



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

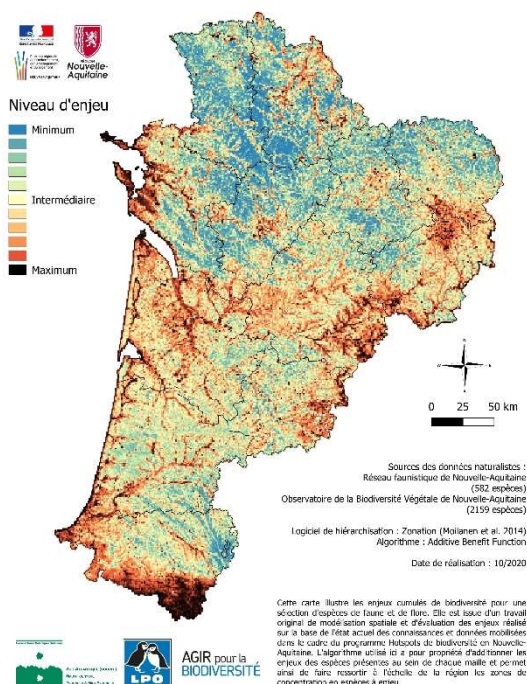
Conservatoires Botaniques Nationaux

SUD-ATLANTIQUE (COORD.)
MASSIF CENTRAL
PYRENEES & MIDI-PYRENEES

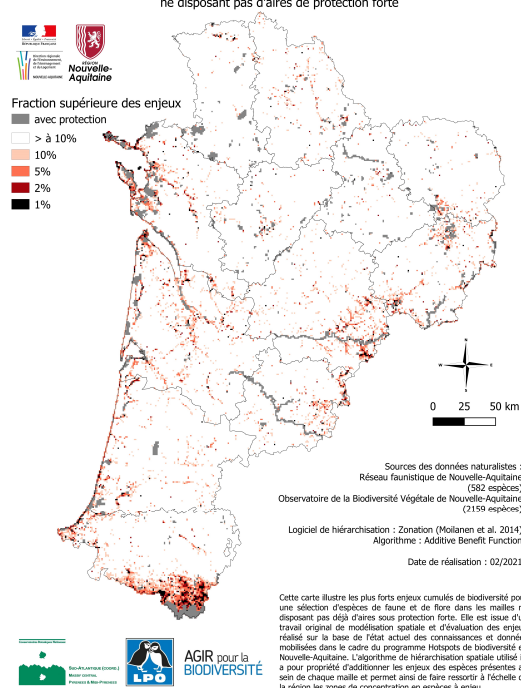


Cartographie des hotspots de biodiversité et des lacunes de protection en Nouvelle-Aquitaine

Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine
Carte des enjeux cumulés de biodiversité



Hotspots de biodiversité de Nouvelle-Aquitaine
Carte des mailles de plus forts enjeux cumulés
ne disposant pas d'aires de protection forte



RÉGION
Nouvelle-
Aquitaine



Cartographie des hotspots de biodiversité et des lacunes de protection en Nouvelle-Aquitaine

Ce travail a été mené et financé à l'instigation de la Région Nouvelle-Aquitaine dans le cadre de la « Stratégie en faveur de la biodiversité » et de sa feuille de route « Néo terra » et cofinancé par la DREAL Nouvelle-Aquitaine au titre de la Stratégie nationale des aires protégées 2030.



RÉGION
Nouvelle-Aquitaine



Coordination Faune

Aurélien BESNARD et Laurent COUZI



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

Coordination Flore

Rémi DAVID, Sylvain BONIFAIT et Grégory CAZE

Conservatoires Botaniques Nationaux



SUD-ATLANTIQUE (COORD.)
MASSIF CENTRAL
PYRENEES & MIDI-PYRENEES

Rédaction, analyses et conception des cartes : Rémi DAVID¹, Aurélien BESNARD², Sylvain BONIFAIT¹

Direction scientifique et coordination : Grégory CAZE¹ et Laurent COUZI²

¹ Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique

² Ligue pour la Protection des Oiseaux

Citation : Collectif, 2021. *Cartographie des hotspots de biodiversité et des lacunes de protection en Nouvelle-Aquitaine*. Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique et Ligue de Protection des Oiseaux (coord.) : 105p.

Partenaires techniques :

Ce travail a été mené en partenariat étroit avec divers acteurs associés dans le cadre de l'équipe projet LPO-CBNSA, du Groupe de travail Producteurs de données et du Comité technique.

Membres contributeurs du GT Producteurs de données : Matthieu DORFIAC et David SUAREZ (Charente Nature), Christophe COIC (Cistude Nature), Stéphane BARBIER et Nicolas COTREL (Deux-Sèvres Nature Environnement), Yannig BERNARD (Groupe Chiroptères Aquitaine), François ALLONCE, Clémence BROSE et Antoine ROCHE (Groupe Mammalogique et Herpétologique du Limousin), Groupe Ornithologique des Deux-Sèvres, Nature Environnement 17, Romain CHAMBORD (Société Entomologique du Limousin), Erwann HENNEQUIN (Société Limousine d'Odonatologie), Sarah ESNAULT et Miguel GAILLED RAT (Vienne Nature).



Contributeurs de l'équipe projet : Eric BRUGEL, Florie DELFOUR, Olivier LE GALL, Céline GRACIEUX, Thibault LEFORT, Nicolas MOKUENKO, Annabelle ROCA, Jérôme ROGER, Mathieu SANNIER, Jean-Paul URCUN (Ligue de Protection des Oiseaux), Laurent CHABROL et Olivier NAWROT (CBN du Massif central), Gilles CORRIOL (CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées), Jean-Claude ABADIE, Aurélien BELAUD, Aurélien CAILLON, Emilie CHAMMARD, Josselin DUFAY, Théo EMERIAU, Frédéric FY, Rémi GUISIER, Emilien HENRY, Anna HOVER, Jean-Raphaël LEGALLAIS, Kévin ROMÉYER, Timothée VIAL (CBN Sud-Atlantique).

Membres du Comité technique : Olivier ALLENOU et Pierre SELIQUER (Conservatoire d'Espaces Naturels de Nouvelle-Aquitaine), Marie BARNEIX (Observatoire FAUNA), Vincent BRETAGNOLLE (Centre d'Etudes Biologiques de Chizé – CNRS), Lilian LEONARD et Isabelle WITTE (Unité mixte de services PatriNat (Patrimoine naturel), Laurent CHABROL (Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel), Anne-Sophie CHAPLAIN, Arnaud GUEGUEN, Sophie KERLOC'H et Catherine MENARD (Région Nouvelle-Aquitaine), Capucine CROSNIER, Natacha DULKA, Julien PELLETANGE et Alain VEROT (DREAL Nouvelle-Aquitaine), Xavier FICHET et Franck TROUSLOT (Agence Régionale de la Biodiversité de Nouvelle-Aquitaine), Emilie BREUGNOT (Office Français de la Biodiversité), Miguel GAILLED RAT (France Nature Environnement de Nouvelle-Aquitaine).



Remerciements :

L'équipe projet tient à remercier l'ensemble des naturalistes qui ont partagé leurs observations de la biodiversité régionale et ont ainsi permis collectivement d'améliorer la connaissance de la répartition des espèces. Sans leurs précieuses contributions, ce travail sans précédent n'aurait pas été possible.

Merci également à toutes les personnes qui ont participé directement à ce projet, par leur contribution dans le traitement des données ou leur regard expert sur les résultats cartographiques de cette étude.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	5
RESUME	8
1. INTRODUCTION	11
2. MATERIEL ET METHODES	12
2.1. <i>Cartographier la répartition des espèces</i>	12
2.1.1. Cadre spatio-temporel.....	12
2.1.2. Données d'occurrence pour la flore	12
2.1.2.1. Filtres	12
2.1.2.2. Biais spatiaux.....	14
2.1.3. Données d'occurrence pour la faune.....	15
2.1.3.1. Filtres	15
2.1.3.2. Biais spatiaux.....	16
2.1.4. Données environnementales.....	16
2.1.5. Modéliser la répartition des espèces.....	20
2.2. <i>Identifier les hotspots</i>	22
2.2.1. Bioévaluation.....	22
2.2.2. Priorisation spatiale	24
2.2.3. Identifier les lacunes de protection.....	27
3. RESULTATS ET INTERPRETATIONS	32
3.1. <i>Cartes de répartition des espèces</i>	32
3.2. <i>Hotspots de biodiversité</i>	35
3.2.1. Hotspots de la flore	37
3.2.2. Hotspots de la faune.....	39
3.3. <i>Impact des modèles de répartition potentielle des espèces</i>	40
3.4. <i>Influence de la méthode de priorisation sur la prise en compte des espèces dans les hotspots</i>	43
3.5. <i>Confronter les zones d'enjeux identifiées avec les aires sous protection forte</i>	47
3.5.1. Enjeux de biodiversité présents dans les aires sous protection forte.....	47
3.5.2. Localiser les enjeux de biodiversité non couverts par des aires sous protection forte.....	49
3.5.3. Quantifier la congruence entre hotspots et aires protégées sous protection forte	50

3.5.4.	Compléter le réseau actuel d'aires sous protection forte de Nouvelle-Aquitaine.....	53
4.	LIMITES ET PERSPECTIVES	54
4.1.	<i>La biodiversité au-delà des espèces connues</i>	54
4.2.	<i>Des outils de protection adaptés aux pressions</i>	54
4.3.	<i>La répartition des espèces est un processus dynamique</i>	55
4.4.	<i>Le territoire néo-Aquitain s'inscrit dans un contexte plus large</i>	56
4.5.	<i>Déclinaisons infrarégionales</i>	56
5.	CONCLUSION	57
6.	BIBLIOGRAPHIE	59
7.	GLOSSAIRE	63
8.	ANNEXES	64
8.1.	<i>Compléments de méthodologie</i>	64
8.1.1.	Flore, fonge, habitats.....	64
8.1.1.1.	Source des données	64
8.1.1.2.	Etat des connaissances.....	65
8.1.1.3.	Sélection et préparation des jeux de données	68
8.1.1.4.	Bioévaluation	70
8.1.2.	Faune	73
8.1.2.1.	Sélection et préparation des jeux de données	73
8.1.2.2.	Bioévaluation	73
8.2.	<i>Précisions sur les limites de l'étude</i>	74
8.2.1.	Indicateurs retenus	74
8.2.1.1.	Approche espèce centrée	74
8.2.1.2.	Taxons retenus	75
8.2.1.3.	Espèces « bruit »	75
8.2.2.	Données utilisées.....	75
8.2.2.1.	Qualité des données naturalistes.....	75
8.2.2.2.	Complétude de l'inventaire naturaliste	76
8.2.3.	Bioévaluation et hiérarchisation des enjeux spécifiques	78
8.2.3.1.	Critères utilisés	78
8.2.3.2.	Méthode quantitative	78

8.2.3.3.	Rareté	79
8.2.4.	Production des cartes de hotspots	79
8.2.4.1.	Résultats dépendant des productions intermédiaires	79
8.2.5.	Congruence entre hotspots et zonages de protection	79
8.2.5.1.	Intersection entre mailles de 1x1 km et surfaces réelles sous protection forte.....	79
8.2.5.2.	Localisation des enjeux au sein des mailles	80
8.2.5.3.	Choix des types d'aires protégées considérées.....	80
9.	<i>CATALOGUE DES CARTES DE HOTSPOTS</i>	81
10.	<i>LISTE DES FIGURES</i>	103
11.	<i>LISTE DES TABLEAUX</i>	105

RESUME

La *Stratégie en faveur de la biodiversité en Nouvelle-Aquitaine* adoptée le 18 décembre 2017 par le Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine vise à « *mener une action volontariste pour la biodiversité* » (orientation C) à travers notamment la « *préservation des espaces naturels remarquables* ». En déclinaison de cette stratégie, la *feuille de route de la transition environnementale et climatique Neoterra*, adoptée par le Conseil régional le 9 juillet 2019, vise notamment le classement de 25 nouvelles réserves naturelles régionales d'ici 2030 et le doublement des terrains acquis par le Conservatoire des Espaces Naturels.

Ces objectifs régionaux rejoignent les objectifs nationaux fixés par la *Stratégie nationale pour les Aires Protégées 2030* publiée par le ministère de la Transition écologique et solidaire en janvier 2021, prévoyant que « d'ici 2022, 10% du territoire national et des eaux sous juridiction ou souveraineté seront couverts par des zones de protection forte qui seront effectivement gérées en 2030 ».

Pour répondre à ces deux objectifs, le programme « *Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine* » propose de localiser et caractériser les secteurs de concentration d'enjeux de biodiversité à l'échelle régionale dans le but d'orienter l'action pour la préservation des espaces naturels terrestres remarquables.

Pour identifier ces hotspots, la méthode mise en œuvre s'est appuyée sur les *données d'observation collectées par les naturalistes régionaux*, que ce soit dans le cadre d'échantillonnages systématiques ou dans le cadre de programmes de sciences participatives. Ce sont ainsi un peu plus de *14 millions de données faune et flore* qui ont été mises en commun pour ce programme.

Ce socle important de connaissances a ensuite été assemblé pour produire des *cartes de répartition de plusieurs milliers d'espèces de faune et de flore*. Pour cela, les données de terrain ont été complétées par des *modèles statistiques* qui cherchent à en améliorer la complétude et l'homogénéité, dans l'objectif de se rapprocher au maximum de la réalité des aires de répartition des espèces présentes sur le territoire régional.

Dans un second temps, ce catalogue de cartes de répartition, produites pour *2 741 espèces*, a été agrégé en utilisant des algorithmes de *priorisation spatiale* et en hiérarchisant les enjeux associés à chaque espèce au travers d'une échelle de *bioévaluation*. La méthode mise en place a ainsi permis de produire des *cartes de synthèse opérationnelles pour les enjeux de biodiversité à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine*. Ces cartes constituent en elles-mêmes un premier outil d'aide à la décision fonctionnel.

Enfin ces cartographies des enjeux de biodiversité ont ensuite été confrontées aux aires de protection forte (réserves naturelles, cœur du Parc National des Pyrénées, ...), qui couvrent actuellement 0,8% du territoire, de manière à évaluer la *congruence entre le réseau d'aires protégées existant et les hotspots* mis en lumière au travers de cette étude. Les secteurs à forts enjeux de biodiversité non couverts par des outils de protection forte ont ainsi pu être identifiés comme des *lacunes de protection* dans ce réseau.

L'objectif est notamment d'*alimenter les politiques publiques de protection de la biodiversité* et d'*orienter les stratégies de sécurisation foncière* en facilitant le ciblage territorial pour permettre l'extension du réseau de

protection régional. Cette étude souligne que l'immense majorité des zonages existants se situent bel et bien dans les zones d'enjeu maximal de biodiversité de la région. Cependant, notamment du fait du faible recouvrement du réseau de protection régional, elle a également permis d'estimer à **71%** la part des hotspots qui sont, à ce jour, totalement **dépourvus de mesures de protection forte**, si l'on s'intéresse aux 1% des plus forts enjeux de Nouvelle-Aquitaine. Lorsque l'on s'intéresse aux 10% supérieurs des enjeux, correspondant aux **objectifs fixés pour 2022** par la Stratégie nationale des Aires Protégées 2030, ce sont **85%** des hotspots de la région qui **restent encore à intégrer au réseau d'aires sous protection forte**.

La méthode mise en œuvre ici pour produire ces outils spatiaux d'aide à la décision induit plusieurs propriétés intéressantes :

- Tout d'abord, ces outils sont souples et rendent possible des *approches multiples* pour mettre en regard les hotspots de biodiversité avec les aires sous protection forte, *selon les objectifs de l'opérateur*. Ils permettent ainsi de mettre l'accent soit sur des *accumulations locales d'enjeux* (Figure Ia), soit sur les *cœurs de répartition d'espèces sensibles* (Figure Ib) ; de mener des *approches ciblant la faune et/ou la flore de manière séparée ou regroupée* ; ou encore d'*ajuster le seuil surfacique* (Figures IIa et IIb) que l'on souhaite prendre en compte ;
- Ces outils sont également robustes car ils s'appuient sur une *mise en commun inédite de près de 14 millions de données récentes sur la faune et la flore régionales*, reflet de la somme des connaissances naturalistes disponibles en Nouvelle-Aquitaine ;
- Enfin, la *précision* (grain spatial de **1x1 km**), elle-aussi inédite à ce jour, permet un gain significatif par rapport aux données d'Atlas d'une résolution de 5x5 km ou 10x10 km.

Cette cartographie hiérarchisée des enjeux de biodiversité présente ainsi la faune et la flore de Nouvelle-Aquitaine sous un nouveau jour et met en évidence les territoires potentiellement les plus sensibles pour faciliter à l'avenir la reconnaissance et la protection de ce patrimoine inestimable.

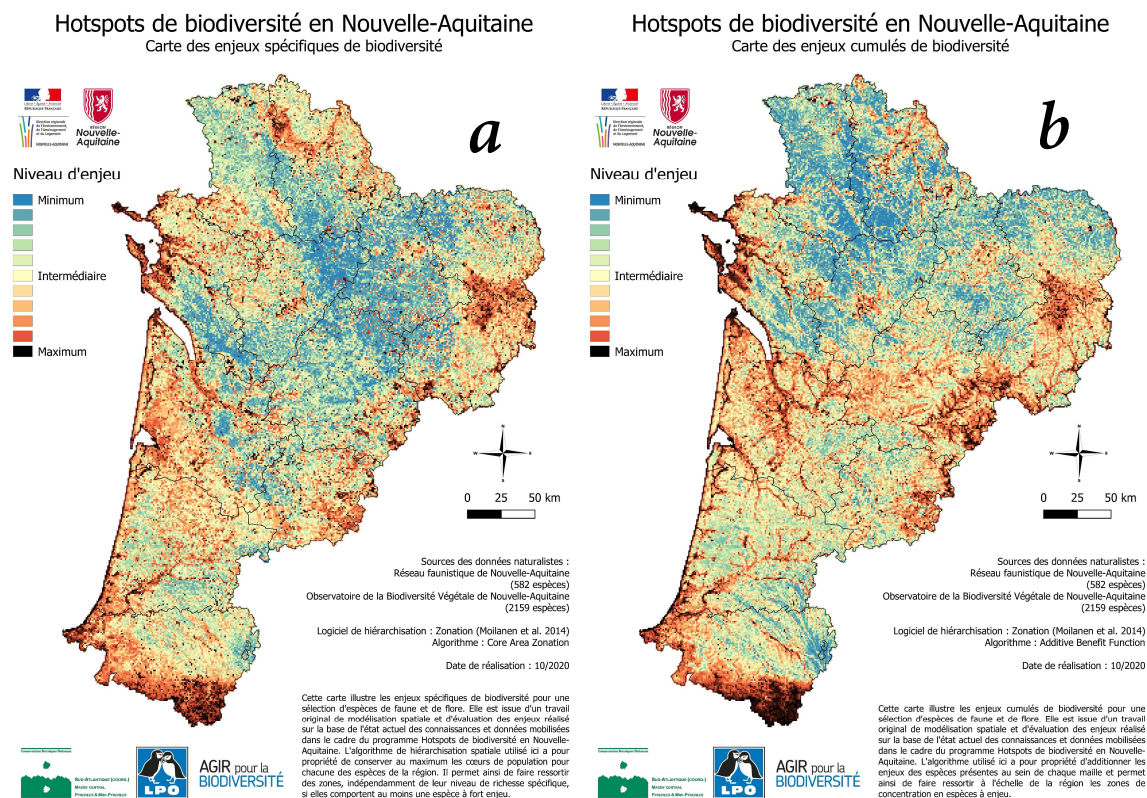


Figure I : Cartes des hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine, selon que l'on considère les enjeux spécifiques (a) ou les enjeux cumulés (b) de biodiversité

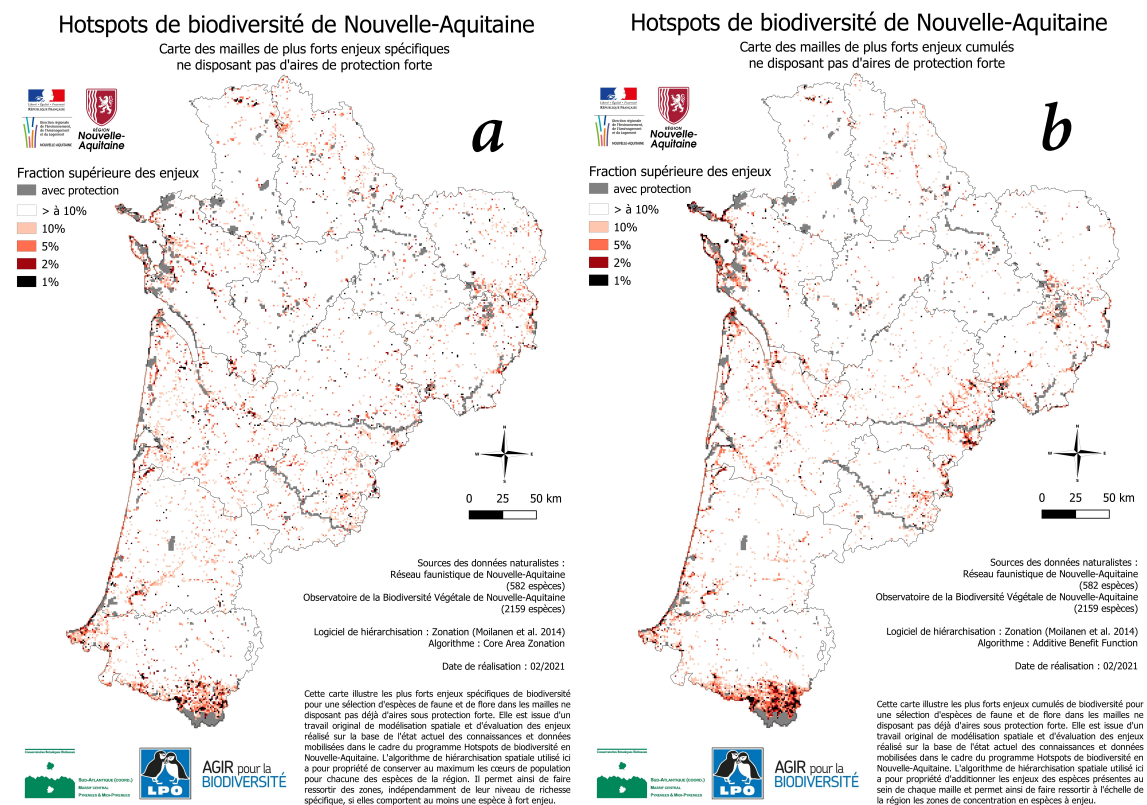


Figure II : Cartes de la fraction supérieure des enjeux de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine, selon que l'on considère les enjeux spécifiques (a) ou les enjeux cumulés (b) de biodiversité

1. INTRODUCTION

La *Stratégie en faveur de la biodiversité en Nouvelle-Aquitaine* adoptée le 18 décembre 2017 par le Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine vise à « *mener une action volontariste pour la biodiversité* » (orientation C) à travers notamment la « *préservation des espaces naturels remarquables* ». La mise en œuvre de cet objectif implique d'identifier au préalable les zones d'enjeux de biodiversité, puis d'identifier parmi ces zones celles qui ne sont actuellement pas couvertes par des espaces protégés.

Le présent programme vise ainsi à **localiser et caractériser les secteurs de concentration d'enjeux de biodiversité** à l'échelle régionale, nommés « *points chauds* » ou « *hotspots* » de biodiversité. Ce travail, qui devra être complété par des analyses plus fines sur les territoires à forts enjeux identifiés, vise ainsi à **orienter *in fine* l'action pour la préservation des espaces naturels remarquables**. Le corpus important de connaissances déjà rassemblées sur l'ensemble de la région Nouvelle-Aquitaine, ainsi que l'expertise et les compétences disponibles, permettent en effet d'envisager une telle démarche d'analyse à l'échelle régionale.

Pour identifier ces hotspots, la méthode mise en œuvre ici s'appuie sur les données d'observation collectées par les naturalistes régionaux, que ce soit dans le cadre d'échantillonnages systématiques ou dans le cadre de programmes de sciences participatives.

Des cartes de répartition de plusieurs milliers d'espèces, de faune comme de flore, doivent tout d'abord être réalisées sur la base de ce socle de connaissances et complétées par des modèles statistiques pour en améliorer la complétude et l'homogénéité.

Cette grande quantité d'informations, une fois rassemblée, permet de produire des cartes de synthèse opérationnelles. Une méthode de priorisation spatiale permet ainsi de produire des outils d'aide à la décision fonctionnels, sous la forme de cartes des enjeux de biodiversité à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, compte-tenu des taxons qui y sont présents et des règles de hiérarchisation adoptées. Notamment, l'influence de chaque espèce est pondérée par une bioévaluation hiérarchisant les enjeux associés à chacune.

Par la suite, ces cartes de hotspots peuvent être confrontées au réseau actuel d'aires sous protection forte afin d'identifier les secteurs à forts enjeux de biodiversité non couverts par ce type de mesures. Pour cela, une évaluation de la congruence entre zones d'enjeux de biodiversité et aires protégées/gérées déjà existantes est effectuée. L'objectif est notamment d'alimenter les politiques publiques de protection de la biodiversité et de faciliter et orienter les stratégies de sécurisation foncière.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. CARTOGRAPHIER LA REPARTITION DES ESPECES

2.1.1. Cadre spatio-temporel

L'analyse porte sur l'ensemble du territoire terrestre de la Nouvelle-Aquitaine. La caractérisation des hotspots sur le domaine marin et les milieux aquatiques n'entre pas dans le cadre de cette étude¹.

Les cartes utilisées et produites dans cette étude couvrent l'ensemble du territoire néo-aquitain à la résolution de la maille 1x1 km. Ce niveau de précision permet de mettre assez finement en évidence les zones à prioriser pour la conservation de la biodiversité.

L'objectif étant d'obtenir une cartographie des hotspots actuels, l'analyse est basée sur des informations contemporaines (récentes), mais la nécessité de disposer d'un socle important de données pour réaliser les analyses implique pour certains taxons d'intégrer une période plus étendue. Aussi, le cadre temporel varie selon les taxons entre les 10 dernières années pour la faune (§ 8.1.2.1.2) et les 25 dernières années pour la flore (§ 8.1.1.3.2).

2.1.2. Données d'occurrence pour la flore

Pour la flore, les données d'observation rassemblées dans le cadre de cette étude proviennent exclusivement de l'Observatoire de la biodiversité végétale (OBV) de Nouvelle-Aquitaine (www.obv-na.fr), dispositif public et collaboratif qui rassemble les données issues de la plupart des acteurs naturalistes de Nouvelle-Aquitaine, notamment du réseau des associations de protection de la nature et des sociétés botaniques, ainsi que des Conservatoires botaniques nationaux et de la bibliographie. Les données utilisées pour cette étude sont celles disponibles dans l'OBV en date du 06/02/2020. La nomenclature utilisée suit celle du TaxRef v13 (Gargominy *et al.*, 2019). Au total, ce sont 4,5 millions de données qui ont été rassemblées pour la flore de Nouvelle-Aquitaine.

Les végétations et habitats naturels et semi-naturels ne sont pas pris en compte dans cette étude en raison de données trop partielles à l'échelle régionale. Leur prise en compte pourra être étudiée ultérieurement.

2.1.2.1. Filtres

Sur le volet flore-fonge-habitats, l'analyse porte uniquement sur les Trachéophytes, c'est-à-dire les plantes vasculaires regroupant les Spermaphytes (plantes à fleurs) et les Ptéridophytes (fougères et plantes affines).

¹ Sur le littoral, seuls les éléments terrestres sont pris en compte, auxquels s'ajoutent les zostères (*Zostera* spp.), qui appartiennent à la flore vasculaire.

Les données sur les autres groupes taxonomiques (mousses, algues, lichens, champignons...) n'ont pu être prises en compte en raison de lacunes de connaissances trop importantes sur ces groupes. Certains taxons à enjeux bien connus pourront toutefois être à terme pris en compte dans des études ultérieures.

La liste des données d'espèces a fait l'objet d'une analyse détaillée afin de ne retenir que des taxons pertinents pour l'analyse. Seules des données conformes sont intégrées, mais divers autres filtres doivent être appliqués pour sélectionner les données les plus pertinentes possibles. Les principaux critères de sélection des données sont listés dans le Tableau 1, les points les plus importants étant explicités en annexe (§ 8.1.1.3).

Tableau 1 : Filtres utilisés pour la sélection des taxons et données – volet flore-fonge-habitats (* : tri manuel à « dire d'expert »)

Critères		Données incluses	Données exclues
Choix des taxons			
Objet	Cible	Trachéophytes	Autres taxons ; habitats
	Niveau taxonomique	Espèce	Genres et rangs supérieurs ; Sous-espèces et rangs inférieurs
Taxons	Indigénat		Espèces exogènes : Julve, 1998-2018 ; Euro+Med, 2006-2019 ; Bart <i>et al.</i> , 2014 ; Tison & De Foucault, 2014 ; Fy, 2015 ; Caillon & Lavoué, 2016 ; Bock <i>et al.</i> , 2018 ; GBIF, 2019 ; Leblond, à paraître.
	Pertinence du jeu de données*	Taxons patrimoniaux (pouvant inclure des données problématiques)	Certains taxons communs problématiques (nomenclature, taxonomie, etc.) Taxons méconnus
Choix des données			
Conformité		Données avec observateur-lieu-date-taxon	Données anonymes (observateur non référencé)
Période		≥ 1995 (y compris pour les fourchettes de temps)	
Géométrie (échelle : maille de 1x1 km)		Géométrie présente	Géométrie absente
			Relevés communaux ou départementaux (y compris transformés en points) Relevés > 1x1 km ou > 1 km
	Relevés sur plusieurs mailles	Relevés affectés à la maille ayant 1) la(e) plus grand(e) surface / linéaire si 2) elle inclut > 30 % de la géométrie	
Descripteurs	Présence		Absences
	Origine		Données bibliographiques
	Validation		Données non valides
	Spontanéité	Absence d'information	Statuts cultivés, subspontanés et échoués (y compris incertains)
	Statut de détermination		gr., s.l., sp., ou div. sp.

2.1.2.2. Biais spatiaux

Les données floristiques rassemblées au sein de l'OBV proviennent de sources différentes, et notamment de programmes d'inventaire réalisés par trois Conservatoires botaniques nationaux (CBN), à des périodes plus ou moins distinctes, et parfois en utilisant des protocoles sensiblement différents. De ces divergences résulte un état de la connaissance qui n'est pas homogène à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine.

On remarquera tout particulièrement le déficit d'informations pour trois des départements de l'ex-région Poitou-Charentes (Figure 1, à gauche), à savoir la Charente (16), les Deux-Sèvres (79) et la Vienne (86), qui n'ont jamais fait l'objet d'inventaires systématiques et sur lesquels les données existantes restent localisées, collectées à la faveur de divers programmes territoriaux (notamment par les associations de protection de la nature). Sur ce territoire, seule la Charente-Maritime bénéficie d'un inventaire systématique, toutefois non abouti au moment des analyses (70% du département couvert environ).

En revanche, l'inventaire systématique des départements aquitains étant terminé, cette ex-région est assez bien couverte et l'on remarque seulement quelques lots de mailles qui n'ont pas encore été parcourues, ou dont les données récoltées n'avaient pas encore été intégrées à l'OBV au moment de l'extraction des données (février 2020).

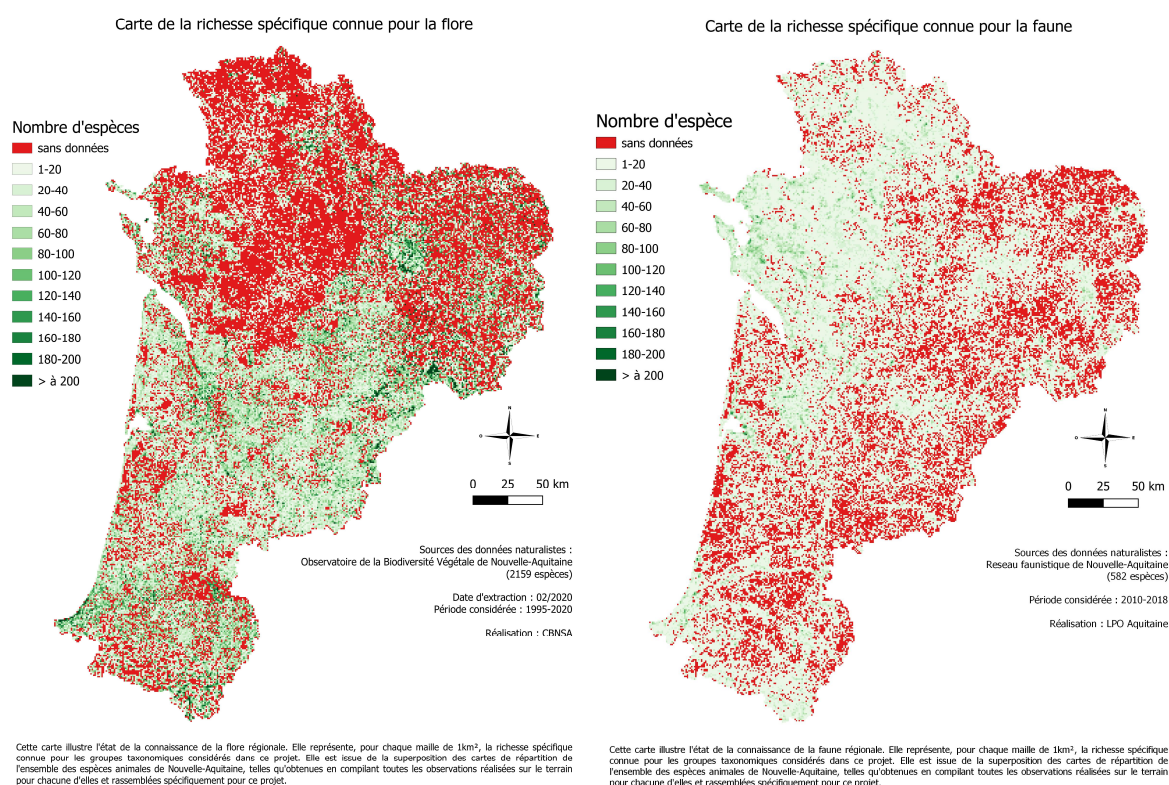


Figure 1 : Nombre d'espèces connues par maille de 1x1 km pour les taxons retenus pour la flore (à gauche) et pour la faune (à droite) en Nouvelle-Aquitaine

On peut également noter la répartition plus agglomérée des observations en Limousin, avec des zones lacunaires réparties tout autour de mailles qui, à l'inverse, sont très densément inventoriées. Ces variations dans la structuration de l'information floristique entre les anciennes régions administratives résultent de choix différents qui ont été effectués au cours des dernières décennies par chacun des CBN. Il peut en découler un effet notable sur les résultats des modèles de répartition potentielle des espèces (Beck *et al.*, 2014 ; Fourcade *et al.*, 2014), même si certains auteurs relativisent l'influence de ce facteur (Barbet-Massin *et al.*, 2012).

2.1.3. Données d'occurrence pour la faune

Les observations faunistiques proviennent essentiellement de bases de données de science participative², animées par les 11 structures associatives³ du réseau Faune-Nouvelle-Aquitaine et des observations de leurs salariés. Ces données sont ainsi collectées principalement par des observateurs bénévoles. Ces portails font l'objet d'une validation en temps réel mais aussi en temps différé des observations par une communauté de validateurs, ce qui accroît la qualité des données. Les données invalidées ou en cours de validation ont été écartées pour les analyses. Une animation du réseau de naturalistes contributeurs est également réalisée par les structures qui portent ces portails pour former les observateurs et orienter la collecte. Les observateurs sont ainsi incités à prospecter des zones ou des espèces spécifiques selon l'état des connaissances, en particulier dans le cadre des projets d'Atlas. Cette animation permet de disposer d'un jeu de données avec une bonne couverture spatiale, notamment à la résolution de 10x10 km qui est la maille de référence de la plupart des atlas. La période considérée s'étend de début 2010 à fin 2018 ce qui constitue un jeu de données de 9,4 millions d'observations. Les données publiques collectées dans le cadre du SINP à l'échelle de la région ont également été intégrées. Cela représente 200 000 données supplémentaires. Pour ce projet, ce sont ainsi 9,6 millions de données qui ont été assemblées à l'échelle de la région pour la faune.

Cette étude cible les groupes faunistiques pour lesquels la connaissance sur la répartition des espèces est disponible à l'échelle de la région et la résolution de 1x1 km. Cela correspond aux amphibiens, aux mammifères (dont les chiroptères), aux odonates, aux oiseaux, aux reptiles, aux rhopalocères et à quelques espèces de coléoptères saproxyliques⁴.

2.1.3.1. Filtres

Pour la majorité des oiseaux, qui sont des espèces très mobiles, des filtres ont été appliqués pour conserver uniquement des observations d'individus en lien avec leur habitat. Ces filtres sont basés sur la phénologie des espèces, notamment pour les cartes d'espèce en hivernage, une période étroite a ainsi été considérée excluant les périodes de migration des espèces cibles. Pour la période de reproduction les filtres ont été construits essentiellement autour des informations de comportement des espèces et en particulier les « codes atlas » qui indiquent des preuves de reproduction des individus observés. Ces filtres ont été ajustés pour chaque espèce

² faune-aquitaine.org, faune-charente.org, faune-charente-maritime.org, faune-limousin.eu, nature79.org, vienne.lpo.fr et faune-france.org

³ Charente Nature, Cistude Nature, Deux-Sèvres Nature Environnement, le Groupe Chiroptères Aquitaine, le Groupe Mammalogique et Herpétologique du Limousin, le Groupe Ornithologique des Deux-Sèvres, la Ligue pour la Protection des Oiseaux, Nature Environnement 17, la Société Entomologique du Limousin, la Société Limousine d'Odonatologie et Vienne Nature

⁴ *Cerambyx cerdo*, *Lucanus cervus*, *Rosalia alpina*

selon leur biologie. Pour certaines espèces un mâle chanteur est une indication fiable du cantonnement alors que, pour d'autres, de nombreux mâles chantent en halte migratoire par exemple. Pour les espèces nidifuges, les observations de jeunes non-volants sont des indications précieuses alors que pour les espèces nidicoles l'activité de nourrissage des parents est une indication plus pertinente. Des filtres spécifiques ont également été construits sur la base de comportements spécifiques. Pour la Grue cendrée par exemple, les indications de sites de gagnage ont été utilisées.

2.1.3.2. *Biais spatiaux*

Les données faune correspondent majoritairement à des données opportunistes, c'est-à-dire collectées sans protocole spécifique. Elles ne sont donc pas réparties de manière homogène sur le territoire régional (Figure 1). Les zones de forte densité de population et les zones humides font ainsi l'objet d'une prospection plus intense. Néanmoins, l'ensemble du territoire a fait l'objet de prospections ciblées dans le cadre des atlas réalisés sur la période, sur la base du carroyage de 10x10 km. Cette orientation des prospections grâce à l'animation de réseau, permet de disposer d'un jeu de données ayant une bonne couverture spatiale et avec des observations réparties sur l'ensemble des gradients environnementaux. Néanmoins, pour éviter que les zones très fortement prospectées n'aient un poids trop important dans les modèles, une désagrégation spatiale a été appliquée sur les données qui ont alimenté les modèles de répartition. La désagrégation spatiale permet de limiter l'effet des biais spatiaux dans la modélisation spatiale (Fourcade *et al.* 2014). Dans le cas présent, cette étape a consisté à garder uniquement la donnée la plus récente dans chaque maille de 2x2 km, soit une seule donnée pour quatre mailles de traitement à la résolution 1x1 km. Cette sélection rétablit en partie les déséquilibres spatiaux inhérents à cette forme de prospection opportuniste.

2.1.4. Données environnementales

Pour déterminer la répartition spatiale potentielle des espèces, il est nécessaire de disposer au préalable d'un certain nombre d'informations concernant le territoire lui-même, ses sols, sa topographie, son climat, ou encore la façon dont les réseaux hydrographiques structurent les milieux et le paysage (Bertrand *et al.*, 2012 ; Dubuis *et al.*, 2013).

Différentes catégories de descripteurs environnementaux ont donc été mobilisés, sous la forme de couches d'information géographique couvrant l'ensemble de la Nouvelle-Aquitaine. Leur liste est présentée dans le tableau ci-dessous (Tableau 2), ainsi que leurs sources et les métadonnées associées.

La méthode de sélection de ces descripteurs a visé en premier lieu à renseigner au maximum l'ensemble des facteurs environnementaux qui influencent la répartition spatiale des espèces. Dans une certaine mesure, il a aussi été tenu compte de la colinéarité des variables (David & Romeyer, 2019) dans le but de minimiser autant que faire se peut les biais générés par le phénomène d'autocorrélation spatiale (Dormann *et al.*, 2013) mais aussi pour éviter d'intégrer dans les modèles de répartition des informations trop redondantes. Toutefois, c'est avant tout le critère de la pertinence écologique des descripteurs qui a prévalu lors de leur sélection, comme le préconise la littérature (Araujo & Guisan, 2006 ; Mod *et al.*, 2016).

Tableau 2 : Métadonnées des descripteurs environnementaux utilisés pour les SDM

ACRONYME	DESCRIPTION	UNITE	SOURCE	ORGANISME	REFERENCES
ACO_ZONES_HUM	Zones Humides Potentielles	3 niveaux	GéoSAS	AgroCampus Ouest	Berthier <i>et al.</i> 2014
BDCARTHAGE_LIN_EAU	Linéaire de cours d'eau	Mètres	BDCARTHAGE	Institut National de l'information Géographique et Forestière	IGN
BDTOPO_GRANDS_AXES	Linéaire de grands axes routiers	Mètres	BDTOPO	Institut National de l'information Géographique et Forestière	IGN
BDTOPO_PLANEAU_NB	Nombre de plans d'eau	9 niveaux	BDTOPO	Institut National de l'information Géographique et Forestière	IGN
BDTOPO_PLANEAU_SURF	Proportion de la surface occupée par des plans d'eau	%	BDTOPO	Institut National de l'information Géographique et Forestière	IGN
BDTOPO_SEL	Salinité	9 niveaux	BDTOPO	Institut National de l'information Géographique et Forestière	IGN
CESBIO2018_CONIFERES	Proportion de la surface occupée par des conifères	%	CESBIO	Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère	CESBIO 2018
CESBIO2018_CULTROT	Proportion de la surface occupée par des cultures en rotation	%	CESBIO	Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère	CESBIO 2018
CESBIO2018_DUNES	Proportion de la surface occupée par des dunes	%	CESBIO	Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère	CESBIO 2018
CESBIO2018_FEUILLUS	Proportion de la surface occupée par des feuillus	%	CESBIO	Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère	CESBIO 2018
CESBIO2018_MAIS	Proportion de la surface occupée par des cultures de maïs	%	CESBIO	Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère	CESBIO 2018
CESBIO2018_PRAIRIES	Proportion de la surface occupée par des prairies	%	CESBIO	Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère	CESBIO 2018
CESBIO2018_URBAIN	Proportion de la surface urbanisée	%	CESBIO	Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère	CESBIO 2018
CESBIO2018_VERGERS	Proportion de la surface occupée par des vergers	%	CESBIO	Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère	CESBIO 2018
CESBIO2018_VIGNES	Proportion de la surface occupée par des vignes	%	CESBIO	Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère	CESBIO 2018
CGIAR-CSI_ARID	Indice d'aridité	Sans unité	CGIAR-CSI	Consultative Group for International Agricultural Research - Consortium for Spatial Information	Zomer <i>et al.</i> 2006
CGIAR-CSI_ETP	Indice d'évapotranspiration	Sans unité	CGIAR-CSI	Consultative Group for International Agricultural Research - Consortium for Spatial Information	Zomer <i>et al.</i> 2006
CHELSA_PMOY	Précipitations moyennes sur une année	mm/an	CHELSA	Climatologies at High resolution for the Earth's Land Surface Areas	Karger <i>et al.</i> 2017
CHELSA_PSAISON	Saisonnalité des précipitations	Sans unité	CHELSA	Climatologies at High resolution for the Earth's Land Surface Areas	Karger <i>et al.</i> 2017

CHELSA_TMOY	Température moyenne sur une année	Degrés Celsius	CHELSA	Climatologies at High resolution for the Earth's Land Surface Areas	Karger <i>et al.</i> 2017
CHELSA_TSAISON	Saisonnalité des températures	Sans unité	CHELSA	Climatologies at High resolution for the Earth's Land Surface Areas	Karger <i>et al.</i> 2017
CMSAF_SOLAR_RAD	Rayonnement solaire reçu sur une année	W/m ²	CMSAF	Climate Monitoring Satellite Application Facility	Huld <i>et al.</i> 2012
ESDAC2015_AWC	Teneur en eau disponible dans la couche 0-20 cm	Sans unité	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2016
ESDAC2015_BULK	Masse volumique du sol dans la couche 0-20 cm	Tonnes/m ³	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2016
ESDAC2015_CLAY	Argile (<0,02 mm) dans la couche 0-20 cm	%	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2016
ESDAC2015_COARSE_FRAG	Eléments grossiers (>2 mm) dans la couche 0-20 cm	%	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2016
ESDAC2015_SAND	Sable (0,05 à 2 mm) dans la couche 0-20 cm	%	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2016
ESDAC2015_SILT	Limon (0,02 à 0,05 mm) dans la couche 0-20 cm	%	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2016
ESDAC2019_CACO3	Carbonate de calcium	g/kg	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2019
ESDAC2019_CEC	Capacité d'échange Cationique	cmol/kg	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2019
ESDAC2019_CN	Rapport Carbone /Azote	Sans unité	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2019
ESDAC2019_K	Potassium	mg/kg	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2019
ESDAC2019_N	Azote	g/kg	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2019
ESDAC2019_P	Phosphore	mg/kg	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2019
ESDAC2019_PH	pH	Sans unité	ESDAC	European Soil Data Centre	Ballabio <i>et al.</i> 2019
IGN_ALTI	altitude	Mètres	BDALTI	Institut National de l'information Géographique et Forestière	IGN
IGN_OMBR	Ombrage (soleil au sud, hauteur 45°)	Degrés d'azimut	BDALTI	Institut National de l'information Géographique et Forestière	IGN
IGN_PENTE	Pente	Degrés	BDALTI	Institut National de l'information Géographique et Forestière	IGN
NASA_NIGHTLIGHTS	Pollution lumineuse nocturne	W/m ² /sr	NASA	National Aeronautics and Space Administration	Roman <i>et al.</i> 2018

Ces descripteurs peuvent être répartis entre 8 grandes catégories qui correspondent aux principaux facteurs qui régissent et encadrent les répartitions spatiales des espèces (Mod *et al.* 2016). Parmi elles, 5 sont considérées comme essentielles à la réalisation de modèles de répartition spatiale (SDM) cohérents et 3 comme facultatives (Tableau 3).

Tableau 3 : Catégorisation des descripteurs environnementaux par grands types de facteurs

	TEMPERATURE	EAU	SUBSTRAT	LUMIERE	INTERACT. BIOTIQUES	PERTURBA -TIONS	TOPOGRA -PHIE	OCCUPATION DU SOL
	CHELSEA	ACO	ESDAC2015	CMSAF		NASA	IGN	BDTOPO
	_Tmoy	_zones_hum	_bulk	_solar_rad		_nightlights	_alti	_grands_axes
	CHELSEA	BDCARTHAGE	ESDAC2015	IGN			IGN	CESBIO2018
	_Tsaïson	_lin_eau	_clay	_ombr			_pente	_coniferes
		BDTOPO_	ESDAC2015					CESBIO2018
		planEau_nb	_coarse_frag					_cultrot
		BDTOPO_	ESDAC2015					CESBIO2018
		planEau_surf	_sand					_dunes
		CGIAR-CSI	ESDAC2015					CESBIO2018
		_arid	_silt					_feuillus
		CGIAR-CSI	ESDAC2019					CESBIO2018
		_etp	_CaCO3					_mais
		CHELSEA	ESDAC2019					CESBIO2018
		_Pmoy	_CEC					_prairies
		CHELSEA	ESDAC2019					CESBIO2018
		_Psaïson	_CN					_urbain
		ESDAC2015	ESDAC2019					CESBIO2018
		_AWC	_K					_vergers
			ESDAC2019					CESBIO2018
			_N					_vignes
			ESDAC2019					
			_P					
			ESDAC2019					
			_pH					
			BDTOPO					
			_sel					

Une des grandes catégories de descripteurs, celle relative aux interactions biotiques, n'a pas pu être documentée du fait de l'indisponibilité d'une information complète, à une résolution suffisante, et à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine. De plus, compte-tenu de l'extrême diversité des taxons pris en compte dans cette étude, la sélection d'un petit nombre de critères d'interaction biotique se serait révélée longue et complexe. L'exemple le plus évident est probablement la répartition spatiale des plantes hôtes pour les Rhopalocères qui conditionne fortement leur sélection d'habitat. Cependant, de nombreuses espèces peuvent pondre sur plusieurs plantes hôtes et cette connaissance n'est pas nécessairement exhaustive ni facile à mobiliser dans le cadre d'un projet de cette ampleur. Ceci d'autant plus que les interactions biotiques présentent une complexité à l'échelle locale ainsi que des interactions plus ou moins synergiques ou antagonistes, impossibles à prendre en compte dans un tel projet : par exemple sur les dunes, la présence du Lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*) influence de multiples manières les autres espèces, notamment certaines plantes par la pression de consommation (les espèces appétentes étant recherchées préférentiellement à d'autres), l'activité fouisseuse (bénéficiant à certaines espèces annuelles adaptées aux sables perturbés) ou bien encore le transport de semences (dissémination d'espèces zoochores), etc. Ces effets interviendront différemment selon le contexte (dunes calcarifères centre-atlantiques vs dunes décalcifiées gasconnes, îles vs continent, etc.) et de nombreux autres paramètres. Néanmoins, dans un cas comme dans l'autre, la prise en compte de l'ensemble des autres facteurs, ainsi que celle des facteurs qui influencent eux-mêmes la répartition des organismes en interaction (par exemple la pédologie pour les plantes hôtes) permet en partie de pallier ces manques.

De la même façon, l'intensité d'usage (agricole, sylvicole, etc.) n'est pas prise en compte dans les variables environnementales retenues, du fait de l'absence de données pertinentes sur ce sujet. Or, la présence de nombreuses espèces dépend justement du niveau de cette intensité d'usage, certaines étant fortement

dépendantes de pratiques extensives. C'est par exemple le cas de nombreuses espèces prairiales ou messicoles. Dans ce cas, les modélisations pourront avoir tendance à surestimer, parfois fortement, la distribution des espèces concernées.

Toutes les autres catégories ont bien été documentées, avec un accent particulier mis sur les critères liés au substrat, à la ressource en eau et à l'occupation du sol. Bien qu'étant considéré comme non indispensable dans la littérature (Mod *et al.* 2016), ce dernier facteur a fait l'objet d'une attention particulière pour cette étude. En effet, l'objectif ici n'est pas de favoriser la transposabilité du modèle (dans le temps ou dans l'espace) mais plutôt de coller de la façon la plus précise possible à la donnée et aux informations disponibles sur le territoire. Ainsi, l'information géographique précise fournie par les cartes d'occupation du sol, réalisées par le CESBIO (CESBIO OSO, 2018) à partir d'images satellites récentes, a été pleinement intégrée aux modèles de répartition spatiale potentielle des espèces dans le but de prédire leur présence de la façon la plus cohérente possible avec l'état actuel des paysages de la région.

A partir de ce catalogue de variables environnementales, une sélection légèrement différente a été réalisée selon les espèces. Le linéaire de grands axes routiers a été utilisé uniquement pour la flore car les milieux gérés en bordure de ce réseau constituent un habitat pour certaines espèces floristiques. A l'inverse, il n'a pas été utilisé pour la faune pour ne pas induire de sur-apprentissage. En effet, le réseau routier est une zone d'observation privilégiée pour certains animaux, sans constituer pour autant un habitat favorable pour eux. C'est le cas notamment des espèces nocturnes et en particulier celles fréquemment observées suite à une collision routière. A l'inverse, la variable décrivant la pollution lumineuse a été utilisée uniquement pour la faune, de nombreux groupes animaux sont sensibles à cette source de perturbation, ce qui peut conditionner leur aire de répartition (Rich & Longcore, 2005 ; Sierro & Erhardt, 2019). Ce facteur ne semble en revanche pas particulièrement pertinent pour les espèces floristiques et n'a donc pas été utilisé pour modéliser leurs répartitions spatiales potentielles.

2.1.5. Modéliser la répartition des espèces

Les données disponibles, pour la faune comme pour la flore, ne permettent pas d'avoir une vision exhaustive de la répartition des espèces à la résolution de 1x1 km. L'affichage sur une carte de toutes les données de présences avérées d'une espèce permet d'appréhender globalement sa répartition à l'échelle de la région cependant, lorsque l'on zoome à la résolution des mailles, des lacunes de connaissances apparaissent pour de nombreuses espèces. Il peut s'agir de réelles mailles d'absence, tout comme de mailles où l'espèce est présente mais qui n'ont pas fait l'objet d'une prospection suffisante pour la contacter. Afin de combler ces lacunes de connaissance et de produire des cartes homogènes sur l'ensemble du territoire, une étape de modélisation de la répartition des espèces (Figure 2) a donc été effectuée grâce au logiciel *MaxEnt* (Phillips *et al.*, 2006).

Cette étape vise à évaluer pour chaque maille de la zone d'étude la probabilité de présence d'une espèce cible, même dans les mailles qui n'ont pas fait l'objet de prospection. Pour cela, la première phase consiste à définir la niche écologique de l'espèce à partir des mailles de présence connue, en lien avec l'habitat tel que décrit par les descripteurs environnementaux sélectionnés (§ 2.1.4). L'objectif est ainsi de décrire mathématiquement l'affinité de l'espèce pour chacune des variables environnementales considérées. Grâce aux données de présences avérées, l'algorithme apprend donc que l'espèce est observée dans une certaine gamme d'altitude, d'occupation du sol, de précipitation, etc., et qu'à l'inverse elle est absente lorsque ces conditions ne sont pas

remplies. Une fois cet apprentissage de la niche écologique réalisé, des prédictions sont effectuées sur chaque maille du territoire en fonction de l'adéquation des conditions locales avec l'affinité écologique de l'espèce cible. Cette étape vise ainsi à projeter sur l'espace environnemental la niche écologique de l'espèce, pour produire une carte de sa répartition potentielle sur l'ensemble de la zone d'étude. Cette répartition indique donc pour chaque maille du territoire la probabilité de présence de l'espèce sous la forme d'une valeur comprise entre « 0 » pour une probabilité de présence nulle et « 1 » pour une probabilité de présence maximale.

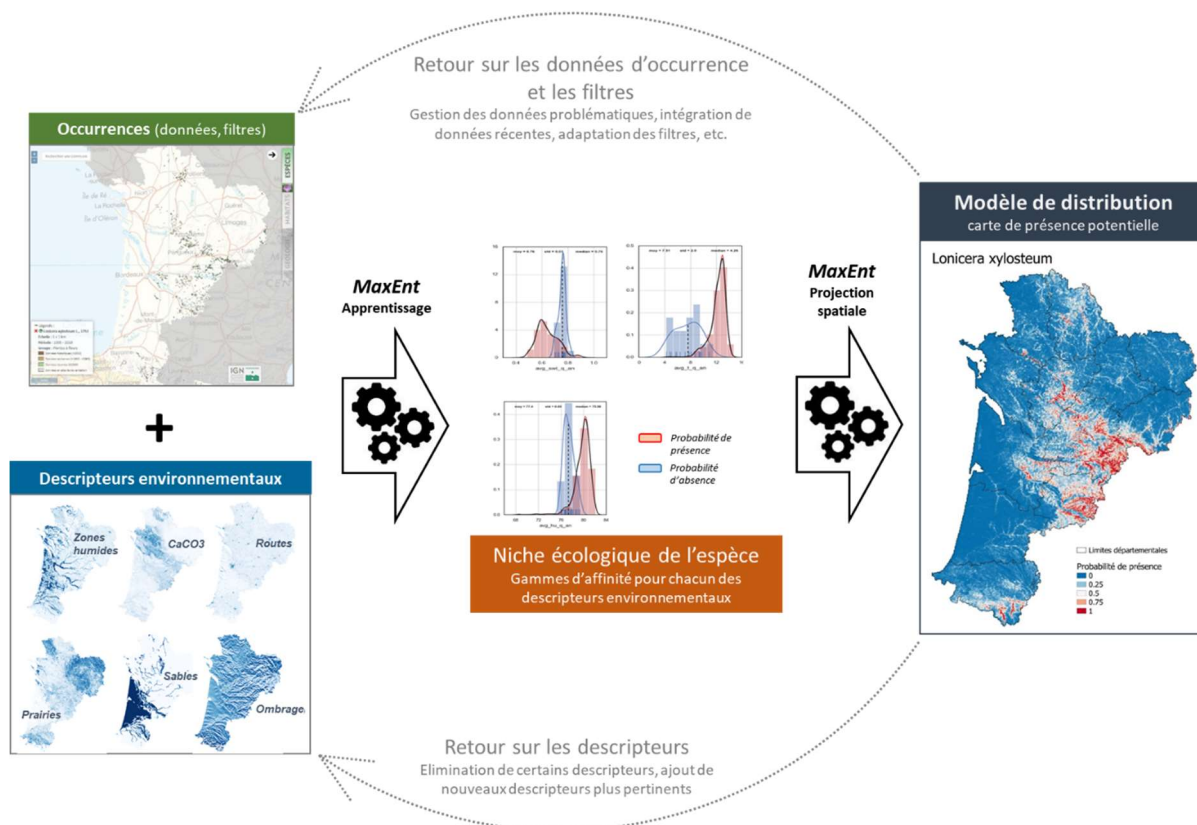


Figure 2 : Schéma du processus de modélisation des répartitions spatiales potentielles des espèces

Pour que les courbes réponses puissent être interprétées biologiquement et limiter le sur-apprentissage, les types de liens mathématiques autorisés pour la faune sont linéaires et quadratiques uniquement, auxquels s'ajoutent pour la flore les liens de type produits. Pour réaliser chaque modèle, *MaxEnt* compare les sites de présence de l'espèce avec des sites où l'espèce n'a pas été observée afin de décrire l'arrière-plan du territoire d'étude. Le nombre de ces points d'arrière-plan a été fixé à 20 000 pour avoir une bonne représentativité des 86 328 mailles de la zone d'étude (Barbet-Massin *et al.*, 2012 ; Merow *et al.*, 2013). Pour chaque espèce, 10 itérations ont été réalisées avec un nouveau tirage aléatoire de 75% des sites à chaque fois (méthode du Bootstrap). Les résultats de chaque itération sont évalués en fonction de la capacité à prédire les occurrences qui n'ont pas été utilisées comme données d'entraînement. Les itérations sont ensuite assemblées selon une mesure de cette efficacité (AUC) pour produire une carte de synthèse par espèce.

Les modèles ainsi produits ont été évalués par les naturalistes experts des structures locales partenaires⁵ afin de valider les choix et, le cas échéant, des ajustements ont été réalisés dans les données d'entrée ou les différents réglages.

Une étape supplémentaire a été réalisée pour les Chiroptères. En effet la prospection ciblant ce groupe est spécifique et la grande majorité des données utilisées ici sont des données liées à de la détection acoustique. Pour maximiser la détection de ces espèces dans le cadre des prospections les sites perçus comme étant les plus favorables sont prospectés préférentiellement (e.g. points d'eau, lisières boisées). La Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) est une espèce quasi ubiquiste à l'échelle régionale et est détectée quasiment à chaque fois. Ainsi le modèle de répartition de cette espèce reflète davantage la pression de prospection sur ce groupe que la répartition réelle de cette espèce. Ce modèle a ainsi été utilisé comme fichier de biais pour modéliser la répartition des autres espèces de Chiroptères.

2.2. IDENTIFIER LES HOTSPOTS

Le travail présenté dans le chapitre précédent a permis de constituer un catalogue de la répartition de 2 741 espèces à l'échelle de la région et à une résolution fine. Ce catalogue contient une grande quantité d'informations qu'il est néanmoins difficile d'utiliser en l'état pour prendre des décisions de conservation. Une synthèse de ces informations a donc été réalisée *via* une étape de priorisation spatiale pour produire des outils d'aide à la décision opérationnels sur la base de cette somme de connaissance sur les espèces.

2.2.1. Bioévaluation

Le principe de bioévaluation vise ici à attribuer à chaque taxon intégré dans l'analyse une note d'enjeu, sous la forme d'un indice composite, représentatif des enjeux de biodiversité attribués à l'espèce. Dans le cadre de la présente étude, cette note représente le poids (ou la contribution) de chaque taxon dans la définition des hotspots. Les espèces présentant les plus forts enjeux sont ainsi celles qui contribuent le plus à définir des hotspots.

L'objectif recherché ici n'est pas d'aboutir à une note unique qui résumerait à elle seule l'ensemble des critères concourant à la valeur patrimoniale de chaque espèce et/ou à la nécessité d'entreprendre des actions de conservation pour celles-ci. Il est plutôt de chercher à compléter autant que faire se peut l'information disponible lors de l'étape de priorisation spatiale, avec des critères simples, objectifs et applicables à l'ensemble des espèces. Sans l'intégration de ces critères de bioévaluation, la rareté des espèces, considérée comme le nombre de mailles d'occurrence dans la région, serait en effet la seule information disponible et son influence lors du calcul des enjeux relatifs aux mailles de 1x1 km serait alors totale dans la cartographie des Hotspots.

⁵ Le Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique, le Conservatoire Botanique National du Massif Central, le Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, la Ligue pour la Protection des Oiseaux, Charente Nature, Cistude Nature, Deux-Sèvres Nature Environnement, le Groupe Chiroptères Aquitaine, le Groupe Mammalogique et Herpétologique du Limousin, le Groupe Ornithologique des Deux-Sèvres, Nature Environnement 17, la Société Entomologique du Limousin, la Société Limousine d'Odonatologie et Vienne Nature.

Ces notes ont été obtenues par l'agrégation d'indices relatifs aux différents facteurs qui concourent dans la définition des enjeux de biodiversité pour une espèce. Les deux principaux facteurs généralement retenus (Blervaque *et al.*, 2017 ; Le Berre *et al.*, 2017) sont la vulnérabilité (risque d'extinction) et la responsabilité (part de la région dans la population nationale de l'espèce) ont été utilisées ici. En pratique, les méthodes d'agrégation de ces deux critères diffèrent quelque peu entre la faune et la flore mais restent comparables dans leurs principes.

Concernant la faune, la bioévaluation qui a été retenue est, pour l'essentiel des espèces, issue de la transcription sous forme d'un indice, allant de 0 à 1, d'un travail coordonné par l'Observatoire FAUNA (Barneix & Perrodin, 2020) (§ 8.1.2.2). Pour certaines espèces non intégrées dans ce référentiel (oiseaux non nicheurs et espèces mal connues), elle est complétée par des notes obtenues à dire d'expert en combinant des critères objectifs relatifs à la responsabilité régionale avec une évaluation de la vulnérabilité.

Concernant la flore, la responsabilité régionale est obtenue en rapportant le nombre de mailles d'occurrence d'une espèce dans la région à celui obtenu pour cette même espèce au niveau national (part régionale de la répartition nationale). La vulnérabilité est issue du croisement entre listes rouges régionales et nationales flore (§ 8.1.1.4.3). Enfin, ces deux critères sont additionnés pour aboutir à une note finale de bioévaluation ramenée à une échelle allant de 0 à 1. Une bioévaluation de 1 correspond à la note maximale possible et 0 à la note minimale possible.

Afin de tendre vers un équilibre entre faune et flore, les bioévaluations ont ensuite été ajustées mathématiquement (§ 8.1.1.4.3), afin d'obtenir des gradients comparables (Figure 3). L'objectif était de produire des bioévaluations compatibles entre la faune et la flore, de façon à ne pas écraser l'une ou l'autre de ces deux composantes de la biodiversité et, *in fine*, proposer des cartographies des hotspots présentant le meilleur équilibre possible entre les influences de ces deux grands règnes du vivant.

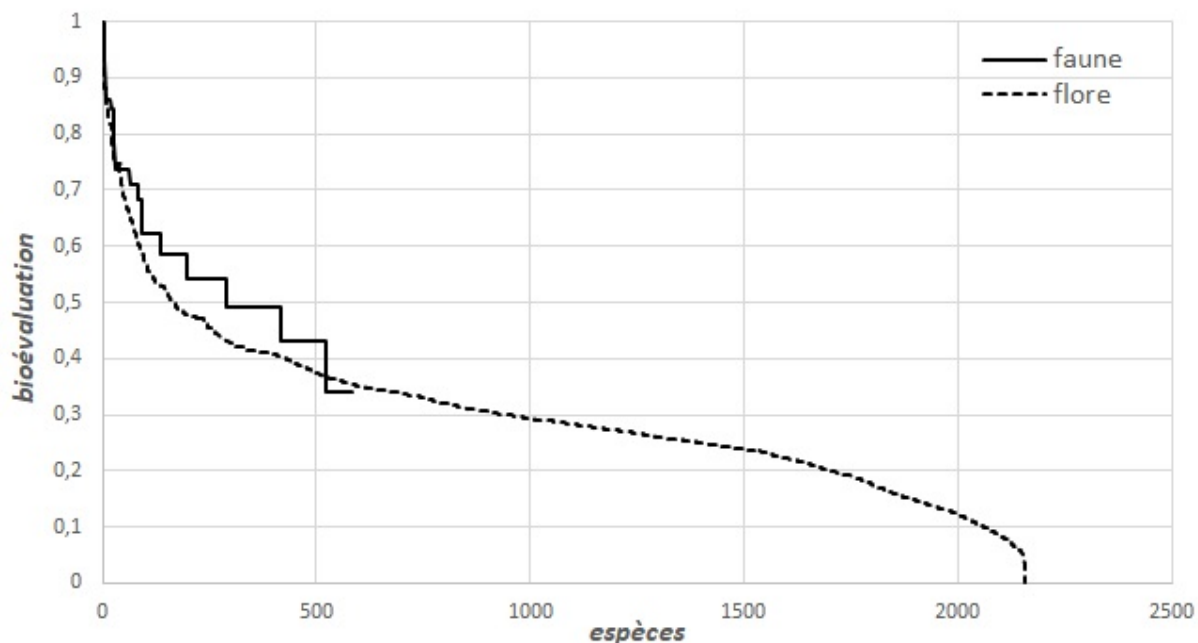


Figure 3 : Valeurs des indices de bioévaluation de chacune des espèces de faune et de flore en fonction de leur rang de classement

2.2.2. Priorisation spatiale

La priorisation spatiale s'appuie d'une part sur les cartes de répartition des espèces obtenues précédemment (§ 2.1) et d'autre part sur les indices de bioévaluation qui leur sont associés (§ 2.2.1). En combinant ces deux éléments, le calcul permet de produire une hiérarchisation complète de l'ensemble des mailles de 1x1 km en Nouvelle-Aquitaine (Figure 4) grâce au logiciel *Zonation* (Moilanen *et al.* 2009a).

Pour cela, on procède tout d'abord à l'évaluation de la valeur d'enjeu de chacune des mailles, sachant les espèces qu'elles contiennent de manière avérée ou sous la forme de probabilités de présence (§ 3.1), leurs indices de bioévaluation et l'étendue de leur répartition géographique (en nombre de mailles). Une fois toutes les mailles évaluées, on procède ensuite à l'élimination d'un lot de mailles présentant les notes d'enjeu les plus faibles. Le calcul de la valeur d'enjeu de chacune des mailles restantes reprend ensuite, en prenant en compte les changements intervenus dans l'aire de répartition de chacune des espèces, suite à l'élimination d'un lot de mailles lors de l'itération précédente. Le processus poursuit son cours jusqu'au dernier lot de mailles qui se voient alors attribuer la note d'enjeu maximale.

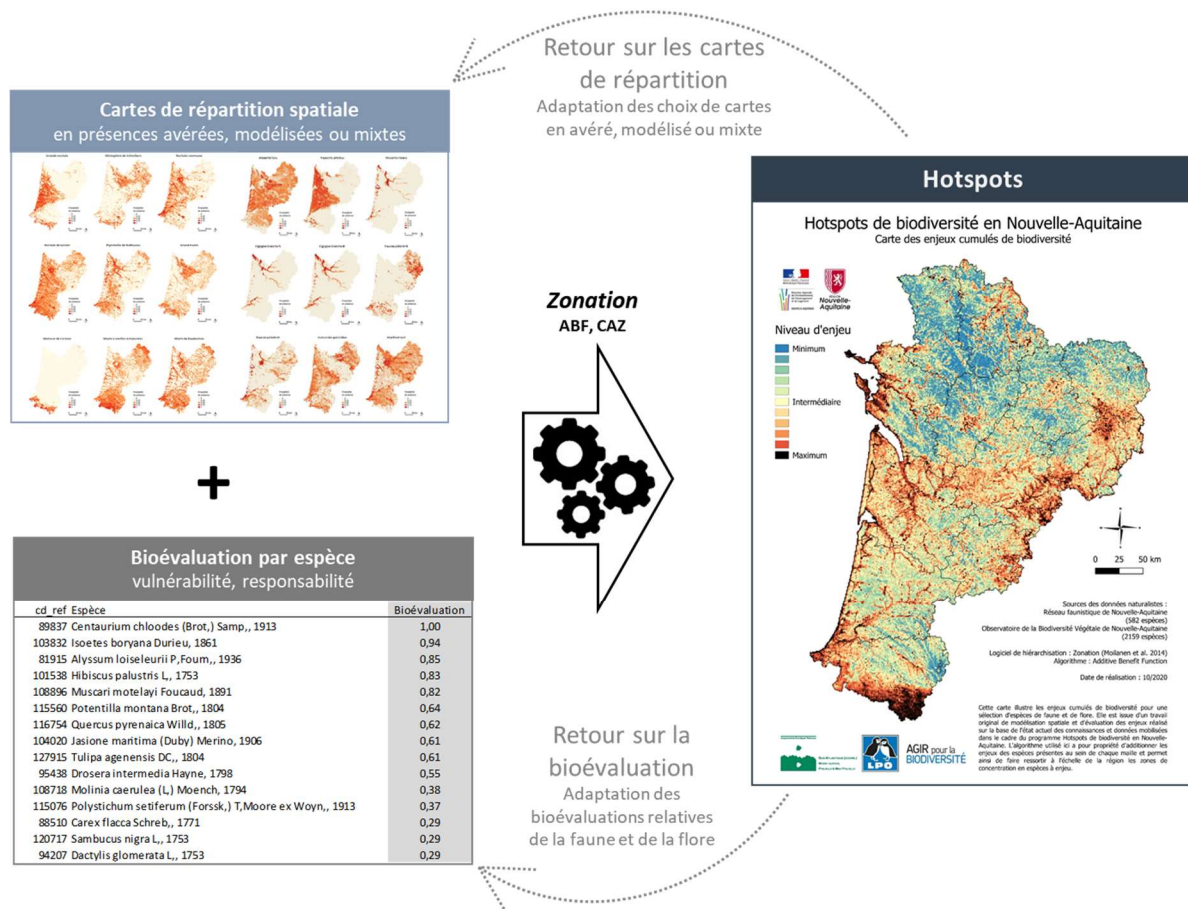


Figure 4 : Schéma du processus de hiérarchisation des enjeux

La hiérarchisation ainsi obtenue est purement relative. En effet, toutes les mailles peuvent être classées les unes par rapport aux autres, de celles considérées à l'issue du processus comme présentant les plus forts enjeux, à celles qui ont été éliminées les premières et en contiennent supposément le moins. En revanche, une différence de notation de 0,1 par exemple, ne correspond pas forcément à la même chose en un point et en un autre du gradient, c'est-à-dire entre des valeurs passant de 0,2 à 0,3 par rapport à un écart pourtant similaire entre 0,9 et 1. Elle peut même correspondre à des écarts très différents entre les niveaux réels d'enjeux si l'on considère le nombre d'espèces qui seront intégrées aux hotspots ou non (§ 3.4). En pratique, compte-tenu des propriétés intrinsèques du processus de hiérarchisation et dont découle la forme de la courbe obtenue pour la part restante des espèces (Figure 17 et Figure 18), dans cette étude et sachant le jeu de données de départ, le passage de 0,9 à 1 s'avère nettement plus coûteux en termes de nombre d'espèces que le passage de 0,2 à 0,3. En résumé, les différences relevées au sommet de la hiérarchisation peuvent être considérées comme étant clairement plus importantes et significatives que celles observées pour la partie inférieure du gradient.

Ainsi, s'il sera toujours possible de distinguer des mailles à enjeux plus ou moins forts au sein d'un territoire, et ce quelle que soit l'étendue de la zone considérée (région, département, communauté de communes, commune, etc.), il faudra veiller à ne pas sur-interpréter ces différences, en évaluant toujours l'écart entre les mailles mises en lumière par de plus forts enjeux et celles à enjeux plus faibles qui constituent la trame plus générale de ces territoires.

De même, si la hiérarchisation priorise les mailles selon les enjeux de biodiversité qui s'y trouvent, on ne pourra toutefois pas en conclure que les mailles présentant les enjeux les plus faibles en sont totalement dépourvues, car il s'agit là d'un classement relatif. On peut simplement dire que les autres mailles du territoire analysé présentent des enjeux plus forts, du fait des espèces qui s'y trouvent. À titre d'exemple, si une nouvelle étape de hiérarchisation était relancée mais cette fois en ne sélectionnant que les 10% de mailles associées aux notes les plus hautes de la première étape (allant donc de 0,9 à 1), le calcul aboutirait une nouvelle fois à un classement (allant de 0 à 1) dans lequel certaines mailles se verraient forcément associées à une note proche de 0. On ne pourrait pas conclure que ces mailles ne présentent aucun enjeu de biodiversité, seulement qu'elles en contiennent moins que les autres dans cette zone, au regard de la hiérarchisation.

Contrairement à d'autres méthodes de hiérarchisation (par exemple Marxan, ConsNet ou C-Plan), Zonation ne vise pas à définir le zonage minimal pour atteindre des objectifs de conservation définis arbitrairement a priori, mais il effectue une hiérarchisation complète de l'ensemble de la zone d'étude au regard des informations dont il dispose (Moilanen *et al.*, 2009b ; Lehtomäki & Moilanen, 2013) et sans postulat préétabli sur des espaces prioritaires ou des lots d'espèces cibles. Le résultat constitue ainsi un outil plus flexible car il est possible de cibler une fraction de 1% du territoire qui concentre le plus d'enjeux, ou de fixer ce seuil à 2%, 5%, 10%, ou tout autre niveau selon les besoins de l'utilisateur. De plus, Zonation est basé sur un algorithme déterministe ce qui implique que la priorisation est reproductible à partir des mêmes informations en entrée (Moilanen *et al.*, 2014). Autrement dit, le processus de hiérarchisation des mailles ne fait aucunement entrer en jeu de l'aléatoire, comme peuvent le faire d'autres méthodes de hiérarchisation citées plus haut et les résultats obtenus à l'issue du calcul seront toujours identiques si les données de départ le demeurent aussi.

Deux algorithmes, de conception et de philosophies différentes, ont été utilisés pour hiérarchiser les mailles.

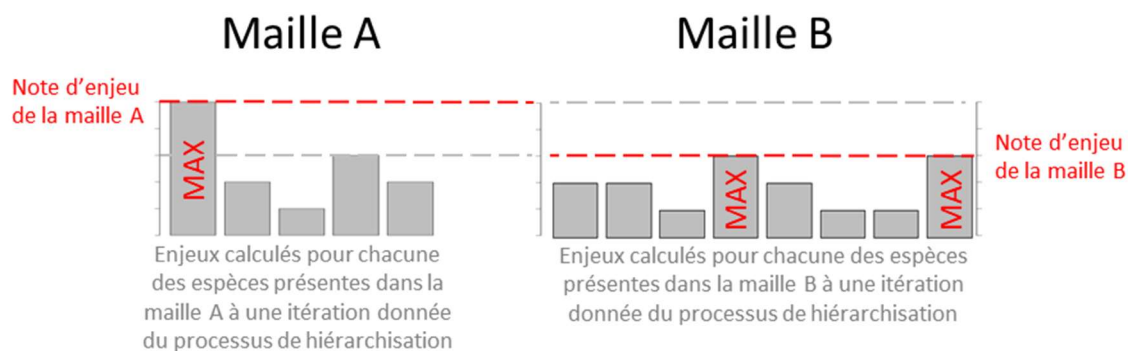


Figure 5 : Schéma du calcul de la valeur d'enjeu des mailles avec l'algorithme Core Area Zonation

Le premier, dénommé « Core Area Zonation » (CAZ) (Moilanen *et al.*, 2007), base le calcul sur l'espèce à la valeur d'enjeu, calculée pour une itération donnée du processus de hiérarchisation, la plus forte au sein de chaque maille (Figure 5). Il tend ainsi à proposer une solution qui vise à conserver au mieux l'aire de répartition de chacune des espèces en mettant, comme son nom l'indique, l'accent sur les cœurs des zones favorables à leur présence. Il permet notamment de mettre en lumière des zones de faible richesse spécifique mais qui hébergent une espèce particulièrement remarquable. On notera cependant que cette méthode pénalise en quelque sorte les mailles présentant un certain nombre d'espèces à valeurs d'enjeux moyennes à fortes, au profit des mailles contenant au moins une espèce à très fort enjeu.

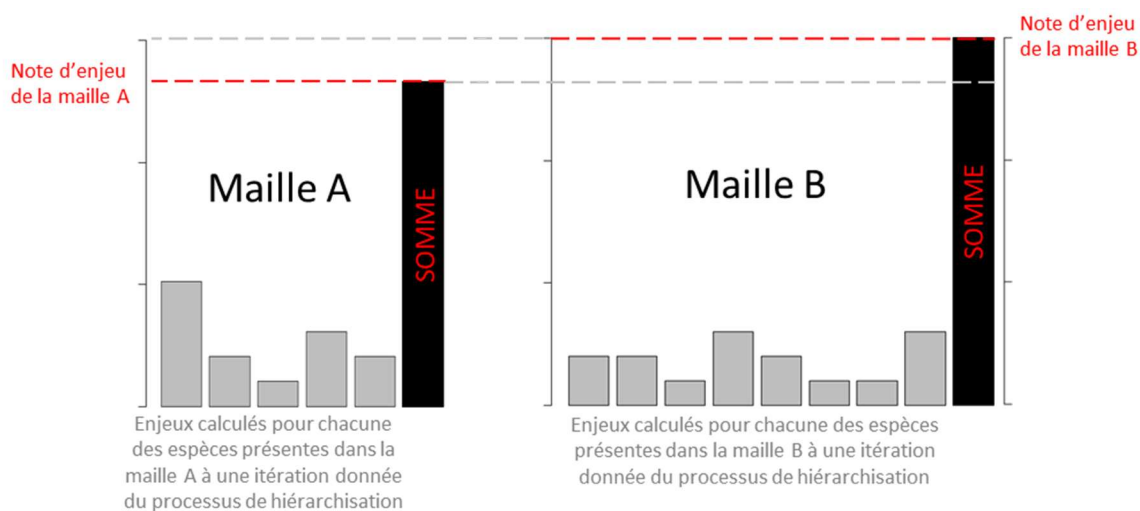


Figure 6 : Schéma du calcul de la valeur d'enjeu des mailles avec l'algorithme Additive Benefit Function

Le second algorithme, appelé « Additive Benefit Function » (ABF) ((Moilanen *et al.*, 2007), base quant à lui le calcul sur la somme des valeurs d'enjeu, calculées pour une itération donnée du processus de hiérarchisation, de toutes les espèces présentes dans chaque maille (Figure 6). Il tend donc plutôt à conserver en priorité les zones qui concentrent le plus d'enjeux cumulés. Cette méthode priorise les mailles caractérisées par une richesse spécifique plutôt élevée et/ou présentant un certain nombre d'espèces à fort enjeu. A l'inverse, cette méthode va

cette fois défavoriser des taxons qui vivent dans des habitats plus pauvres en espèces et qui peuvent pourtant être associés à de très forts enjeux.

2.2.3. Identifier les lacunes de protection

Afin de mettre en lumière des zones à enjeux prioritaires pour la préservation des espèces qui ne seraient pas déjà couvertes par des zonages, les résultats de la priorisation spatiale ont été analysés au regard du réseau d'aires protégées et gérées existantes. L'objectif ici est de fournir des éléments de priorisation des moyens techniques et financiers à tous les acteurs de la préservation des espaces naturels pour compléter les zonages existants et/ou en créer de nouveaux.

La congruence entre les hotspots de Nouvelle-Aquitaine et les espaces protégés/gérés est obtenue par la confrontation des mailles de concentration d'enjeux, issues du processus de hiérarchisation, avec les couches d'information géographique disponibles pour les zonages d'aires protégées/gérées.

Les zonages pris en compte dans le cadre de cette analyse sont ceux qui ont été retenus pour la Stratégie nationale pour les Aires Protégées 2030 (Gouvernement français, 2021) sous le qualificatif de protection forte :

- Cœur de Parc National (cœur de PN),
- Réserves Naturelles Nationales (RNN) et Régionales (RNR),
- Réserves Biologiques (RB),
- Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope (APPB),
- Réserves Nationales de Chasse et de la Faune Sauvage (RNCFS),
- Sites acquis du Conservatoire du Littoral (SCL),
- Sites acquis (et donc gérés) par le Conservatoire d'Espaces Naturels (CEN foncier).

Une aire protégée sous protection forte est définie dans le cadre de cette stratégie comme « *un espace naturel dans lequel les pressions engendrées par les activités humaines susceptibles de compromettre la conservation des enjeux écologiques de cet espace sont supprimées ou significativement limitées, de manière pérenne, grâce à la mise en œuvre d'une protection foncière ou d'une réglementation adaptée, associée à un contrôle effectif des activités concernées* ».

Les Réserves Naturelles Nationales et Régionales, les Réserves Biologiques et les cœurs de Parcs Nationaux sont inclus car ils disposent d'une réglementation spécifique contraignante ayant pour principaux objectifs de protéger la biodiversité associée (principalement les habitats et espèces ayant justifié le classement du site). Les milieux peuvent être laissés en libre évolution et/ou gérés suivant un plan de gestion. Les activités humaines y sont habituellement limitées, bien que certaines soient parfois autorisées et antagonistes avec des enjeux de biodiversité.

Tableau 4 : Surfaces cumulées de chacune des catégories d'aires sous protection forte et proportions correspondantes de la surface régionale

<i>PROTECTIONS FORTES</i>	<i>SURFACE EN N.A.Q. (EN KM²)</i>	<i>SURFACE RETENUE⁶ (EN KM²)</i>	<i>PART DE LA REGION⁶ (EN %)</i>	<i>SOURCES</i>
APPB	172,966	169,141	0,199	https://inpn.mnhn.fr/telechargement/cartes-et-information-geographique/ep/apb (consulté le 18/09/2020)
SCL	130,868	160,199	0,189	https://inpn.mnhn.fr/telechargement/cartes-et-information-geographique/ep/cl (consulté le 18/09/2020)
CŒUR DE PN	148,159	155,048	0,183	https://inpn.mnhn.fr/telechargement/cartes-et-information-geographique/ep/pn (consulté le 18/09/2020)
RNN	61,114	98,317	0,116	https://inpn.mnhn.fr/telechargement/cartes-et-information-geographique/ep/rnn (consulté le 18/09/2020)
RB	30,672	33,030	0,039	https://inpn.mnhn.fr/telechargement/cartes-et-information-geographique/ep/rb (consulté le 18/09/2020)
CEN (FONCIER)	32,154	32,154	0,038	flux WFS du CEN-NA (consulté le 29/01/2021)
RNCFS	24,125	24,125	0,028	https://inpn.mnhn.fr/telechargement/cartes-et-information-geographique/ep/rncfs (consulté le 18/09/2020)
RNR	5,824	12,838	0,015	https://inpn.mnhn.fr/telechargement/cartes-et-information-geographique/ep/rnr (consulté le 18/09/2020)
TOTAL	605,883	681,396	0,807	
MAILLES AVEC PROTECTIONS FORTES		2818	3,256	

⁶ Les surfaces retenues pour le croisement entre aires sous protection forte et hotspots de biodiversité (et donc les proportions correspondantes de la surface totale de la région) peuvent différer de celles obtenues lorsque l'on se limite strictement aux frontières administratives et terrestres de la Nouvelle-Aquitaine (Tableau 4). En effet, le choix a été fait ici d'inclure des périmètres de protection qui, bien que s'étendant parfois sur le domaine marin et/ou se prolongeant au-delà des frontières régionales, intersectent les mailles de 1x1 km qui constituent le grain de cette étude. C'est aussi à ce grain qu'ont été effectuées les remontées de données pour les espèces et il aurait été problématique de considérer qu'un enjeu n'est pas pris en compte par une mesure de protection forte sous le seul prétexte que celle-ci s'étend au-delà des frontières administratives de la région.

Les objectifs des Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope sont proches des précédents mais plus particulièrement ciblés sur un habitat d'espèce. Là encore les contraintes réglementaires sont fortes ; à noter cependant que les autres pans de la biodiversité ne sont pas pris en compte (contrairement aux réserves naturelles et parcs nationaux à vocation multidisciplinaire) et qu'il existe une forte hétérogénéité dans la réglementation (et les contraintes) sur la biodiversité.

Sur les sites du Conservatoire du Littoral et du Conservatoire des Espaces Naturels, la conservation de la biodiversité est liée à la maîtrise foncière du terrain, qui permet une protection forte des milieux (et espèces). Les activités humaines y sont généralement contraintes et nombre de sites font l'objet de plans de gestion. Les sites du CEN sont souvent de petite taille et ciblés sur des habitats particuliers (coteaux calcaires, tourbières, etc.).

Les Réserves Naturelles de Chasse et de la Faune Sauvage ciblent spécifiquement la faune sauvage, notamment menacée, et ses biotopes, sur des sites d'importance pour la recherche scientifique et technique, pour les populations présentes et/ou de grande surface. Comme pour les réserves, la réglementation est habituellement contraignante (activités humaines limitées) et le site fait, le plus souvent, l'objet d'un plan de gestion.

L'inclusion des Espaces Naturels Sensibles (ENS) a été envisagée initialement mais une phase préalable d'évaluation et de tri a été jugée nécessaire avant de pouvoir inclure ces zonages. En effet, au sein d'une même catégorie, en fonction des politiques de chaque département, il existe de grandes disparités en termes de protection effective des territoires couverts et celles-ci ne nous ont pour l'instant pas permis de les intégrer pour la confrontation avec les hotspots. Cette étape de sélection pourra être effectuée ultérieurement, avec l'appui technique des services de l'État et organismes concernés par ces types de zonage.

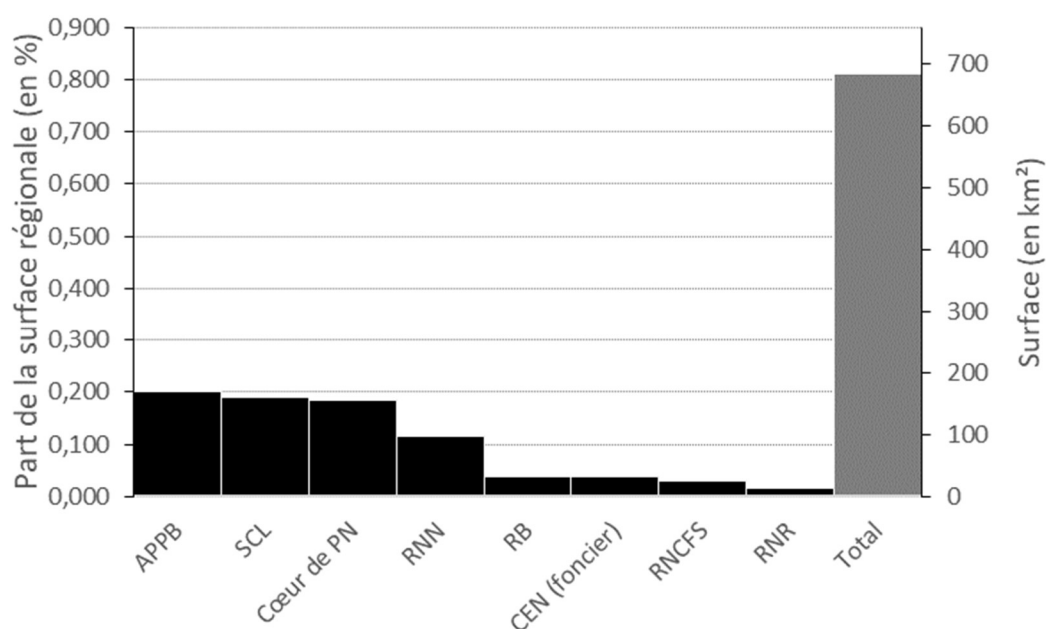


Figure 7 : Surfaces en km² concernées par des mesures de protection forte et proportions correspondantes en % de la Nouvelle-Aquitaine

En Nouvelle-Aquitaine, **0,8% du territoire terrestre se trouve en protection forte** (Tableau 4 et Figure 7). A l'échelle nationale, cette proportion a été évaluée à 1,8% pour la France métropolitaine (Léonard *et al.* 2020). Dans le cadre de la Stratégie Nationale pour les Aires Protégées 2030, l'objectif annoncé est que « *d'ici 2022, 10% du territoire national et des eaux sous juridiction ou souveraineté seront couverts par des zones de protection forte qui seront effectivement gérées en 2030* ». Même si la SNAP 2030 ne comprend pas seulement le domaine terrestre mais également des aires maritimes, l'écart entre ces deux évaluations du réseau actuel et les objectifs fixés pour son extension demeure important. La cartographie des hotspots de biodiversité réalisée pour la Nouvelle-Aquitaine pourra servir de base pour orienter les mesures de protection qui seront mises en place dans la région.

Le croisement des zonages d'aires protégées avec les couches d'enjeux de biodiversité est effectué avec un logiciel SIG (Système d'Information Géographique), afin d'identifier :

- 1) les mailles 1x1 km couvertes au moins partiellement par des zonages ciblés (Figure 8),
- 2) les valeurs d'enjeux associées à ces mailles (Figure 21),
- 3) les mailles 1x1 km non concernées par des zonages ciblés mais présentant de forts enjeux (en fonction de différents seuils d'enjeux) (Figure 23),
- 4) les surfaces de hotspots (en fonction de différents seuils d'enjeux) qui disposent déjà ou non de périmètres d'aires protégées (Figure 24 et Figure 25).

Dans la plupart des cas, les zonages d'aires protégées ne recouvrent pas la totalité de la surface des mailles de 1x1 km qu'ils intersectent (Figure 8). Le choix a tout de même été fait ici de considérer comme moins prioritaires les mailles disposant déjà d'une partie au moins de leur surface sous protection forte. Les zonages de protection existants peuvent en effet déjà couvrir les enjeux identifiés sur la maille. En pratique, les résultats de l'évaluation de la congruence entre hotspots et aires protégées différencient donc les mailles qui intersectent au moins une aire protégée de celles qui n'en intersectent aucune, et ce quelle que soit la surface de cette intersection, si minime soit-elle. Ce choix amène à considérer comme non prioritaire car disposant déjà de protections fortes 3,2% de la surface totale de la Nouvelle-Aquitaine. On a donc une surestimation quantitative du niveau réel de protection d'un facteur 4 (0,8% par rapport à 3,2 %) dans les résultats de cette étude. Il existe par ailleurs une surestimation qualitative liée à l'effectivité de la protection par rapport aux enjeux de la maille⁷.

⁷ C'est par exemple le cas lorsqu'il existe des activités antagonistes avec la conservation de la biodiversité (*e.g.* chasse dans une R.N.N. ou gestion paysagère d'un SCL, etc.) ou lorsque les enjeux ciblés par les hotspots ne correspondent pas à ceux des zonages considérés (par ex. sur les APPB Dordogne et Garonne, puisque le compartiment aquatique est peu pris en compte dans cette étude).

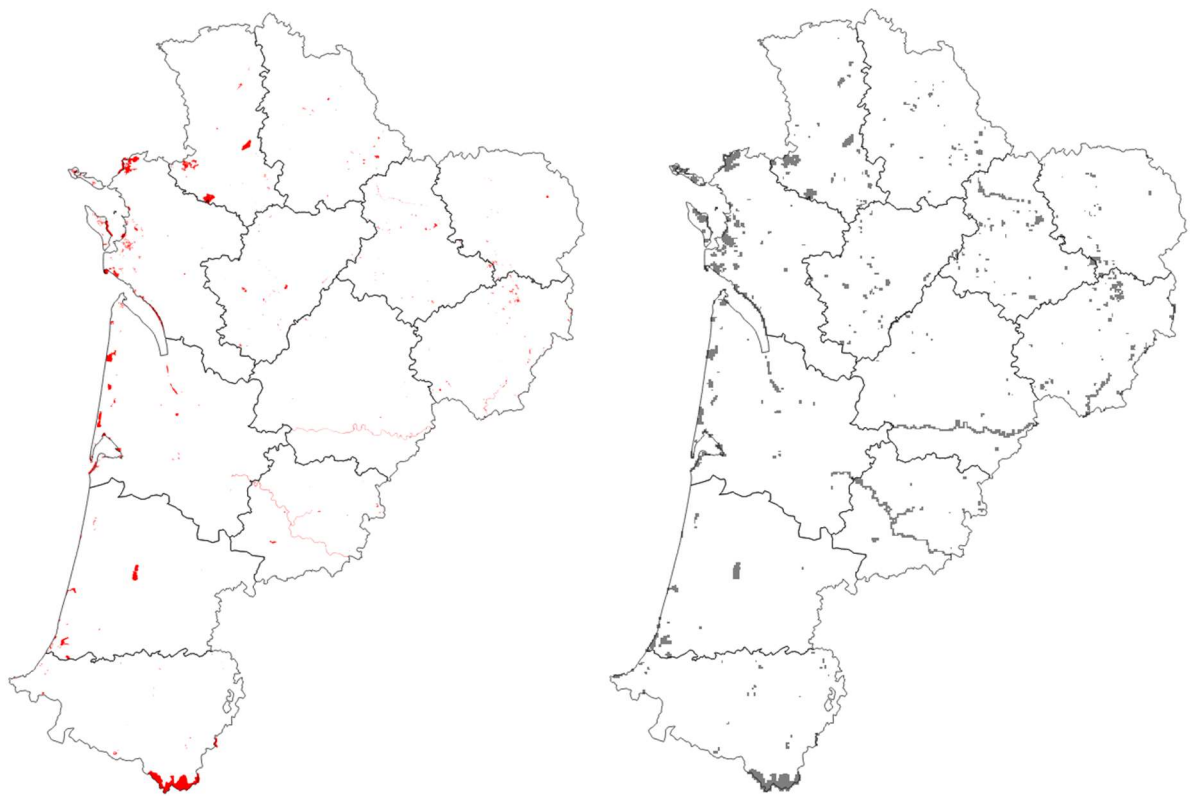


Figure 8 : Cartes des aires sous protection forte en Nouvelle-Aquitaine (à gauche) et des mailles intersectant ces aires (à droite)

Néanmoins, les cartes de hotspots sont produites pour l'intégralité du territoire et de futurs utilisateurs de ces résultats pourront toujours faire un choix différent. Notamment, ils pourront évaluer quantitativement la suffisance ou non de la couverture surfacique en aires protégées de chacune des mailles, ainsi que l'adéquation de ces mesures avec la qualité des enjeux présents et les impératifs liés à la gestion. Ils pourront également proposer l'extension sur de nouvelles parcelles contiguës des zonages de protection existants, ce qui nécessite là aussi de travailler à une résolution inférieure à la maille de 1x1 km considérée ici.

3. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

3.1. CARTES DE REPARTITION DES ESPECES

L'étape de cartographie des espèces a permis la réalisation d'un catalogue des répartitions spatiales de 2 741 espèces (585 espèces animales et 2159 espèces végétales), à la résolution de 1x1 km, pour l'ensemble du territoire de la Nouvelle-Aquitaine.

Étant donné le volume très important de cartes produites, et celles-ci n'étant qu'une étape intermédiaire de cette étude, l'éventail complet de ces productions n'est pas présenté ici. Seules quelques-unes, relatives à des espèces présentant des résultats caractéristiques, sont exposées à titre d'exemple. Ces cartes ont été confrontées à l'expertise locale auprès des structures partenaires pour évaluer l'adéquation des répartitions avec les connaissances naturalistes du territoire. Selon les problèmes ciblés, des ajustements ont ainsi été réalisés pour certaines espèces. La nature de ces ajustements diffère sur certains points entre faune et flore.

Pour la faune, l'examen des premières versions des cartes a permis d'invalider certaines observations erronées qui n'avaient pas été détectées par la validation réalisée en temps réel sur les bases de données. Les filtres appliqués sur certaines espèces mobiles ont été modifiés pour prendre en compte un ensemble de données plus ou moins large selon les problèmes détectés.

Le choix de conserver ou non la version modélisée (M) de la répartition spatiale de certaines espèces a également dû être effectué, lorsque les prédictions semblaient induire trop de faux positifs par exemple. Lorsque la répartition d'une espèce a été jugée suffisamment bien connue, cette étape de modélisation de répartition n'a pas été réalisée. La carte des présences avérées (A) a été considérée comme suffisamment exhaustive. C'est le cas par exemple de certains oiseaux coloniaux. La répartition de ces espèces a ainsi été convertie en un raster binaire, « 0 » matérialisant les zones d'absence et « 1 » les zones de présence connues de l'espèce. Les espèces très rares, dont le nombre de données de présence ne permet pas la réalisation de modèles de répartition (Guisan *et al.* 2017), ont également été traitées de cette manière.

Pour quelques espèces ayant une répartition en stations isolées, tels que des amphibiens et les reptiles, une version intermédiaire (MA) a été réalisée entre une carte de probabilité de présence (M) et une carte de la répartition avérée (A). Dans ce cas, les modèles de répartition ont été réalisés puis les mailles de présence avérées ont été surimposées en les bornant à « 1 ». Cela permet de mettre l'accent sur les zones de présence avérée, notamment les stations isolées et atypiques qui caractérisent la répartition de certaines espèces et que la modélisation peut avoir des difficultés à prédire correctement (Figure 9). Cette méthode n'a pas été appliquée pour l'ensemble des espèces pour ne pas donner un poids trop important aux zones les plus prospectées, ce qui ferait perdre l'un des avantages de la modélisation c'est-à-dire celui de compenser partiellement les lacunes de connaissance. C'est le cas des bords de route par exemple, qui concentrent une grande part des observations pour certaines espèces nocturnes, notamment du fait de la mortalité routière. Ces zones ne correspondent pas pour autant à des habitats plus favorables que le reste de l'aire de répartition de l'espèce.

Pour la flore, des choix entre cartes issues de la modélisation (M) et cartes directement tirées de la connaissance naturaliste du terrain (A) ont également dû être effectués (Tableau 5). La solution intermédiaire M5A consistant à superposer les présences avérées sur les répartitions spatiales potentielles a été employée pour un certain nombre d'espèces, à la place de la solution MA utilisée pour la faune. Ces méthodes diffèrent un peu, puisque pour la version M5A n'ont été conservées que les valeurs de probabilités de présence dans les mailles où celles-ci étaient supérieures à 0,5⁸. Ce filtrage à dire d'expert avait pour objectif de limiter l'étendue de l'aire de répartition prédite, tout en conservant la connaissance du terrain (§ 8.2.2.2.2).

De même que pour la faune, les deux solutions utilisant des présences avérées n'ont été retenues que pour une minorité d'espèces⁹ (489 espèces en présences avérées « A » et 76 en méthode intermédiaire « M5A », soit environ un quart du total des espèces), dans le but de ne pas réintroduire une dose trop importante des biais générés par les différences géographiques de pression d'observation dans l'étape suivante de hiérarchisation des mailles.

Tableau 5 : Proportions des cartes utilisées pour les espèces de faune et flore selon les types « M », « A », « MA » et « M5A »

	M	A	MA	M5A
FAUNE	497 (85%)	75 (13%)	13 (2%)	0 (0%)
FLORE	1594 (74%)	489 (23%)	0 (0%)	76 (3%)
FAUNE ET FLORE	2091 (76%)	564 (21%)	13 (<1%)	76 (3%)

A titre d'exemple, dans le cas de *Festuca vasconensis* (Figure 10), la modélisation de la répartition potentielle de l'espèce à l'échelle de la région (M) a été jugée satisfaisante et conservée telle quelle pour l'étape suivante de hiérarchisation. En revanche, pour *Romulea bulbocodium* (Figure 11), il a été jugé préférable de filtrer les valeurs sous le seuil de « 0,5 » pour les potentialités de présence et de passer à la valeur « 1 » les présences avérées (M5A). Enfin, pour *Muscari motelayi* (Figure 12), la répartition proposée par le modèle n'a pas été jugée satisfaisante

⁸ La plupart des modèles de type SDM (Species Distribution Models) tels que celui utilisé pour cette étude (*MaxEnt*) basent leurs prédictions sur les mailles de présence avérée de l'espèce cible d'une part, et sur des mailles de pseudo-absence sélectionnées aléatoirement parmi l'ensemble des mailles où l'espèce n'a pas été observée jusque-là, sans que l'on sache de façon certaine s'il s'agit d'une absence réelle ou seulement d'une lacune de prospection. On appelle ce fond général l'arrière-plan (ou « background data »). En filtrant les valeurs de probabilité en-dessous d'un seuil de 0,5, on fait un choix plutôt conservateur qui vise à minimiser l'aire de présence potentielle d'une espèce, de façon à minimiser les faux positifs (absences réelles considérées comme des présences potentielles) mais en augmentant de fait les faux négatifs (présences réelles considérées comme des absences potentielles). Ce seuil arbitraire est largement utilisé dans la littérature car il présente l'avantage de la facilité de mise en œuvre pour un grand nombre d'espèces mais des seuils prenant en compte le rapport entre sensibilité et spécificité devraient théoriquement lui être préférés (Jiménez-Valverde & Lobo, 2007).

⁹ Pour la flore, ce choix a été fait pour des espèces très rares qui constituent des espèces importantes pour les hotspots mais dont la rareté empêche ou limite la modélisation : les espèces à moins de 20 mailles de présence ont été traitées en « A » ; pour celles entre 20 et 50 mailles de présence, les distributions « A », « M5A » et « M » ont été comparées afin de retenir celle qui semble, à dire d'expert, la plus pertinente dans le cadre de l'analyse hotspots. Au-delà de 50 mailles de présence avérée pour une espèce, c'est la répartition spatiale potentielle qui a été conservée.

car les descripteurs environnementaux qui auraient été pertinents pour produire un modèle plus cohérent pour cette espèce ne sont pas disponibles (ex : intensité d'usage agricole). De plus, *Muscari motelayi* a fait l'objet de recherches spécifiques sur le terrain. Sa répartition avérée est donc supposée proche de sa répartition réelle. C'est donc la carte des présences avérées (A) qui a été conservée, avec la valeur « 1 » pour les mailles correspondant à des observations de terrain et la valeur « 0 » pour celles qui en sont dépourvues.

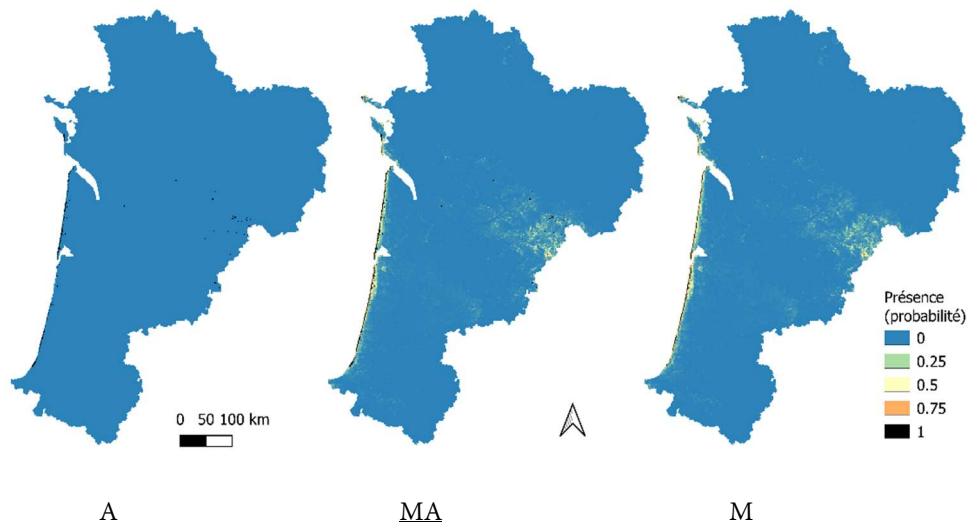


Figure 9 : Cartes de répartition spatiale de *Timon lepidus* en présence avérée (A), en présence estimée par SDM (M) et en version intermédiaire (MA)

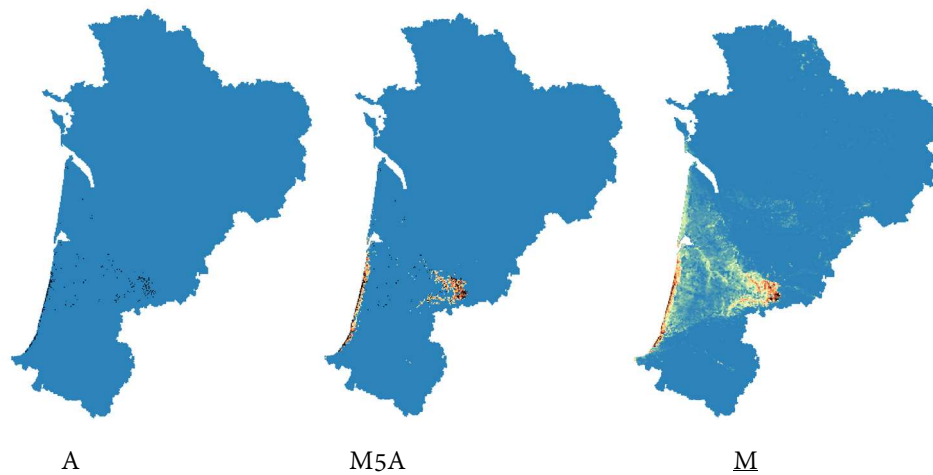


Figure 10 : Cartes de répartition spatiale de *Festuca vasconensis* en présence avérée (A), en présence estimée par SDM (M) et en version intermédiaire avec seuillage des probabilités de présence à 0,5 (M5A)

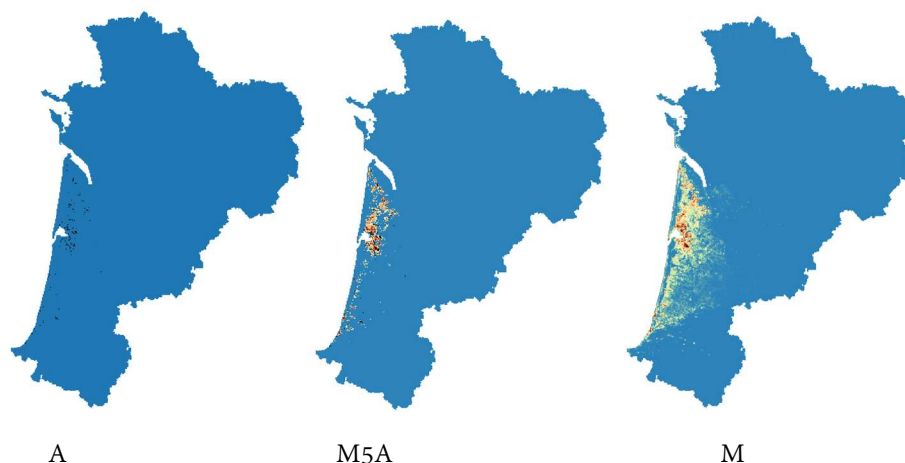


Figure 11 : Cartes de répartition spatiale de *Romulea bulbocodium* en présence avérée (A), en présence estimée par SDM (M) et en version intermédiaire avec seuillage des probabilités de présence à 0,5 (M5A)

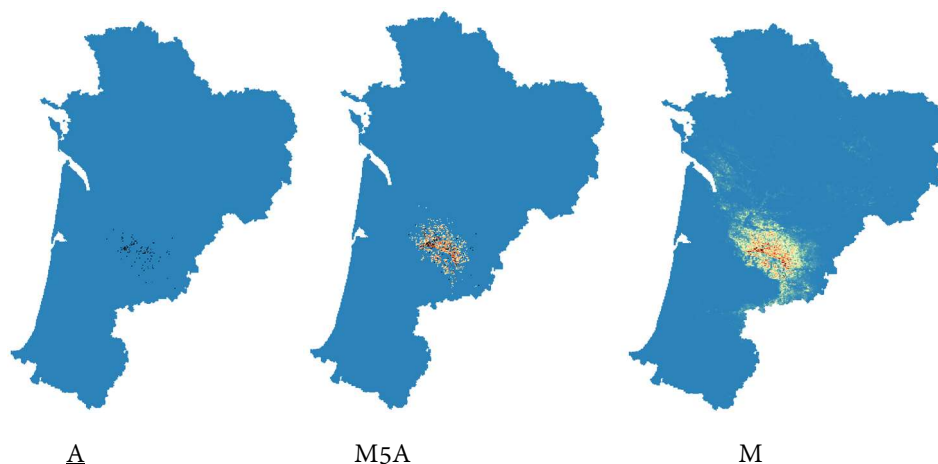


Figure 12 : Cartes de répartition spatiale de *Muscari motelayi* en présence avérée (A), en présence estimée par SDM (M) et en version intermédiaire avec seuillage des probabilités de présence à 0,5 (M5A)

3.2. HOTSPOTS DE BIODIVERSITE

L'un des principaux résultats de cette étude est la cartographie des enjeux de biodiversité à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine (Figure 13). Ces cartes indiquent le niveau de priorité relatif pour chacune des 86 328 mailles de 1x1 km de la région, sur la base de la méthode présentée ci-dessus (§ 2.2.2). Les mailles indiquées en rouge et en noir correspondent aux zones d'enjeux maximum, à l'inverse les mailles bleues correspondent au bas du gradient. La priorisation spatiale classe les mailles les unes par rapport aux autres. Ainsi, les zones en bleu ne sont pas nécessairement des zones de faible intérêt pour la conservation de la biodiversité mais cela signifie qu'elles ne sont pas priorisées par rapport au reste du territoire. Les algorithmes utilisés font des choix pour optimiser la prise en compte des espèces dans les hotspots à l'échelle de la zone d'étude mais ne produisent pas une mesure absolue de la biodiversité.

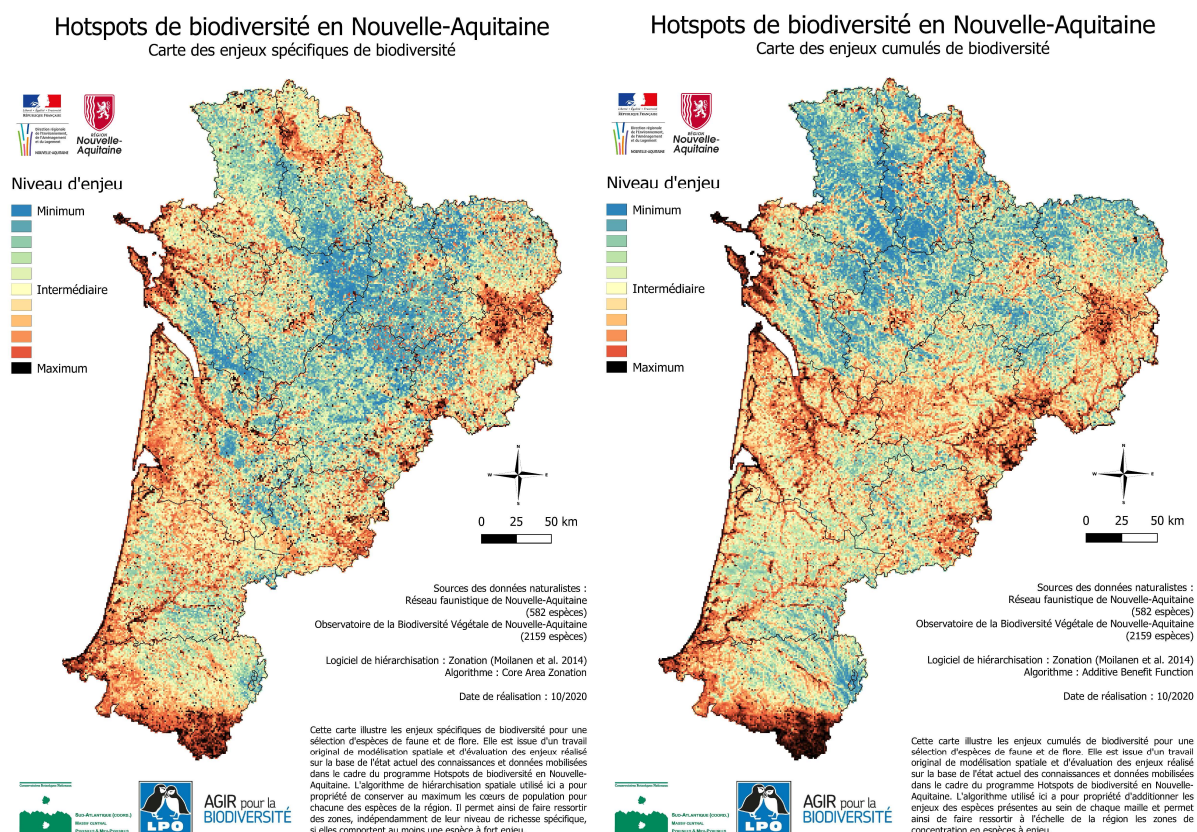


Figure 13 : Cartes des hotspots de l'assemblage d'espèces de faune et de flore pour la Nouvelle-Aquitaine obtenues via l'algorithme CAZ (à gauche) et ABF (à droite)

Comme décrit précédemment (§ 2.2.2), l'algorithme ABF favorise la richesse cumulée d'enjeux, c'est-à-dire les mailles accueillant de nombreuses espèces remarquables. Des secteurs diversifiés à l'échelle 1x1 km peuvent ainsi ressortir plus facilement. Avec l'algorithme CAZ, l'emphasis est mise dans chaque maille sur l'espèce à plus fort enjeu, ce qui explique que des secteurs globalement pauvres, mais accueillant au moins une espèce à fort enjeu, ressortent plus facilement.

Les deux algorithmes sont donc complémentaires et ne renvoient pas les mêmes informations. La version ABF sera peut-être à privilégier pour une utilisation plutôt à l'échelle macroscopique, en termes d'enveloppes territoriales de concentration d'enjeux, avec une démarche de type synécologique (cortèges d'espèces à enjeu). Tandis que la version CAZ pourra être préférentiellement utilisée pour identifier des mailles 1x1 km (voire des secteurs autour de ces mailles) hébergeant une ou des espèces remarquables. Elle permettra également d'identifier des secteurs relativement pauvres mais accueillant eux-aussi des espèces remarquables.

Bien entendu, les localités qui ressortent avec les deux algorithmes sont celles qui méritent le plus d'attention car elles semblent présenter une plus grande diversité en matière d'enjeux. Ainsi, les résultats concordants entre les deux algorithmes de hiérarchisation pour l'assemblage d'espèces de faune et de flore (Figure 13) permettent d'identifier les principaux secteurs de concentration d'enjeux pour la biodiversité de Nouvelle-Aquitaine :

- Les Pyrénées béarnaises ressortent particulièrement dans les deux cas, ce qui est dû à l'originalité et à la rareté des cortèges montagnards qui hébergent de nombreuses espèces localisées et/ou menacées.

Diverses espèces basques, ibériques ou pyrénéennes s'y retrouvent en limite d'aire. Enfin, le caractère montagnard a permis le maintien d'un important contexte naturel et semi-naturel ainsi que d'une importante diversité écosystémique (entraînant une forte diversité spécifique). Le noyau béarnais montre également un prolongement occidental correspondant aux montagnes basques.

- Le littoral concentre lui-aussi des enjeux majeurs, avec notamment :
 - Un noyau centre-atlantique correspondant aux îles charentaises, aux marais arrière-littoraux (marais poitevin, de Rochefort, de Brouage, bas-Médoc, etc.), aux parties aval (et marais connexes) des principaux fleuves (Charente, Seudre, Gironde), et aux massifs dunaires continentaux (presqu'île d'Arvert, pointe de Grave, etc.) et falaises côtières ;
 - Un noyau sud-gascon correspondant à la Corniche basque et la province du Labourd, à l'Adour et ses annexes et au littoral sud-landais ;
 - Le cordon dunaire aquitain et les zones humides arrière-littorales (chaîne des grands lacs landais et bassin d'Arcachon), important foyer de biodiversité et d'endémisme.
- Les irradiations subméditerranéennes qui marquent les abords du Quercy dans l'est du Lot-et-Garonne, le sud-est de la Dordogne et le sud de la Corrèze se caractérisent par des habitats et cortèges thermophiles plus répandus en Occitanie. Nombre d'espèces atteignent ici leur limite nord-occidentale de distribution, ce qui contribue à accentuer la mise en lumière de ces zones de hotspots. Quelques reliques montagnardes en situation abyssale ajoutent également à l'intérêt de ce secteur.
- Le plateau de Millevaches constitue la dernière grande entité fortement individualisée : bien que moins riche en espèces par rapport aux secteurs précédents, il héberge des cortèges originaux liés aux milieux sub-montagnards et tourbeux, de très forte valeur à l'échelle régionale.

Ailleurs, de nombreuses localités de moindre extension peuvent être identifiées, à la faveur de cours d'eau (Leyre, réseau hydrographique de la Vienne, saligues de Pau, etc.), de coteaux (Angoumois, etc.), de bocages (Mellois, etc.), de massifs boisés (Double) ou de diverses autres conditions particulières (bassin de Brive, affleurements rocheux du nord Deux-Sèvres, est des Landes de Gascogne, etc.).

Enfin, à l'échelle des mailles de 1x1 km, des mailles isolées (ou en petits amas) peuvent parfois ressortir sur des sites particuliers : le Pinail, landes de Cadeuil, landes de Montendre, réserve d'Arjuzanx, réserve de l'étang des Landes, etc.

3.2.1. Hotspots de la flore

Comme pour l'assemblage de la faune et de la flore, à l'échelle régionale, certains ensembles paysagers concentrent des enjeux élevés de biodiversité que ce soit avec l'un ou l'autre des deux algorithmes utilisés (Figure 14). C'est le cas du massif pyrénéen, notamment sur les hauteurs des vallées d'Aspe et d'Ossau, des marais charentais et de l'estuaire de la Gironde, de la corniche basque et de la basse vallée de l'Adour, du bassin de Brive, du plateau des Millevaches et des parties orientales de la Dordogne et du Lot-et-Garonne.

Bien que les principaux secteurs à enjeux soient similaires d'une carte à l'autre, de nombreuses différences apparaissent néanmoins. Certains secteurs ne sont en effet considérés comme des hotspots qu'avec l'un ou l'autre des deux algorithmes retenus. C'est notamment le cas des plaines céréalières du Mirebelais, des massifs

forestiers de la Double et du Landais, de la Haute Lande et, moins significativement, de nombreuses autres localités de moindre étendue.

Une bonne partie de ces différences correspond à des mailles ponctuelles et s'explique par la propension de l'algorithme CAZ à faire ressortir celles présentant une unique espèce à enjeu exceptionnel. A l'échelle régionale, quelques espèces peuvent ainsi avoir une influence significative sur le résultat final, comme par exemple des messicoles rares sur les plaines du Mirebelais ou bien la Romulée (*Romulea bulbocodium*) dans le sud du Médoc.

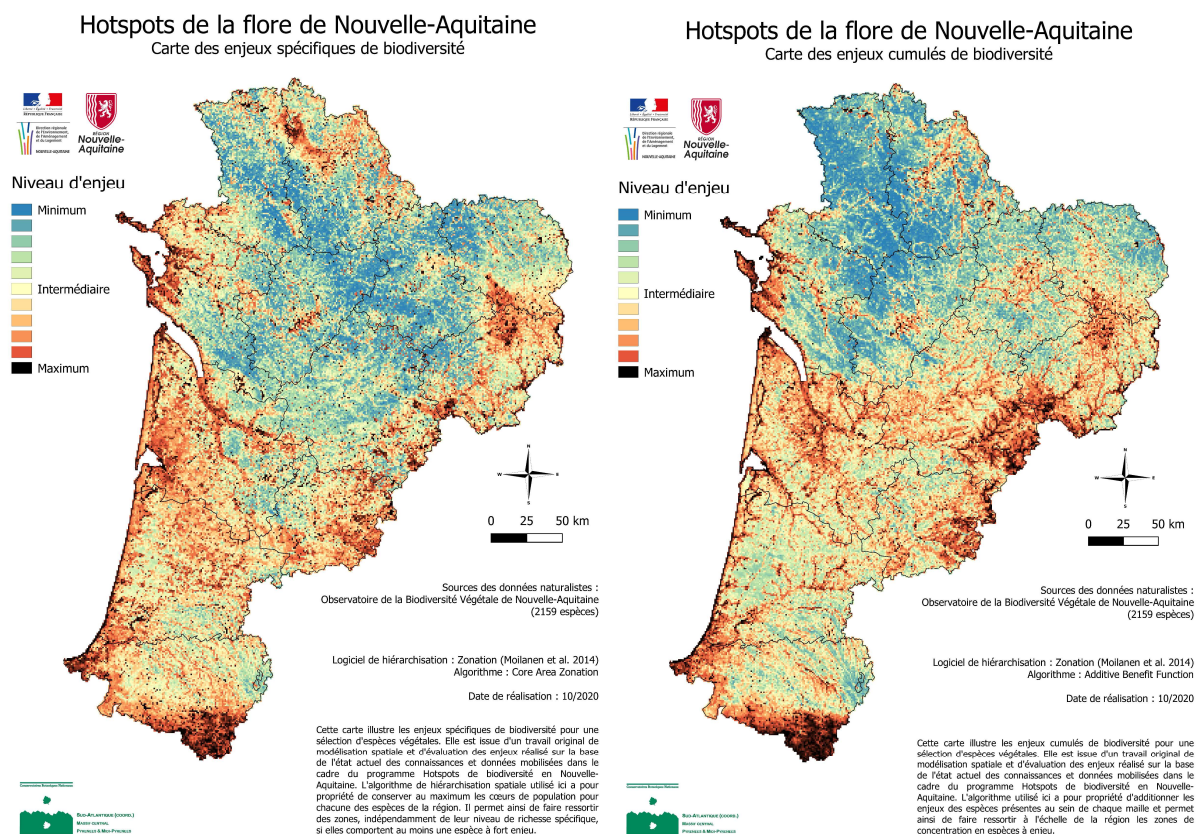


Figure 14 : Cartes des hotspots de plantes vasculaires pour la Nouvelle-Aquitaine obtenues via l'algorithme CAZ (à gauche) et ABF (à droite)

Avec l'algorithme ABF, des secteurs globalement riches mais dépourvus de plantes à enjeux vraiment exceptionnels comme la Double et le Landais, ressortent cette fois plus nettement. C'est également le cas de nombreux réseaux hydrographiques tels ceux de l'Adour, de la Leyre, de la Dordogne et de la Vienne notamment. A partir des résultats obtenus pour la flore, on peut donc dire que cette méthode de hiérarchisation démarque assez clairement les patrons caractéristiques des grands ensembles naturels tels que le littoral, la montagne, les abords des cours d'eau et des zones humides.

Dans l'ensemble, les cartes de hiérarchisation des enjeux régionaux pour la flore semblent fournir des résultats satisfaisants, ce qui n'exclut cependant pas une éventuelle sous-évaluation des enjeux de biodiversité sur certains secteurs. Selon les cas, celle-ci peut venir d'un manque de données disponibles à l'échelle de certains

départements (Charente, Vienne et Deux-Sèvres) ou même de leur absence pour certains taxons d'intérêt en fonction des milieux (plantes aquatiques, lichens, bryophytes, champignons, etc.).

Localement, lorsque l'enjeu porte plutôt sur des critères paysagers ou d'habitats que sur la présence d'espèces particulières, comme cela peut être le cas par exemple pour les bocages armoricains ou limousins, la non prise en compte dans cette étude de ces aspects de la biodiversité ne permet pas de faire ressortir des enjeux forts pour la flore dans les zones concernées.

A l'inverse, une surévaluation de certains secteurs peut également être envisagée. Par effet de vases communicants d'abord, la sous-évaluation de certaines mailles dans la hiérarchie des enjeux entraîne toujours mathématiquement la surévaluation d'autres mailles puisqu'il s'agit d'un classement relatif. D'autres raisons, comme un meilleur niveau de prospection qui ne serait pas suffisamment compensé par les modèles de répartition spatiale, peuvent également être invoquées dans certains cas (par exemple le plateau landais).

3.2.2. Hotspots de la faune

Certains territoires ressortent en zones d'enjeux prioritaires avec une remarquable constance, quelle que soit la méthode ou le règne biologique considéré (Figure 15). C'est le cas notamment de la frange littorale et des zones humides associées ainsi que des zones d'altitude pyrénéennes et du plateau de Millevaches notamment. Cela s'explique par l'originalité écologique de ces territoires et par la diversité d'espèces que l'on y trouve.

Certaines zones à l'inverse sont particulièrement mises en évidence sur les cartes d'enjeux pour la faune. C'est le cas des complexes de lagunes d'Hostens et de Saint-Magne qui hébergent notamment un cortège d'odonates particulièrement remarquable. On peut citer également la partie humide du Marais Poitevin ou les vallées de la Vienne et de ses affluents. C'est aussi le cas de certains secteurs de plus faibles étendues comme l'étang des Landes dans la Creuse par exemple.

Selon le choix de la méthode de priorisation, les résultats diffèrent également sur certains territoires. La méthode CAZ met ainsi en avant des territoires caractérisés par quelques espèces d'enjeux majeurs même si la diversité spécifique est faible. Comme pour la flore, cette méthode met particulièrement en évidence la zone de paysages agricoles ouverts du nord de la région. Ces paysages abritent un cortège d'espèces spécialistes présentant une répartition régionale limitée telle que l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*) et le Bruant ortolan (*Emberiza hortulana*) notamment.

A l'inverse, la méthode ABF cible des enjeux cumulés. Les zones qui sont spécifiquement mises en évidence par cette méthode correspondent ainsi à des territoires de grande diversité biologique mais sans enjeux de biodiversité particulièrement saillants. Ainsi les vallées alluviales de la Gironde, de la Dordogne et de la Garonne en sont un bon exemple, tout comme le nord du Médoc.

Il faut toutefois garder en tête que ces cartes d'enjeux pour la faune sont construites sur la base des données disponibles (§ 2.1.3). Cela implique que des pans entiers de la diversité faunistique n'ont pas pu être pris en compte lors de la construction de ces cartes (annélides, mollusques, arachnides, etc.). Il faut donc considérer ces cartes comme celle des enjeux de la faune en l'état actuel des connaissances et pas comme une vision exhaustive intégrant toute la diversité des espèces.

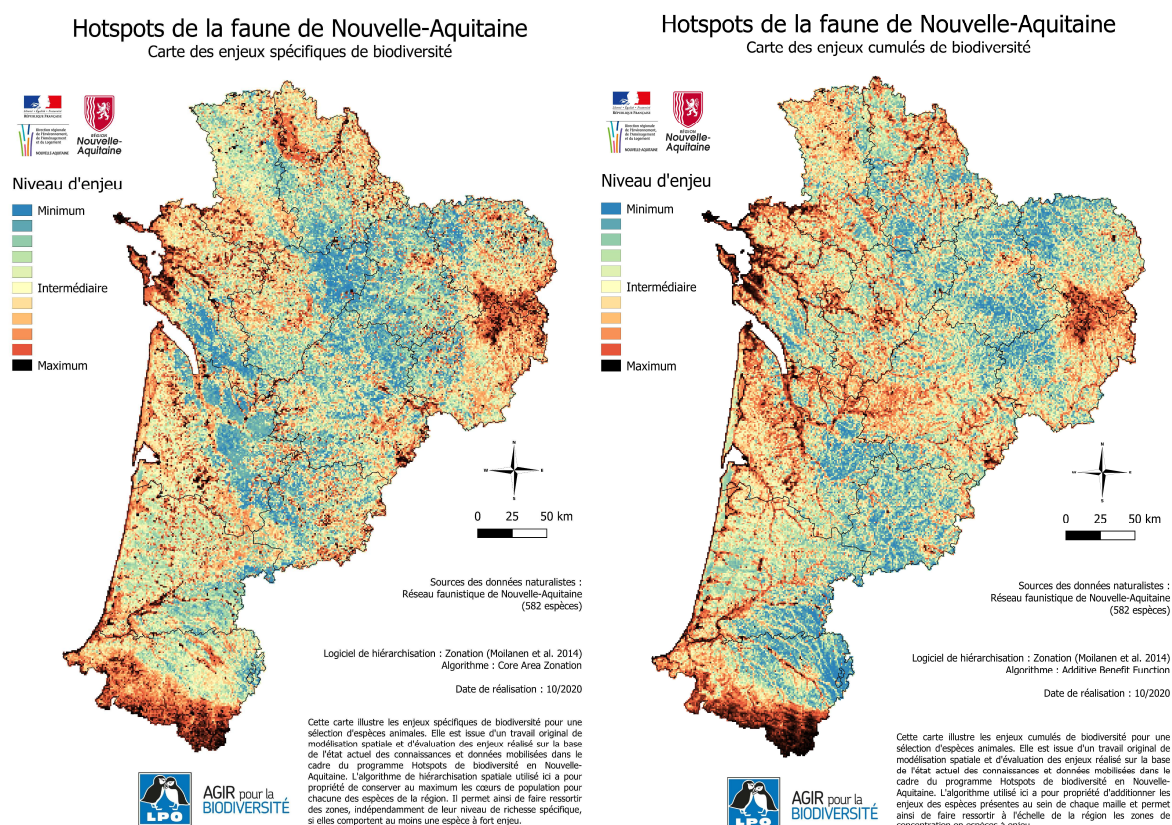


Figure 15 : Cartes des hotspots de la faune pour la Nouvelle-Aquitaine obtenues via l'algorithme CAZ (à gauche) et ABF (à droite)

3.3. IMPACT DES MODELES DE REPARTITION POTENTIELLE DES ESPECES

Il pourrait être tentant de s'appuyer uniquement sur des connaissances avérées pour identifier les zones prioritaires pour la conservation. Néanmoins, comme décrit précédemment (§ 2.1.2.2 et 2.1.3.2), la connaissance de la répartition des espèces comporte encore des lacunes à la résolution fine utilisée ici.

Pour la grande majorité des espèces, une étape de modélisation des répartitions spatiales a donc été réalisée pour combler ces lacunes et produire des cartes plus homogènes. Cet apport de la modélisation, qui permet de partiellement combler les lacunes de connaissance, ne produit cependant qu'une approximation de la répartition réelle des espèces à laquelle nous n'avons pas accès. Les modèles mathématiques construits pour faire ces prédictions sont une simplification de la formidable complexité des phénomènes qui sous-tendent la répartition des espèces. Ces simplifications, inhérentes à la modélisation, induisent inévitablement des erreurs dans la répartition prédite.

Ces erreurs peuvent avoir différentes origines et explications, qui ne s'excluent pas mutuellement. Elles peuvent ainsi résulter d'une différence entre niche écologique potentielle et niche écologique réalisée, induite par le parcours historique de la colonisation du territoire par tel ou tel taxon (*e.g.* espèces dont le taux de migration/dispersion n'a pas encore permis l'arrivée sur un territoire trop éloigné de son aire de répartition actuelle), par les interactions biotiques entre les différentes espèces (*e.g.* espèces dont la niche écologique, pour les variables environnementales considérées par le modèle, serait potentiellement satisfaite mais celle-ci est déjà

occupée par un compétiteur ; espèces pour lesquelles l'absence d'un autre organisme facilitateur ne permet pas l'implantation ; etc.), par le manque de données dans certaines gammes des variables environnementales rassemblées pour cette étude (e.g. sous-prospection dans certaines gammes de températures, précipitations, types de sols, etc. ; pourtant favorables à l'espèce), par le manque de variables environnementales pourtant pertinentes pour définir l'aire de répartition de certaines espèces (e.g. présence de micro-habitats, exposition aux tempêtes, intensité d'usage agricole, surmortalité générée par les activités humaines, etc.).

Ainsi, sur le terrain, l'espèce cible peut s'avérer en réalité absente de certaines zones considérées comme favorables, tout comme présente hors de la zone de forte probabilité de présence. Les mailles de 1x1 km identifiées dans cette étude comme des hotspots de biodiversité devront donc faire l'objet d'un examen attentif des données d'occurrence des espèces déjà disponibles, et idéalement de nouvelles prospections visant à compléter ces données, avant d'entreprendre la mise en place de mesures de protection adaptées.

En d'autres termes, les hotspots mis en lumière par cette étude ne se basent pas uniquement sur des enjeux avérés mais également sur des enjeux potentiels, révélés par les modèles de répartition spatiale des espèces. Néanmoins, l'information contenue dans les modèles sélectionnés apparaît comme un reflet plus réaliste de la répartition des espèces que les données d'observations avérées, du fait des lacunes qui subsistent dans la connaissance à cette résolution fine. Ce sont donc les cartes qui combinent ces deux types d'enjeux, avérés et potentiels, qui sont ici mises en avant et intitulées « hotspots de biodiversité ».

La comparaison entre les cartes des enjeux basées uniquement sur les données de présence avérée des espèces et celles qui intègrent des répartitions potentielles illustre l'apport de cette étape de modélisation sur le résultat final (Figure 16).

Pour la flore, la modélisation permet de s'affranchir partiellement des différences de pression d'observation entre des mailles de 1x1 km pourtant très proches. Ces différences résultent en grande partie de contingences évidentes et néanmoins limitantes, à savoir l'organisation des prospections sur le terrain à l'échelle de mailles de 5x5 km, obligatoire compte-tenu de la charge de travail nécessaire pour les observateurs sur le terrain. Bien que tout à fait compréhensibles, ces différences n'ont pas de raison d'influencer les cartographies d'enjeux. Grâce aux modèles de répartition potentielle des espèces, ces différences s'estompent et les hotspots apparaissent beaucoup plus clairement, avec notamment la mise en évidence d'enveloppes territoriales de concentration d'enjeux plus cohérentes.

Les niveaux de prospections différents correspondant aux limites administratives (par exemple entre la Charente déficitaire en données floristiques et la Dordogne dont la flore est bien mieux connue) sont également estompées mais l'effet s'avère tout de même moins satisfaisant dans l'état actuel des données disponibles.

Pour la faune, l'origine principalement opportuniste des données rassemblées ici génère une répartition a priori moins sensible aux limites administratives, ce qui n'élimine cependant pas totalement certains déséquilibres géographiques dans l'intensité du niveau de prospection. On constate notamment une meilleure couverture de l'ancienne région du Poitou-Charentes par rapport au reste du territoire de la Nouvelle-Aquitaine. Là aussi, on constate que l'utilisation de répartitions spatiales estimées via des modèles de type SDM permet en grande partie de tamponner ces différences et ainsi de faire ressortir des zones à enjeux de biodiversité forts dans des zones moins bien renseignées (par exemple à l'est de la Dordogne, sur certaines parties du plateau de Millevaches, sur les pourtours de certains étangs arrières-littoraux de la façade atlantique). De plus, les modèles permettent de

compléter la répartition des espèces dans un grand nombre de mailles à la résolution de 1x1 km et d'homogénéiser le niveau d'information sur le territoire.

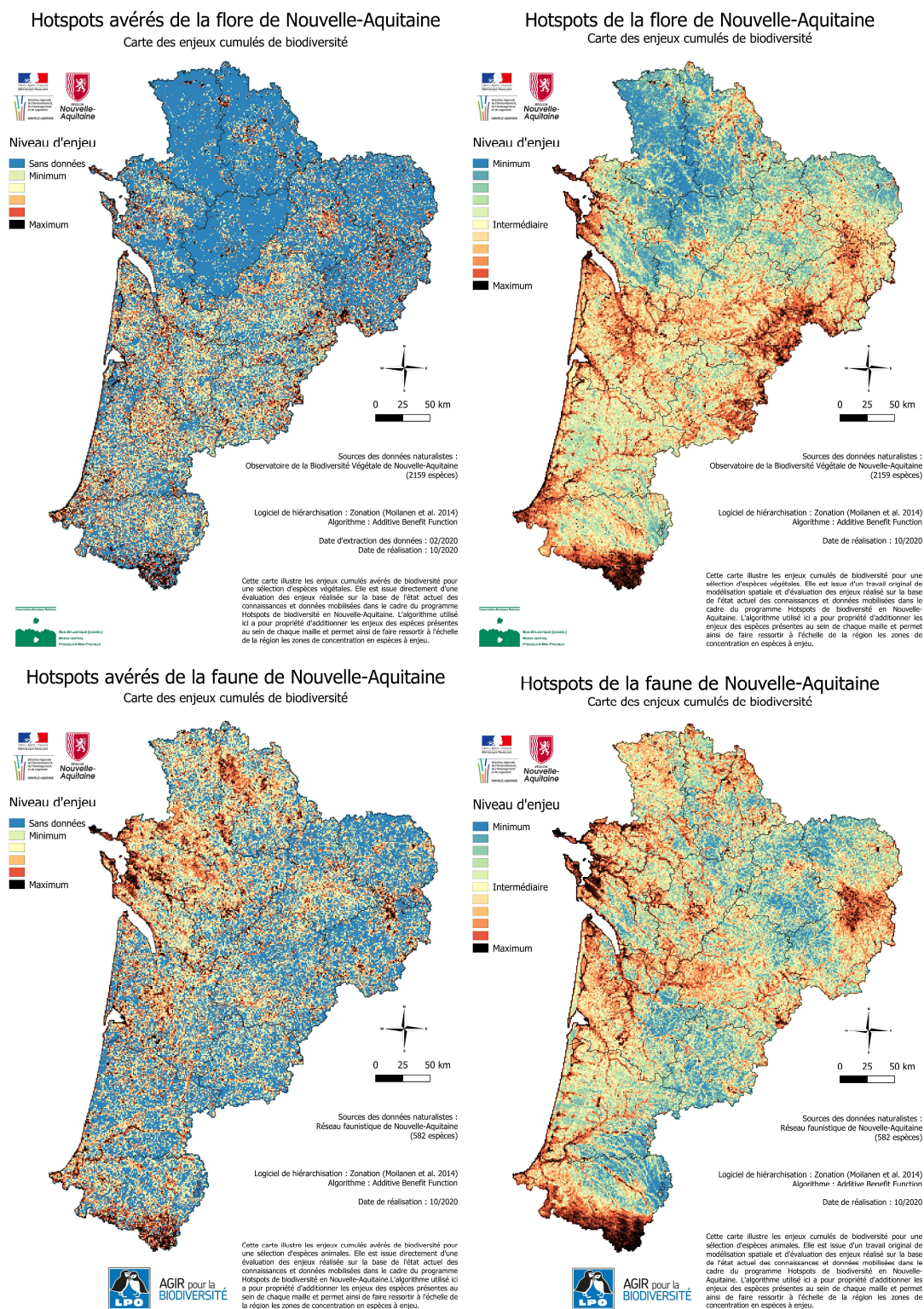


Figure 16 : Cartes de hotspots produites pour la flore vasculaire et pour la faune via l'algorithme ABF, en utilisant uniquement les présences avérées des espèces (à gauche), ou en intégrant les modélisations de leurs répartitions spatiales potentielles (à droite).

Les résultats obtenus pour l'algorithme CAZ ne sont pas montrés ici par souci de concision mais présentent globalement les mêmes effets suite à l'utilisation ou non de modèles de répartition spatiale estimée, pour les espèces de faune comme de flore (§ 9).

3.4. *INFLUENCE DE LA METHODE DE PRIORISATION SUR LA PRISE EN COMPTE DES ESPECES DANS LES HOTSPOTS*

Comme décrit plus haut (§ 2.2.2), la hiérarchisation des mailles de Nouvelle-Aquitaine est réalisée via deux algorithmes qui procèdent chacun d'un choix particulier quant à la manière de maximiser l'effet de la priorisation sur les gains en matière de prise en compte des espèces dans les fractions supérieures des enjeux. De ces choix d'algorithmes découlent des propriétés différentes vis-à-vis de la proportion restante de la répartition de chaque espèce sur le territoire régional au fur et à mesure du processus de sélection des mailles à plus forte plus-value pour la biodiversité régionale.

Ces propriétés sont illustrées par les graphiques suivants qui retracent l'évolution de la proportion de l'aire de présence des espèces en fonction de la part restante du territoire à chaque étape du processus de hiérarchisation. Les seuils statistiques classiques (minimum/maximum, quartiles, médiane, moyenne) sont représentés sur la Figure 17 et la Figure 18, tandis que la Figure 19 et la Figure 20 permettent d'appréhender les mêmes résultats au travers d'exemples plus concrets, c'est-à-dire à partir d'une sélection d'espèces qui présentent des évolutions caractéristiques.

En observant la Figure 17 et la Figure 18, on peut déduire plusieurs propriétés de chacun des algorithmes. Tout d'abord, la différence la plus marquante est celle qui intervient au niveau des courbes « minimum » (en gris clair, en bas). En utilisant l'algorithme CAZ (Figure 17), cette courbe n'est que légèrement incurvée et baisse progressivement. Elle ne s'éloigne jamais beaucoup d'une droite qui traverserait le graphique en diagonale (du haut à gauche vers le bas à droite) et qui correspondrait à une espèce répartie de façon homogène sur le territoire, perdant donc toujours la même proportion de sa répartition au fur et à mesure de l'élimination des mailles à enjeux plus faibles. On peut donc considérer que cet algorithme remplit bien son rôle de conservation de l'ensemble des espèces de la région, puisque même l'espèce la moins bien prise en compte (le minimum donc) voit son aire de répartition relativement bien intégrée dans les hotspots générés *via* cette méthode de hiérarchisation. A l'inverse, cette courbe chute très rapidement avec l'algorithme ABF (Figure 18) et ceci traduit une moins bonne prise en compte de certaines espèces, dont les aires de répartition ne correspondent pas à des hotspots mis en avant par cette deuxième méthode.

Si l'on s'intéresse maintenant à l'évolution de la courbe médiane (en noir), on observe une baisse plus rapide avec l'algorithme CAZ qu'avec celui en ABF. Là encore, cela découle logiquement des propriétés de chacune des méthodes. La version ABF a pour objectif de sélectionner les zones qui concentrent le plus d'enjeux cumulés, quitte à laisser quelques espèces hors des zonages priorisés. On retrouve donc un nombre plus important d'espèces bien prises en compte dans les hotspots générés par cette méthode qui tend à mettre en avant les zones

de concentration d'espèces à enjeux, ce qui correspond bien à une baisse plus progressive de la courbe médiane (Figure 18). D'un autre côté, on pénalise potentiellement certaines espèces à enjeux exceptionnels qui se développent dans des milieux généralement plus exigeants, présentant donc des richesses spécifiques moins élevées (cf. courbes minimum). *A contrario*, la version CAZ des hotspots va certes permettre une meilleure prise en compte de certaines espèces particulières (minimum) mais au prix d'une solution de hiérarchisation moins optimisée pour l'ensemble des autres taxons, ce qu'illustre la baisse plus rapide de la courbe médiane avec cet algorithme (Figure 17).

On retrouve ces mêmes tendances, répondant toujours aux mêmes logiques, en observant les courbes des quartiles Q1 et Q3 (en gris foncé), ce qui tend à démontrer la bonne prise en compte de toutes les espèces et le passage de celles qui sont plutôt moins bien conservées que la moyenne à celles qui sont plutôt mieux conservées avec une certaine progressivité.

Les courbes du maximum ne diffèrent pas entre les deux algorithmes, ce qui indique une sélection des dernières mailles optimales pour certaines espèces avec une répartition régionale très limitée. Celles-ci voient en effet l'intégralité de leur aire de répartition, associée aux zones considérées comme présentant les plus forts enjeux de la région à l'issue du calcul, que ce soit avec un algorithme ou avec l'autre. Ce résultat conforte également l'hypothèse d'un effet très nettement positif du processus de hiérarchisation des mailles par rapport à une sélection aléatoire. En d'autres termes, si l'on observe des différences notables de stratégies de conservation/protection auxquelles pourraient mener chacune des deux versions CAZ et ABF, il demeure que l'une et l'autre permettent de cibler efficacement des zones à très forts enjeux qui comprennent potentiellement la grande majorité des espèces d'intérêt majeur en Nouvelle-Aquitaine.

Les courbes de la moyenne pondérée (en rouge tireté), intégrant les notes de bioévaluation des espèces, viennent confirmer ces interprétations. Elles correspondent à l'indice que le calcul cherche à maximiser tout au long de la hiérarchisation des mailles et leur forme générale bombée vers le haut, très semblable entre les deux versions de l'algorithme, indique là-aussi une nette amélioration de la prise en compte des espèces par rapport à une sélection aléatoire des mailles, et donc l'effet positif de la hiérarchisation dans les deux cas.

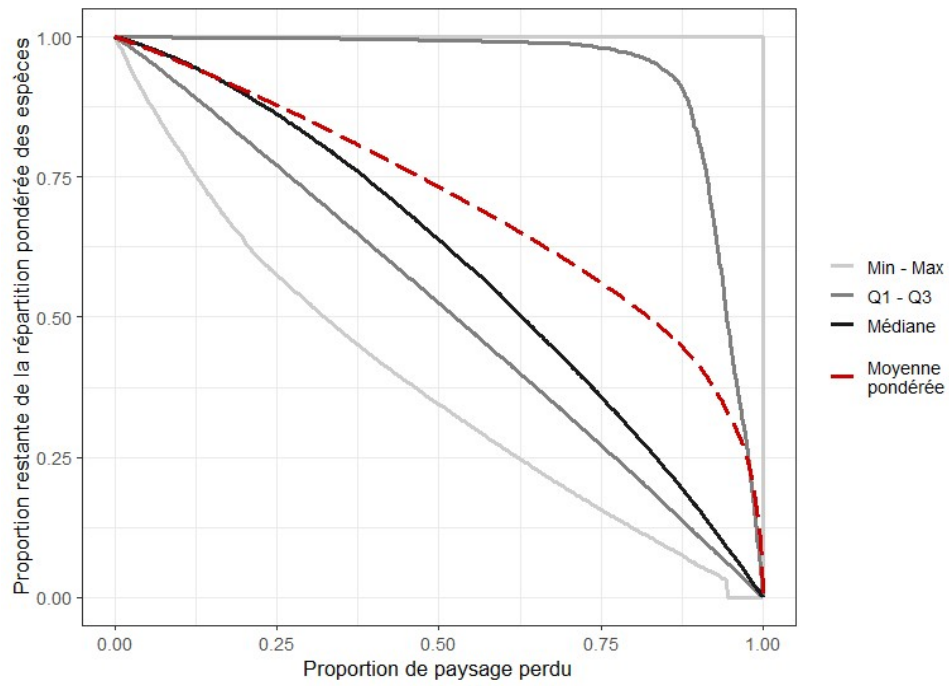


Figure 17 : Evolution de la proportion restante de la répartition des espèces en fonction de l'avancement du processus de hiérarchisation en utilisant l'algorithme CAZ

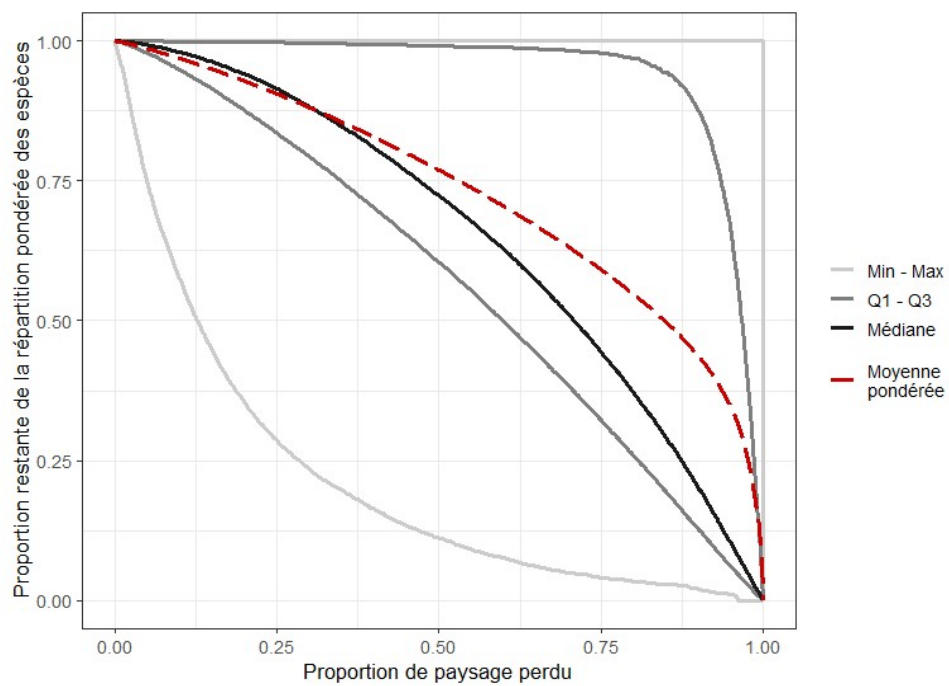


Figure 18 : Evolution de la proportion restante de la répartition des espèces en fonction de l'avancement du processus de hiérarchisation en utilisant l'algorithme ABF

Les graphiques ci-dessous (Figure 19 et Figure 20) permettent d'illustrer les grands types de comportement des algorithmes listés précédemment, à partir de quelques exemples concrets d'espèces présentant des résultats caractéristiques.

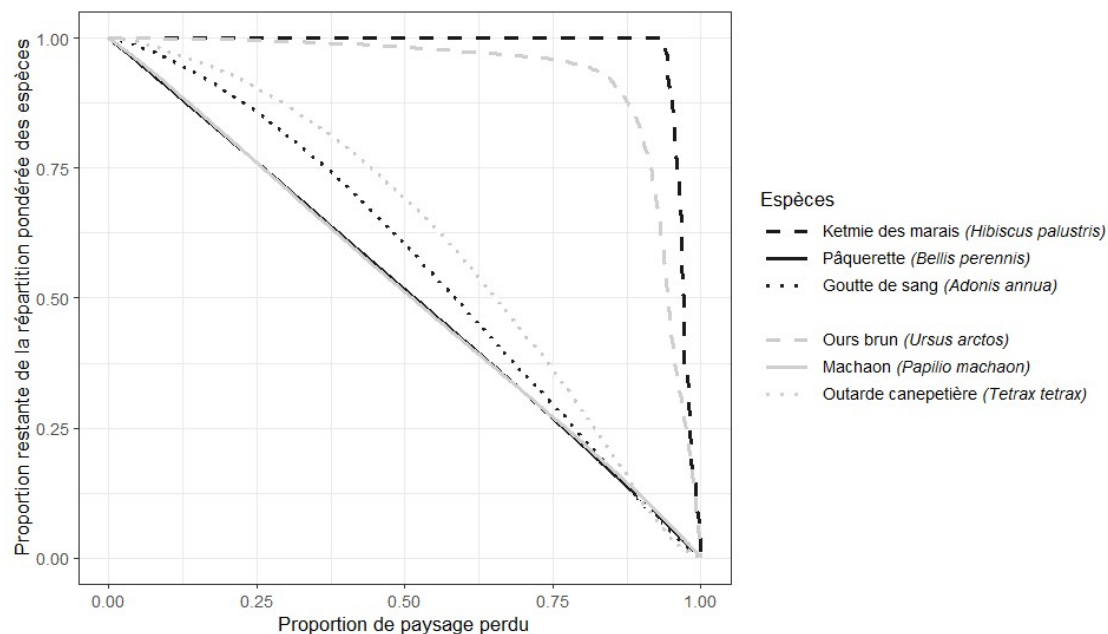


Figure 19 : Evolution de la proportion restante de la répartition de quelques espèces caractéristiques en fonction de l'avancement du processus de hiérarchisation en utilisant l'algorithme CAZ

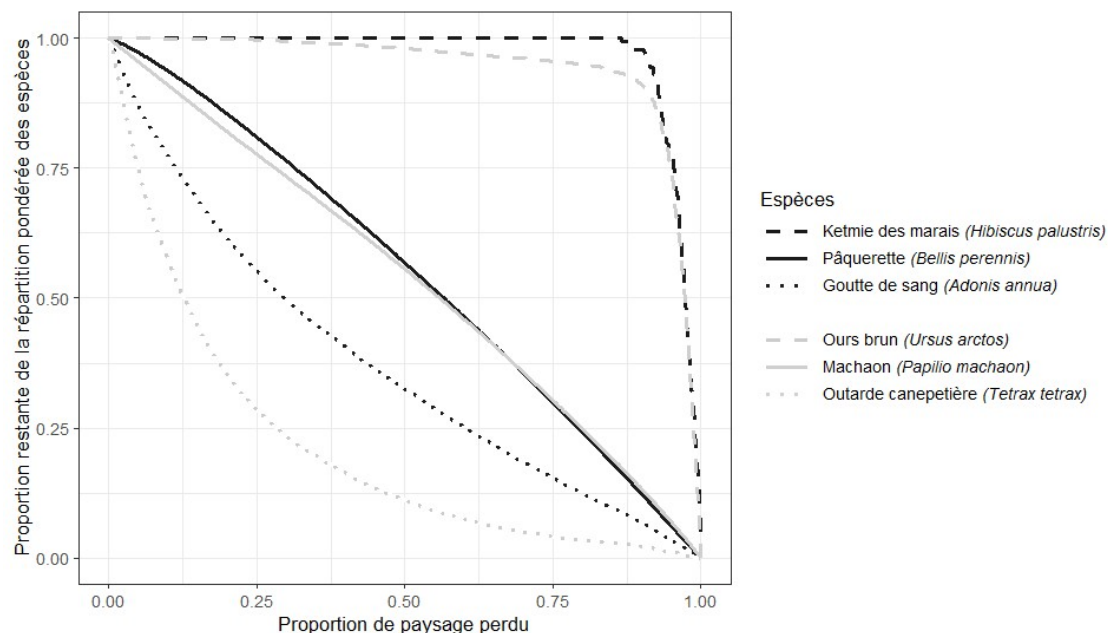


Figure 20 : Evolution de la proportion restante de la répartition de quelques espèces caractéristiques en fonction de l'avancement du processus de hiérarchisation en utilisant l'algorithme ABF

On peut commencer par noter que les espèces à très fort enjeu comme la Ketmie des marais (*Hibiscus palustris*) ou l'Ours brun (*Ursus arctos*) présentent des courbes qui chutent tout à la fin du processus de hiérarchisation, que ce soit avec l'algorithme CAZ ou avec celui en ABF. Cela signifie que ces deux espèces ont des aires de répartition qui correspondent clairement dans les cartographies à des hotspots majeurs à l'échelle de la région, en l'occurrence les Pyrénées et le sud-ouest des Landes (Figure 13).

Les espèces généralistes comme la Pâquerette (*Bellis perennis*) ou le papillon Machaon (*Papilio machaon*), présentes dans une grande partie des mailles de la région, sont associées à des courbes très légèrement bombées vers le haut du graphique par rapport à la diagonale. On peut donc en conclure que, même pour ces espèces très communes, les algorithmes permettent une hiérarchisation des mailles qui améliore un peu la prise en compte de leur aire de répartition par rapport à une sélection aléatoire des mailles.

Enfin, des espèces à fort enjeu mais généralement associées à des milieux assez spécifiques qui ne permettent pas le développement d'une grande variété d'espèces à enjeu, comme l'Adonis goutte de sang (*Adonis annua*) et l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*), voient leurs résultats différer assez nettement d'un algorithme à l'autre. En utilisant l'algorithme ABF (Figure 20), la solution proposée ne sera jamais optimale pour ces deux taxons car le calcul privilégiera toujours d'autres zones, plus riches et diversifiées, que celles où ils sont présents. En revanche, les solutions obtenues via l'algorithme CAZ seront cette fois bien meilleures puisque c'est le propos même de cette version du calcul. Elles s'avèrent même plus avantageuses pour ces deux espèces que pour des taxons plus communs et à faible enjeu comme la Pâquerette et le papillon Machaon, ce qui se traduit par une inversion dans l'ordre des courbes en allant du bas vers le haut des graphiques (Figure 19). Plus concrètement, les plaines céréalières du nord des Deux-Sèvres et de la Vienne où l'on rencontre notamment l'Adonis goutte de sang et l'Outarde canepetière, reflet d'un cortège d'espèces restreint mais associé à de forts enjeux de conservation, ressortent comme des hotspots régionaux en utilisant la version CAZ (Figure 13, gauche) mais pas en optant pour la version ABF (Figure 13, droite).

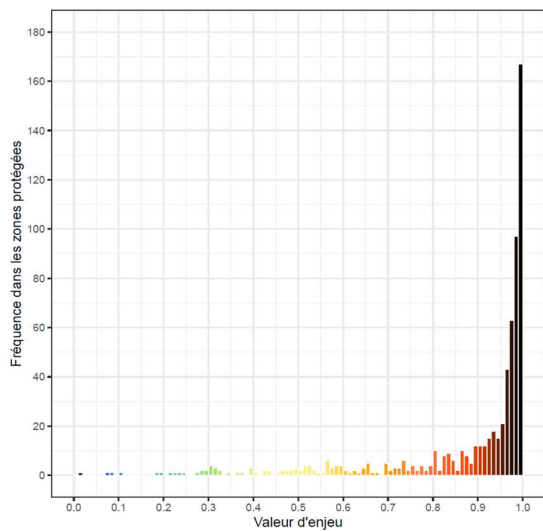
3.5. CONFRONTER LES ZONES D'ENJEUX IDENTIFIEES AVEC LES AIRES SOUS PROTECTION FORTE

3.5.1. Enjeux de biodiversité présents dans les aires sous protection forte

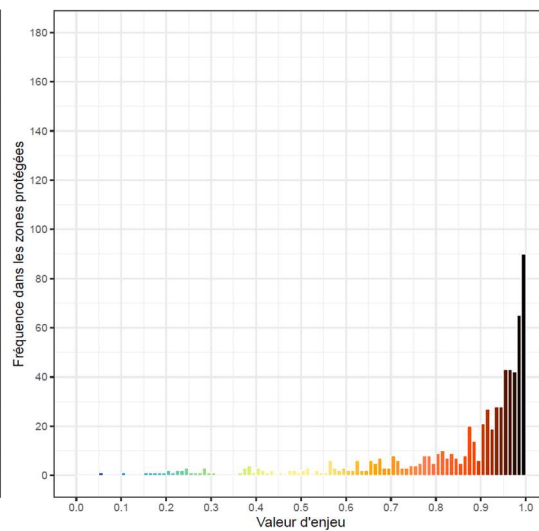
Les zonages d'aires protégées sélectionnés pour cette étude (§ 2.2.3) ont été confrontés aux différentes cartographies de hotspots obtenues pour la faune, la flore et l'assemblage de la faune et de la flore, et ce en fonction des deux algorithmes de hiérarchisation (CAZ et ABF). On aboutit ainsi à six cas de figure. Pour chacun de ces cas, les notes d'enjeux des mailles intersectant des aires protégées ont été rassemblées et triées de la note la plus forte à la plus faible sous la forme d'histogrammes (Figure 21).

Figure 21 : Histogrammes des notes d'enjeux correspondant aux mailles de 1x1 km intersectant des aires sous protection forte

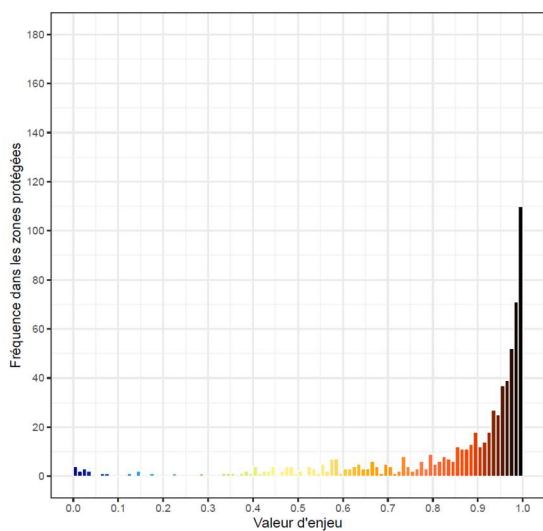
Faune ABF



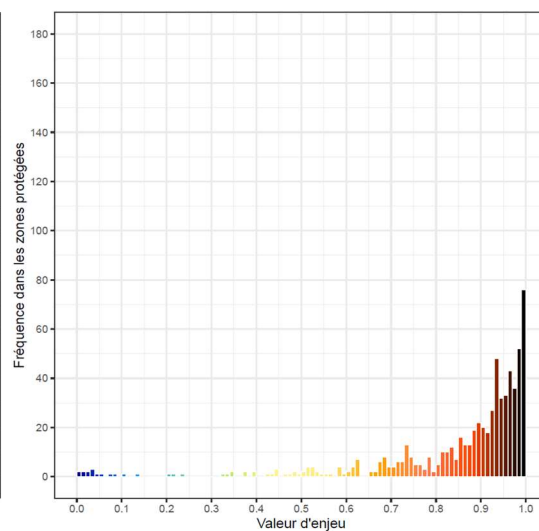
Faune CAZ



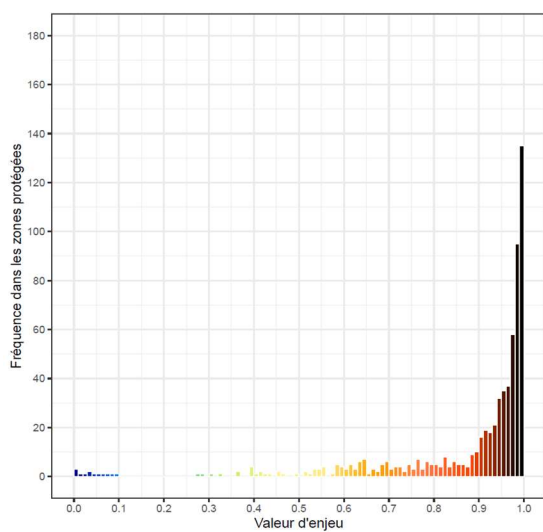
Flore ABF



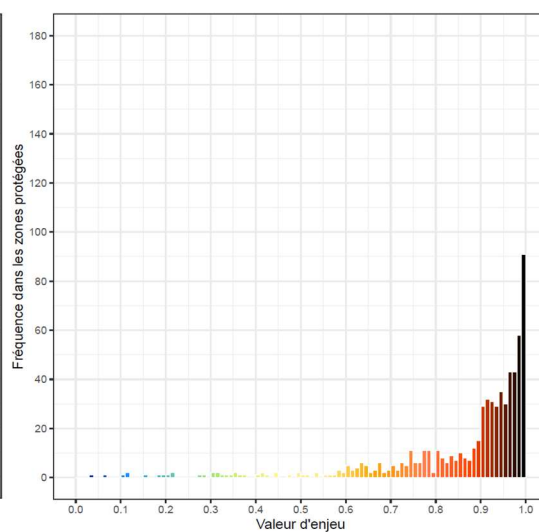
Flore CAZ



Flore et Faune ABF



Flore et Faune CAZ



Des statistiques descriptives simples ont ensuite été produites à partir de ces notes d'enjeux. Avec des notes médianes d'enjeu dépassant la valeur de 0,9 (top 10% des enjeux évalués pour la région) dans l'ensemble des six cas de figure (Figure 22), il ressort tout d'abord de cette confrontation le constat d'une très bonne congruence entre hotspots et aires sous protection forte. De manière plus exacte, on peut dire que la très grande majorité des aires protégées de Nouvelle-Aquitaine se superposent avec des zones considérées par le calcul de hiérarchisation comme celles rassemblant les plus forts enjeux de la région.

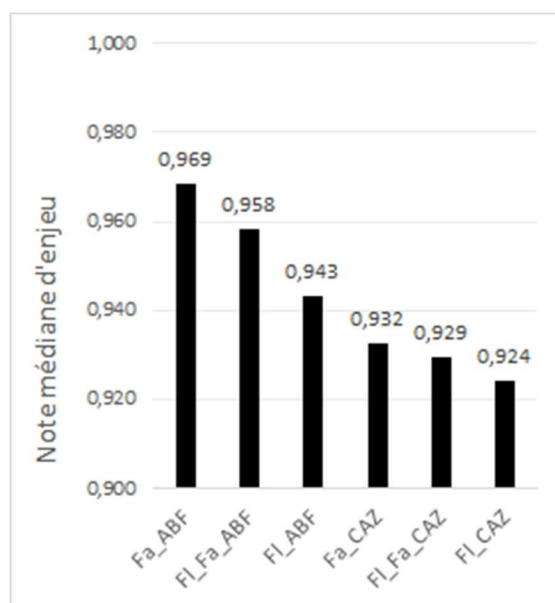


Figure 22 : Valeurs médianes des notes d'enjeu, en fonction du groupe taxonomique considéré et des algorithmes utilisés, pour les mailles intersectant des aires sous protection forte

Au vu de ces résultats, il apparaît plus précisément que ces aires protégées correspondent plutôt à des hotspots de type “concentration d'espèces à enjeux” qu'à des hotspots de type “présence d'une espèce à enjeu exceptionnel”. En effet, les mailles concernées se concentrent à des niveaux d'enjeux plus forts et atteignent des notes de valeurs plus élevées avec le premier algorithme (ABF) qu'avec le second (CAZ).

De la même façon, on peut dire que les aires protégées de Nouvelle-Aquitaine apparaissent davantage associées à des hotspots de faune qu'à des hotspots de flore, et l'assemblage de la faune et de la flore se trouve à chaque fois en position intermédiaire (Figure 22).

3.5.2. Localiser les enjeux de biodiversité non couverts par des aires sous protection forte

Si les aires sous protection forte semblent donc bien correspondre à des hotspots, il reste néanmoins un grand nombre de mailles qui sont elles aussi considérées par le calcul comme présentant potentiellement de très forts enjeux, mais qui ne font pas encore l'objet d'une protection de même niveau que les précédentes. En fixant différents niveaux de seuils, on peut déterminer la position géographique de ces hotspots de biodiversité non

couverts à l'heure actuelle (Figure 23). On peut constater que les mailles de la fraction supérieure des enjeux de biodiversité non couverts se répartissent de façon relativement homogène sur l'ensemble du territoire néo-aquitain, et ce plus particulièrement si l'on considère les versions s'intéressant aux espèces à enjeu exceptionnel avec l'algorithme CAZ. On remarque en effet une assez forte dispersion des mailles à très forts enjeux avec cette méthode, même si l'on observe tout de même quelques zones de concentration relative.

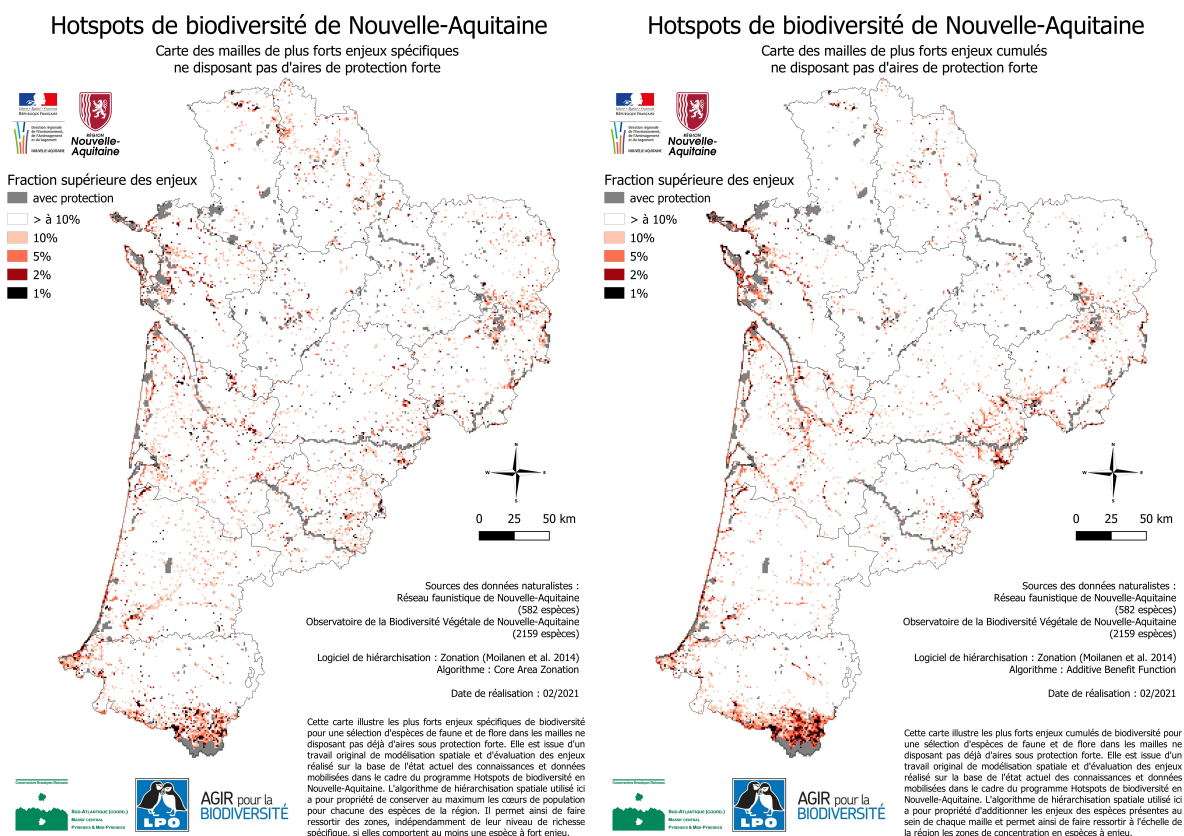


Figure 23 : Fraction supérieure des enjeux de biodiversité non couverts par le réseau d'aires sous protection forte de Nouvelle-Aquitaine avec l'algorithme CAZ (à gauche) ou ABF (à droite)

3.5.3. Quantifier la congruence entre hotspots et aires protégées sous protection forte

La somme de la surface des mailles de 1x1 km qui correspondent à ces hotspots non couverts permet ensuite de déterminer l'ampleur des zonages qui pourraient être ciblés par de nouvelles mesures de protection (Tableau 6 et Figure 24). En concordance avec les constats émis plus haut au sujet de la congruence moyenne entre hotspots et aires protégées, en fonction des différents algorithmes et domaines du vivant concernés, les surfaces ne disposant pas de protection forte qui sont les plus importantes sont logiquement celles obtenues en s'intéressant aux mailles contenant des espèces exceptionnelles (CAZ) et plus particulièrement en considérant les espèces de flore.

Tableau 6 : Surfaces totales en km² des mailles de hotspots qui disposent (en haut) ou non (en bas) d'aires sous protection forte, en fonction du groupe taxonomique considéré et des algorithmes utilisés, pour différents seuils (1, 2, 5 et 10%) de la fraction supérieure des enjeux en Nouvelle-Aquitaine

AVEC PROTECTION FORTE	TOP 1%	TOP 2%	TOP 5%	TOP 10%
FAUNE ABF	344	566	985	1329
FLORE ET FAUNE ABF	297	546	957	1410
FLORE ABF	252	450	869	1303
FAUNE CAZ	192	371	738	1162
FLORE ET FAUNE CAZ	218	395	765	1240
FLORE CAZ	201	365	708	1182
MOYENNE	251	449	837	1271

SANS PROTECTION FORTE	TOP 1%	TOP 2%	TOP 5%	TOP 10%
FAUNE ABF	520	1161	3332	7304
FLORE ET FAUNE ABF	567	1181	3360	7223
FLORE ABF	612	1277	3447	7329
FAUNE CAZ	672	1356	3576	7471
FLORE ET FAUNE CAZ	646	1332	3552	7393
FLORE CAZ	663	1362	3608	7450
MOYENNE	613	1278	3479	7362

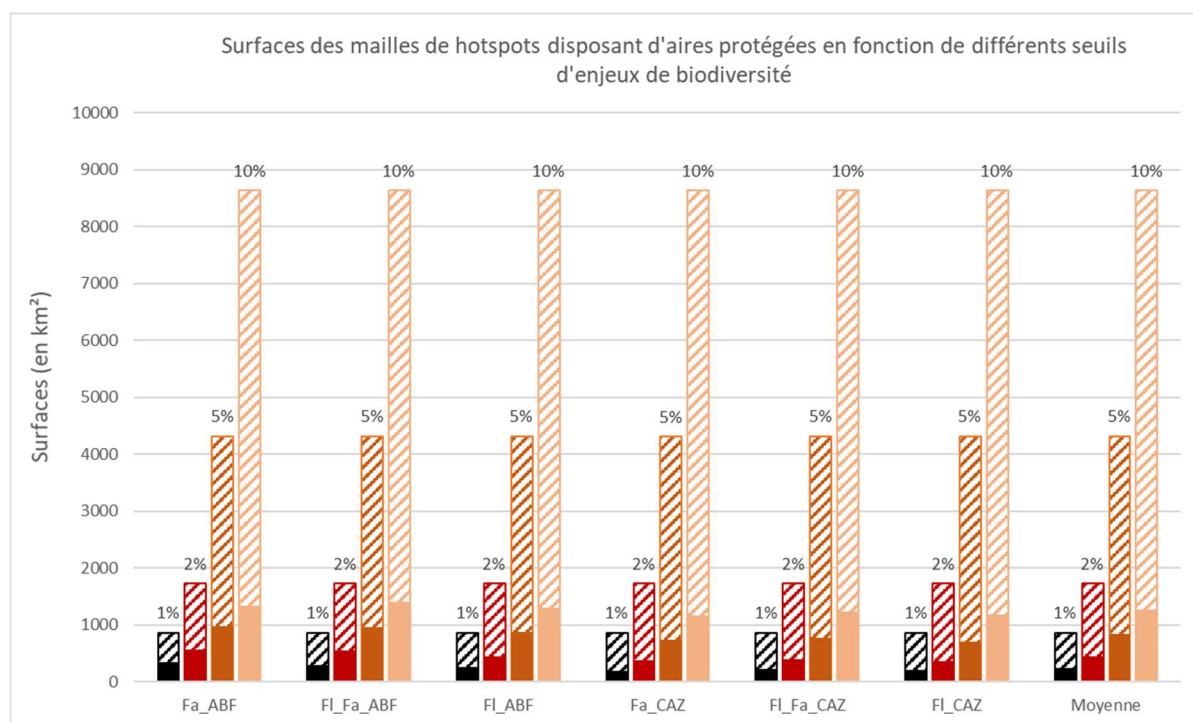


Figure 24 : Surfaces totales en km² des mailles de hotspots qui disposent (plein) ou non (hachuré) d'une partie au moins de leur emprise correspondant à une aire sous protection forte, en fonction du groupe taxonomique considéré et des algorithmes utilisés, pour différents seuils (1, 2, 5 et 10%) de la fraction supérieure des enjeux de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine

Tableau 7 : Proportion en % des mailles de hotspots qui ne disposent pas d'aires sous protection forte, en fonction du groupe taxonomique considéré et des algorithmes utilisés, pour différents seuils (1, 2, 5 et 10%) de la fraction supérieure des enjeux de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine

SANS PROTECTION FORTE	TOP 1%	TOP 2%	TOP 5%	TOP 10%
FAUNE ABF	60 %	67 %	77 %	85 %
FLORE ET FAUNE ABF	66 %	68 %	78 %	84 %
FLORE ABF	71 %	74 %	80 %	85 %
FLORE ET FAUNE CAZ	75 %	77 %	82 %	86 %
FLORE CAZ	77 %	79 %	84 %	86 %
FAUNE CAZ	78 %	79 %	83 %	87 %
MOYENNE	71 %	74 %	81 %	85 %

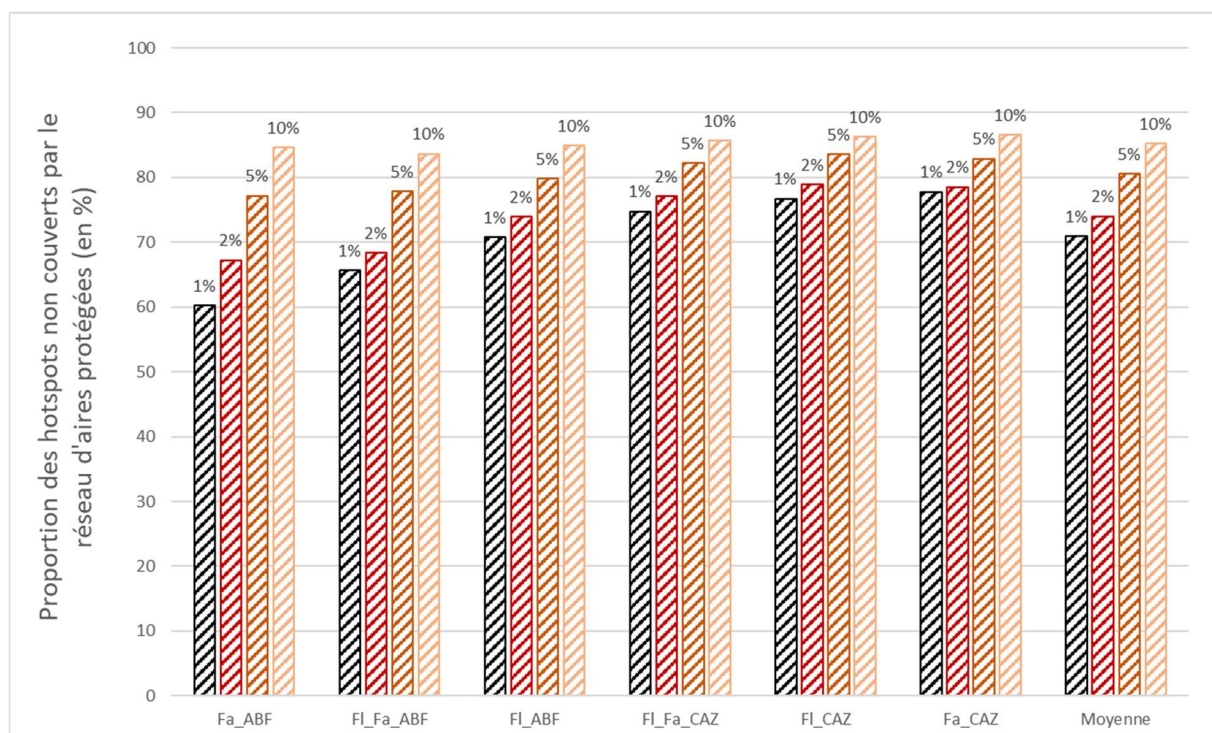


Figure 25 : Proportion en % des mailles de hotspots qui ne disposent pas d'aires sous protection forte, en fonction du groupe taxonomique considéré et des algorithmes utilisés, pour différents seuils (1, 2, 5 et 10%) de la fraction supérieure des enjeux de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine

Si l'on s'intéresse aux proportions des mailles qui sont actuellement totalement dépourvues d'aires sous protection forte (Tableau 7 et Figure 25), on constate que c'est la version des enjeux relative aux espèces exceptionnelles (CAZ), et plus particulièrement en considérant les espèces de faune, qui présente le plus de lacunes de protection. En effet, les zones d'enjeux cumulés (ABF) s'avèrent généralement un peu mieux couvertes, avec cette fois une meilleure prise en compte des hotspots de faune que de ceux de flore.

Dans tous les cas, plus on intègre une fraction importante des enjeux de biodiversité, plus la proportion des surfaces ne disposant pas de protection forte augmente, passant en moyenne de 71 % à 85 %, ce qui confirme que les aires protégées existantes se concentrent bien sur les zones avec les enjeux maximaux pour la région, mais qui souligne en miroir que la majorité des hotspots identifiés dans cette étude demeurent vierges de mesures de protection forte.

3.5.4. Compléter le réseau actuel d'aires sous protection forte de Nouvelle-Aquitaine

Concernant l'utilisation future de ces résultats par les différents acteurs de la protection et de la gestion du patrimoine naturel, une analyse plus fine sera nécessaire afin d'identifier les parcelles contenant réellement les taxons à forts enjeux dans les mailles de 1x1 km identifiées comme des hotspots. Leurs habitats et échelles d'occupation du territoire devront également être pris en compte dans les secteurs géographiques concernés. Les mesures et outils les plus appropriés pourront alors être identifiés (sécurisation foncière, gestion, mesures agro-environnementales, non intervention, etc.) et mis en place.

En premier lieu, les actions à prioriser pourraient alors se concentrer sur les enveloppes territoriales identifiées au sein des cartes de hotspots (échelle macro ou supra-locale : ensemble fonctionnel éco-paysager). A l'intérieur de ces enveloppes, le focus pourrait être mis sur les mailles de 1x1 km à plus forts enjeux et dépourvues de sites protégés/gérés (échelle intermédiaire). Une inspection précise (échelle micro ou locale : habitat, parcelle, écosystème, etc.) des données de présence des espèces, et potentiellement une phase préliminaire de terrain si les données manquent, seront alors nécessaires pour s'assurer que les principaux enjeux sont bien ciblés par les actions envisagées en tenant compte de l'utilisation du territoire (fonctionnalités écosystémiques et populationnelles).

Il peut notamment arriver que des enveloppes territoriales ou mailles à forts enjeux soient couvertes par des zonages de protection/gestion pour d'autres enjeux que ceux examinés par la présente étude (par exemple les APB frayères, RNCFS, etc.). Dans ce cas, il faudra évaluer si les sites existants intègrent efficacement ou pas les enjeux identifiés (taxons, habitats, échelles et localités) et donc la nécessité ou non de cibler de nouvelles actions sur les secteurs et mailles concernés.

4. LIMITES ET PERSPECTIVES

Les résultats obtenus lors de cette étude sont issus d'un processus d'analyse dépendant à la fois des données et outils disponibles (limites techniques) mais aussi des choix méthodologiques effectués. Ils ne représentent pas la seule et unique solution possible pour l'identification des hotspots de biodiversité de Nouvelle-Aquitaine (et leur croisement avec les zonages d'aires protégées) mais une solution qui doit être interprétée en fonction de tous les éléments mentionnés dans ce rapport. Il s'agit d'un état des lieux, dépendant de l'état actuel des connaissances et des moyens disponibles. Les résultats présentés ici sont donc à examiner dans ce cadre et n'ont pas vocation à proposer une version stricte et définitive des hotspots de Nouvelle-Aquitaine, mais plutôt une première version opérationnelle qui pourra évoluer avec l'acquisition de connaissances nouvelles sur la biodiversité régionale. Certaines limites et des solutions identifiées pour les dépasser sont présentées ci-dessous pour proposer des compléments à ce premier travail et ainsi améliorer graduellement ce ciblage des enjeux de biodiversité sur le territoire.

4.1. LA BIODIVERSITE AU-DELA DES ESPECES CONNUES

L'approche privilégiée ici, notamment du fait de la disponibilité des données, cible uniquement les espèces comme entité de base pour construire cet outil d'aide à la décision. Cependant, la biodiversité ne se résume pas à la diversité d'espèces. Elle intègre également des niveaux de diversité infra-spécifique, telle que la diversité génétique des populations, mais aussi la diversité à des niveaux supérieurs de l'organisation du vivant, telle que la diversité des habitats, des écosystèmes et des paysages. De plus, de nombreuses espèces, pourtant présentes sur le territoire, n'ont pas été intégrées à ce travail car les données sur leur répartition sont trop lacunaires voire complètement inexistantes. Enfin, certains jeux de données existants n'ont pu être mobilisés dans les délais impartis à ce travail. Les données sources de ce travail sont ainsi le reflet à la fois de l'état actuel de la biodiversité sur le territoire, mais aussi du niveau de connaissance que nous en avons et des données que nous avons pu mobiliser.

Pour prendre en compte l'amélioration future des connaissances, l'état des lieux présenté ici a donc vocation à être mis à jour pour intégrer les nouvelles données sur l'état de la biodiversité du territoire. A l'avenir, il est ainsi à souhaiter que de nouveaux pans de la biodiversité soient suffisamment connus pour être intégrés à cette démarche. De plus, certains habitats d'intérêt ont fait ou font actuellement l'objet d'études qui visent à les cartographier avec précision sur tout le territoire régional (pelouses calcicoles, forêts anciennes, etc.). Ce nouveau type d'information, complémentaire à la prise en compte des espèces, pourra également venir nourrir une future mise-à-jour de ce travail de cartographie des enjeux de biodiversité, permettant par exemple de développer des approches thématiques pour nourrir des politiques sectorielles.

4.2. DES OUTILS DE PROTECTION ADAPTES AUX PRESSIONS

Le choix a été fait dans le cadre de ce programme d'identifier les zones d'enjeux de biodiversité uniquement sur des critères biologiques. Les indicateurs construits ici visent ainsi à intégrer l'ensemble de la connaissance disponible sur les espèces pour en faire une synthèse homogène et opérationnelle. Néanmoins, les zones identifiées ne sont pas toutes confrontées aux mêmes niveaux de pressions telles que le risque d'artificialisation

des sols, de pollution, d'exposition aux espèces exotiques envahissantes ou encore de vulnérabilité au changement climatique par exemple. Certains territoires qui concentrent des enjeux forts sont, de fait, plus vulnérables que d'autres à court terme et nécessitent une action plus urgente. De plus, ces pressions ne concernent pas tous les habitats de manière univoque. Les outils de protection pertinents ne sont ainsi pas nécessairement les mêmes. La conservation d'une zone humide ouverte, d'un paysage agricole ou d'une forêt ancienne ne s'appuie pas sur les mêmes leviers d'action. Le développement du réseau d'aires protégées répond en partie à ces enjeux mais pour certains espaces d'autres outils peuvent avoir un effet supérieur et plus adapté, tels que la Politique Agricole Commune (pour les oiseaux de plaine et plantes messicoles en plaine céréalière, les cortèges entomologiques et floristiques des pelouses calcicoles sur les secteurs d'élevage ovin ou encore la biodiversité des bocages traditionnels, etc.), la réglementation des modes de gestion sylvicole (pour les espèces des stades matures ou sénescents comme les insectes saproxyliques, les oiseaux forestiers, les champignons, les lichens ; mais aussi pour les espèces des stades pionniers ; etc.), les choix architecturaux pour les rénovations urbaines (pour les hirondelles et martinets, les chiroptères anthropophiles, etc.), etc.

La prise en compte de la répartition hétérogène de ces pressions sur le territoire pourrait permettre de compléter les cartographies présentées ici et, à l'avenir, de prioriser les enjeux de conservation en différenciant ces facteurs de risques. Cette prise en compte des menaces serait d'autant plus opérationnelle si elle s'accompagnait d'un travail complémentaire pour segmenter les enjeux de biodiversité selon les types d'habitats afin de réaliser des cartographies thématiques. Cette approche plus spécialisée faciliterait la confrontation des enjeux avec les menaces spécifiques qui pèsent sur eux pour identifier les zonages prioritaires par grands types d'habitats et en fonction des types d'outils de protection adaptés.

4.3. LA REPARTITION DES ESPECES EST UN PROCESSUS DYNAMIQUE

L'information sur laquelle se base ce travail est la répartition actuelle des espèces. Cependant, cet état présent n'est qu'un arrêt sur image sur des processus dynamiques. Ainsi, cette répartition a déjà été fortement modelée par les activités humaines depuis des millénaires (agriculture, chasse, urbanisation, etc.). Les habitats prairiaux sont par exemple essentiellement le reflet des activités pastorales qui ont pris le pas sur le rôle structurant des grands mammifères sauvages dans la création et le maintien des milieux ouverts (Vera 2000, Marquer *et al.* 2017, Roberts *et al.* 2018). Prendre cet état actuel en guise de référence pour construire une politique de conservation apparaît certes comme un choix directement opérationnel à court terme, mais il ne peut être considéré comme une référence absolue. De la même manière, la majorité des zones humides du territoire ayant été détruites par la main de l'Homme au cours des siècles derniers, la conservation des zones humides actuelles pourrait être complétée par la création de nouveaux habitats, dont les processus naturels d'apparition sont aujourd'hui entravés par les infrastructures humaines (Choné & Biron, 2016). Cet état de référence actuel doit également être considéré au regard du changement climatique actuel qui va modifier graduellement la répartition des espèces. Une vision prospective de ces zones à enjeux pourrait ainsi être construite pour compléter ce travail et prendre en compte les recompositions majeures (David & Romeyer 2019, Romeyer & David 2020) qui vont se produire pour la biodiversité régionale.

4.4. LE TERRITOIRE NEO-AQUITAIN S'INSCRIT DANS UN CONTEXTE PLUS LARGE

Pour une partie des espèces considérées, les oiseaux et les chiroptères en particulier, l'ensemble du cycle biologique peut se faire à une échelle spatiale bien plus grande que la zone d'étude de par leur comportement migrateur. Cela signifie d'une part, que la conservation des populations observées localement se joue également ailleurs, sur leurs sites d'hivernage, de reproduction ou de halte. A l'inverse, cela implique aussi que certains points de passage, notamment des zones de haltes ou de franchissement d'obstacle, sont fréquentés par une part importante de la population de certaines espèces, induisant par là-même une concentration majeure des enjeux de conservation qui n'est que partiellement prise en compte dans cette étude.

4.5. DECLINAISONS INFRAREGIONALES

Les cartes d'enjeux de biodiversité ainsi que les informations sur lesquelles elles sont construites, c'est-à-dire les répartitions des espèces et leur bioévaluation, ont été élaborées à l'échelle régionale. Néanmoins, la résolution des cartes (1x1 km) rend possible l'utilisation de cet outil à des échelles inférieures, que ce soit celle d'un département, d'un Parc Naturel Régional ou d'un EPCI par exemple. En concentrant le regard sur ces territoires infrarégionaux, il est ainsi possible de mettre l'accent sur les responsabilités locales vis-à-vis des enjeux de biodiversité régionaux, dans le but de les cibler efficacement. Les outils cartographiques découlant de ce programme peuvent ainsi d'ores et déjà alimenter les politiques publiques de conservation à ces échelles locales, en complément de l'expertise naturaliste présente sur ces territoires.

5. CONCLUSION

Une des orientations majeures de la stratégie régionale de lutte contre le déclin de la biodiversité consiste à étendre le réseau d'aires protégées. La mise en œuvre de cette stratégie implique au préalable une connaissance de la répartition des enjeux de biodiversité sur le territoire pour les protéger le plus efficacement possible et concentrer les efforts sur des sites à enjeux majeurs. La présente étude a ainsi visé à contribuer à cette phase de ciblage des enjeux en identifiant les zones d'enjeux maximaux à l'échelle régionale suivant une méthode systématique.

La première étape a consisté à **cartographier les espèces** en se basant sur 14 millions de données faune et flore, collectées sur plusieurs années, mises en commun pour ce programme, et complétées par une modélisation des distributions des espèces pour produire des cartes à une résolution fine. Dans un second temps, ce catalogue de 2 741 cartes de répartition a été agrégé, en utilisant des algorithmes de **priorisation spatiale** et en pondérant chaque espèce selon une échelle de bioévaluation, afin de produire des cartes de synthèse opérationnelles. Enfin ces cartographies des enjeux de biodiversité ont été comparées aux zones de protection forte, qui couvrent actuellement 0,8% du territoire, de manière à **identifier les lacunes de protection** dans ce réseau et ainsi faciliter le ciblage territorial pour son extension.

Plusieurs propriétés intéressantes découlent de la méthode mise en œuvre ici pour produire des outils spatiaux d'aide à la décision. Tout d'abord, ces outils sont souples et rendent possible des approches multiples pour mettre en regard les hotspots de biodiversité avec les aires sous protection forte, selon les objectifs de l'opérateur. Ils permettent ainsi de mettre l'accent soit sur des accumulations locales d'enjeux soit sur les cœurs de répartition d'espèces sensibles, de mener des approches ciblant la faune et la flore de manière séparée ou regroupée, ou encore d'ajuster le seuil surfacique que l'on souhaite prendre en compte. Ces outils sont relativement robustes car ils s'appuient sur une mise en commun inédite de près de 14 millions de données récentes sur la faune et la flore régionale, reflet de la somme des connaissances naturalistes disponibles en Nouvelle-Aquitaine. Enfin, la précision kilométrique, inédite à ce jour dans notre région ou ailleurs en France, permet un gain significatif par rapport aux données d'Atlas d'une résolution habituelle de 5x5 ou 10x10 km.

Il ressort de cette analyse que les zones d'enjeux les plus élevés en Nouvelle-Aquitaine se répartissent dans les zones littorales et les zones humides associées, sur le massif pyrénéen et le plateau de Millevaches, le long du réseau hydrographique mais aussi sur des sites plus ponctuels et répartis de façon assez homogène sur l'ensemble de la région.

Cette étude a aussi permis de constater que l'immense majorité des aires de protection forte existantes se situe bel et bien dans les zones d'enjeu maximal de la région. Le ciblage des enjeux de biodiversité par ce type de mesures semble donc avoir été réalisé de manière tout à fait satisfaisante jusqu'ici. Néanmoins, si l'on observe les proportions des enjeux déjà couverts ou au moins partiellement couverts à l'échelle de la région, on constate que **71% des hotspots sont à ce jour totalement dépourvus de mesures de protection forte** lorsque l'on s'intéresse aux 1% des plus forts enjeux de Nouvelle-Aquitaine. Si l'on relève ce seuil aux 10% supérieurs des enjeux, correspondant aux **objectifs fixés pour 2022 par la Stratégie nationale des Aires Protégées 2030**, ce sont cette fois **85% des hotspots de la région qui resteraient encore à intégrer au réseau d'aires sous protection forte**.

Cette cartographie hiérarchisée des enjeux de biodiversité présente ainsi la faune et la flore régionale sous un nouveau jour et met en évidence les territoires les plus sensibles pour faciliter à l'avenir la reconnaissance et la protection de ce patrimoine inestimable.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Araujo, M.B. & Guisan, A., 2006. *Five (or so) challenges for species distribution modelling*. Journal of Biogeography (33), pp. 1677-1688.
- Ballabio, C., Panagos, P. & Montanarella, L., 2016. *Mapping topsoil physical properties at European scale using the LUCAS database*. Geoderma, 261, pp.110-123.
- Ballabio, C., Lugato, E., Fernández-Ugalde, O., Orgiazzi, A., Jones, A., Borrelli, P., Montanarella, L. & Panagos, P., 2019. *Mapping LUCAS topsoil chemical properties at European scale using Gaussian process regression*. Geoderma, 355, p.113912.
- Barneix M. & Perrodin J. (coord), 2020. *Méthodologie pour l'élaboration et la diffusion du référentiel-espèces sur la faune sauvage de Nouvelle-Aquitaine. Domaine continental*. Version 1.1. Observatoire Aquitain de la Faune Sauvage. Pessac, 19 p.
- Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C.H. & Thuiller, W., 2012. *Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many?*. Methods in ecology and evolution, 3(2), pp.327-338.
- Bart K., Chabrol L. & Antonetti Ph., 2014. *Bilan de la problématique végétale invasive en Limousin*. CBN Massif Central & DREAL Limousin, 35 p.
- Beck, J., Böller, M., Erhardt, A. and Schwanghart, W., 2014. *Spatial bias in the GBIF database and its effect on modeling species' geographic distributions*. Ecological Informatics, 19, pp.10-15.
- Berthier L., Bardy M., Chenu J.-P., Guzmova L., Laroche B., Lehmann S., Lemerrier B., Martin M., Mérot P., Squidant H., Thiry E. & Walter C., 2014. *Enveloppes des milieux potentiellement humides de la France métropolitaine - notice d'accompagnement*. Programme de modélisation des milieux potentiellement humides de France. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.
- Blervaque L., Hauguel J.-C., Toussaint B. & Watterlot A., 2017. *Hiérarchisation des enjeux de conservation pour la flore vasculaire des Hauts-de-France. Notice méthodologique, bilan et perspectives*. CBN Bailleul. 45 p. + annexes.
- Bock B. (coord.), 2018. *Référentiel des trachéophytes de France métropolitaine*. Version 5.00 du 27 mai 2018. Tela-Botanica. [<https://www.tela-botanica.org/flore/france-metropolitaine/>].
- Caillon A. & Lavoué M., 2016. *Liste hiérarchisée des plantes exotiques envahissantes d'Aquitaine*. Version 1.0. CBN Sud-Atlantique, Audenge (France). 47 p.
- Caze G. (coord.), 2017. *Méthodologie et stratégie d'échantillonnage pour la mise en oeuvre des inventaires systématiques de la flore vasculaire en Aquitaine et Poitou-Charentes*. Note de cadrage, version révisée 5.0 2017. CBN Sud-Atlantique. 2 p.
- CESBIO OSO, 2018. *Carte d'occupation des sols 2018*. Theia, Pôle thématique Surfaces Continentales.
- CGDD-SOeS, 2009. *CORINE Land Cover. France. Guide d'utilisation*. Document technique. EEA & MEEDDAT. 22 p.

- Choné, G. & Biron, P. M., 2016. *Assessing the relationship between river mobility and habitat*. River Research and Applications, 32(4), 528-539.
- Conservatoire Botanique National du Massif Central, 2013. *Liste rouge de la flore vasculaire du Limousin*. CBN Massif Central, 66 p.
- Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique (coord.), 2020. *Observatoire de la biodiversité végétale de Nouvelle-Aquitaine*. [www.obv-na.fr].
- David R. & Romeyer K., 2019. – *Communautés végétales de plaine et de montagne*. Dans : Mallard F. (coord.), 2019. Programme les sentinelles du climat – Tome VIII : Écologie du changement climatique en région Nouvelle-Aquitaine, C. Nature : Le Haillan, Gironde, pp. 13-72.
- Dormann, C.F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J.R.G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitao, P.J. and Münkemüller, T., 2013. *Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance*. Ecography, 36(1), pp. 27-46.
- Dubuis A., Giovanettina S., Pellissier L., Pottier J., Vittoz P. & Guisan A., 2013. *Improving the prediction of plant species distribution and community composition by adding edaphic to topo-climatic variables*. Journal of Vegetation Science, 24 (4): 593-606.
- Euro+Med, 2006-2019. *Euro+Med PlantBase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity*. Consulté le 26 avril 2019 [http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/].
- FCBN, 2016. *Système d'information national flore, fonge, végétation et habitats*. [siflore.fcbn.fr].
- Fourcade Y., Engler J.O., Rödder D. & Secondi J., 2014. *Mapping Species Distributions with MAXENT Using a Geographically Biased Sample of Presence Data: A Performance Assessment of Methods for Correcting Sampling Bias*. PLoS ONE 9(5).
- Fy F., 2015. *Liste provisoire des espèces exotiques envahissantes de Poitou-Charentes*. CBN Sud-Atlantique, Mignaloux (France). 8 p.
- Gargominy, O., Tercerie, S., Régnier, C., Ramage, T., Dupont, P., Daszkiewicz, P. & Poncet, L. 2019. *TAXREF v13, référentiel taxonomique pour la France : méthodologie, mise en œuvre et diffusion*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Rapport Patrinat. 63 p.
- GBIF, 2019. *GBIF Backbone Taxonomy*. Consulté le 26 avril 2019 [https://www.gbif.org/species/search].
- Gouel et al., à paraître. *Liste rouge régionale des plantes menacées de Poitou-Charentes*. CBN Sud-Atlantique.
- Gouvernement français, 2021. *Stratégie nationale des Aires Protégées 2030*. Ministère de la Transition écologique, Ministère de la mer, Office français de la biodiversité. Biotope édition et communication. 82 p.
- Guisan A., Thuiller W. & Zimmermann N., 2017. *Habitat suitability and distribution models: With applications in R*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 462 p.
- Huld, T., Müller, R. & Gambardella, A., 2012. *A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa*. Solar Energy, 86(6), pp.1803-1815.

- Jiménez-Valverde, A. & Lobo, J.M., 2007. *Threshold criteria for conversion of probability of species presence to either–or presence–absence*. *Acta oecologica*, 31(3), pp. 361-369.
- Julve P., 1998-2018. *Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France*. Version 2018. [<http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>].
- Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P. & Kessler, M., 2017. *Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas*. *Scientific data*, 4(1), pp.1-20.
- Le Berre M., Diadema K., Pires M., Noble V., Debarros G. & Gavotto O. 2017. *Hiérarchisation des enjeux de conservation de la flore en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur*. CBN Méditerranée, CBN Alpin & Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. 30 p. + annexes.
- Leblond N. & Caze G. (coord.), à paraître. *Liste rouge de la Flore vasculaire d'Aquitaine*. CBN Sud-Atlantique.
- Léonard, L., Witté, I., Rouveyrol & P. Hérard, K. 2020. *Représentativité et lacunes du réseau d'aires protégées métropolitain terrestre au regard des enjeux de biodiversité*. UMS PatriNat, Paris, 81 p.
- Lehtomäki, J. & Moilanen, A., 2013. *Methods and workflow for spatial conservation prioritization using Zonation*. *Environmental Modelling & Software*, 47, pp. 128-137.
- Marquer, L., Gaillard, M.J., Sugita, S., Poska, A., Trondman, A.K., Mazier, F., Nielsen, A.B., Fyfe, R.M., Jönsson, A.M., Smith, B. & Kaplan, J.O., 2017. *Quantifying the effects of land use and climate on Holocene vegetation in Europe*. *Quaternary Science Reviews*, 171, pp. 20-37.
- Merow, C., Smith, M. J., & Silander Jr, J. A., 2013. *A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter*. *Ecography*, 36 (10), pp. 1058-1069.
- Mod H. K., Scherrer D., Luoto M. & Guisan A., 2016. *What we use is not what we know: environmental predictors in plant distribution models*. *Journal of Vegetation Science*, 27 (6): 1308-1322.
- Moilanen, A., 2007. *Landscape zonation, benefit functions and target-based planning: unifying reserve selection strategies*. *Biological Conservation*, 134(4), pp. 571-579.
- Moilanen A., Kujala H. & Leathwick J., 2009a. *The Zonation framework and software for conservation prioritization*. In Moilanen A., Wilson K. A., and Possingham H., editors. *Spatial conservation prioritization*. Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 196–210.
- Moilanen, A., Wilson, K., & Possingham, H. 2009b. *Spatial conservation prioritization: quantitative methods and computational tools*. Oxford University Press.
- Moilanen A., Pouzols F. M., Meller L., Veatch V., Arponen A., Leppänen J. & Kujala K. 2014. *Zonation - Spatial conservation planning methods and software. Version 4. User Manual*. University of Helsinki, Finland, 288 p.
- Myers N., 1988. *Threatened biotas: 'Hotspots' in tropical forest*. *Environmentalist*, 8 (3): 187-208.
- Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., da Fonseca G.A.B. & Kent J., 2000. *Biodiversity hotspot for conservation priorities*. *Nature*, 403 (6772) : 853-858.

- Nawrot O. & Chabrol L., 2014. *Inventaire de la flore vasculaire du Limousin. Bilan de l'actualisation 2012-2014*. CBN Massif Central.
- Phillips S. J., Anderson R. P. & Schapire R. E., 2006. *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. Ecological Modelling, 190 (3): 231-259.
- Phillips S. J., Dudik M., Elith J., Graham C. H., Lehmann A., Leathwick J. & Ferrier S., 2009. *Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data*. Ecological Applications, 19 (1): 181-197.
- Rich, C. & Longcore, T., 2005. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, None ed. Island Press, Washington, DC.
- Roberts, N., Fyfe, R.M., Woodbridge, J., Gaillard, M.J., Davis, B.A., Kaplan, J.O., Marquer, L., Mazier, F., Nielsen, A.B., Sugita, S. & Trondman, A.K., 2018. *Europe's lost forests: a pollen-based synthesis for the last 11,000 years*. Scientific reports, 8(1), pp.1-8.
- Román M. O., Wang Z., Sun Q., Kalb V., Miller S. D., Molthan A., Schult L., Bell J., Stokes E.C., Pandey B., Seto K.C., Hall D., Oda T., Wolfe R.E., Lin G., Golpayegani N., Devadiga S., Davidson C., Sarkar S., Praderas C., Schmaltz J., Boller R., Stevens J., Ramos Gonzáles O.M., Padilla E., Alonso J., Detrés Y., Armstrong R., Miranda I., Conte Y., Marrero N., MacManus K., Esch T & Masuoka, E. J., 2018. *NASA's Black Marble nighttime lights product suite*. Remote Sensing of Environment, 210, pp. 113-143.
- Romeyer K. & David R., 2020. – *Flore et végétations des milieux sec, humide, montagnard et forestier*. Dans : Mallard F. (coord.), 2020. Programme les sentinelles du climat – Tome IX : Connaître et comprendre pour protéger les espèces animales et végétales face au changement climatique en région Nouvelle-Aquitaine, C. Nature : Le Haillan, Gironde, pp. 17-95.
- Sierro, A. & Erhardt, A., 2019. *Light pollution hampers recolonization of revitalised European Nightjar habitats in the Valais (Swiss Alps)*. Journal of Ornithology, 160, pp. 749–761.
- Tilman D., May R.M., Lehman C.L. & Nowak M.A., 1994. *Habitat destruction and the extinction debt*. Nature, 371: 65-66.
- Tison J.-M. & de Foucault B., 2014. *Flora Gallica*. Biotope, Mèze, France, 1196 p.
- UICN France, 2018. *Guide pratique pour la réalisation de Listes rouges régionales des espèces menacées - Méthodologie de l'UICN & démarche d'élaboration*. 2^{nde} éd. Paris.
- UICN France, FCBN, AFB & MNHN, 2018. *La Liste rouge des espèces menacées en France – Flore vasculaire de France métropolitaine*. Paris, France.
- UICN France & MNHN, 2014. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Contexte, enjeux et démarche d'élaboration*. Paris.
- Vera, F. W. M., 2000. *Grazing ecology and forest history*. CABI publishing, The Hague, Netherlands. 506p.
- Zomer, R., Trabucco, A., van Straaten, O. & Bossio, D., 2006. *Carbon, land and water: A global analysis of the hydrologic dimensions of climate change mitigation through afforestation/reforestation (Vol 101)*. IWMI.

7. GLOSSAIRE

Biodiversité : dans ce travail, la biodiversité fait principalement référence aux composantes naturalistes les mieux connues de la faune et de la flore indigènes. La diversité génétique n'est pas directement appréhendée (autrement qu'à travers les espèces), de même que les milieux naturels, les interactions écologiques entre les espèces et le fonctionnement des écosystèmes. Le patrimoine naturel intègre en outre des richesses « géologiques, pédologiques, minéralogiques et paléontologiques » qui ne relèvent pas directement de la biodiversité et ne sont pas non plus intégrées dans cette étude.

Enjeu de biodiversité : intérêt attribué à un taxon ou habitat, considéré comme « patrimonial » ou remarquable. Ce statut peut être évalué en fonction de paramètres tels que la rareté (étendue de l'aire de répartition, effectifs, densités de populations), la vulnérabilité (menaces, risque d'extinction, spécialisation, etc.), la responsabilité (endémisme, aire de répartition spatiale régionale vis-à-vis de l'aire nationale), l'importance écologique (espèce ingénier, parapluie, clé de voûte, etc.), voire d'autres facteurs biologiques (génétique, taxonomie, bio-histoire, recherche scientifique, etc.), socio-économiques, esthétiques, pédagogiques, etc. Dans cette étude, seuls les critères de responsabilité et de vulnérabilité sont directement utilisés au travers des indices de bioévaluation des espèces, la rareté étant elle aussi prise en compte dans le calcul des enjeux de biodiversité mais plutôt par le biais des aires de répartition des espèces.

Hotspot : un hotspot est classiquement défini comme « zone biogéographique, terrestre ou marine, possédant une grande richesse de biodiversité particulièrement menacée par l'activité humaine » d'après le concept formulé pour la première fois par N. Myers en 1988. En restreignant cette définition aux enjeux, et donc en laissant de côté les risques qui peuvent peser ou non sur les zones concernées, nous nous distinguons de la définition des hotspots proposée par Myers *et al.* (2000). D'un point de vue plus pratique et explicite, nous considérons ici que l'étude vise à identifier les zones de concentration d'enjeux de biodiversité, à l'issue d'un processus de priorisation et de spatialisation desdits enjeux. Les critères de menaces pesant sur les territoires concernés ne sont pas pris en compte. Seul le risque d'extinction pesant sur les espèces est partiellement pris en compte aux échelles ex-régionales ou nationale, à travers l'intégration des listes rouges dans le calcul des indices de bioévaluation). Ces critères devraient avoir vocation à participer de la priorisation des enjeux dans des développements ultérieurs de cette étude. Par convention, le terme de hotspot employé ici sera donc assimilé à la notion de « fraction supérieure des enjeux de biodiversité ». La détermination du niveau de seuil de cette fraction supérieure est laissée au libre choix des futurs utilisateurs des cartographies de hotspots, même si des éléments de quantification des surfaces correspondant à des seuils arbitraires sont proposés à titre d'exemple.

Données d'observation : il s'agit de l'information de base, issue des relevés de terrain. Dans cette étude, elle fait référence plus spécifiquement à la donnée naturaliste, caractérisée par les informations obligatoires « taxon », « observateur / auteur », « lieu », « date », qui peuvent être complétées par diverses informations attributaires. Ces informations, regroupées en bases de données thématiques, sont ensuite analysées, directement ou après transformation si nécessaire.

Modélisation : ensemble de pratiques qui permettent de décrire mathématiquement et de manière simplifiée des phénomènes mais aussi de faire des prédictions. Dans cette étude, nous utilisons principalement un type de modèles, les modèles de distribution d'espèces (SDM : Species Distribution Models) qui décrivent les liens entre une espèce et un ensemble de descripteurs environnementaux afin de prédire la répartition de l'espèce sur la base de l'adéquation entre l'habitat et les exigences de cette espèce.

8. ANNEXES

8.1. COMPLEMENTS DE METHODOLOGIE

La méthode proposée pour l'identification et la hiérarchisation spatiale des zones à enjeux de biodiversité (« hotspots ») s'appuie sur des outils géomatiques et biostatistiques permettant d'identifier, localiser et hiérarchiser ces enjeux. Ce travail implique de disposer d'indicateurs basés sur des données fiables, géolocalisées et exploitables par ces outils.

Le travail préalable de sélection des données et taxons évalués vise en premier lieu à s'assurer de la conformité technique (informations nécessaires), de la validité scientifique (pertinence et fiabilité) et de l'exploitabilité statistique et géomatique (possibilité d'analyses).

8.1.1. Flore, fonge, habitats

8.1.1.1. Source des données

L'Observatoire de la biodiversité végétale (OBV) de Nouvelle-Aquitaine [www.obv-na.fr], dispositif public et collaboratif dédié à l'inventaire du patrimoine naturel sur la flore, la fonge et les habitats naturels, est animé par le Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique (CBNSA) en lien avec les deux autres CBN de Nouvelle-Aquitaine. Il constitue la plateforme thématique « flore, fonge et habitats » du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) en Nouvelle-Aquitaine.

Ce dispositif vise notamment à rassembler, gérer et valider l'ensemble des informations produites par les acteurs naturalistes de Nouvelle-Aquitaine sur la biodiversité végétale et fongique, qu'ils soient publics ou privés, professionnels ou bénévoles. A l'issue d'un important travail de compilation et de valorisation des connaissances disponibles en Nouvelle-Aquitaine réalisé ces dernières années, grâce à de nombreux partenariats avec les acteurs naturalistes des territoires (associations, Parcs naturels régionaux, gestionnaires, etc.), il permet aujourd'hui de fournir une première vision d'ensemble de l'état des connaissances sur le patrimoine naturel végétal de Nouvelle-Aquitaine.

L'amélioration des connaissances a de surcroît fortement progressé ces dernières années à travers les programmes d'inventaires systématiques de la flore vasculaire menés par le CBN Sud-Atlantique sur 6 départements : Charente-Maritime, Dordogne, Gironde, Landes, Lot-et-Garonne et Pyrénées-Atlantiques. Ces programmes ont permis de collecter des données très récentes (près de 2 millions de données nouvelles collectées à travers plus de 4000 jours de terrain), précisément géoréférencées et protocolées selon une stratégie d'échantillonnage visant une connaissance homogène et statistiquement représentative (Caze, 2017). La méthodologie intégrait en outre un objectif de pointage systématique des espèces à enjeux et le repérage des sites à enjeux, permettant ainsi de bénéficier d'une connaissance accrue et affinée sur les enjeux territoriaux.

Sur la partie montagne des Pyrénées-Atlantiques, un programme d'inventaire systématique similaire a été mené à son terme en 2018 par le CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.

Le Limousin a quant à lui bénéficié de deux générations d'inventaires lors des 20 dernières années, la dernière actualisation ayant été aboutie par le CBN Massif central en 2014 (Nawrot & Chabrol, 2014).

Au 07/02/2020, l'OBV contenait près de 4,5 millions de données d'observations pour environ 4 800 taxons terminaux (retenus par le TaxRef13) de plantes vasculaires en Nouvelle Aquitaine ; à cette liste s'ajoutent quelques dizaines de milliers de données de plantes non vasculaires, champignons, etc., ainsi que des taxons non retenus par le TaxRef13 et de nombreux taxons cités non rattachés à un nom valide (ces derniers n'étant pas exploitables pour l'analyse des hotspots).

Les données disponibles en février 2020 dans l'OBV-NA ont été utilisées comme base de travail pour l'étude des hotspots.

8.1.1.2. Etat des connaissances

8.1.1.2.1. Flore et fonge

La consultation de l'OBV (Figure 26) montre qu'un socle de connaissances relativement important est disponible pour la flore vasculaire (= Trachéophytes), qui regroupe les Ptéridophytes (fougères et plantes affines) et les Spermatophytes (plantes à fleurs).

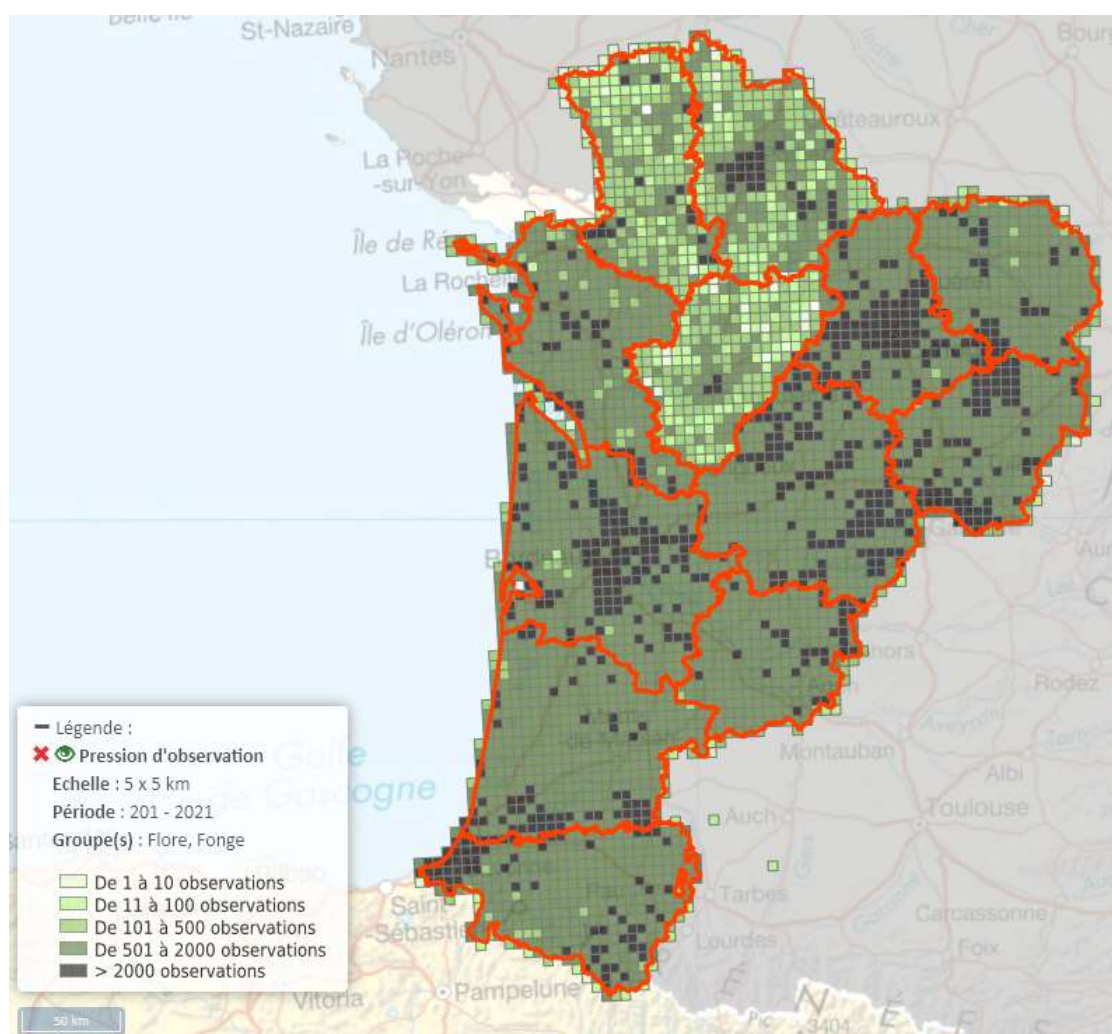
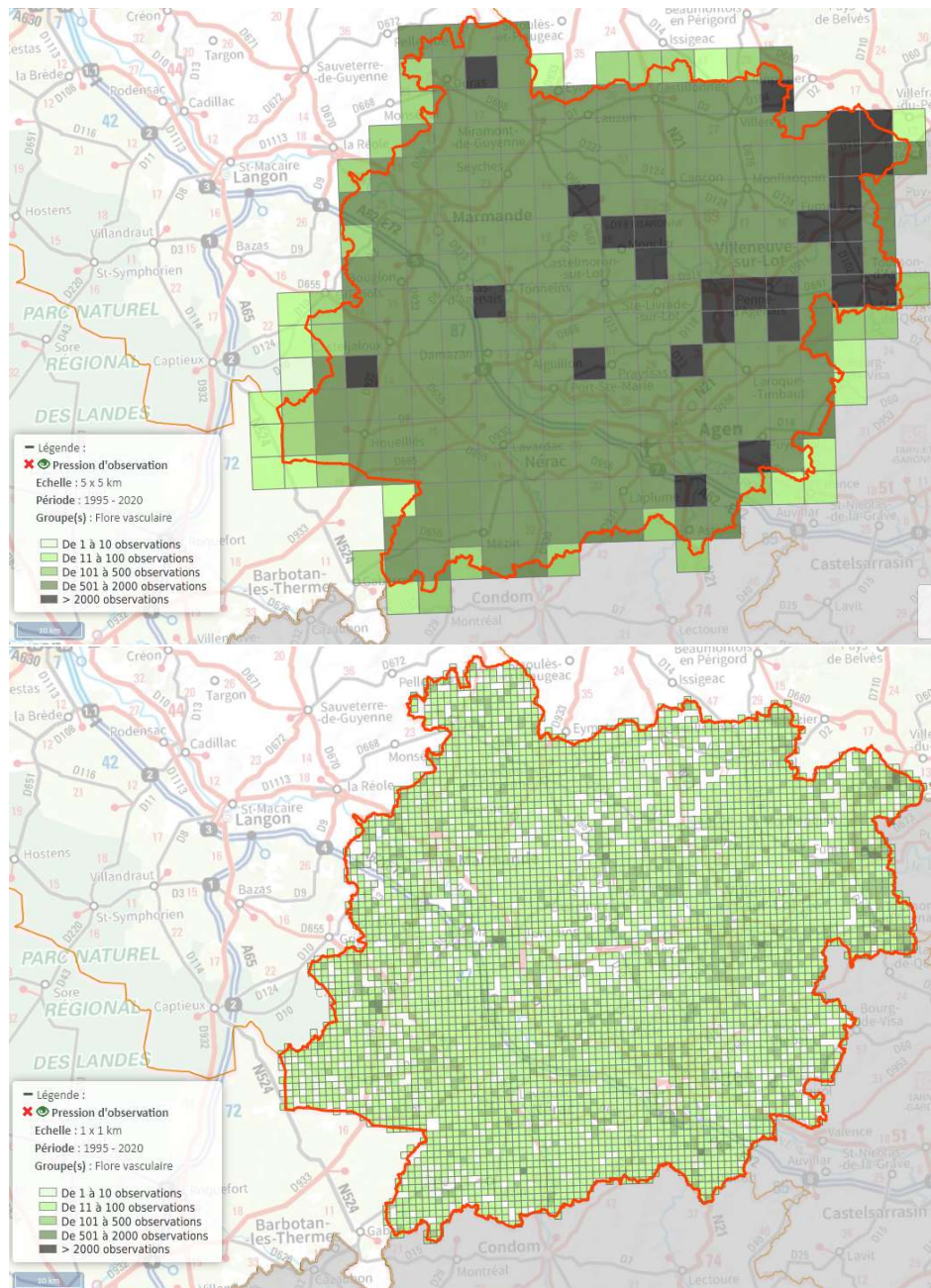


Figure 26 : Pression d'observation (nombre de données) sur la flore vasculaire en Nouvelle-Aquitaine (CBNSA, 2020, consulté le 24/02/2021) aux mailles de 5x5 km (à gauche) et 1x1 km (à droite)

L'échelle de la maille 1x1 km peut désormais être envisagée pour permettre d'appréhender avec une certaine précision l'étendue des zones d'intérêt pour la biodiversité sur une grande partie du territoire.

Cependant, si des relevés floristiques ont été réalisés dans de nombreuses mailles de 1x1 km (Figure 27), le niveau de représentativité recherché pour obtenir une complétude théorique de la richesse a seulement été recherché à l'échelle des mailles de 5x5 km.



En outre, la cartographie des données (Figure 26) montre une pression d'inventaire hétérogène à l'échelle de mailles de 5x5 km, mettant en évidence une moindre connaissance sur certains territoires n'ayant pas bénéficié d'inventaires systématiques (une partie des départements de Charente, Deux-Sèvres et Vienne).

La connaissance et/ou la disponibilité des données sur les autres groupes taxonomiques (Figure 28) est faible, inégale et/ou lacunaire¹⁰ : Bryophytes, Charophytes, Lichens, Champignons, voire quasi-inexistante (Algues vertes, rouges, Chromistes, Myxomycètes et taxons affines).

Parmi les espèces végétales et fongiques, l'analyse des hotspots porte donc uniquement sur la flore vasculaire (Trachéophytes).

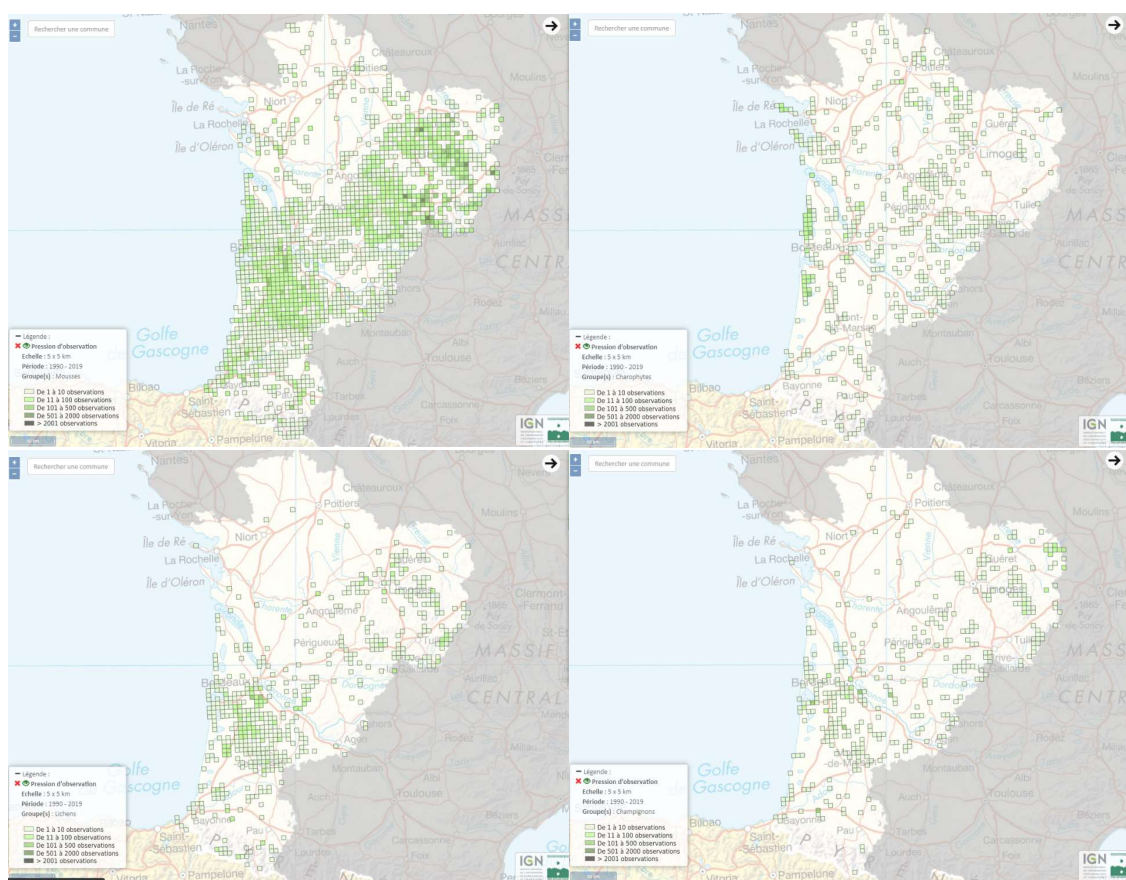


Figure 28 : Pression d'observation au 31/12/2019 pour les Bryophytes (haut à gauche), les Charophytes (haut à droite), les Lichens (bas à gauche), les Champignons (bas à droite) (CBNSA, 2020, consulté le 12/07/2019).

¹⁰ Le bilan est réalisé sur la base des données disponibles dans l'OBV en février 2020. Il faut bien noter que de nombreuses autres données d'espèces végétales ou fongiques, non disponibles dans l'OBV, existent dans la bibliographie et chez divers organismes producteurs ou agrégateurs. Toutefois, une éventuelle prise en compte entraînerait des difficultés d'accès aux données sources, d'interprétation et de bioévaluation et/ou de lacunes de connaissance, etc., qui ne peuvent être résolues dans le cadre de cette étude.

8.1.1.2.2. Habitats naturels

Si la plupart des cartographies des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine sont désormais centralisées au sein de l'OBV, les données disponibles sur le reste du territoire restent trop fragmentaires et hétérogènes pour pouvoir les intégrer globalement que ce soit sur une base phytosociologique (groupements végétaux) ou phytoécologique (typologie EUNIS). Ainsi, en l'absence d'une cartographie régionale cohérente et suffisamment complète, il est difficile de travailler sur les habitats naturels terrestres à l'échelle régionale pour la définition des hotspots.

De plus, les données environnementales d'occupation du sol construites par photo-interprétation (*e.g.* Corine Land Cover, CGDD-SOeS, 2009 ; PIGMA, *etc.*) ou télédétection (*e.g.* CESBIO, *etc.*) ne sont pas suffisamment précises en termes de définition spatiale et/ou de typologie pour pouvoir les utiliser en interprétation d'habitats et d'enjeux. Ces couches sont toutefois prises en compte comme variables environnementales pour les travaux de modélisation.

Les habitats naturels ne sont pas intégrés dans l'étude des hotspots de biodiversité de Nouvelle-Aquitaine.

8.1.1.3. Sélection et préparation des jeux de données

8.1.1.3.1. Statut d'origine

Seuls les taxons indigènes¹¹ ont été inclus dans les analyses, les taxons exogènes et anthropogènes étant considérés comme porteurs d'enjeux mineurs. L'indigénat a été établi prioritairement sur la base de la bibliographie, en particulier :

- les listes d'espèces exotiques envahissantes produites par les ex-régions (Bart *et al.*, 2014 ; Fy, 2015 ; Caillon & Lavoué, 2016) ;
- les indications chorologiques ou patrimoniales de diverses sources bibliographiques (Julve, 1998-2018 ; Euro+Med, 2006-2019 ; Tison & De Foucault, 2014 ; Bock *et al.*, 2018 ; GBIF, 2019 ; Leblond & Caze, à paraître ; *etc.*).

8.1.1.3.2. Période couverte

Les objectifs de l'étude nécessitent d'utiliser des données récentes, afin d'identifier les hotspots actuels (et non passés), mais également de disposer d'un jeu de données conséquent.

Les cartes suivantes (Figure 29) traduisent la pression d'observations (nombre de données) sur les quatre dernières décennies pour l'Aquitaine, le Limousin et le Poitou-Charentes.

Il apparaît une nette augmentation de la pression d'observation à partir de 2000, et surtout à partir de 2010, pour l'Aquitaine et le Poitou-Charentes. En revanche, en Limousin, la décennie 1990-2000 montre une couverture et une pression d'observation relativement importante, équivalente à la décennie suivante. Sur cette période, il

¹¹ Les taxons archéonaturalisés sont classiquement assimilés aux taxons indigènes dans les référentiels de bioévaluation et considérés comme susceptibles de présenter des enjeux de conservation. Par exception, quelques rares (néo)taxons naturalisés et/ou d'indigénat incertain (*Hyacinthus orientalis*, *Tulipa* spp., *etc.*) ont été intégrés, compte-tenu de leur intérêt patrimonial et/ou de leur caractère indicateur de technotopes traditionnels (vergers extensifs labourés, *etc.*).

apparaît une nette augmentation du nombre de données à partir de 1995 (Figure 30). Cette augmentation s'accompagne d'une meilleure conformité du fait de l'intégration de données sources précises (L. Chabrol, com. pers.) ; *a contrario*, les données antérieures à 1995 correspondent en partie à des données bibliographiques, ce qui implique une certaine imprécision, notamment sur leur localisation exacte.

Le seuil de prise en compte des données floristiques pour l'analyse des hotspots est l'année 1995, toutes les données antérieures étant exclues.

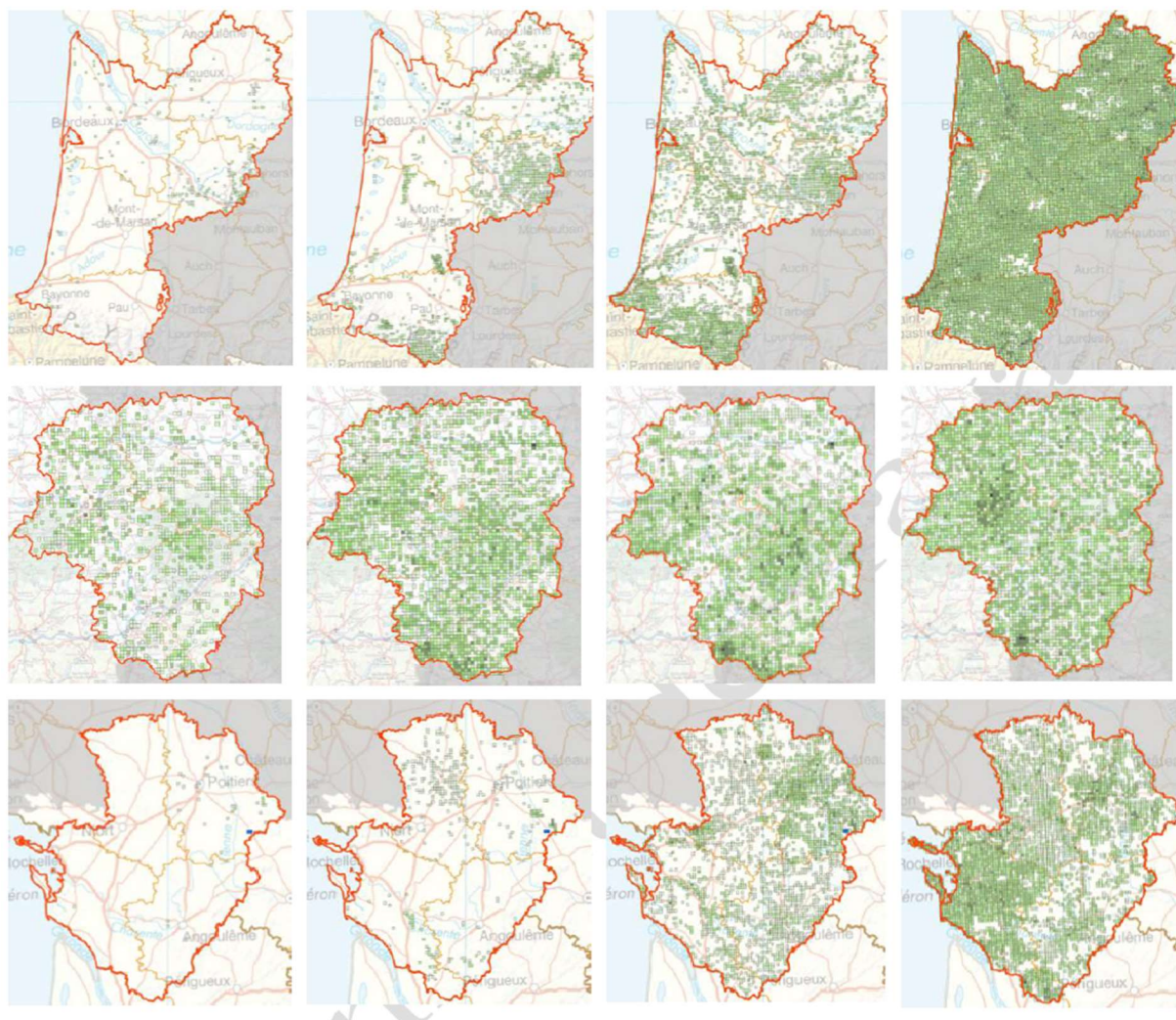


Figure 29 : Pression d'observations sur la flore vasculaire en Aquitaine, Limousin et Poitou-Charentes au cours des décennies 1980-1990, 1990-2000, 2000-2010 et 2010-2019 aux mailles de 2x2 km - échelles non identiques (CBNSA, 2020, consulté le 24/04/2019).

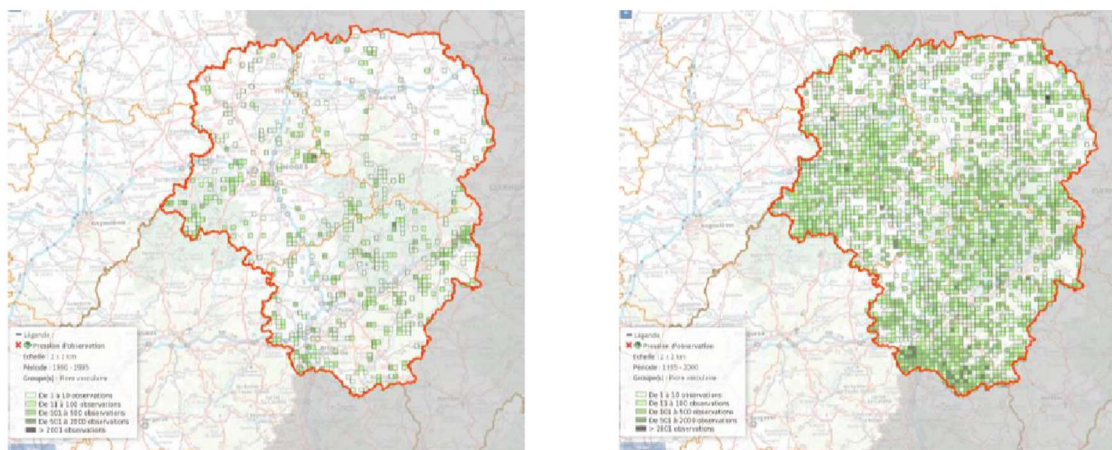


Figure 30 : Pression d'observations sur la flore vasculaire en Limousin au cours des années 1990-1995 et 1995-2000 aux mailles de 2x2 km (CBNSA, 2020, consulté le 24/04/2019).

8.1.1.3.3. Géométrie

L'échelle de travail prévue pour la cartographie des hotspots est la maille de 1x1 km : il faut donc pouvoir traiter les données sources à cette échelle. C'est pourquoi les relevés non localisés précisément ou avec une géométrie de taille supérieure à l'échelle de travail sont exclus des analyses. Dans le cas des relevés se superposant à plusieurs mailles 1x1 km, les données sont affectées à la maille avec le plus grand pourcentage de surface ou linéaire, uniquement si ce pourcentage dépasse 30 %. Les autres relevés sont exclus.

8.1.1.3.4. Absences

Les données d'absence avérée sur le terrain sont exclues des analyses car trop fragmentaires pour pouvoir être correctement prises en compte.

8.1.1.4. Bioévaluation

8.1.1.4.1. Responsabilité régionale

Il s'agit de la part de la population néo-aquitaine dans la population française, calculée à partir de l'occurrence en mailles de 5x5 km :

$$\text{Responsabilité} = \frac{N^{\text{Nouvelle-Aquitaine}}}{N^{\text{France}}}$$

où $N^{\text{Nouvelle-Aquitaine}}$ est le nombre de mailles 5x5 km de présence de l'espèce sur le territoire régional (CBNSA, 2020, extraction du 14/04/2020),

et N^{France} est le nombre de mailles 5x5 km de présence de l'espèce sur le territoire national (FCBN, 2020, extraction du 14/04/2020).

NB. Il faut remarquer que la localisation de la région en limite sud-ouest du territoire national induit de fait une responsabilité biaisée en faveur des espèces à distribution majoritairement ibérique ou ibéro-atlantique, indépendamment de leur intérêt intrinsèque.

8.1.1.4.2. Vulnérabilité régionale relative

Dans le cadre de la présente étude, la vulnérabilité est déterminée uniquement à partir des listes rouges UICN qui visent à évaluer le risque d'extinction d'une espèce (UICN France & MNHN, 2014 ; UICN France, 2018) en fonction des connaissances actuelles (en particulier distribution récente).

La vulnérabilité régionale relative est obtenue en attribuant une note à chaque catégorie liste rouge, puis en sommant la note nationale avec la note régionale (Figure 31).

		Liste rouge nationale					
			LC	NT	VU	EN	CR
		Note	1	2	3	4	5
Liste rouge régionale	LC	1	2	3	4	5	6
	NT	2	3	4	5	6	7
	VU	3	4	5	6	7	8
	EN	4	5	6	7	8	9
	CR	5	6	7	8	9	10

Figure 31 : Méthode de croisement des listes rouges nationale et régionales pour aboutir à une note de vulnérabilité régionale relative

L'indicateur obtenu consiste en une note de vulnérabilité selon une échelle semi-quantitative allant de 1 (préoccupation mineure) à 10 (en danger critique d'extinction).

Pour la liste rouge nationale, l'évaluation la plus récente (UICN *et al.*, 2018) a été utilisée.

Aucune liste rouge n'existe pour la flore à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine. Ce sont donc les listes rouges ex-régionales élaborées en 2013 pour le Limousin (CBNMC, 2013) et 2018 pour le Poitou-Charentes (Gouel *et al.*, à paraître) et l'Aquitaine (Leblond & Caze, à paraître) qui ont été utilisées. Toutefois, le cadre méthodologique de ces listes ne permet pas de les combiner. Le choix a donc été fait d'utiliser, pour chaque espèce, le statut ex-régional le plus bas (risque d'extinction le moins élevé) en considérant que le statut régional correspond au maximum à la catégorie la plus faible.

N.B. Ce choix découle du postulat que la catégorie ex-régionale la plus faible est représentative du statut régional néo-aquitain, ce qui est certainement fréquent, mais non systématique : les espèces étant logiquement moins

menacées à l'échelle régionale qu'ex-régionale, cela pourrait correspondre dans certains cas à un basculement vers une catégorie plus faible ; la situation inverse est également possible, bien que nettement plus rare.

Pour les espèces cotées DD (données insuffisantes), une cotation à dire d'expert (N. Leblond & S. Bonifait) a été faite en mars 2020, pour attribuer une note correspondant au statut UICN supposé.

8.1.1.4.3. Note de bioévaluation

La note de bioévaluation est calculée en additionnant la responsabilité régionale et la vulnérabilité régionale relative, le tout étant ensuite ramené sur une échelle allant de 0 (enjeu minimal) à 1 (enjeu maximal).

Une deuxième étape d'ajustement mathématique des notes a ensuite été réalisée pour rapprocher les bioévaluations produites pour la flore et pour la faune. En l'occurrence, les notes d'enjeu relatives aux espèces de flore ont toutes été passées à la racine carrée, ce qui a pour effet principal de rehausser les enjeux associés aux espèces de la catégorie intermédiaire (Figure 32).

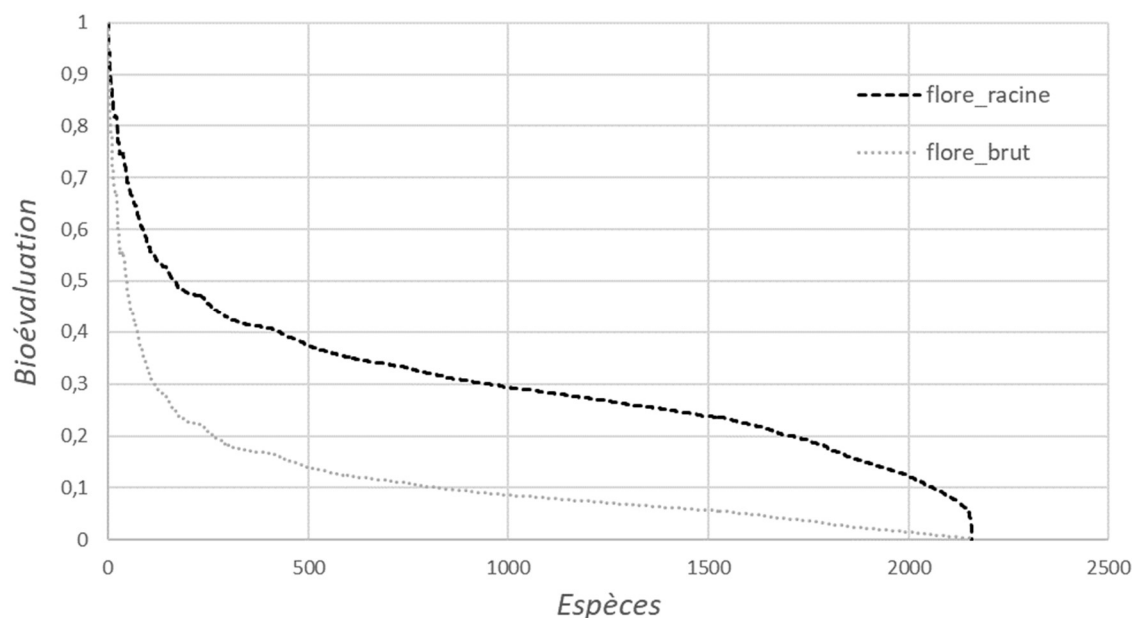


Figure 32 : Bioévaluation des espèces floristiques étudiées en fonction de leur rang, avec (racine) ou sans (brut) ajustement mathématique ultérieur

8.1.2. Faune

8.1.2.1. *Sélection et préparation des jeux de données*

8.1.2.1.1. Géométrie

La résolution de ce travail de cartographie des hotspots est la maille de 1x1 km. Ainsi seules les observations attribuées à une localisation précise ou à un lieu-dit restreint ont été utilisées. Les données attribuées à des lieux-dits trop étendus, une commune typiquement, ont été écartées pour les analyses.

8.1.2.1.2. Période couverte

La construction des cartes de répartition par espèce nécessite une base de données à la fois suffisamment complète mais aussi suffisamment récente pour être le reflet de la répartition actuelle des taxons. Les observations utilisées concernant la faune sont issues essentiellement des bases de données participatives qui ont commencé à se déployer sur le territoire à partir de 2007. Elles ont entraîné un changement d'échelle dans la collecte d'information naturaliste sur le territoire, avec une augmentation du nombre de contributeurs et une explosion du nombre d'observations collectées. De plus, des atlas ont été réalisés sur la majorité des groupes ciblés ici lors de la décennie 2010. Ils ont permis, grâce à une mobilisation accrue des naturalistes et une coordination des prospections par les porteurs de projets, d'améliorer grandement la couverture spatiale et de tendre vers une vision relativement complète de la répartition des espèces ciblées sur la base d'un carroyage de 10 km. La période comprise entre le 1er janvier 2010 et le 31 décembre 2018 a donc été retenue pour réaliser les extractions sur les différentes bases sources, car il répond à la fois aux objectifs de complétude et de quantité des données.

8.1.2.1.3. Espèces ciblées

Ce travail cible le territoire terrestre de la Nouvelle-Aquitaine. La caractérisation des hotspots sur le domaine marin et les milieux aquatiques n'entre pas dans le cadre de cette étude. Néanmoins, certaines espèces intégrées dépendent du milieu aquatique pour une partie de leur cycle. C'est le cas des Odonates, des Amphibiens et de certains Mammifères (*e.g.* Loutre d'Europe, Castor d'Eurasie) et Oiseaux (*e.g.* Anatidées, Podicipédidés) notamment.

8.1.2.2. *Bioévaluation*

Concernant la faune, la bioévaluation qui a été retenue est issue d'un travail coordonné par l'Observatoire FAUNA (Barneix & Perrodin, 2020). Il correspond à un indice composite, calculé comme le produit d'un premier indice notant la vulnérabilité de l'espèce et d'un second notant la responsabilité régionale pour la conservation de l'espèce. Chacun de ces indices peut prendre une valeur entre 1 et 5, ainsi l'indice composite peut varier entre 1 et 25. L'indice de vulnérabilité est basé sur les listes rouges nationales et régionales, plus la valeur est élevée plus la vulnérabilité de l'espèce est considérée comme forte. L'indice de responsabilité est basé sur le calcul de la part de la répartition régionale vis-à-vis de la répartition nationale de l'espèce. Cette valeur est ensuite catégorisée selon cinq classes, plus la répartition régionale représentant une part importante de la répartition nationale, plus l'indice de responsabilité prend une valeur élevée.

Nous avons donc utilisé comme base cet indice composite correspondant à une note entre 1 et 25 pour chaque espèce. Pour le rendre compatible avec la méthode de hiérarchisation des enjeux utilisée dans ce travail il a été transcrit sous la forme d'un indice borné entre 0 et 1. Comme cette construction diffère de celle utilisée pour la flore une transformation racine cubique a ensuite été appliquée pour faire converger les deux bioévaluations et disposer d'un gradient comparable entre la faune et la flore (Figure 33).

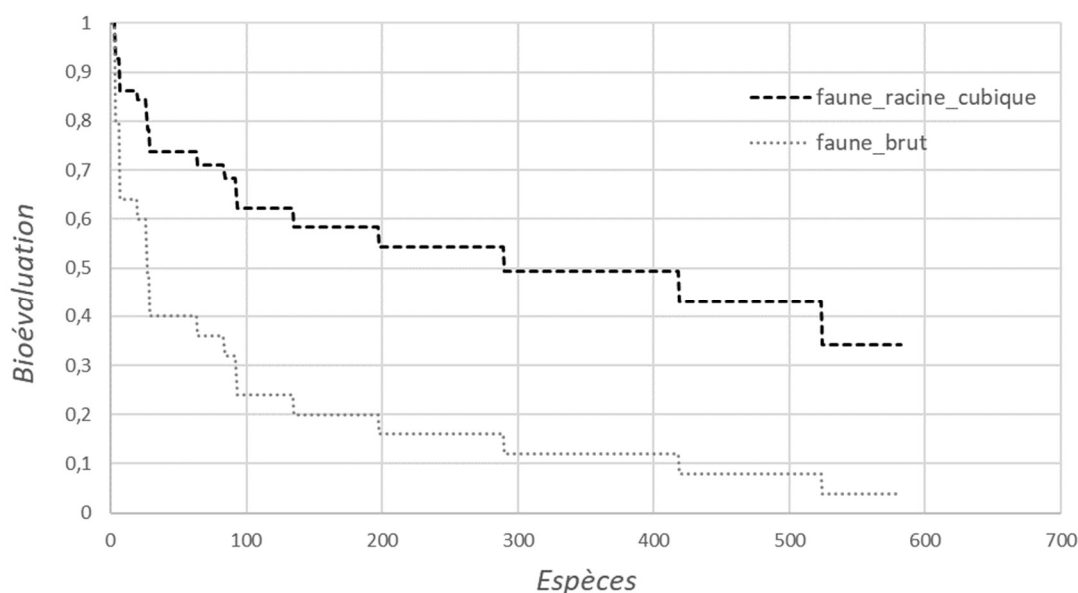


Figure 33 : Bioévaluation des espèces faunistiques étudiées en fonction de leur rang, avec (racine cubique) ou sans la transformation racine cubique (brut) qui a été appliquée pour faire converger les bioévaluation faune et flore.

8.2. PRECISIONS SUR LES LIMITES DE L'ETUDE

Des précisions sur les principales limites et/ou développements non mentionnés dans le rapport, susceptibles d'apporter une information nécessaire à la bonne interprétation des résultats et des différentes étapes menant à leur production, sont présentées ci-dessous.

8.2.1. Indicateurs retenus

8.2.1.1. Approche espèce centrée

La biodiversité est ici appréhendée uniquement par sa composante « espèce ».

Les habitats, écosystèmes et paysages ne sont pas pris en compte (hormis parfois de manière indirecte et incomplète *via* les espèces), ce qui explique que certaines entités emblématiques mais accueillant peu d'espèces remarquables ne soient pas mises en avant. C'est par exemple le cas des bocages de Gâtine et du Limousin.

La biodiversité génétique n'est pas non plus intégrée, de même que les liens fonctionnels entre espèces, assemblages et écosystèmes.

8.2.1.2. *Taxons retenus*

Sur la composante « espèces » de la biodiversité, seuls quelques taxons ont été étudiés (§ 8.1.1.1 et 8.1.2.1), la prise en compte des autres groupes (bactéries, majorité des invertébrés, flore non vasculaire, champignons, etc.) n'étant pas possible dans le cadre de cette étude en raison des lacunes de connaissances et/ou de contraintes techniques. Par conséquent, de nombreux pans de la biodiversité ne sont pas (ou insuffisamment) concernés par l'analyse : compartiment marin, milieux endogés, etc.

De plus, pour certains milieux, les espèces les plus représentatives (ou les plus remarquables) appartiennent à des groupes non retenus dans l'analyse, comme par exemple pour :

- les vieux boisements (coléoptères saproxyliques, champignons, bryophytes, lichens, etc.) ;
- les milieux aquatiques (poissons, crustacés, mollusques et divers autres invertébrés, diatomées, etc.).

8.2.1.3. *Espèces « bruit »*

Certaines espèces présentent des patrons de répartition ou une écologie susceptibles de « brouiller » les résultats et d'entraîner des difficultés d'interprétation :

- espèces rudérales ou commensales ;
- espèces occasionnelles, d'arrivée récente, en expansion et/ou dont la répartition évolue rapidement ;
- espèces dont la répartition des données est biaisée par rapport à la répartition réelle (e.g. espèces qui ont fait l'objet d'une pression d'inventaire localisée).

Les cartes de répartition connue et les modèles de répartition potentielle peuvent alors être peu fiables et/ou incomplets. Lorsque les espèces concernées sont rares, les mailles concernées peuvent avoir dans le processus d'analyse un poids important et exagéré par rapport aux enjeux intrinsèques.

8.2.2. Données utilisées

8.2.2.1. *Qualité des données naturalistes*

Les résultats dépendent directement des données utilisées ; or, la qualité des données d'espèce est parfois variable (fiabilité, pertinence) sur certains taxons, ce qui biaise les cartes produites (répartitions spatiales faussées). Ce point est toutefois modéré par le nombre de données et de taxons exploités. Par ailleurs, des processus de validation ont eu lieu à plusieurs étapes du programme pour tenter de limiter au maximum l'influence de ce problème sur les résultats de l'étude.

8.2.2.2. Complétude de l'inventaire naturaliste

8.2.2.2.1. Disponibilité des données pour l'étude

La disponibilité des données varie également entre taxons et secteurs géographiques, principalement en fonction des structures productrices et outils utilisés (systèmes d'information). Outre les lacunes de connaissance, il peut exister également des disparités locales qui ne permettent pas la mobilisation ou la valorisation des données récoltées. Le travail de synthèse et d'intégration des données étant très chronophage, il n'a bien sûr pas été possible de le réaliser de manière exhaustive, c'est pourquoi les actions ont été ciblées envers certains interlocuteurs et certains taxons.

8.2.2.2.2. Pression d'inventaire et lacunes géographiques

Sur un tel programme multidisciplinaire à l'échelle régionale, la pression d'inventaire est naturellement hétérogène entre territoires et taxons, voire au sein d'un même groupe taxonomique, car dépendant de multiples paramètres : programmes d'étude, résidence des naturalistes, localités attractives, facilités d'accès, etc.

Les lacunes géographiques de connaissance à petite (maille 1x1 km) et grande (département) échelle existent de manière inégale selon les taxons. Une partie significative du travail d'analyse a consisté à pallier ces lacunes, en modélisant les distributions d'espèces. Ces modélisations améliorent nettement la qualité des cartes produites mais ne peuvent suffire à résoudre toutes les lacunes.

- Les espèces les plus rares (1-20 mailles de présence) ne peuvent être modélisées du fait d'un nombre de données insuffisants ; néanmoins, ce sont de manière générale les espèces les mieux connues, donc celles pour lesquelles la modélisation est la moins nécessaire.

- Pour les espèces rares (quelques dizaines de mailles de présence, supérieures à 20 mailles), la qualité de la modélisation dépend de la distribution des mailles connues par rapport à la distribution de l'espèce : une espèce à aire restreinte et cohérente (pouvant s'expliquer facilement par des descripteurs environnementaux inclus dans l'analyse) présentera une modélisation relativement fiable (par ex. espèces des hautes montagnes béarnaises) ; en revanche une espèce dispersée sur l'ensemble du territoire et/ou dont les facteurs explicatifs n'interviennent pas dans le modèle présentera une modélisation beaucoup moins fiable (par ex. espèces rudérales rares). Pour la flore, les cartes de présence connue et les modélisations pour les espèces de rareté intermédiaire (20-50 mailles de présence) ont été systématiquement comparées (S. Bonifait & R. David, juillet 2020) de manière à retenir à chaque fois la version qui semble la plus pertinente entre celle en présence avérée brute, en présence estimée par les modèles SDM, ou encore en version intermédiaire entre ces deux cas. Pour la faune, le même type d'examen des cartes produites a été réalisé pour l'ensemble des espèces rassemblées pour cette étude (A. Besnard, M. Sannier, N. Mokuenko & L. Couzi 2020). Il faut noter ici que, dans le cadre de l'analyse des hotspots, la carte la plus pertinente n'est pas forcément toujours celle qui serait la plus représentative toutes choses égales par ailleurs. En effet, en tenant compte de la rareté, la contribution d'une espèce sur les hotspots sera plus importante dans les mailles de présence avérée qu'en utilisant sa version issue d'une modélisation qui cherche à combler les lacunes de connaissance et augmente donc généralement la superficie de son aire de répartition. A l'inverse, la contribution de

cette espèce aux hotspots dans les mailles de présence estimée par le modèle mais non avérée sur le terrain sera nulle. Dans certains cas particuliers, il peut donc être préférable de retenir une carte issue de la modélisation, même si la répartition spatiale estimée est considérée comme partiellement fausse, pour éviter une emphase trop importante (surestimation) sur des mailles connues mais non représentatives de la contribution réelle d'une espèce à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine.

- A petite échelle, il existe d'importantes différences de pression d'inventaire. Les lacunes sont significatives sur beaucoup de secteurs des départements de la Charente, des Deux-Sèvres et de la Vienne et ne peuvent être totalement compensées par les modélisations. De plus, les résultats seront variables selon les espèces, leur répartition et la position du département. Par exemple, une plante des coteaux calcaires présente à la fois en Charente-Maritime et Dordogne pourra être modélisée de manière adéquate en Charente (possibilité pour le modèle d'apprendre sur les départements voisins). Inversement, le modèle aura beaucoup plus de difficulté à modéliser la distribution d'une plante du bocage gâtinais, compte-tenu du déficit de données et de l'impossibilité d'apprentissage sur des secteurs similaires adjacents, le reste du Massif armoricain n'étant par définition pas pris en compte dans cette étude.
- A grande échelle, les modélisations permettent de combler les différences d'inventaire mais il faut bien remarquer que la pression d'observation peut influencer notablement les résultats, ce qui explique des différences de rendus pour la flore entre départements.
- Enfin, le modèle travaille essentiellement sur l'occurrence ; la densité et la fréquence ne sont que pas ou peu prises en compte. Ainsi, des espèces présentant des niveaux de fréquences différents mais des répartitions spatiales semblables sont susceptibles de présenter des modélisations semblables.

8.2.2.2.3. Temporalité et dette d'extinction

Les données floristiques intégrées à l'analyse datent de 25 ans (1995) pour les plus anciennes. Aussi, il est probable qu'une partie au moins des stations concernées aient disparu entre-temps, tout particulièrement pour des espèces ou milieux sensibles évoluant rapidement (prairies de fauche, cultures extensives, etc.). Cela implique que les hotspots peuvent être en partie définis sur des enjeux ayant d'ores et déjà disparu, lorsqu'ils se basent sur des présences avérées de certaines espèces. De plus, bien que récoltées sur un pas de temps de 25 ans, ces données sont traitées comme représentant un état actuel ponctuel (t^{2020}), alors qu'il s'agit plutôt de la somme des localités connues sur les 25 dernières années ($\Sigma t^{1995-2020}$) - certaines probablement disparues, certaines nouvelles et certaines stables. L'absence de prise en compte de la temporalité induit ainsi un biais et certainement une surestimation des enjeux actuels. La cartographie des hotspots étant hiérarchique et relative le résultat final est toujours pertinent, mais à cause des différences de tendance entre taxons et cortèges, certains seront mieux pris en compte que d'autres (les taxons prairiaux ou hygrophiles régressant plus vite que les taxons rupestres ou thermophiles par exemple).

D'autre part, certaines données actuelles sont probablement à considérer en sursis du fait de la dette d'extinction (Tilman *et al.*, 1994), qui implique une certaine inertie et un décalage temporel entre la cause d'une disparition et sa réalité effective. Mais, même si certaines mailles sont surestimées du fait d'une dette d'extinction, il apparaît important de les prendre en compte car malgré tout représentatives des enjeux récents.

Surtout, il pourrait s'agir des localités ayant le plus (ou le plus urgemment) besoin d'actions de protection, conservation et/ou gestion (restauration, reconnexion, etc.) pour justement renverser les tendances.

8.2.2.2.4. Mailles limitrophes

Les mailles situées sur la limite de la région sont partiellement renseignées ou modélisées du fait de leur correspondance partielle avec la région ; l'identification des enjeux sur ces mailles pourra donc être incomplète.

8.2.2.2.5. Biais espèces

En plus des éléments évoqués ci-dessus, il existe de forts tropismes, en particulier pour les données opportunistes, correspondant à une plus forte attractivité de certains taxons (orchidées, oiseaux, etc.) qui seront recherchés préférentiellement à d'autres.

Les différences de détectabilité ainsi que la compétence des observateurs contribuent également à l'hétérogénéité des données. Par exemple, les plantes aquatiques sont généralement difficiles à déterminer et nécessitent l'utilisation d'un matériel spécifique (grappin, loupe binoculaire) ; elles sont donc globalement méconnues. Inversement certaines espèces faciles ayant fait l'objet de programmes de recherche spécifiques seront bien mieux connues (par ex. la fritillaire pintade - *Fritillaria meleagris*).

8.2.3. Bioévaluation et hiérarchisation des enjeux spécifiques

8.2.3.1. Critères utilisés

La responsabilité régionale et la rareté relative régionale sont deux critères importants, mais de nombreux autres critères peuvent également être pertinents et n'ont pas pu être intégrés : endémisme, écologie, démographie, sensibilité, bio-indication, échelles locales, nationale ou internationale, etc.

Le positionnement de la Nouvelle-Aquitaine en marge sud-ouest du territoire national induit également un biais dans les mesures effectuées en fonction de la biogéographie des taxons. Enfin, il faut noter que la vulnérabilité est assimilée ici au risque d'extinction suivant les listes rouges UICN ; le cadre méthodologique strict de ces listes, de même que la plus ou moins grande adéquation de la méthode avec les taxons traités et l'échelle régionale ne permettent pas toujours de traduire de manière satisfaisante la vulnérabilité des espèces. Il faut également rappeler que les listes rouges suivent une échelle qualitative et que leur transformation sur une échelle semi-quantitative (vulnérabilité régionale relative) pour être *in fine* intégrées dans une évaluation quantitative des enjeux (note de bioévaluation) est donc discutable.

8.2.3.2. Méthode quantitative

L'utilisation d'une méthode de calcul des notes de bioévaluation à partir de critères quantitatifs et semi-quantitatifs (§ 8.2.3.1) a permis de produire rapidement des indices directement utilisables pour l'étude des hotspots. Néanmoins, les valeurs des notes apparaissent parfois sur- ou sous-estimées, ce qui n'a pas pu être corrigé en l'absence d'ajustements à dire d'expert pour la flore. En particulier, des taxons très différents peuvent obtenir des notes équivalentes et donc une même influence sur les hotspots, ce qui ne manquera pas dans certains cas d'interroger les experts. C'est le cas des taxons à forte responsabilité mais faible vulnérabilité qui

obtiendront des notes de bioévaluation souvent comparables à celles des taxons qui présentent des caractéristiques inverses, c'est-à-dire une faible responsabilité associée à une forte vulnérabilité.

8.2.3.3. *Rareté*

L'absence de prise en compte de la rareté dans la note de bioévaluation peut sembler étonnante puisqu'il s'agit d'un des paramètres les plus couramment utilisés. L'intégration de ce paramètre dans le calcul même des enjeux réalisé par le logiciel Zonation, au travers du nombre de mailles de présence restantes pour chaque espèce à chaque itération du processus de priorisation (§ 2.2.2), est certes nettement moins évidente à appréhender.

8.2.4. Production des cartes de hotspots

8.2.4.1. *Résultats dépendant des productions intermédiaires*

Du fait de la succession des différentes étapes de traitement qui nécessitent d'intégrer graduellement des biais et approximations (simplifications des critères d'enjeux, estimation des répartitions spatiales, choix méthodologiques divers, etc.) en amont de la production des cartes de hotspots, cette dernière phase de l'analyse qui intervient tout au bout de la chaîne en cumule tout autant les avantages que les inconvénients. Une synthèse régionale est donc produite qui rassemble des milliers d'espèces, de faune comme de flore, au travers de plus d'une dizaine de millions de données et avec toute la pertinence et l'aspect inédit d'une telle étude à l'échelle de 1x1 km. Néanmoins, dans le détail, les résultats présentés ici sont et seront toujours bien évidemment discutables (et discutés), sujets à caution et à interprétation, au regard notamment de tous les avertissements et des précautions d'usage développées ici.

8.2.4.2. *Itérations du calcul*

Le nombre de mailles à éliminer à chaque itération est un facteur paramétrable. Des lots de 500 ont ici été choisis car ils permettaient de contenir les temps de calculs dans des durées raisonnables, tout en générant un éventail tout à fait suffisant de niveaux de notations compte-tenu du nombre total de mailles de la zone d'étude (86 328 mailles / 500 par lot = 173 niveaux de hiérarchisation).

8.2.5. Congruence entre hotspots et zonages de protection

8.2.5.1. *Intersection entre mailles de 1x1 km et surfaces réelles sous protection forte*

Si l'intersection simple entre les mailles de 1x1 km et les polygones d'aires sous protection forte a été retenue pour évaluer la congruence entre hotspots et aires protégées, c'est tout d'abord parce qu'il s'agit du grain des données qui ont été utilisées pour la production des cartes de hotspots. Ceci ne nous permet donc pas de découper à l'intérieur des pixels de la carte, autrement dit des mailles, car l'information de la position précise des espèces n'est pas accessible. L'intersection s'est donc présentée comme une solution pratique et rapide. Par ailleurs, la comparaison des surfaces couvertes, entre mailles intersectées et polygones précis, a révélé que la

surestimation était, certes non négligeable, mais pas d'un facteur aussi important qu'on aurait pu le craindre au premier abord (§ 2.2.3). En effet, avec un facteur 4, on peut considérer qu'en moyenne c'est un quart de la surface des mailles de 1x1 km qui est réellement couvert par des mesures de protection forte.

8.2.5.2. *Localisation des enjeux au sein des mailles*

Avec en moyenne un quart de la surface de chaque maille couverte par des mesures de protection forte, il n'est pas toujours évident que les enjeux à l'origine du classement de ces mailles en hotspots soient réellement pris en compte par les zonages existants. Le problème peut s'avérer géographique, lorsque les enjeux se situent bien dans la maille mais à l'extérieur des aires protégées. Il peut aussi résulter de l'inadéquation entre le type de protection et la nature des enjeux en question (*e.g.* un APB poissons migrateurs dans une maille mise en lumière dans le calcul des hotspots par la présence de plantes et d'animaux liés aux falaises attenantes).

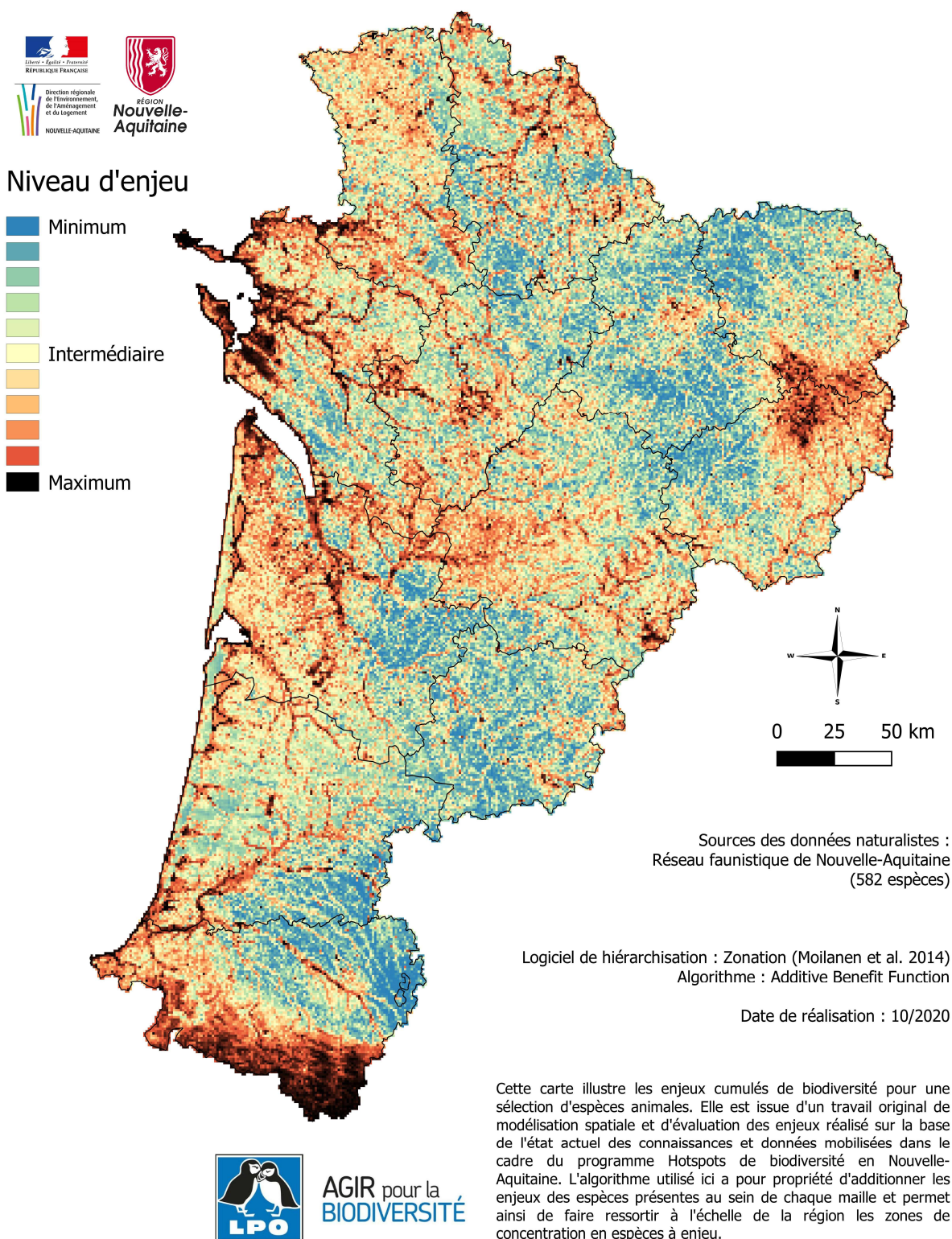
8.2.5.3. *Choix des types d'aires protégées considérées*

La liste des types de zonages pris en compte dans cette étude relève de choix effectués à l'échelle nationale (§ 2.2.3), en considérant à la fois les domaines terrestres, aquatiques et marins. L'étude des hotspots de Nouvelle-Aquitaine s'est pour l'instant concentrée sur le domaine terrestre. Ainsi, certaines mesures de protection peuvent se référer à une fraction de la biodiversité qui n'est pas prise en compte dans cette étude. Cela peut notamment être le cas sur des surfaces non négligeables, comme par exemple les cours de la Dordogne et de la Garonne qui sont couverts par des arrêtés de protection relatifs à des espèces animales aquatiques. Le choix a néanmoins été fait pour cette étude de conserver ces zonages car ces mesures, si elles ne sont *a priori* pas ciblées sur les espèces visées par les hotspots, peuvent tout de même dans certains cas permettre d'en assurer la protection du fait de la concordance géographique des enjeux. De plus, ce type de considérations pourrait bien souvent être décliné au cas par cas pour chacune des espèces à enjeux que l'on retrouve dans les mailles considérées comme présentant les plus forts enjeux de la région. Ce travail de ré-examen des données à une échelle bien inférieure à celle de 1x1 km, retenue pour la cartographie des hotspots de Nouvelle-Aquitaine, s'avèrera tout à fait nécessaire à l'avenir mais n'est pas l'objet de cette étude. Par ailleurs, il devra mobiliser directement les acteurs locaux de la protection et de la gestion du patrimoine naturel pour cibler correctement à une échelle fine les différents enjeux présents ainsi que les mesures à mettre en place pour les protéger.

9. CATALOGUE DES CARTES DE HOTSPOTS

Hotspots de la faune de Nouvelle-Aquitaine

Carte des enjeux cumulés de biodiversité



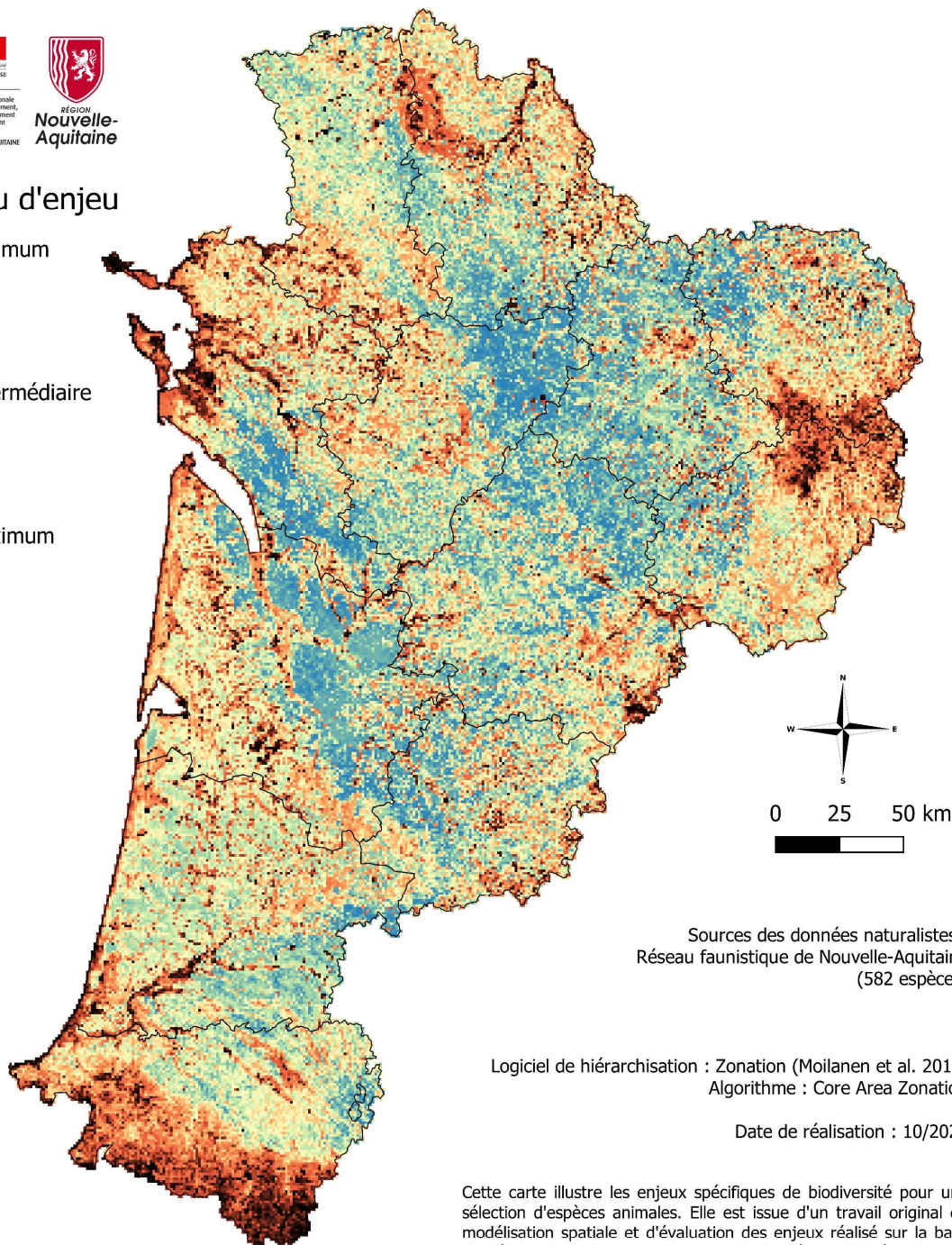
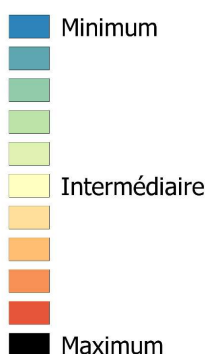
Hotspots de la faune de Nouvelle-Aquitaine

Carte des enjeux spécifiques de biodiversité



RÉGION
Nouvelle-
Aquitaine

Niveau d'enjeu



Sources des données naturalistes :
Réseau faunistique de Nouvelle-Aquitaine
(582 espèces)

Logiciel de hiérarchisation : Zonation (Moilanen et al. 2014)
Algorithme : Core Area Zonation

Date de réalisation : 10/2020

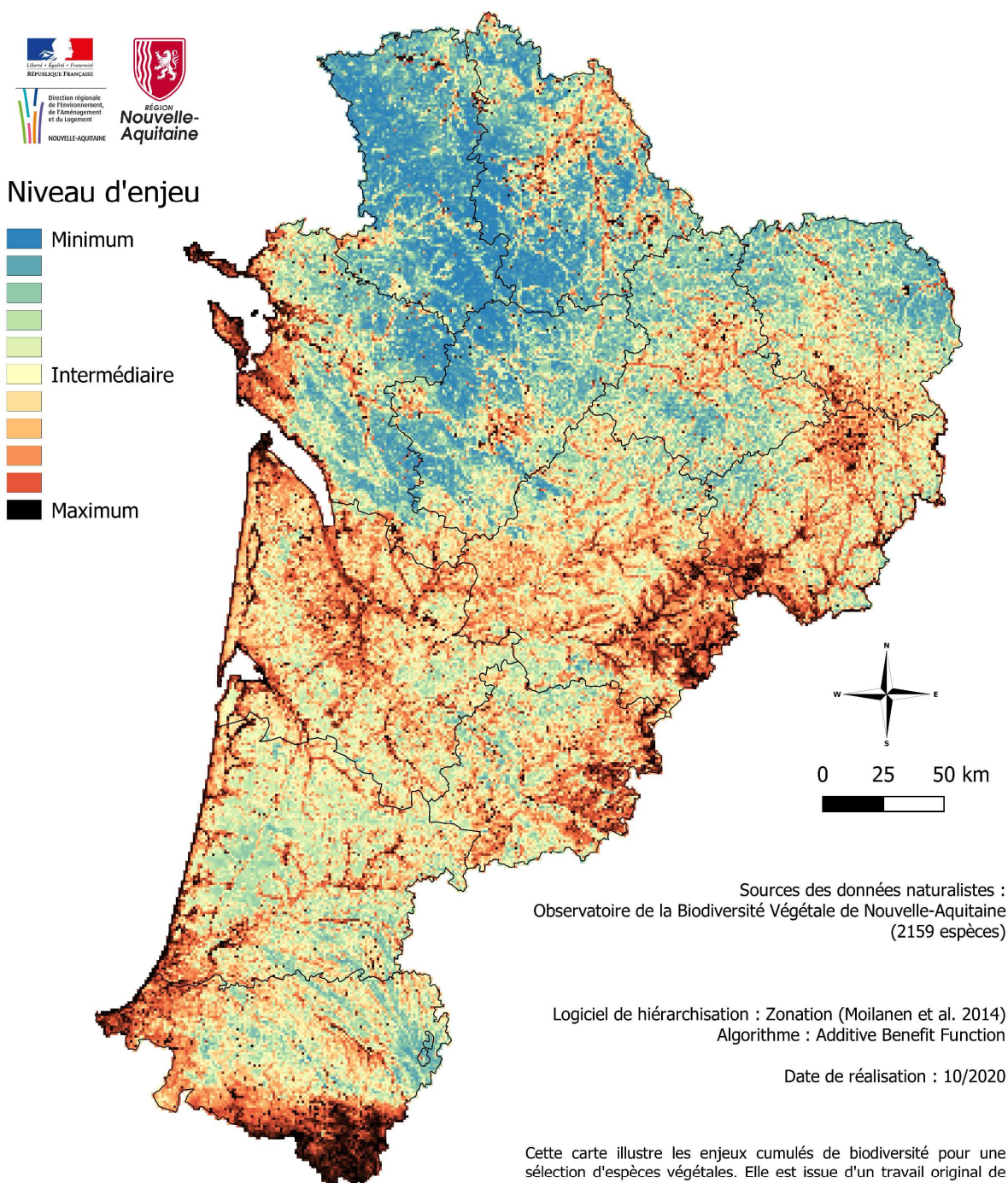


AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

Cette carte illustre les enjeux spécifiques de biodiversité pour une sélection d'espèces animales. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme de hiérarchisation spatiale utilisé ici a pour propriété de conserver au maximum les cœurs de population pour chacune des espèces de la région. Il permet ainsi de faire ressortir des zones, indépendamment de leur niveau de richesse spécifique, si elles comportent au moins une espèce à fort enjeu.

Hotspots de la flore de Nouvelle-Aquitaine

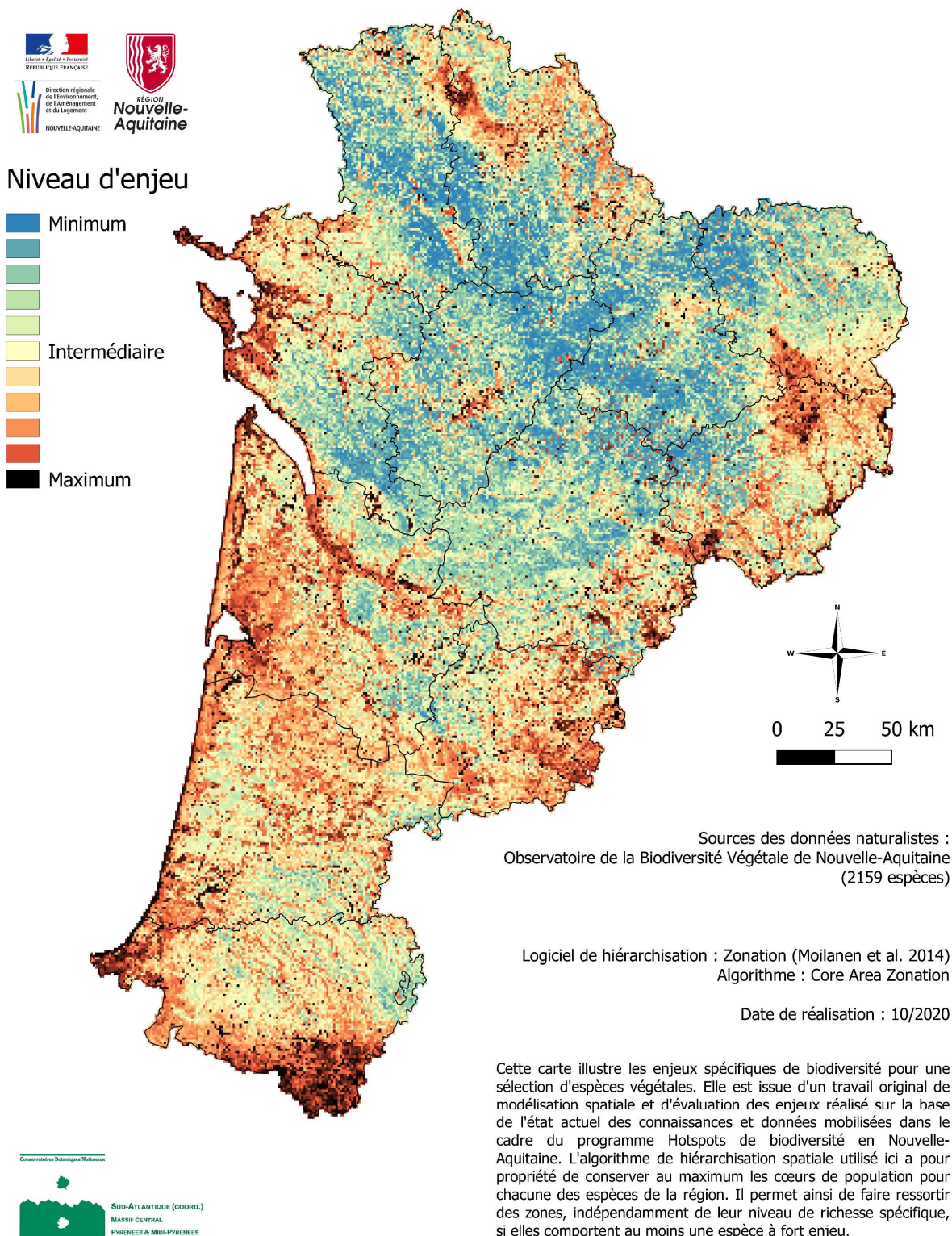
Carte des enjeux cumulés de biodiversité



Cette carte illustre les enjeux cumulés de biodiversité pour une sélection d'espèces végétales. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme utilisé ici a pour propriété d'additionner les enjeux des espèces présentes au sein de chaque maille et permet ainsi de faire ressortir à l'échelle de la région les zones de concentration en espèces à enjeu.

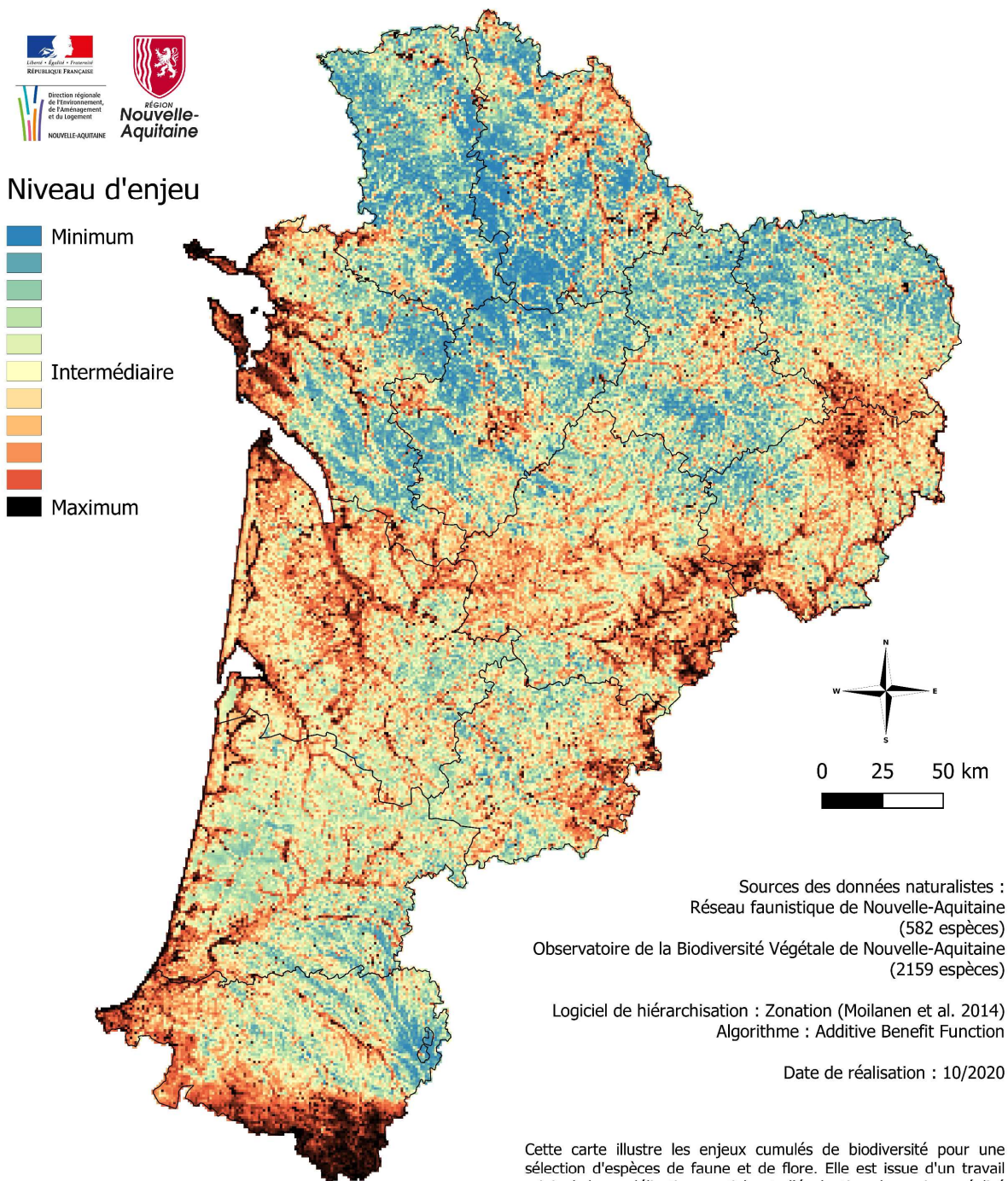
Hotspots de la flore de Nouvelle-Aquitaine

Carte des enjeux spécifiques de biodiversité



Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine

Carte des enjeux cumulés de biodiversité

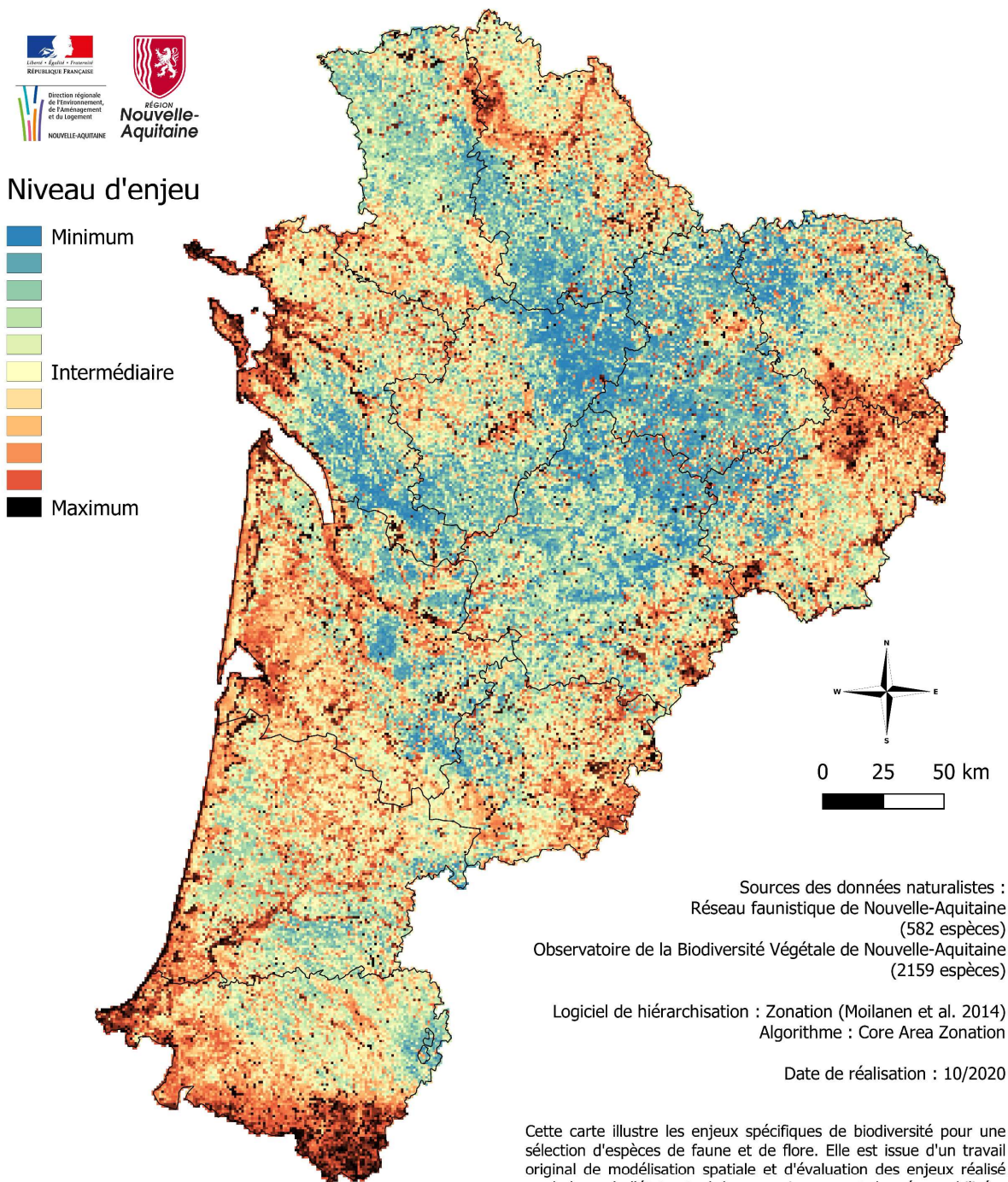


AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

Cette carte illustre les enjeux cumulés de biodiversité pour une sélection d'espèces de faune et de flore. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme utilisé ici a pour propriété d'additionner les enjeux des espèces présentes au sein de chaque maille et permet ainsi de faire ressortir à l'échelle de la région les zones de concentration en espèces à enjeu.

Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine

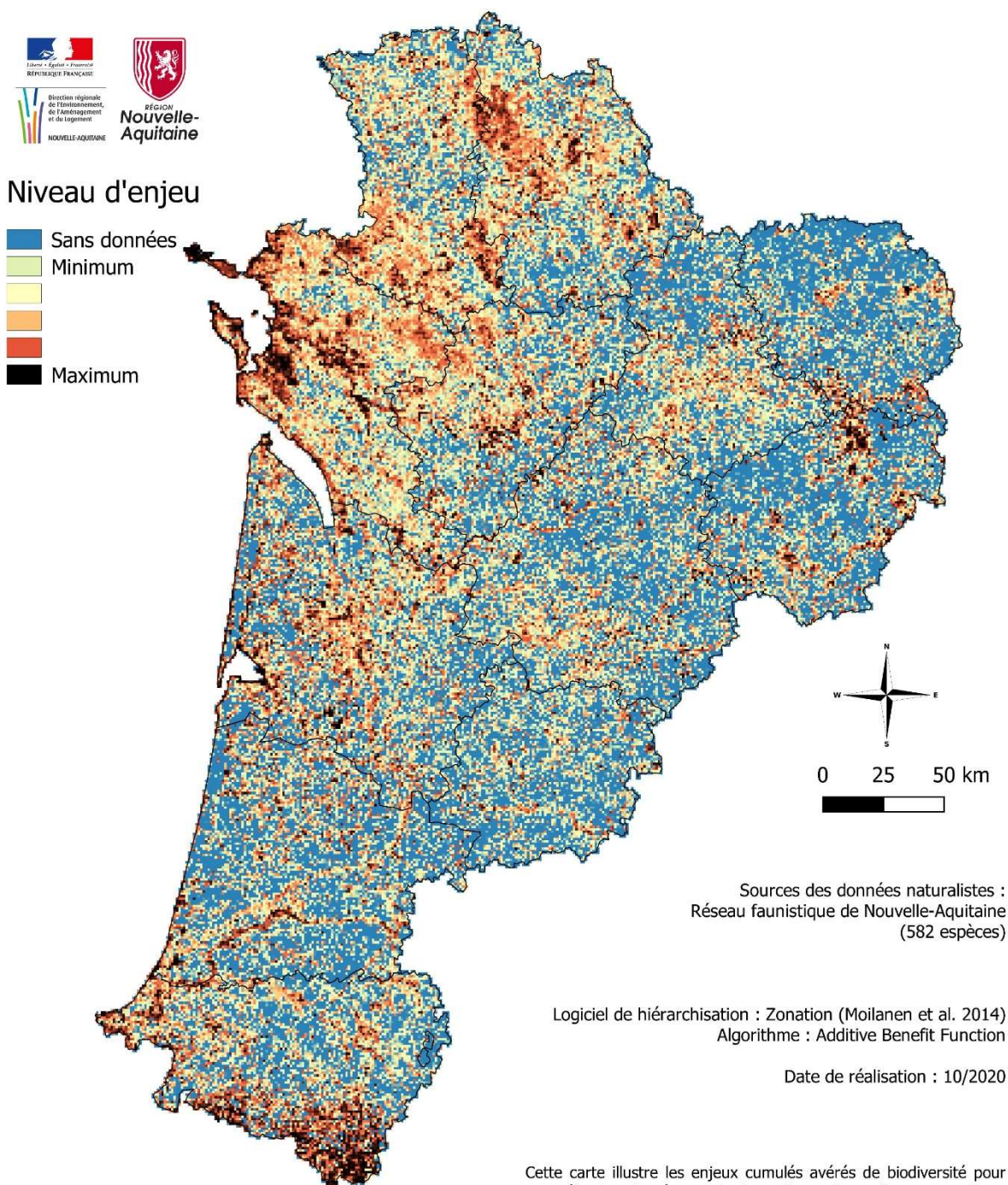
Carte des enjeux spécifiques de biodiversité



Cette carte illustre les enjeux spécifiques de biodiversité pour une sélection d'espèces de faune et de flore. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme de hiérarchisation spatiale utilisé ici a pour propriété de conserver au maximum les cœurs de population pour chacune des espèces de la région. Il permet ainsi de faire ressortir des zones, indépendamment de leur niveau de richesse spécifique, si elles comportent au moins une espèce à fort enjeu.

Hotspots avérés de la faune de Nouvelle-Aquitaine

Carte des enjeux cumulés de biodiversité

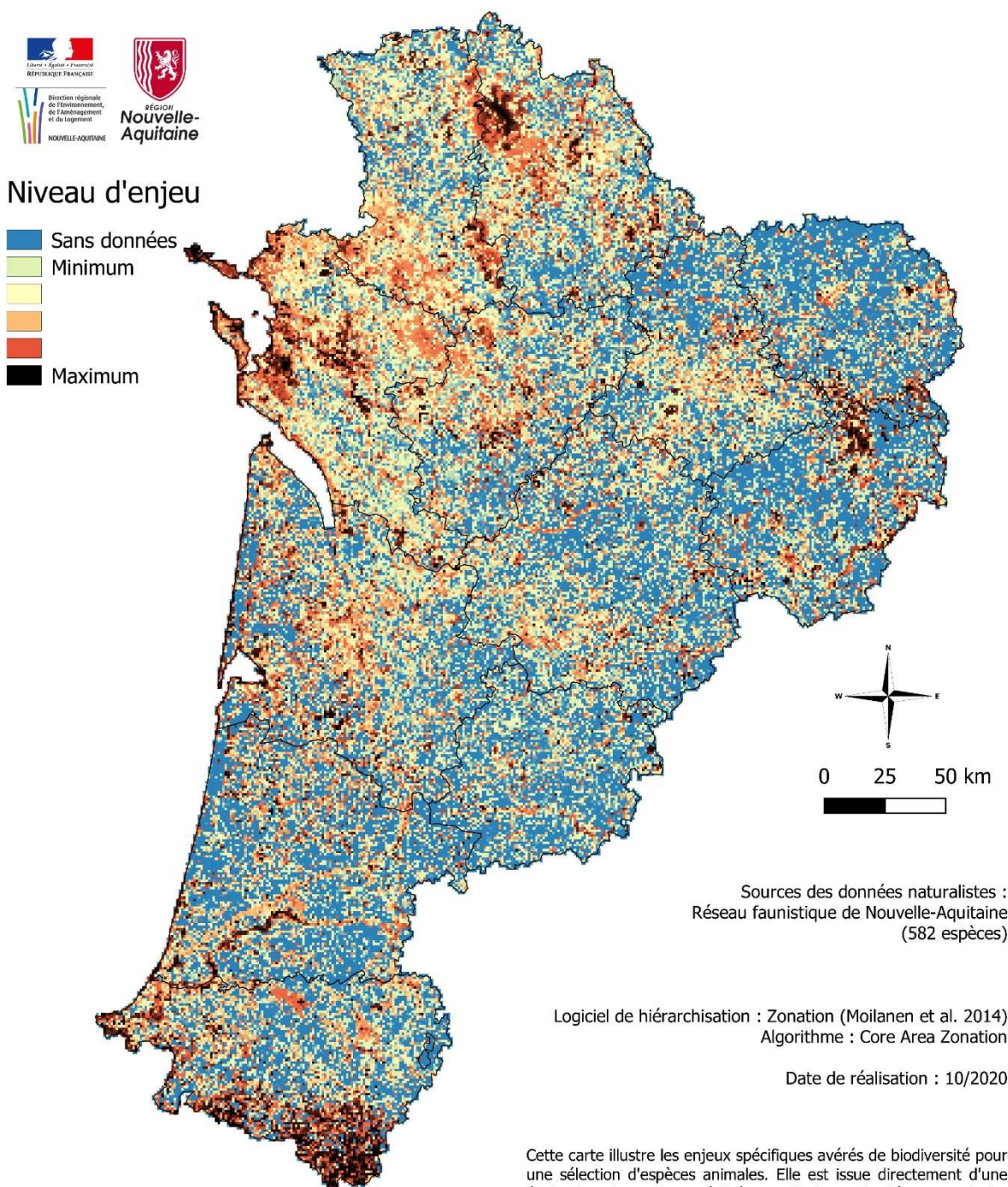


AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

Cette carte illustre les enjeux cumulés avérés de biodiversité pour une sélection d'espèces animales. Elle est issue directement d'une évaluation des enjeux réalisée sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme utilisé ici a pour propriété d'additionner les enjeux des espèces présentes au sein de chaque maille et permet ainsi de faire ressortir à l'échelle de la région les zones de concentration en espèces à enjeu.

Hotspots avérés de la faune de Nouvelle-Aquitaine

Carte des enjeux spécifiques de biodiversité

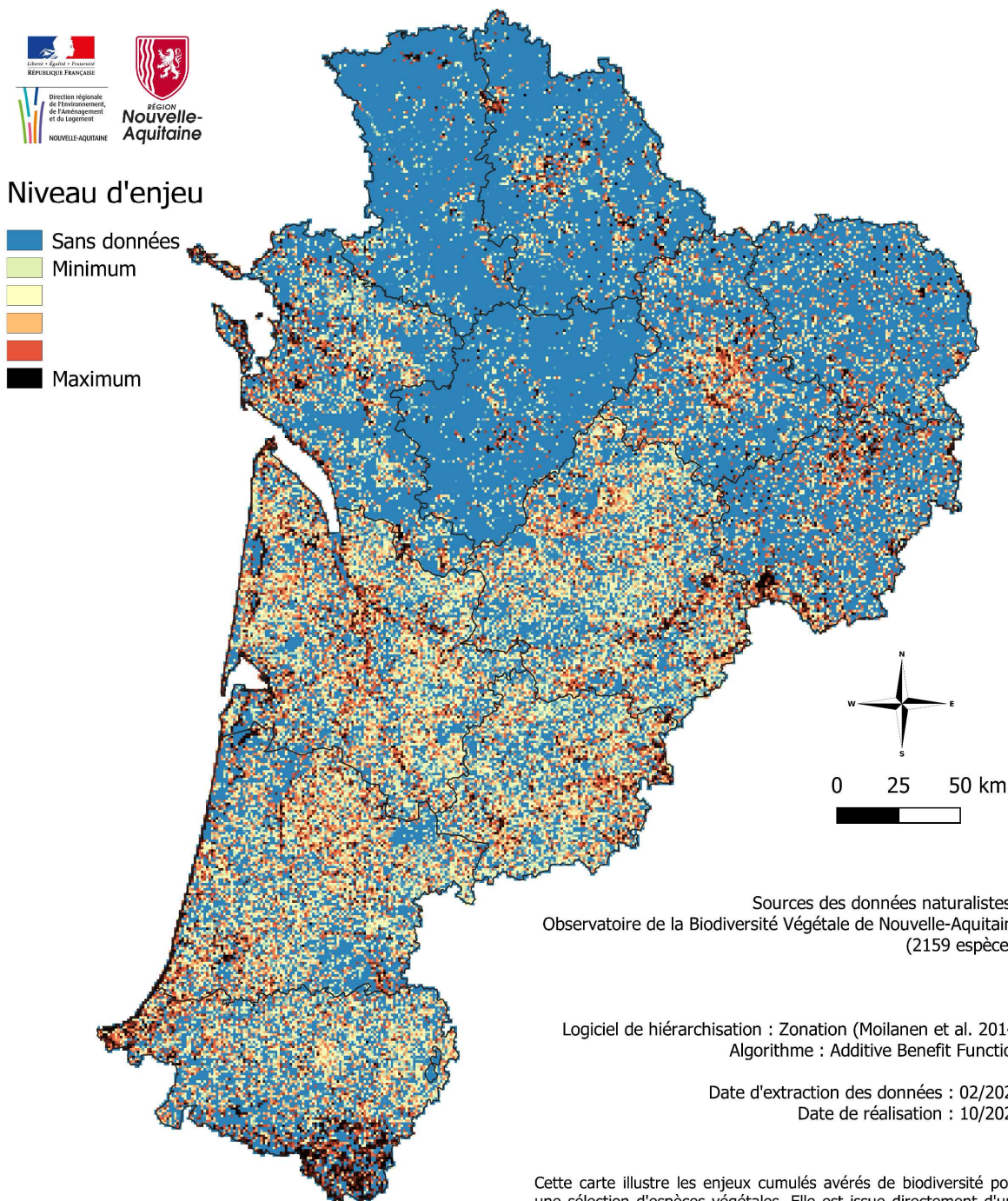


AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

Cette carte illustre les enjeux spécifiques avérés de biodiversité pour une sélection d'espèces animales. Elle est issue directement d'une évaluation des enjeux réalisée sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme utilisé ici a pour propriété de conserver au maximum les cœurs de population pour chacune des espèces de la région et permet ainsi de faire ressortir des zones de faible richesse spécifique mais comportant au moins une espèce à fort enjeu.

Hotspots avérés de la flore de Nouvelle-Aquitaine

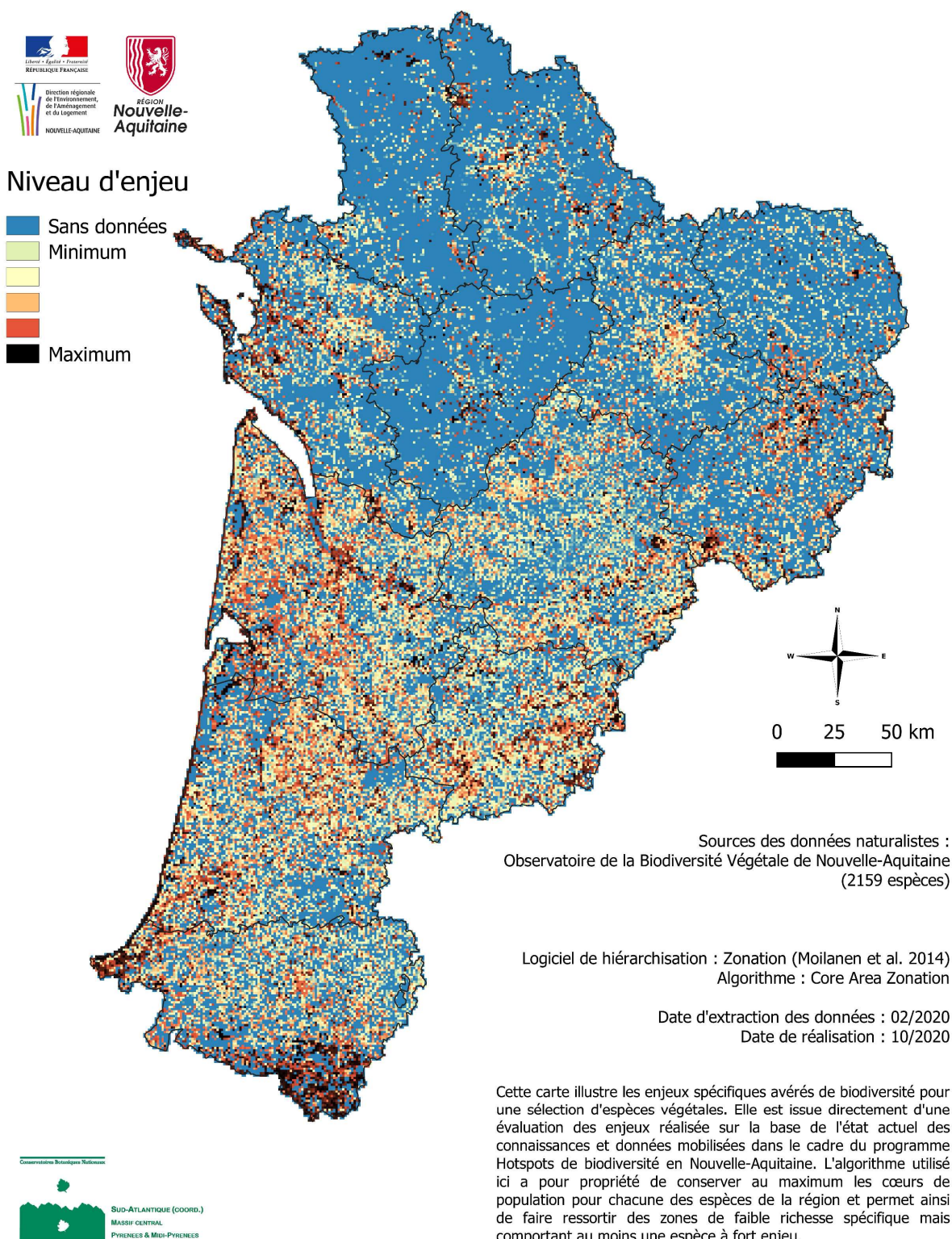
Carte des enjeux cumulés de biodiversité



Cette carte illustre les enjeux cumulés avérés de biodiversité pour une sélection d'espèces végétales. Elle est issue directement d'une évaluation des enjeux réalisée sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme utilisé ici a pour propriété d'additionner les enjeux des espèces présentes au sein de chaque maille et permet ainsi de faire ressortir à l'échelle de la région les zones de concentration en espèces à enjeu.

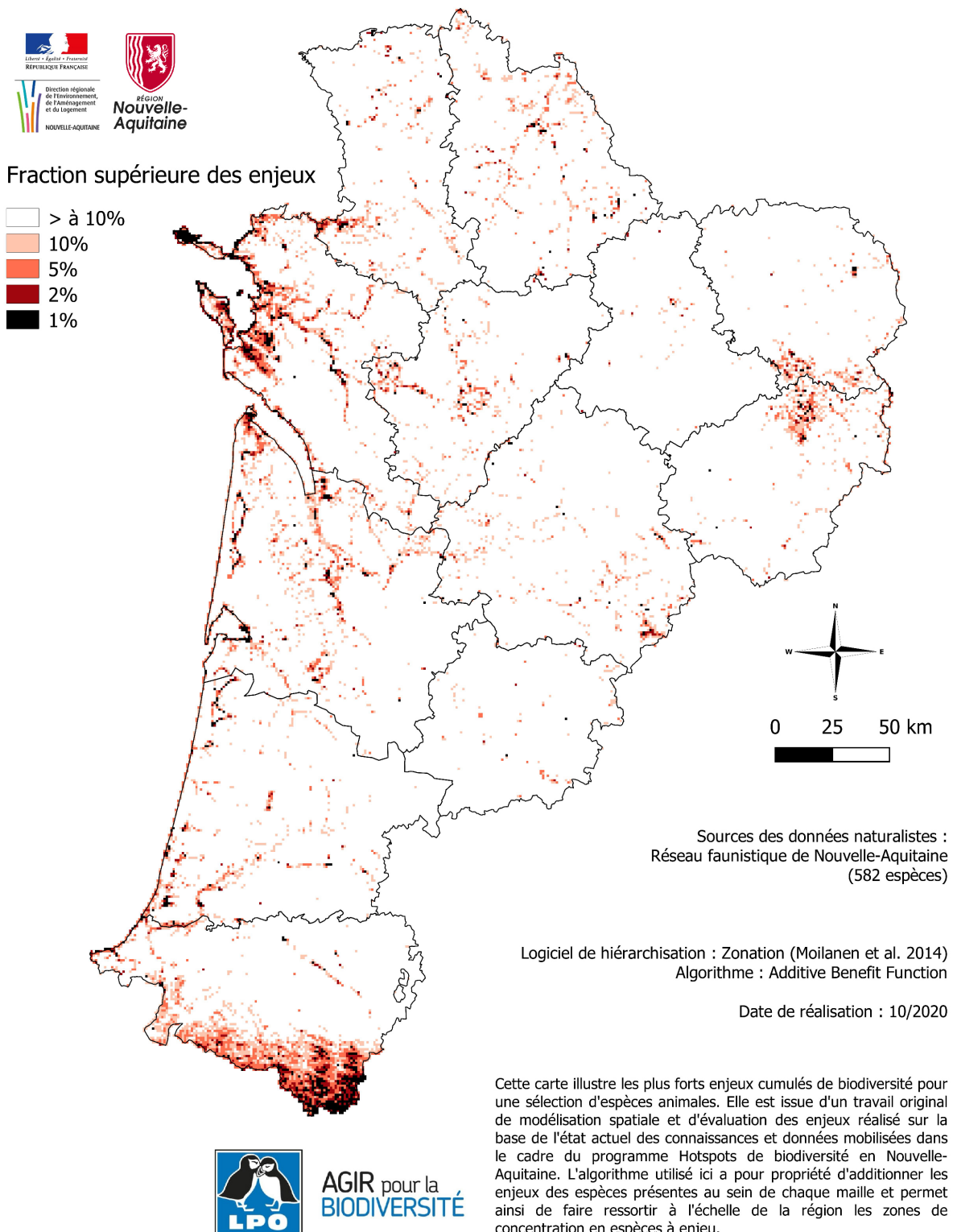
Hotspots avérés de la flore de Nouvelle-Aquitaine

Carte des enjeux spécifiques de biodiversité



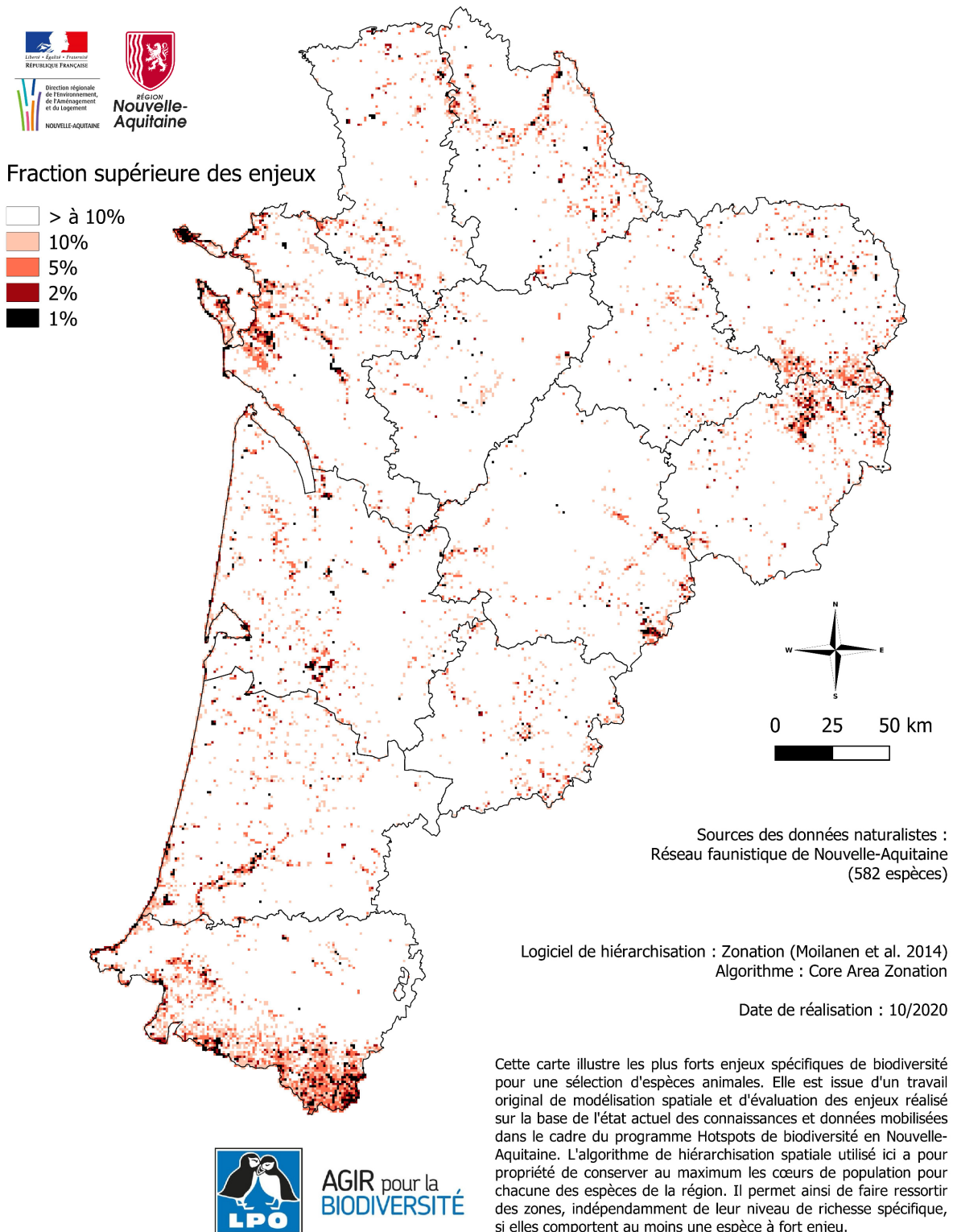
Hotspots de la faune de Nouvelle-Aquitaine

Carte des plus forts enjeux cumulés de biodiversité



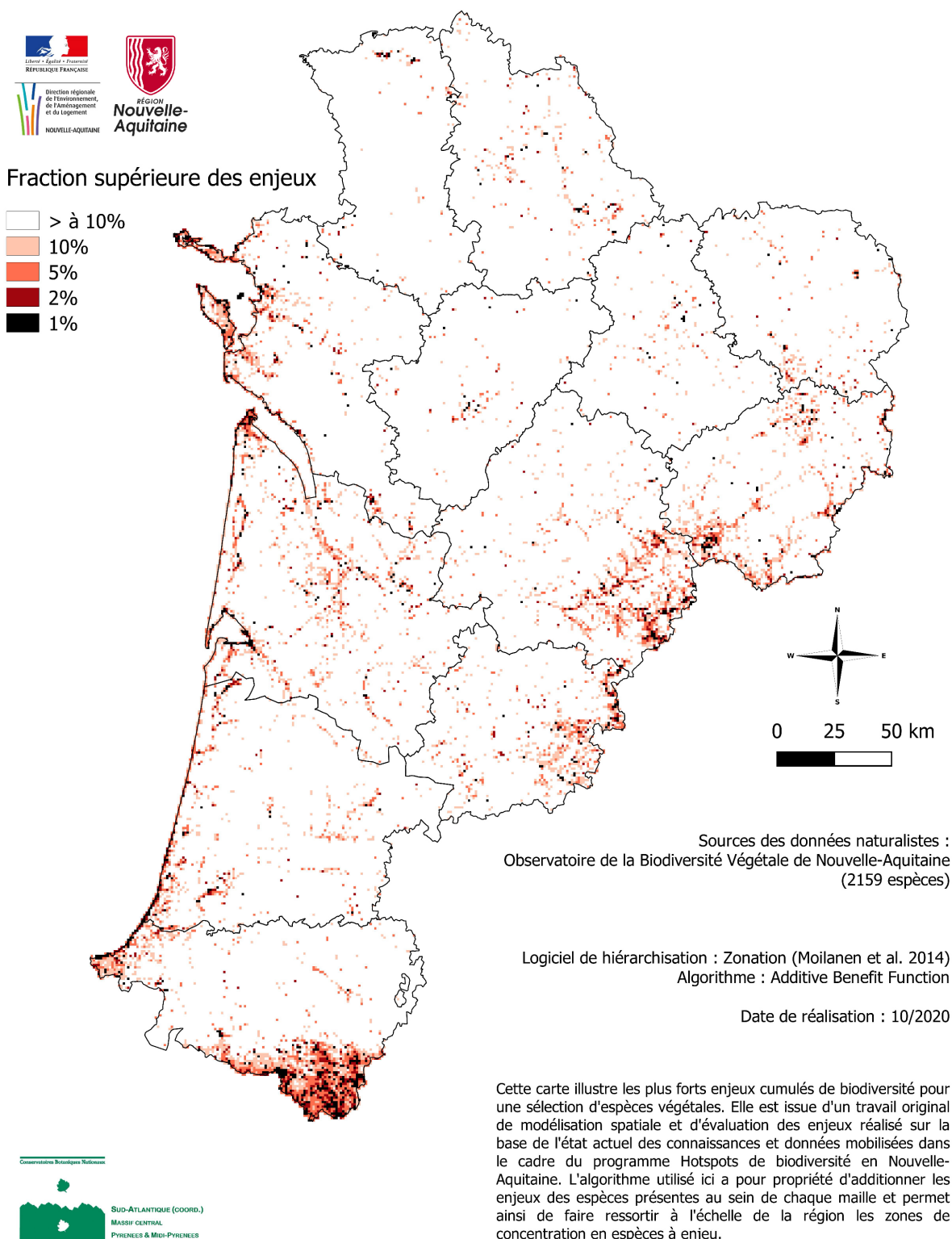
Hotspots de la faune de Nouvelle-Aquitaine

Carte des plus forts enjeux spécifiques de biodiversité



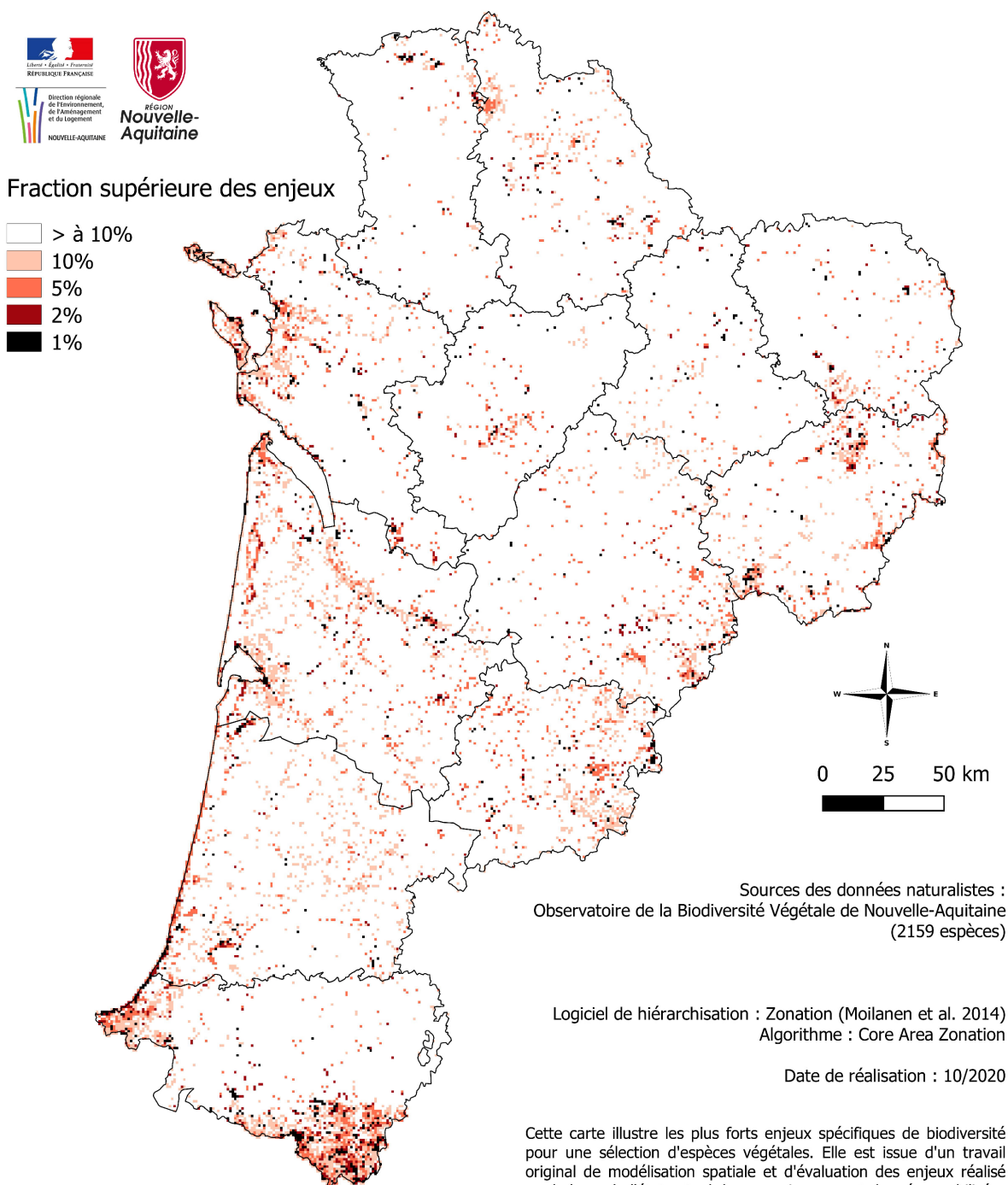
Hotspots de la flore de Nouvelle-Aquitaine

Carte des plus forts enjeux cumulés de biodiversité



Hotspots de la flore de Nouvelle-Aquitaine

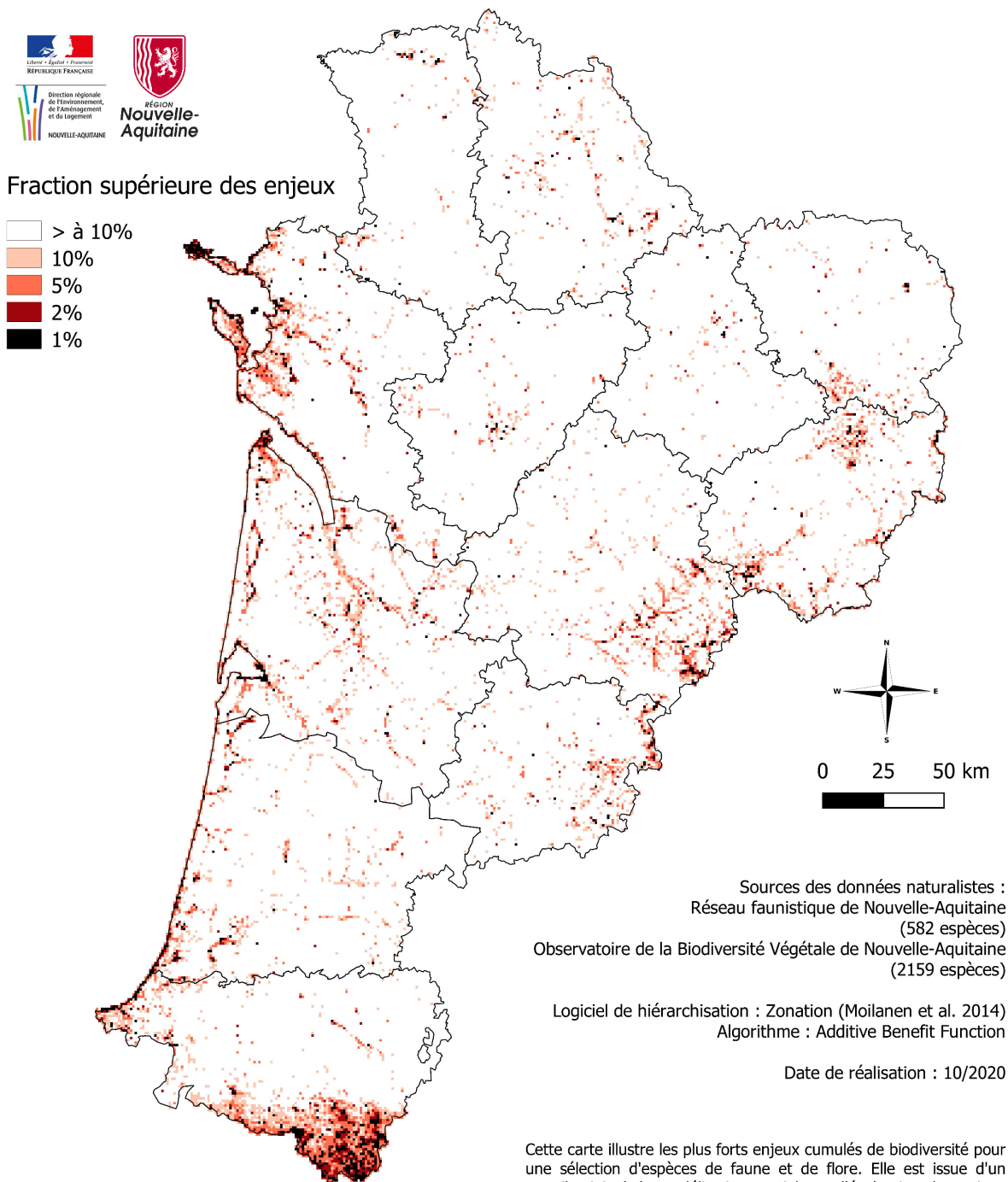
Carte des plus forts enjeux spécifiques de biodiversité



Cette carte illustre les plus forts enjeux spécifiques de biodiversité pour une sélection d'espèces végétales. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme de hiérarchisation spatiale utilisé ici a pour propriété de conserver au maximum les cœurs de population pour chacune des espèces de la région. Il permet ainsi de faire ressortir des zones, indépendamment de leur niveau de richesse spécifique, si elles comportent au moins une espèce à fort enjeu.

Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine

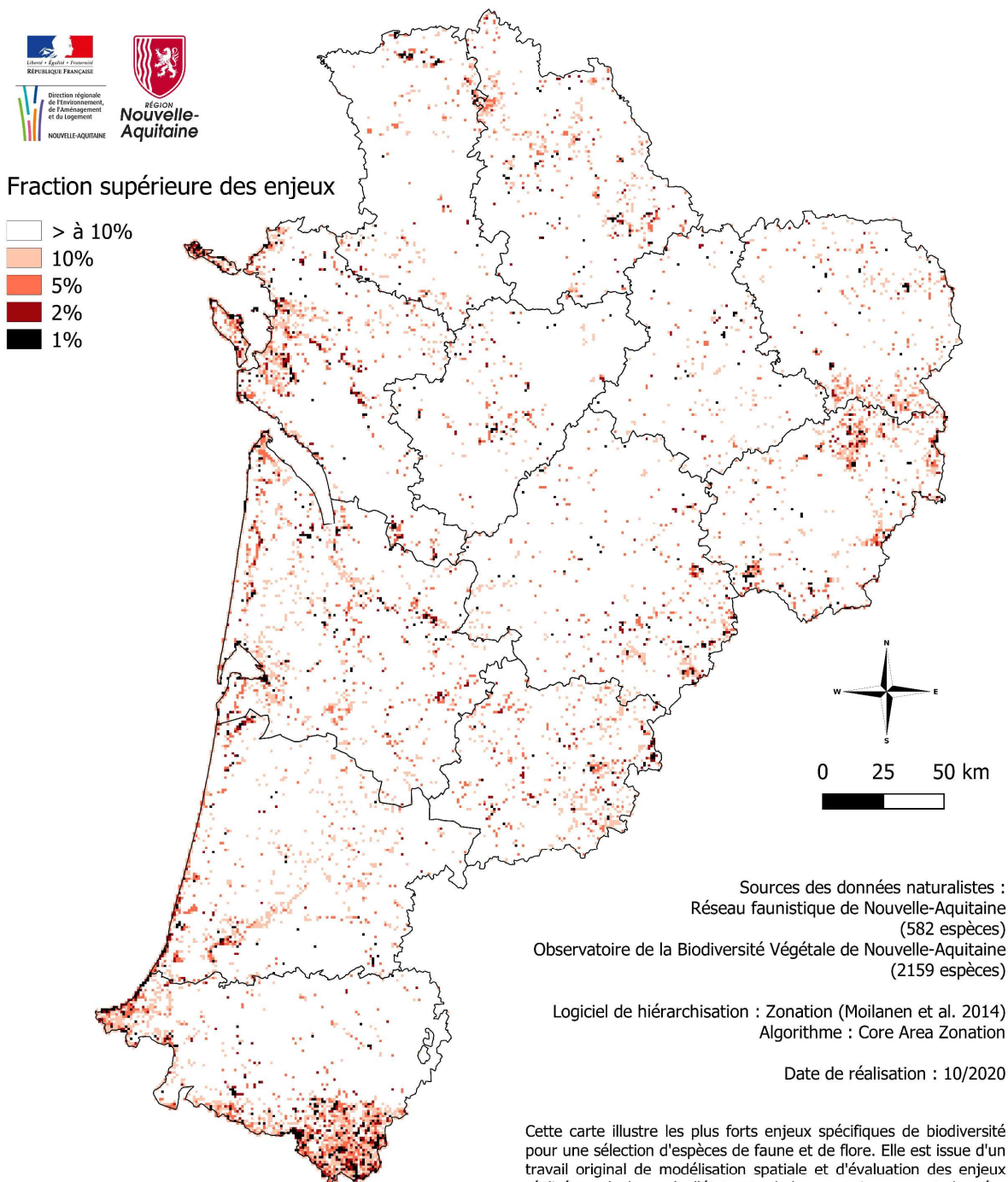
Carte des plus forts enjeux cumulés de biodiversité



Cette carte illustre les plus forts enjeux cumulés de biodiversité pour une sélection d'espèces de faune et de flore. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme utilisé ici a pour propriété d'additionner les enjeux des espèces présentes au sein de chaque maille et permet ainsi de faire ressortir à l'échelle de la région les zones de concentration en espèces à enjeu.

Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine

Carte des plus forts enjeux spécifiques de biodiversité



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

Cette carte illustre les plus forts enjeux spécifiques de biodiversité pour une sélection d'espèces de faune et de flore. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme de hiérarchisation spatiale utilisé ici a pour propriété de conserver au maximum les cœurs de population pour chacune des espèces de la région. Il permet ainsi de faire ressortir des zones, indépendamment de leur niveau de richesse spécifique, si elles comportent au moins une espèce à fort enjeu.

Hotspots de la faune de Nouvelle-Aquitaine

Carte des mailles de plus forts enjeux cumulés
ne disposant pas d'aires de protection forte



Fraction supérieure des enjeux

■ avec protection

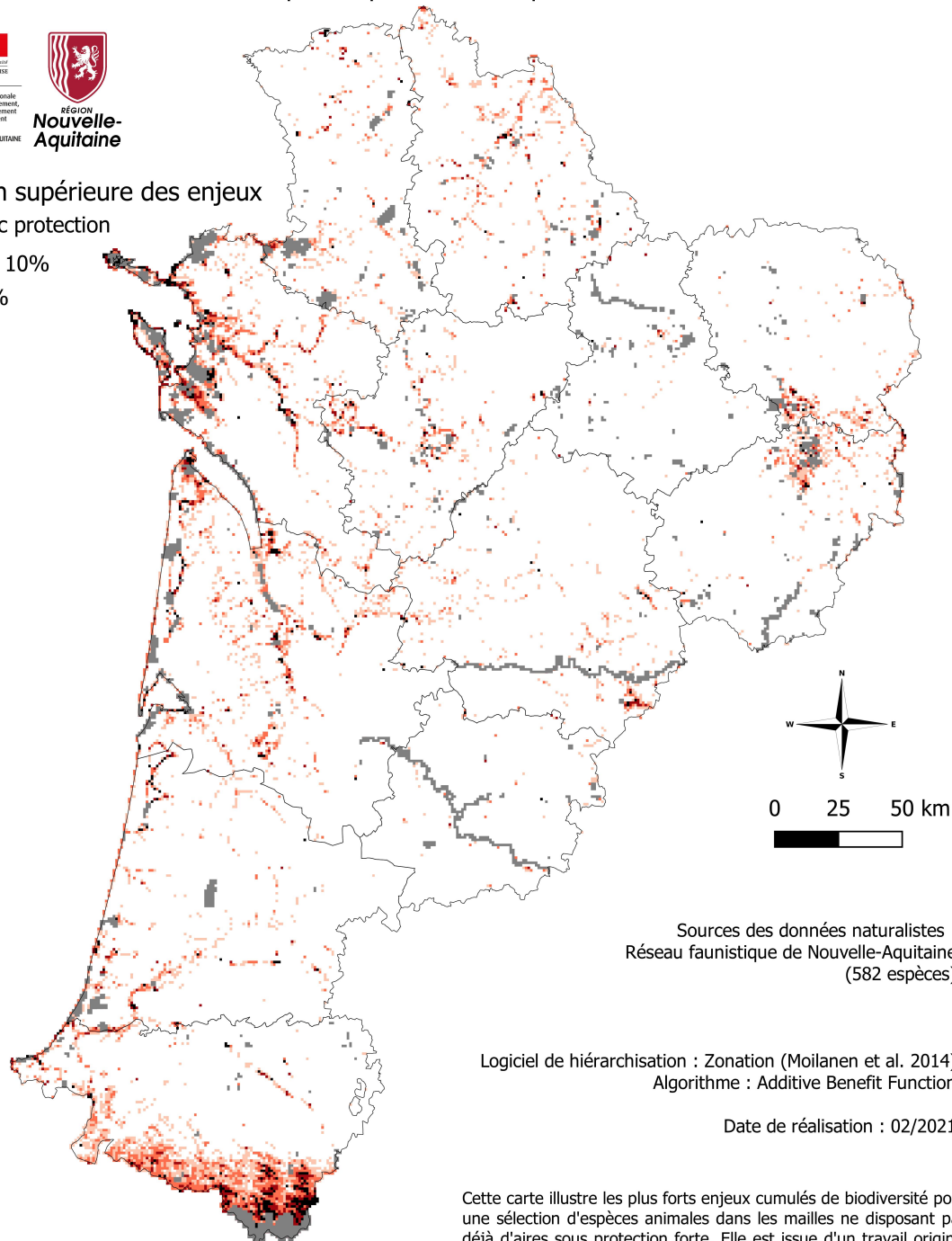
□ > à 10%

■ 10%

■ 5%

■ 2%

■ 1%



Sources des données naturalistes :
Réseau faunistique de Nouvelle-Aquitaine
(582 espèces)

Logiciel de hiérarchisation : Zonation (Moilanen et al. 2014)
Algorithme : Additive Benefit Function

Date de réalisation : 02/2021



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

Cette carte illustre les plus forts enjeux cumulés de biodiversité pour une sélection d'espèces animales dans les mailles ne disposant pas déjà d'aires sous protection forte. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme de hiérarchisation spatiale utilisé ici a pour propriété d'additionner les enjeux des espèces présentes au sein de chaque maille et permet ainsi de faire ressortir à l'échelle de la région les zones de concentration en espèces à enjeu.

Hotspots de la faune de Nouvelle-Aquitaine

Carte des mailles de plus forts enjeux spécifiques
ne disposant pas d'aires de protection forte



Fraction supérieure des enjeux

■ avec protection

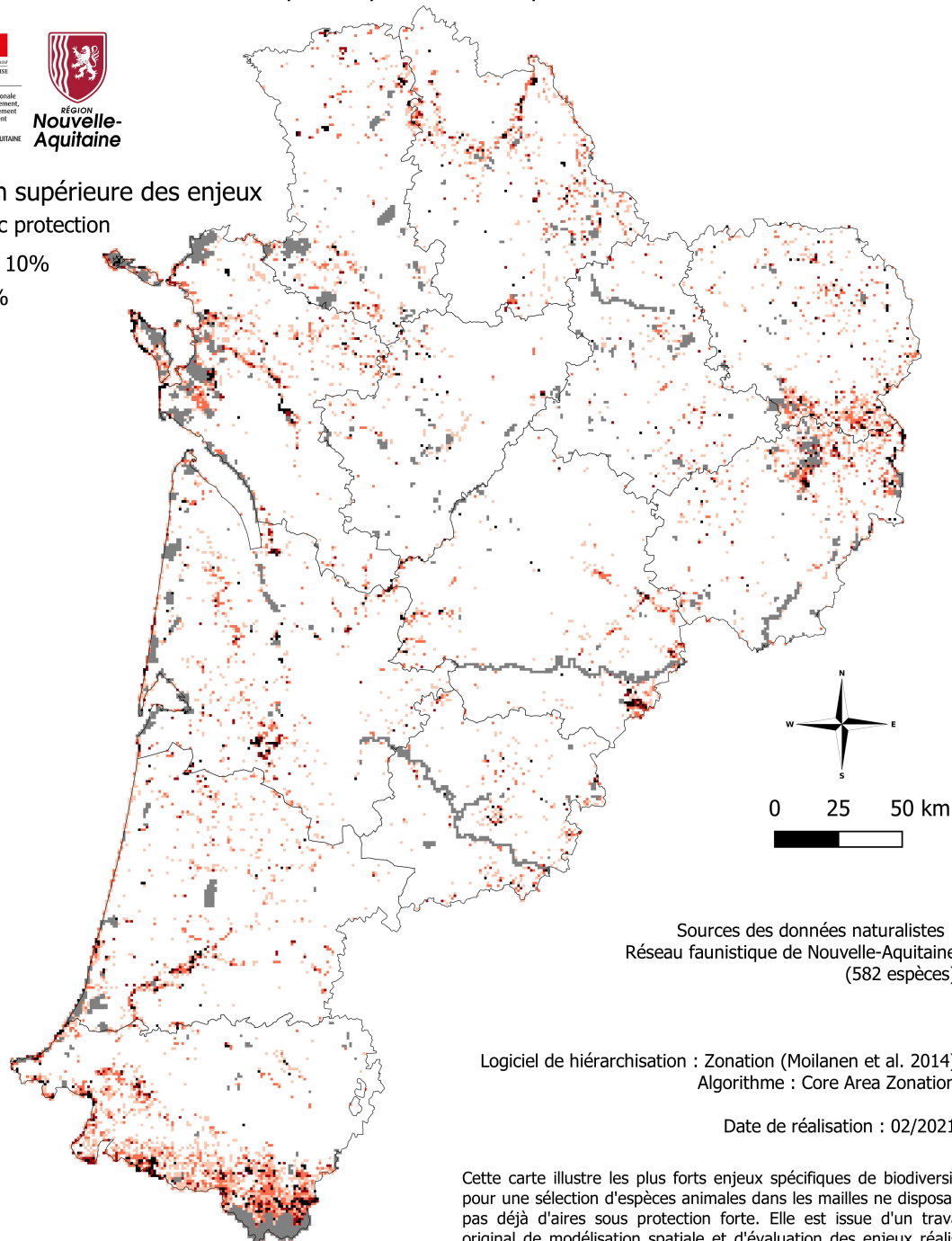
□ > à 10%

■ 10%

■ 5%

■ 2%

■ 1%



Sources des données naturalistes :
Réseau faunistique de Nouvelle-Aquitaine
(582 espèces)

Logiciel de hiérarchisation : Zonation (Moilanen et al. 2014)
Algorithme : Core Area Zonation

Date de réalisation : 02/2021



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

Cette carte illustre les plus forts enjeux spécifiques de biodiversité pour une sélection d'espèces animales dans les mailles ne disposant pas déjà d'aires sous protection forte. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme de hiérarchisation spatiale utilisé ici a pour propriété de conserver au maximum les cœurs de population pour chacune des espèces de la région. Il permet ainsi de faire ressortir des zones, indépendamment de leur niveau de richesse spécifique, si elles comportent au moins une espèce à fort enjeu.

Hotspots de la flore de Nouvelle-Aquitaine

Carte des mailles de plus forts enjeux cumulés
ne disposant pas d'aires de protection forte



Fraction supérieure des enjeux

■ avec protection

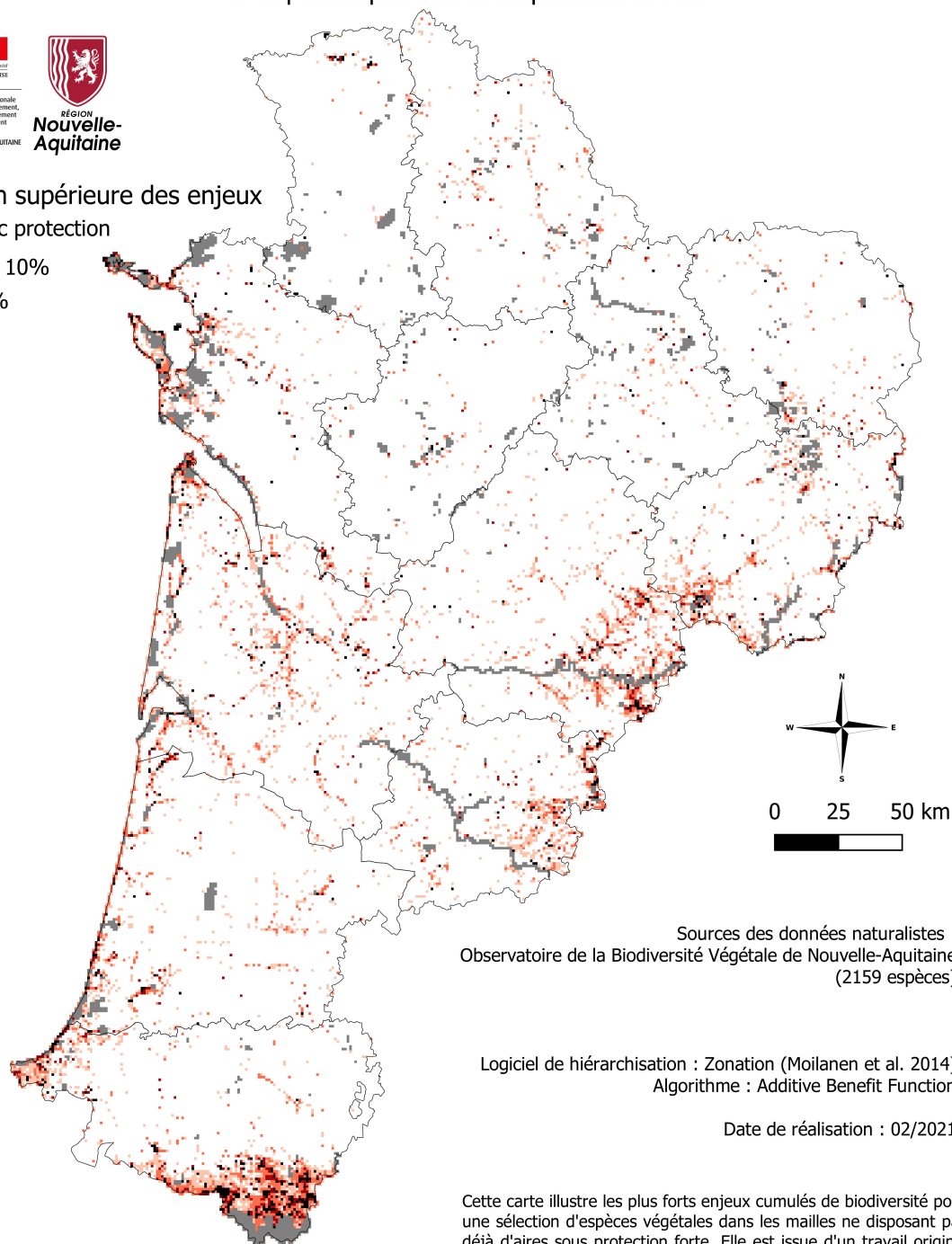
□ > à 10%

■ 10%

■ 5%

■ 2%

■ 1%



Sources des données naturalistes :
Observatoire de la Biodiversité Végétale de Nouvelle-Aquitaine
(2159 espèces)

Logiciel de hiérarchisation : Zonation (Moilanen et al. 2014)
Algorithme : Additive Benefit Function

Date de réalisation : 02/2021

Cette carte illustre les plus forts enjeux cumulés de biodiversité pour une sélection d'espèces végétales dans les mailles ne disposant pas déjà d'aires sous protection forte. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme de hiérarchisation spatiale utilisé ici a pour propriété d'additionner les enjeux des espèces présentes au sein de chaque maille et permet ainsi de faire ressortir à l'échelle de la région les zones de concentration en espèces à enjeu.



Hotspots de la flore de Nouvelle-Aquitaine

Carte des mailles de plus forts enjeux spécifiques
ne disposant pas d'aires de protection forte



Fraction supérieure des enjeux

■ avec protection

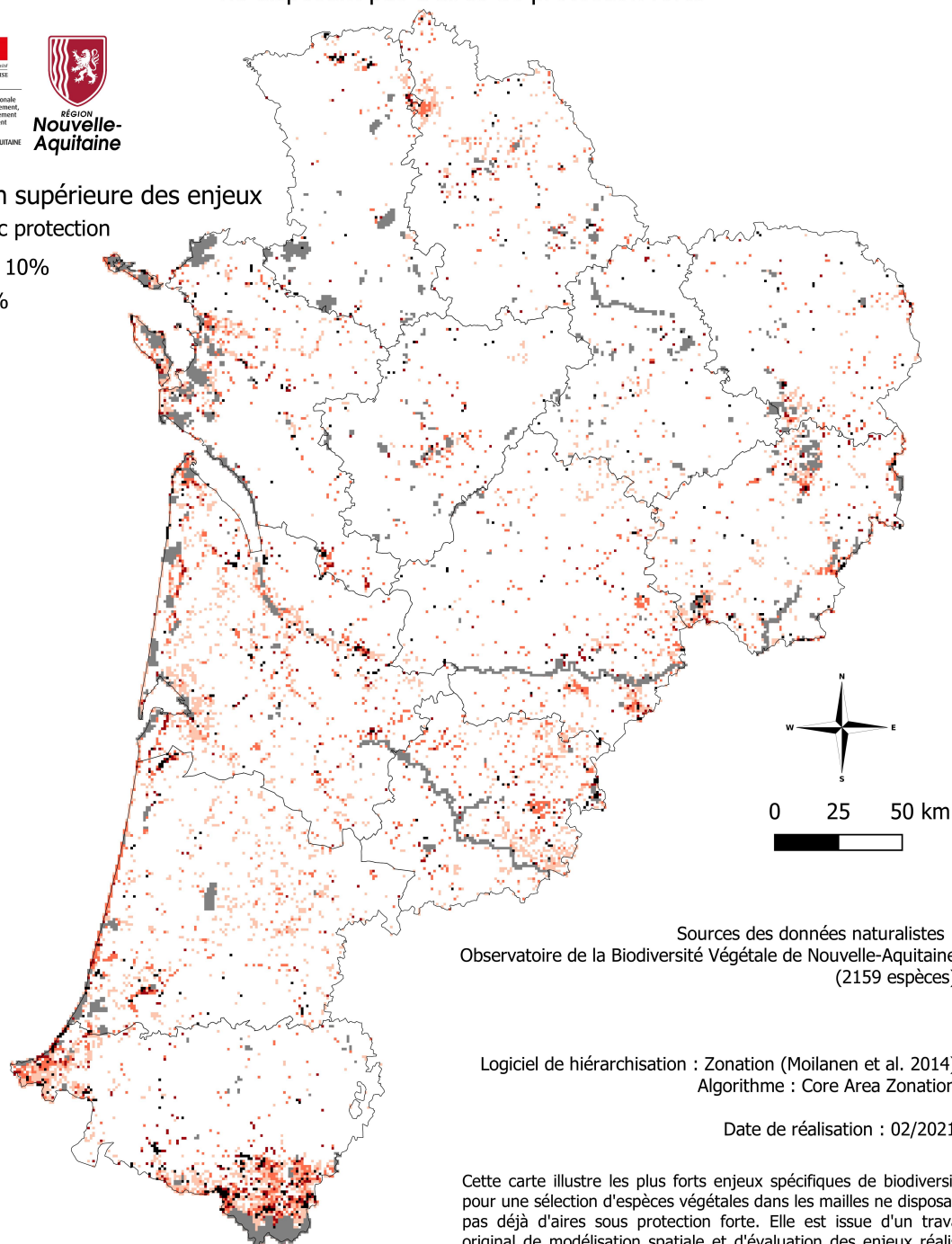
□ > à 10%

■ 10%

■ 5%

■ 2%

■ 1%



Sources des données naturalistes :
Observatoire de la Biodiversité Végétale de Nouvelle-Aquitaine
(2159 espèces)

Logiciel de hiérarchisation : Zonation (Moilanen et al. 2014)
Algorithme : Core Area Zonation

Date de réalisation : 02/2021

Cette carte illustre les plus forts enjeux spécifiques de biodiversité pour une sélection d'espèces végétales dans les mailles ne disposant pas déjà d'aires sous protection forte. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme de hiérarchisation spatiale utilisé ici a pour propriété de conserver au maximum les cœurs de population pour chacune des espèces de la région. Il permet ainsi de faire ressortir des zones, indépendamment de leur niveau de richesse spécifique, si elles comportent au moins une espèce à fort enjeu.



Hotspots de biodiversité de Nouvelle-Aquitaine

Carte des mailles de plus forts enjeux cumulés
ne disposant pas d'aires de protection forte



Fraction supérieure des enjeux

■ avec protection

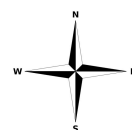
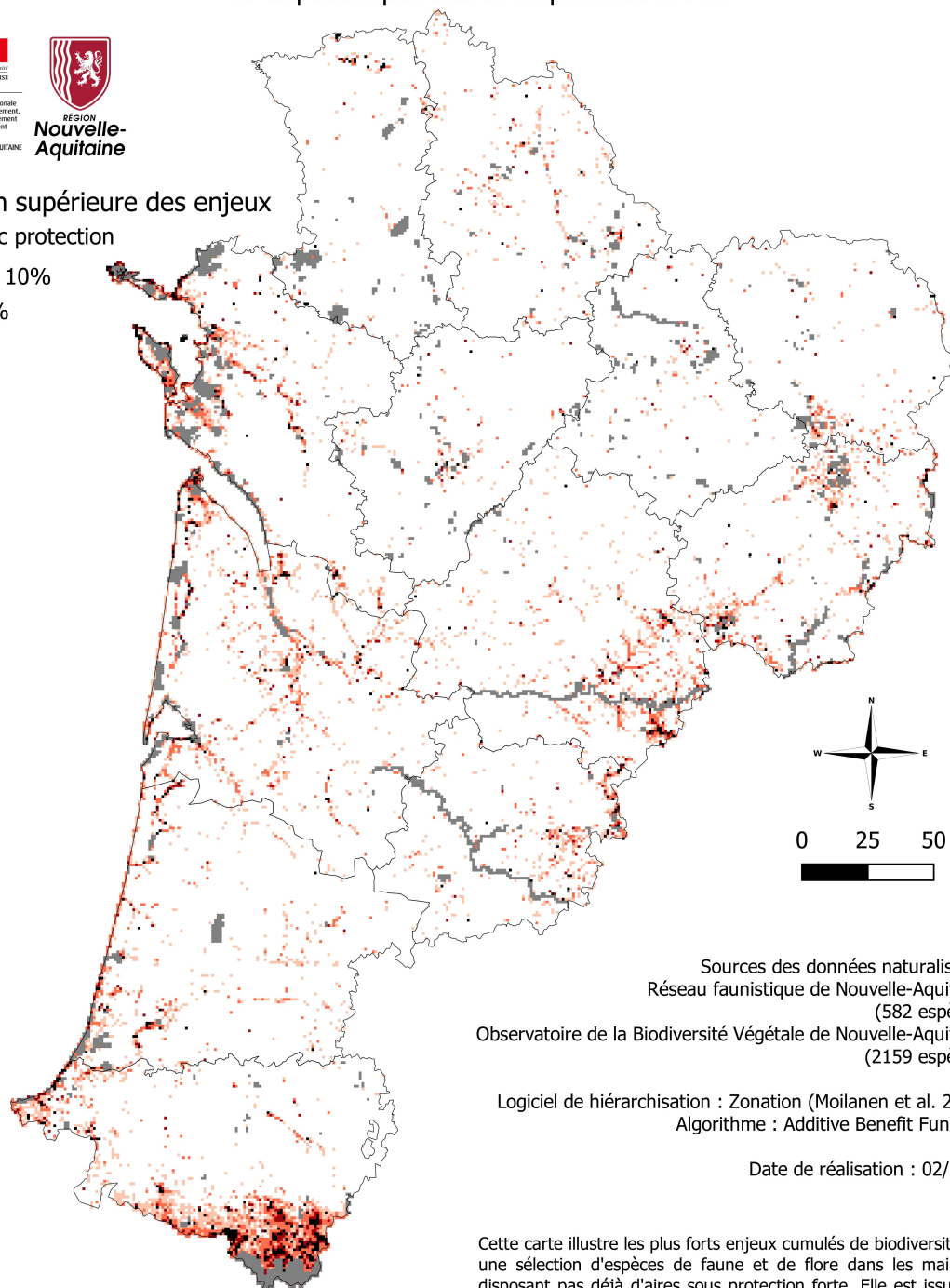
□ > à 10%

■ 10%

■ 5%

■ 2%

■ 1%



0 25 50 km



Sources des données naturalistes :
Réseau faunistique de Nouvelle-Aquitaine
(582 espèces)

Observatoire de la Biodiversité Végétale de Nouvelle-Aquitaine
(2159 espèces)

Logiciel de hiérarchisation : Zonation (Moilanen et al. 2014)
Algorithme : Additive Benefit Function

Date de réalisation : 02/2021

Cette carte illustre les plus forts enjeux cumulés de biodiversité pour une sélection d'espèces de faune et de flore dans les mailles ne disposant pas déjà d'aires sous protection forte. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme de hiérarchisation spatiale utilisé ici a pour propriété d'additionner les enjeux des espèces présentes au sein de chaque maille et permet ainsi de faire ressortir à l'échelle de la région les zones de concentration en espèces à enjeu.



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

Hotspots de biodiversité de Nouvelle-Aquitaine

Carte des mailles de plus forts enjeux spécifiques
ne disposant pas d'aires de protection forte



Fraction supérieure des enjeux

■ avec protection

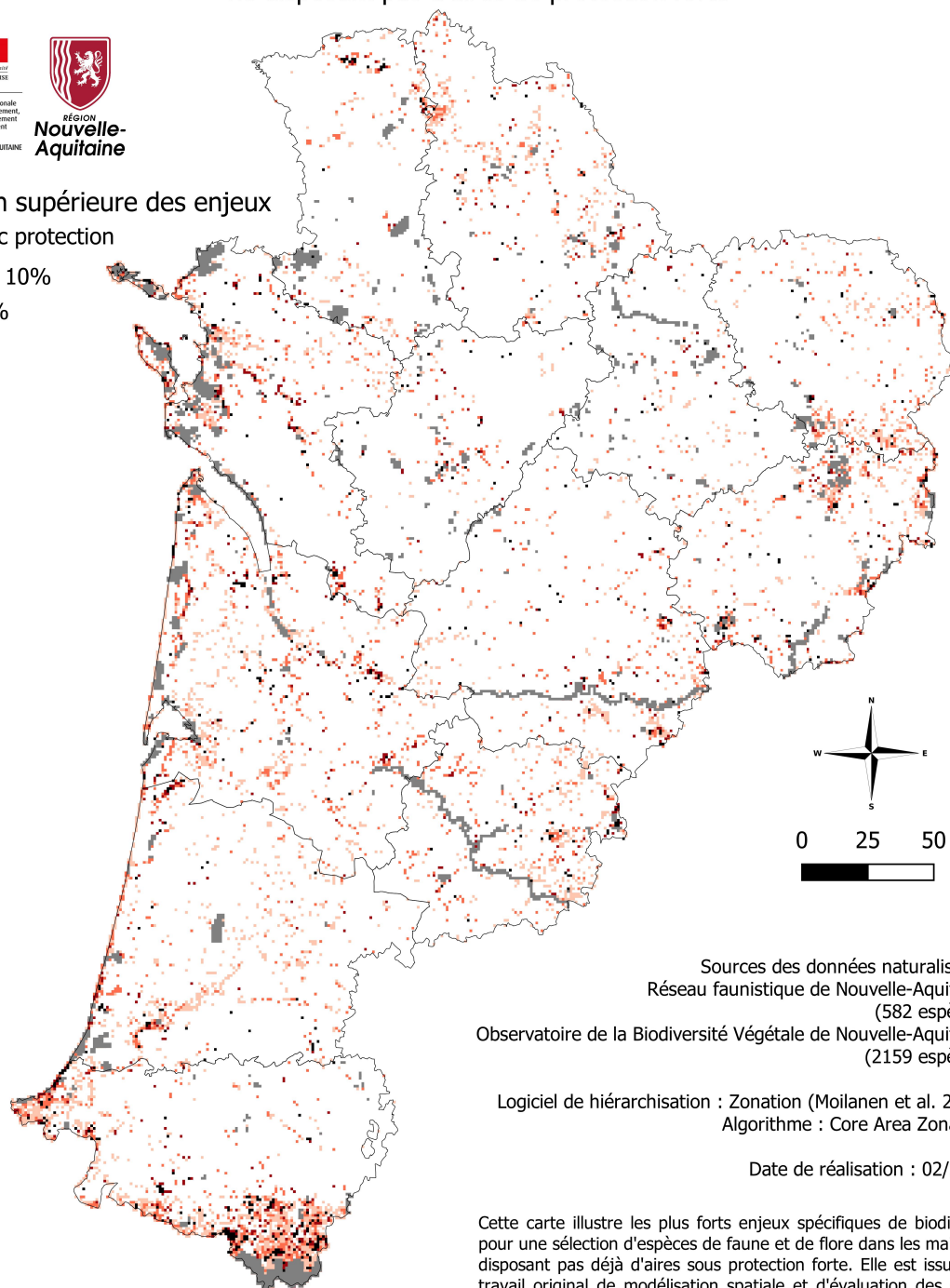
□ > à 10%

■ 10%

■ 5%

■ 2%

■ 1%



Sources des données naturalistes :
Réseau faunistique de Nouvelle-Aquitaine
(582 espèces)

Observatoire de la Biodiversité Végétale de Nouvelle-Aquitaine
(2159 espèces)

Logiciel de hiérarchisation : Zonation (Moilanen et al. 2014)
Algorithme : Core Area Zonation

Date de réalisation : 02/2021

Cette carte illustre les plus forts enjeux spécifiques de biodiversité pour une sélection d'espèces de faune et de flore dans les mailles ne disposant pas déjà d'aires sous protection forte. Elle est issue d'un travail original de modélisation spatiale et d'évaluation des enjeux réalisé sur la base de l'état actuel des connaissances et données mobilisées dans le cadre du programme Hotspots de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine. L'algorithme de hiérarchisation spatiale utilisé ici a pour propriété de conserver au maximum les cœurs de population pour chacune des espèces de la région. Il permet ainsi de faire ressortir des zones, indépendamment de leur niveau de richesse spécifique, si elles comportent au moins une espèce à fort enjeu.



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ

10. LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Nombre d'espèces connues par maille de 1x1 km pour les taxons retenus pour la flore (à gauche) et pour la faune (à droite) en Nouvelle-Aquitaine	14
Figure 2 : Schéma du processus de modélisation des répartitions spatiales potentielles des espèces.....	21
Figure 3 : Valeurs des indices de bioévaluation de chacune des espèces de faune et de flore en fonction de leur rang de classement.....	23
Figure 4 : Schéma du processus de hiérarchisation des enjeux	24
Figure 5 : Schéma du calcul de la valeur d'enjeu des mailles avec l'algorithme Core Area Zonation	26
Figure 6 : Schéma du calcul de la valeur d'enjeu des mailles avec l'algorithme Additive Benefit Function	26
Figure 7 : Surfaces en km ² concernées par des mesures de protection forte et proportions correspondantes en % de la Nouvelle-Aquitaine	29
Figure 8 : Cartes des aires sous protection forte en Nouvelle-Aquitaine (à gauche) et des mailles intersectant ces aires (à droite)	31
Figure 9 : Cartes de répartition spatiale de <i>Timon lepidus</i> en présence avérée (A), en présence estimée par SDM (M) et en version intermédiaire (MA).....	34
Figure 10 : Cartes de répartition spatiale de <i>Festuca vasconensis</i> en présence avérée (A), en présence estimée par SDM (M) et en version intermédiaire avec seuillage des probabilités de présence à 0,5 (M5A)	34
Figure 11 : Cartes de répartition spatiale de <i>Romulea bulbocodium</i> en présence avérée (A), en présence estimée par SDM (M) et en version intermédiaire avec seuillage des probabilités de présence à 0,5 (M5A)	35
Figure 12 : Cartes de répartition spatiale de <i>Muscari motelayi</i> en présence avérée (A), en présence estimée par SDM (M) et en version intermédiaire avec seuillage des probabilités de présence à 0,5 (M5A).....	35
Figure 13 : Cartes des hotspots de l'assemblage d'espèces de faune et de flore pour la Nouvelle-Aquitaine obtenues via l'algorithme CAZ (à gauche) et ABF (à droite).....	36
Figure 14 : Cartes des hotspots de plantes vasculaires pour la Nouvelle-Aquitaine obtenues via l'algorithme CAZ (à gauche) et ABF (à droite)	38
Figure 15 : Cartes des hotspots de la faune pour la Nouvelle-Aquitaine obtenues via l'algorithme CAZ (à gauche) et ABF (à droite)	40
Figure 16 : Cartes de hotspots produites pour la flore vasculaire et pour la faune via l'algorithme ABF, en utilisant uniquement les présences avérées des espèces (à gauche), ou en intégrant les modélisations de leurs répartitions spatiales potentielles (à droite).....	42
Figure 17 : Evolution de la proportion restante de la répartition des espèces en fonction de l'avancement du processus de hiérarchisation en utilisant l'algorithme CAZ	45
Figure 18 : Evolution de la proportion restante de la répartition des espèces en fonction de l'avancement du processus de hiérarchisation en utilisant l'algorithme ABF.....	45
Figure 19 : Evolution de la proportion restante de la répartition de quelques espèces caractéristiques en fonction de l'avancement du processus de hiérarchisation en utilisant l'algorithme CAZ.....	46
Figure 20 : Evolution de la proportion restante de la répartition de quelques espèces caractéristiques en fonction de l'avancement du processus de hiérarchisation en utilisant l'algorithme ABF.....	46
Figure 21 : Histogrammes des notes d'enjeux correspondant aux mailles de 1x1 km intersectant des aires sous protection forte	47
Figure 22 : Valeurs médianes des notes d'enjeu, en fonction du groupe taxonomique considéré et des algorithmes utilisés, pour les mailles intersectant des aires sous protection forte	49

Figure 23 : Fraction supérieure des enjeux de biodiversité non couverts par le réseau d'aires sous protection forte de Nouvelle-Aquitaine avec l'algorithme CAZ (à gauche) ou ABF (à droite).....	50
Figure 24 : Surfaces totales en km ² des mailles de hotspots qui disposent (plein) ou non (hachuré) d'une partie au moins de leur emprise correspondant à une aire sous protection forte, en fonction du groupe taxonomique considéré et des algorithmes utilisés, pour différents seuils (1, 2, 5 et 10%) de la fraction supérieure des enjeux de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine	51
Figure 25 : Proportion en % des mailles de hotspots qui ne disposent pas d'aires sous protection forte, en fonction du groupe taxonomique considéré et des algorithmes utilisés, pour différents seuils (1, 2, 5 et 10%) de la fraction supérieure des enjeux de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine.....	52
Figure 26 : Pression d'observation (nombre de données) sur la flore vasculaire en Nouvelle-Aquitaine (CBNSA, 2020, consulté le 24/02/2021) aux mailles de 5x5 km (à gauche) et 1x1 km (à droite).....	65
Figure 27 : Comparaison entre la pression d'observation sur la flore vasculaire aux mailles de 1x1 km et 5x5 km dans un département bien connu, le Lot-et-Garonne (CBNSA, 2020, consulté le 24/02/2021).....	66
Figure 28 : Pression d'observation au 31/12/2019 pour les Bryophytes (haut à gauche), les Charophytes (haut à droite), les Lichens (bas à gauche), les Champignons (bas à droite) (CBNSA, 2020, consulté le 12/07/2019) ..	67
Figure 29 : Pression d'observations sur la flore vasculaire en Aquitaine, Limousin et Poitou-Charentes au cours des décennies 1980-1990, 1990-2000, 2000-2010 et 2010-2019 aux mailles de 2x2 km - échelles non identiques (CBNSA, 2020, consulté le 24/04/2019).....	69
Figure 30 : Pression d'observations sur la flore vasculaire en Limousin au cours des années 1990-1995 et 1995-2000 aux mailles de 2x2 km (CBNSA, 2020, consulté le 24/04/2019).....	70
Figure 31 : Méthode de croisement des listes rouges nationale et régionales pour aboutir à une note de vulnérabilité régionale relative	71
Figure 32 : Bioévaluation des espèces floristiques étudiées en fonction de leur rang, avec (racine) ou sans (brut) ajustement mathématique ultérieur.....	72
Figure 33 : Bioévaluation des espèces faunistiques étudiées en fonction de leur rang, avec (racine cubique) ou sans la transformation racine cubique (brut) qui a été appliquée pour faire converger les bioévaluation faune et flore.	74

11. LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Filtres utilisés pour la sélection des taxons et données – volet flore-fonge-habitats (* : tri manuel à « dire d’expert »).....	13
Tableau 2 : Métadonnées des descripteurs environnementaux utilisés pour les SDM.....	17
Tableau 3 : Catégorisation des descripteurs environnementaux par grands types de facteurs.....	19
Tableau 4 : Surfaces cumulées de chacune des catégories d’aires sous protection forte et proportions correspondantes de la surface régionale.....	28
Tableau 5 : Proportions des cartes utilisées pour les espèces de faune et flore selon les types « M », « A », « MA » et « M5A »	33
Tableau 6 : Surfaces totales en km ² des mailles de hotspots qui disposent (en haut) ou non (en bas) d’aires sous protection forte, en fonction du groupe taxonomique considéré et des algorithmes utilisés, pour différents seuils (1, 2, 5 et 10%) de la fraction supérieure des enjeux en Nouvelle-Aquitaine	51
Tableau 7 : Proportion en % des mailles de hotspots qui ne disposent pas d’aires sous protection forte, en fonction du groupe taxonomique considéré et des algorithmes utilisés, pour différents seuils (1, 2, 5 et 10%) de la fraction supérieure des enjeux de biodiversité en Nouvelle-Aquitaine.....	52