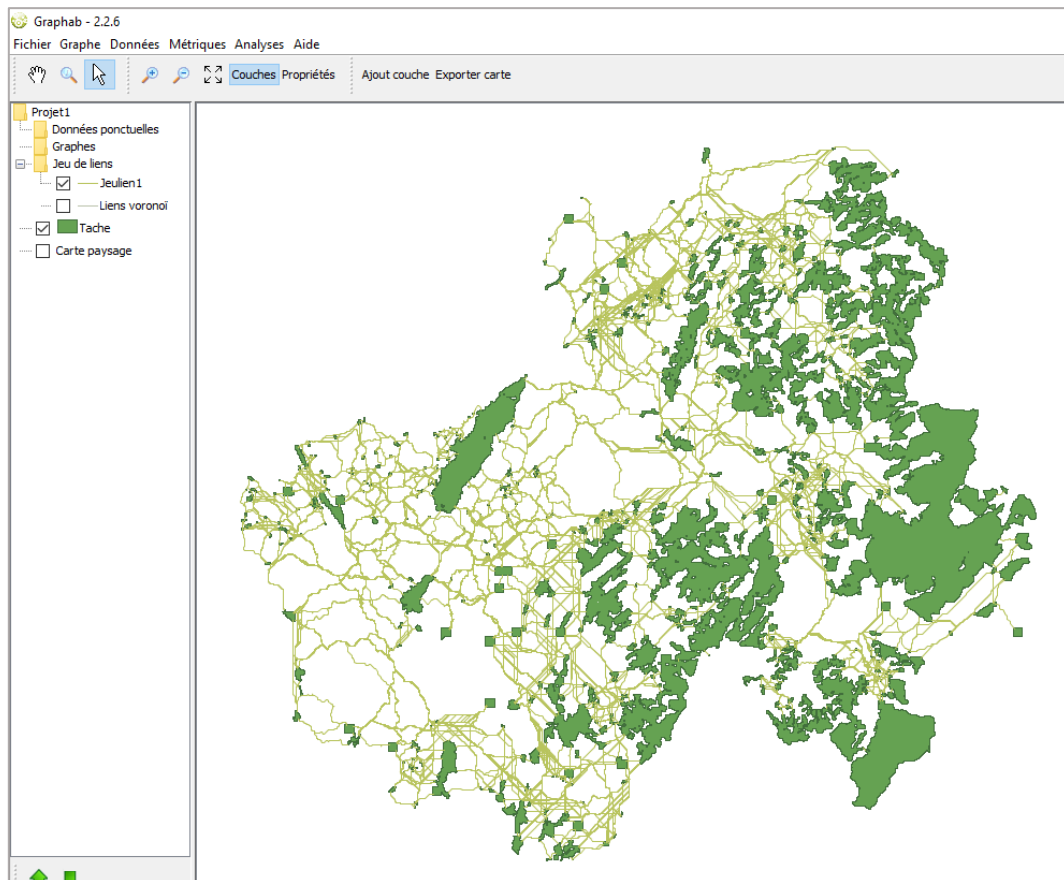
Une fois la table de résistance créée, elle est rastérisée. Par ailleurs, les patches d'habitats (limites de réserves naturelles, ENS existants et mailles prioritaires) sont fusionnés et rastérisés. Les deux rasters (résistance du paysage et patches) sont fusionnés avec la calculatrice raster en attribuant une valeur de 999 aux patches.

Dans Graphab, on crée un nouveau projet. On choisit le chemin du projet puis notre raster contenant les résistances et les patches. On sélectionne ensuite les codes correspondant aux habitats (ici 999) et ceux hors zone (ici valeur négative). On peut également définir une taille minimale d'habitat. Ici, on laisse 0.

Dans la seconde fenêtre, on détermine le type de topologie que l'on souhaite : une topologie complète prend en compte tous les liens possibles entre deux tâches d'habitat tandis que la topologie planaire est une sorte d'approximation avec une vitesse d'exécution plus rapide. On choisit ici la première proposition. On supprime par ailleurs les liens traversant des tâches et on enregistre les chemins pour pouvoir les ouvrir sur QGIS par la suite. La distance sera ici calculée avec notre carte du paysage. On réattribue le bon coût à chaque code. L'impédance permet de pondérer les liens soit par rapport à sa longueur ou un coût cumulés. La seconde option est cochée pour étudier les chemins de moindre coût.



En appuyant sur « Terminer » Graphab s'exécute et calcule les chemins de moindres coûts. Il est ensuite possible de calculer plusieurs métriques.



Annexe 19 : Exemple de fiche descriptive de mailles prioritaires

SECTEURS IDENTIFIES PRIORITAIRES POUR LA CONSERVATION EN HAUTE-SAVOIE

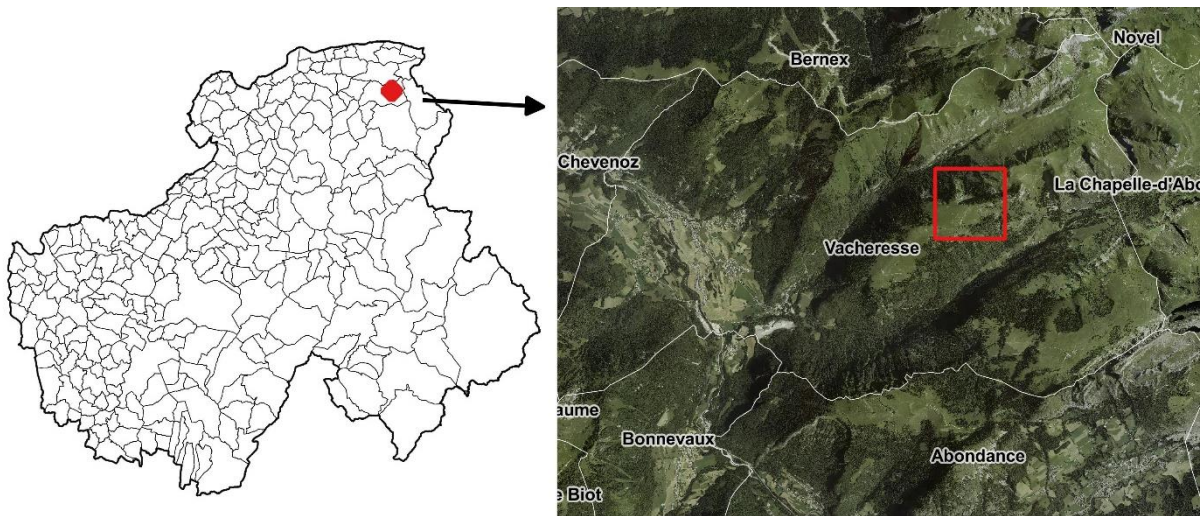
FICHE N°1

Type(s) de secteur : naturel et vulnérable

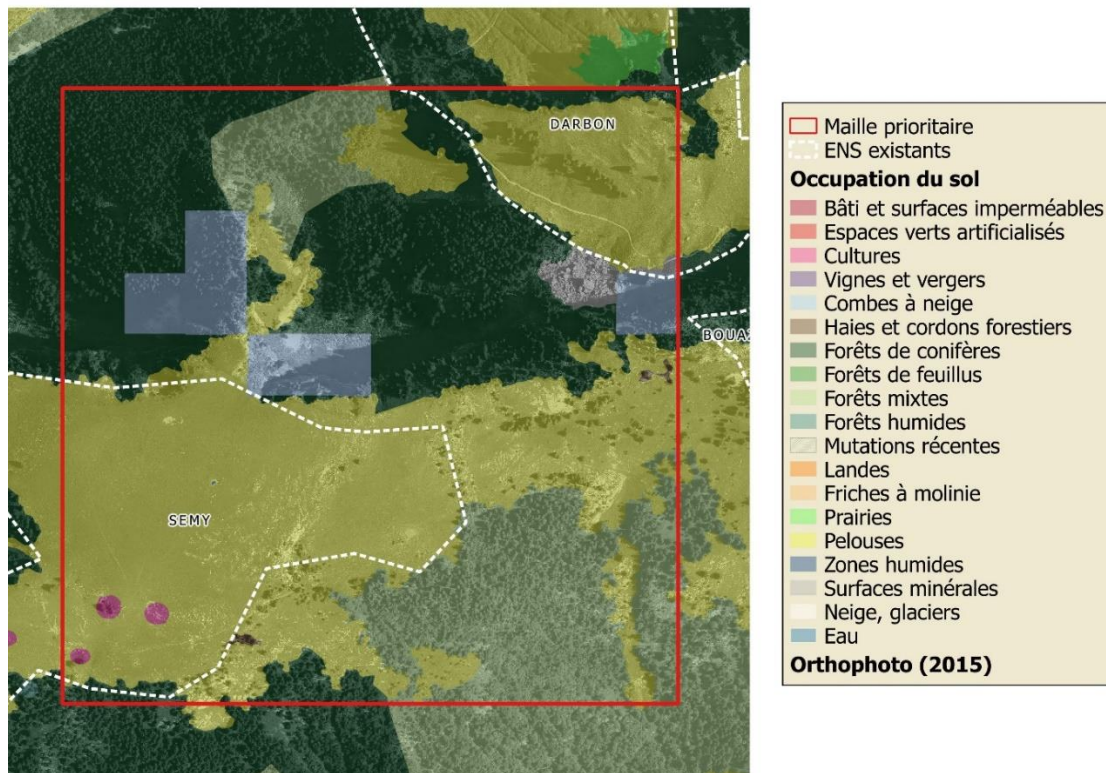
Se référer au rapport pour obtenir plus d'informations sur les types de secteurs et les indicateurs associés utilisés.

Commune(s) concernée(s) : Vacheresse

Localisation :



Carte d'occupation du sol :



Description du site :

Le secteur présente une très grande naturalité, avec absence de zones artificialisées si ce n'est une route d'alpage. Il se situe entre l'étage montagnard et subalpin (altitude d'environ 1400 à 1770m). La majorité du site est constitué de pelouses montagnardes et subalpines associées à des forêts de sapins ou d'épicéas typiques de ces étages. Quelques patches de forêts avec mélange de conifères et feuillus apparaissent également. Des éboulis de granulométrie variée ainsi que des dalles rocheuses sont également dispersés çà et là. On note par ailleurs la présence de milieux d'intérêts avec des combes à neige potentielles et des zones humides cultivées. Les habitats du site sont donc relativement variés et sont également peu fragmentés.

Concernant les espèces végétales, vingt taxa ont été observés sur la zone. La richesse spécifique est donc considérée comme importante comparée aux autres mailles. Des espèces prioritaires sont présentes au nord-est de la zone dont des espèces protégées nationalement (*Tableau 1*).

Deux périmètres d'ENS existants intersectent déjà cette maille (Semy et Darbon) mais il pourrait être intéressant d'agrandir l'ENS du Darbon pour inclure la zone d'éboulis et la combe à neige potentielle au sud car c'est dans cette zone que des espèces prioritaires ont été observées.

A noté que cette zone est intégralement classée ZNIEFF de type 2 et qu'une petite zone est classée ZNIEFF de type 1 dans l'ENS de Semy.

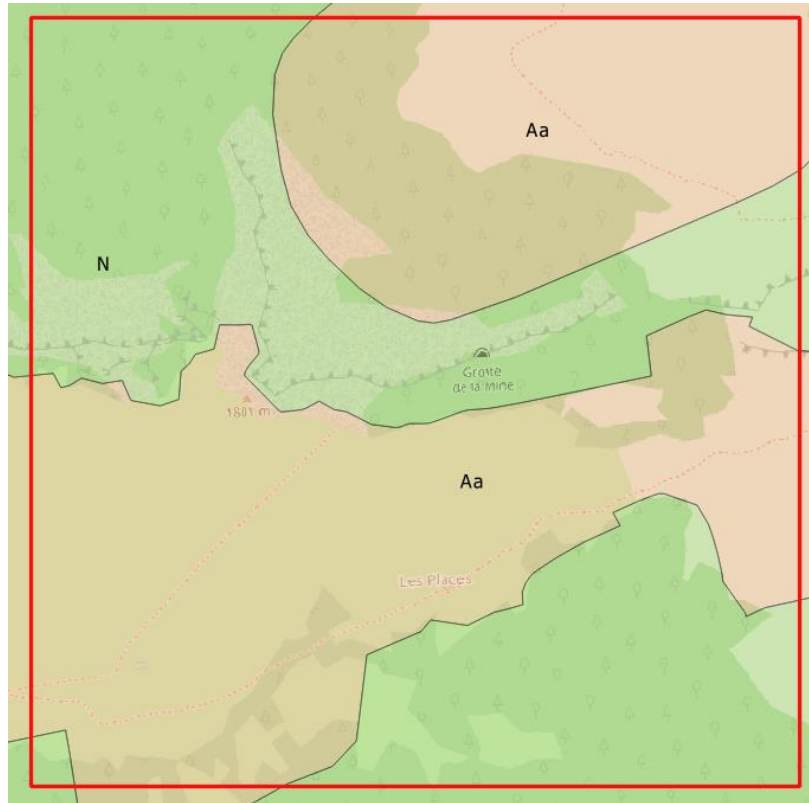
ESPECES	STRATEGIE DE CONSERVATION FLORE	STATUT(S)
<i>Aconitum variegatum subsp. paniculatum</i>	/	Inventaire ZNIEFF Rhône-Alpes
<i>Alchemilla splendens</i>	Oui	Liste rouge Rhône-Alpes
<i>Asplenium trichomanes subsp hastatum</i>	/	Liste rouge Rhône-Alpes
<i>Chrysosplenium alternatifolium</i>	/	Inventaire ZNIEFF Rhône-Alpes
<i>Cystopteris montana</i>	Oui	Protection nationale (Annexe 1), Inventaire ZNIEFF Rhône-Alpes
<i>Epilobium alpestre</i>	/	Inventaire ZNIEFF Rhône-Alpes
<i>Gentiana lutea</i>	/	Directive Habitat, Faune, Flore (Annexe V), Convention de Washington (Annexe B)
<i>Listera ovata</i>	/	Convention de Washington (Annexe C)
<i>Poa hybrida</i>	/	Inventaire ZNIEFF Rhône-Alpes
<i>Polystichum aculeatum</i>	/	Inventaire ZNIEFF Rhône-Alpes
<i>Polystichum lonchitis</i>	/	Inventaire ZNIEFF Rhône-Alpes
<i>Primula lutea</i>	/	Protection nationale (Annexe 1), Inventaire ZNIEFF Rhône-Alpes

Tableau 1 : Espèces prioritaires présentes dans la maille

Zonages réglementaires :

Ce site ne présente pas de limite de réserve naturelle ni d'Arrêté Préfectoral de Protection du biotope.

Concernant le Plan Local d'Urbanisme de la commune de Vacheresse, les zonages sur la maille présentent des zones classées N (zones naturelles) et Aa (zone agricole d'alpage).



Enjeu et menaces :

Sur cette maille, l'enjeu est de préserver les espaces naturels abritant des espèces patrimoniales. La majorité des zones humides sont classées zones naturelles dans le PLU mais les cultures humides sont en zones agricoles. Ces cultures sont déjà intégrées à une ENS, il est donc important de poursuivre le travail de gestion entrepris. Par ailleurs, un bâtiment agricole est situé en amont de la zone. Il est donc important de s'assurer que des rejets agricoles ne viennent eutrophiser les milieux.

Sources : CBNA, Asters, Conseil Départemental de Haute-Savoie, IGN, DREAL Auvergne-Rhône-Alpes

Résumé

Les conseils départementaux appliquent, dans le cadre de leurs compétences définies par le code de l'urbanisme, la politique Espaces Naturels Sensibles dans le but d'assurer la protection des milieux naturels et des paysages.

En Haute-Savoie, le Conseil Départemental a développé un projet d'identification de secteurs prioritaires pour la conservation avec le Conservatoire Botanique National Alpin et Asters, le Conservatoire d'Espaces Naturels de Haute-Savoie, dans le but de définir de nouveaux contrats de sites. La politique ENS étant orientée vers l'ouverture au public, l'objectif était à la fois d'identifier des sites d'une grande naturalité mais également des secteurs plus accessibles et donc plus vulnérables.

A partir de la bibliographie et des données spatiales disponibles, sept indicateurs ont été produits sous forme de rasters :

- la richesse spécifique floristique ;
- la distribution d'espèces de la Stratégie de conservation flore ;
- la distribution d'espèces patrimoniales ;
- la distribution d'habitats d'intérêts (zones humides, pelouses sèches et friches à molinie) ;
- la naturalité des milieux ;
- la fragmentation des milieux ;
- l'accessibilité (distance aux routes et sentiers).

Pour ce faire, une cartographie de l'occupation du sol a été produite en croisant plusieurs sources de données.

Le logiciel Zonation a permis de compiler ces indicateurs et de hiérarchiser des mailles de 1km². Une cinquantaine de mailles prioritaires de 1km² ont ainsi été identifiées grâce à cette méthodologie. Celles-ci sont relativement bien réparties sur le département et sont localisées aussi bien en milieux d'altitudes qu'en zones urbaines.

Par ailleurs, le réseau de Réserves Naturelles Nationales apparaît comme cohérent au vu des résultats de Zonation en termes d'enjeux de conservation.

Une analyse succincte de la connectivité des patchs d'ENS et des 9 réserves naturelles nationales a également été entreprise mais une étude plus poussée devra être réalisée pour mettre en évidence des secteurs où la connectivité devra être améliorée prioritairement.

Mots-clefs : ENS, conservation, Zonation, SIG, PostgreSQL