



HAL
open science

Cartographie des pressions anthropiques terrestres en France métropolitaine - Catalogue pour un diagnostic du réseau d'espaces protégés

Olivia Cherrier, Marie-Caroline Prima, Paul Rouveyrol

► **To cite this version:**

Olivia Cherrier, Marie-Caroline Prima, Paul Rouveyrol. Cartographie des pressions anthropiques terrestres en France métropolitaine - Catalogue pour un diagnostic du réseau d'espaces protégés. PatriNat (OFB-CNRS-MNHN). 2021, 118 p. + 21 p. d'annexes. mnhn-04167557

HAL Id: mnhn-04167557

<https://mnhn.hal.science/mnhn-04167557>

Submitted on 20 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Cartographie des pressions anthropiques en France continentale métropolitaine

Catalogue pour un diagnostic du réseau d'espaces protégés

Olivia Cherrier, Marie-Caroline Prima, Paul Rouveyrol



Juillet 2021

UNITÉ MIXTE DE SERVICE

PATRIMOINE NATUREL



Chef de projet : Paul Rouveyrol (UMS PatriNat)

Chargées de mission : Olivia Cherrier (UMS PatriNat), Marie-Caroline Prima (UMS PatriNat)

Experts mobilisés : Isabelle Witté (UMS PatriNat), Emmanuelle Porcher (CESCO), Colin Fontaine (CESCO), Sébastien Leblond (UMS PatriNat), Caroline Meyer (UMS PatriNat), Pierre Caessteker (OFB), Lucille Billon (UMS PatriNat), Romain Sordello (UMS PatriNat), Véronique De Billy (OFB), Fabienne Benest (IGN), Lise Maciejewski (UMS PatriNat), Julien Massetti (OFB), Brian Padilla (UMS PatriNat)

Relecture : Katia Hérard (UMS PatriNat), Lilian Léonard (UMS PatriNat)

Référence du rapport conseillée : Cherrier, O., Prima, M-C., Rouveyrol, P., 2021. Cartographie des pressions anthropiques en France continentale métropolitaine - Catalogue pour un diagnostic du réseau d'espaces protégés, UMS PatriNat (OFB/CNRS/MNHN), Paris, 110p.

L'UMS Patrimoine Naturel - PatriNat

Centre d'expertise et de données sur la nature



Depuis janvier 2017, l'Unité Mixte de Service 2006 Patrimoine Naturel assure des missions d'expertise et de gestion des connaissances pour ses trois tutelles, que sont le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), l'Office français de la biodiversité (OFB) et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Son objectif est de fournir une expertise fondée sur la collecte et l'analyse de données de la biodiversité et de la géodiversité présentes sur le territoire français, et sur la maîtrise et l'apport de nouvelles connaissances en écologie, sciences de l'évolution et anthropologie. Cette expertise, établie sur une approche scientifique, doit contribuer à faire émerger les questions et à proposer les réponses permettant d'améliorer les politiques publiques portant sur la biodiversité, la géodiversité et leurs relations avec les sociétés et les humains.

En savoir plus : patrinat.fr

Co-directeurs :

Laurent PONCET, directeur en charge du centre de données

Julien TOUROULT, directeur en charge des rapportages et de la valorisation

Inventaire National du Patrimoine Naturel



Porté par l'UMS PatriNat, cet inventaire est l'aboutissement d'une démarche qui associe scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse sur le patrimoine naturel en France. Les données fournies par les partenaires sont organisées, gérées, validées et diffusées par le MNHN. Ce système est un dispositif clé du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) et de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB).

Afin de gérer cette importante source d'informations, le Muséum a construit une base de données permettant d'unifier les données à l'aide de référentiels taxonomiques, géographiques et administratifs. Il est ainsi possible d'accéder à des listes d'espèces par commune, par espace protégé ou par maille de 10x10 km. Grâce à ces systèmes de référence, il est possible de produire des synthèses, quelle que soit la source d'information.

Ce système d'information permet de consolider des informations qui étaient jusqu'à présent dispersées. Il concerne la métropole et l'outre-mer, aussi bien sur la partie terrestre que marine. C'est une contribution majeure pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel.

En savoir plus : inpn.mnhn.fr

SOMMAIRE

Introduction.....	1
1 Cartographier les pressions anthropiques : méthodologies existantes et état des connaissances	2
1.1 Les pressions sur la biodiversité continentale : définitions et modèles conceptuels	2
1.1.1 Modèles conceptuels de pression existants.....	2
1.1.2 Définitions des termes utilisés dans les analyses de pressions.....	4
1.2 Des cartes de pressions pour quel usage ?	9
2 Les principales pressions anthropiques en France métropolitaine continentale	11
3 Choix d'une typologie de pressions.....	17
3.1 Typologies existantes	17
3.1.1 Typologie des menaces UICN-CMP	17
3.1.2 Typologie des pressions Natura 2000	18
3.1.3 Matrice de pression des diagnostics territoriaux.....	18
3.2 Mise en relation des typologies	24
3.2.1 Méthode de mise en relation des typologies.....	24
3.2.2 Cas particuliers de mise en relation des typologies du diagnostic territorial et de l'UICN	25
3.2.3 Cas particuliers de mise en relation des typologies du diagnostic territorial et de Natura	25
4 Méthode de cartographie des pressions anthropiques	28
4.1 Identification et récupération des données brutes.....	28
4.2 Variabilité spatio-temporelle des données brutes.....	28
4.3 Standardisation des données brutes.....	32
4.4 Mise en lien avec la typologie de pressions des diagnostics territoriaux et sélection des	33
données standardisées.....	33
5 Description détaillée des cartes produites.....	37
5.1 Synthèse des pressions prises en compte.....	37
5.2 Lacunes de connaissances : pressions non cartographiées	40
5.3 Changement d'usage des terres.....	43
5.3.1 Perte physique de surfaces naturelles	43
5.3.2 Changement anthropique d'écosystème	50
5.3.3 Changement naturel d'écosystème.....	55
5.4 Changement de gestion et de structure des écosystèmes	57
5.4.1 Dommage à l'écosystème	57
5.4.2 Obstacle.....	61
5.4.3 Fréquentation, dérangement.....	67
5.5 Pollution	72

5.5.1	Pollution physique – énergétique	72
5.5.2	Pollution physique – déchets	74
5.5.3	Pollution chimique organique	76
5.5.4	Pollution chimique inorganique	81
5.6	Exploitation directe des ressources biologiques, intentionnelle ou non intentionnelle	83
5.6.1	Prélèvement	83
5.6.2	Mortalité accidentelle	87
5.7	Espèces allochtones (dont espèces exotiques envahissantes)	91
5.7.1	Présence d'espèces exotiques envahissantes	91
5.8	Changement climatique	93
5.8.1	Changement des températures (moyennes ou extrêmes)	93
5.8.2	Changement futur du régime de précipitations.....	95
6	Cartes synthétiques par activité.....	97
6.1	Carte de synthèses : avantages et limites	97
6.2	Méthode de cumul des cartes.....	97
6.3	Cartes synthétiques par principaux secteurs d'activité	98
6.3.1	Agriculture intensive	98
6.3.2	Sylviculture	100
6.3.3	Fréquentation, tourisme	102
6.3.4	Urbanisation	103
6.3.5	Changement climatique	104
	Conclusion	106
	Bibliographie.....	107
	Liste des sigles et acronymes utilisés	113
	Annexes	114

Introduction

Lutter contre la perte de biodiversité nécessite en premier lieu de comprendre ce qui menace cette biodiversité, où se situent les risques et à quelle vitesse évoluent le type et l'intensité des menaces, afin de définir quelles sont les actions les plus appropriées pour les éviter (Joppa *et al.* 2016).

La crise environnementale que nous traversons actuellement s'explique par la conjonction de pressions anthropiques multiples, actuelles ou passées, qui engendrent une perte de biodiversité dont le rythme excède de très loin le taux normal de disparition des espèces (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES 2019). Remédier à cette crise c'est avant tout agir sur ces pressions, et la connaissance de ces dernières, à travers leur identification et leur évaluation, est donc une étape essentielle pour tous les programmes de conservation (Salafsky *et al.* 2003). A cet effet, la construction de cartes, localisant, selon leur nature, l'étendue et l'intensité des différentes pressions permet non seulement de comprendre où les pressions s'exercent, mais également où leur effet est le plus fort et comment elles évoluent dans le temps. Pour que la construction de ces cartes soit possible, il est nécessaire de disposer de données issues de programmes de surveillance du sol à grande échelle, d'observations satellites ou encore de données participatives. Ce type de donnée est aujourd'hui en plein essor sur l'ensemble de la planète, permettant d'obtenir des informations sans précédent sur les menaces pesant sur la biodiversité (McGowan 2016).

Le travail présenté ici a été réalisé dans le cadre de la Stratégie Nationale pour les Aires protégées (SNAP, MTE 2021). Il s'inscrit dans la continuité des travaux portant sur l'évaluation de la représentativité et des lacunes du réseau d'espaces protégés terrestres métropolitain français (Léonard *et al.* 2021). Il fait également suite à une première analyse spatiale des données de pressions réalisée fin 2019 par le SDES et l'UMS Patrinat (Lévêque et Witté 2019).

Les précédents travaux de l'UMS Patrinat proposent un diagnostic des secteurs à fort enjeu patrimonial insuffisamment couverts par le réseau d'aires protégées (Léonard *et al.* 2021). Ce travail se prolonge ici par la cartographie des pressions anthropiques dont l'impact, au niveau national, est significatif sur la biodiversité continentale. **L'objectif, à terme, est de croiser les zones de pressions avec celles à fort enjeu, pour identifier les secteurs d'action prioritaire.** De fait, la résolution du maillage 10x10km, utilisée dans les travaux précédents a également été retenue ici¹.

Plus largement, ce travail permet aussi de fournir des données de pressions spatialisées selon un format commun et librement accessible, afin de faciliter leurs croisements avec d'autres données. S'il méritera d'être approfondi par des travaux ultérieurs sur la connaissance des pressions, il constitue d'ores et déjà un premier catalogue de données sur le sujet, mis à disposition en tant qu'outil d'aide à la décision pour l'orientation des politiques publiques.

Avant d'être identifiées et de cartographiées, les pressions anthropiques doivent en premier lieu être définies. C'est l'objet de la première partie du rapport, qui passe en revue les modèles conceptuels de pressions existants et le sens des termes qui y sont employés. Puis, nous identifierons les principales pressions anthropiques en France métropolitaine continentale, et nous présenterons la typologie utilisée pour les classifier. Le catalogue des cartes des parties suivantes permet de localiser ces pressions sur le territoire, de façon individuelle ou cumulée.

¹ En sachant que la plupart des données sont disponibles à une échelle plus fine (Tableau 6 p.29), il est donc toujours possible de revenir à la donnée source pour une utilisation à une échelle plus locale.

1 Cartographier les pressions anthropiques : méthodologies existantes et état des connaissances

1.1 Les pressions sur la biodiversité continentale : définitions et modèles conceptuels

Il n'existe pas de définition unique internationale du terme "pression" : le sens qui est donné à ce terme varie selon les auteurs. Cette variabilité est également à mettre en regard des différents modèles conceptuels qui ont été développés autour de la notion de pression. Nous proposons ici un bilan de ces modèles et des définitions existantes pour les différentes notions qu'ils mettent en jeu, afin de préciser quelle définition nous retiendrons dans le cadre de notre travail.

1.1.1 Modèles conceptuels de pression existants

L'étude des pressions sur la biodiversité a donné lieu au développement de plusieurs modèles conceptuels ; ils sont généralement présentés sous la forme d'une chaîne causale dans laquelle on distingue les forces agissant sur l'environnement, les changements de l'environnement qu'elles entraînent et, le cas échéant, la réaction de la société face à ces changements. Le principal critère distinguant les différents modèles existants concerne le nombre d'étapes considérées dans la chaîne causale (Niemeijer et de Groot 2008). Parmi les modèles les plus généraux, utilisés par exemple dans les évaluations environnementales, on en trouve deux principaux : le cadre « pressions-état-réponses » (PSR – *Pressure State Response*) (Rapport et Friend 1979), développé par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), et le cadre « force motrice-pression-état-impact-réponse » (DPSIR – *Driver-Pressure-State-Impact-Response*) développé par l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) (Stanners *et al.* 1995).

1.1.1.1 Le modèle Pressions-Etat-Réponses (PSR)

Le cadre PSR (cf. Figure 1) est conceptuellement assez simple : les activités humaines exercent une pression sur l'environnement (par exemple la pollution), ce qui induit des changements dans l'état de l'environnement (comme la qualité de l'eau), qui sont susceptibles à leur tour d'entraîner des réponses de la société destinées à prévenir, réduire ou atténuer la pression (telles que des protections réglementaires ou des mesures de gestion) (Gabrielsen et Bosch 2003).

La figure 1 constitue une illustration de ce cadre par l'OCDE. On remarque que les exemples de pressions qui y sont donnés constituent en réalité des « activités humaines » (agriculture, industrie...) tandis que les réponses s'apparentent à des « agents économiques et environnementaux », soit les acteurs à l'origine des réponses (administrations, ménages...) plutôt que les réponses elles-mêmes (Figure 1). Ce mélange d'activité et de pressions est le premier signe des difficultés que posent les termes employés dans ces cadres conceptuels, en particulier « pression », pour lequel la définition recoupe, selon les auteurs, des éléments de nature souvent hétérogène, avec un risque de confusion.

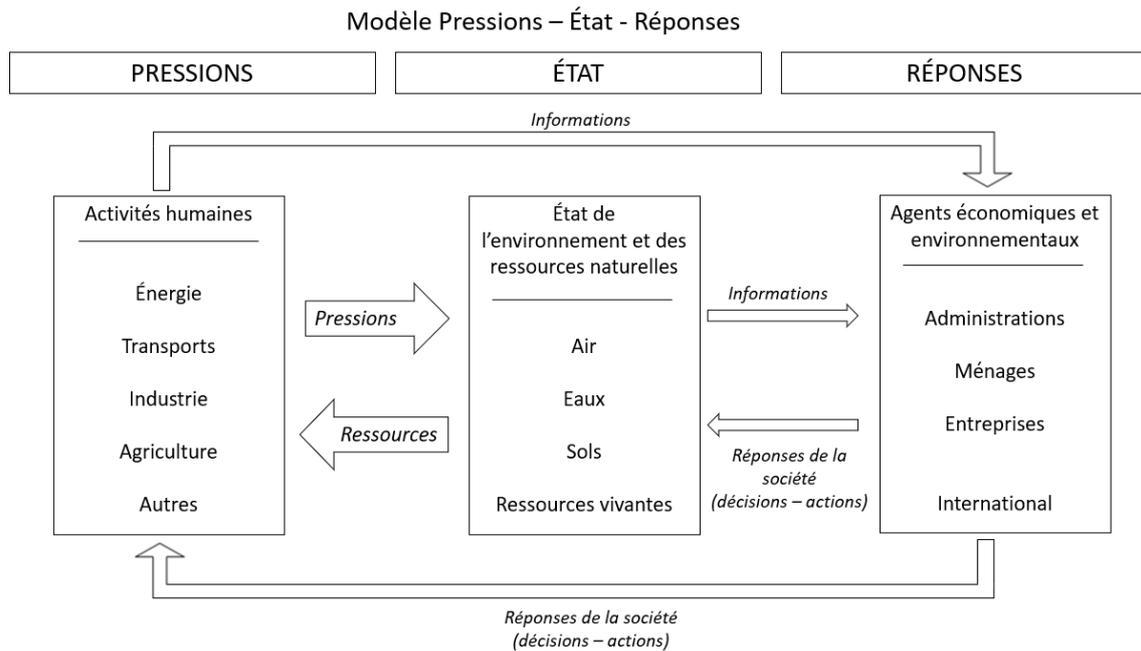


Figure 1: Interactions au sein du modèle Pressions-Etat-Réponses (source : OCDE 1993)

1.1.1.2 Force motrice-Pression-Etat-Impact-Réponse (DPSIR)

La conception du cadre « force motrice-pression-état-impact-réponse » (ou DPSIR), développé par l’AEE, est plus poussée que celle du PSR, avec deux étapes supplémentaires. Il constitue probablement le modèle le plus utilisé.

Dans ce modèle, des moteurs du changement environnemental (par exemple, les politiques d’expansion urbaine), génèrent des pressions sur l’environnement (telles que le rejet de déchets industriels et domestiques) ce qui change l’état de l’environnement (la qualité de l’eau), créant ainsi des impacts (modifications des fonctions écologiques et des services écosystémiques rendus). Cela est susceptible d’impliquer des réponses (en matière de politique et de gestion), curatives ou préventives, qui, si elles sont efficaces, auront des conséquences sur les moteurs, les pressions ou les impacts (par exemple zonages limitant l’étalement urbain), ce qui régénère le cycle.

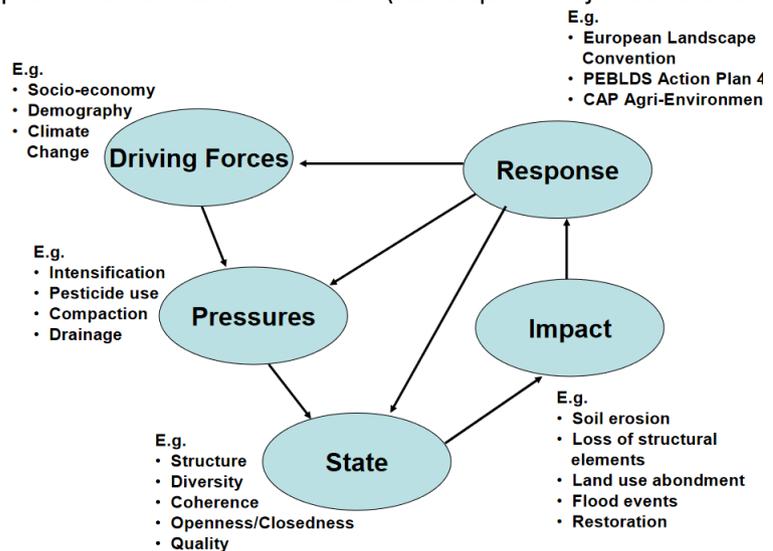


Figure 2: modèle DPSIR, avec des exemples d’indicateurs à l’échelle du paysage (source Washer 2004)

Selon les auteurs, « *driver* » est traduit comme « force motrice » (Fernandez, Bouleau, et Treyer 2011), Irstea²), « facteur » (Observatoire du Développement Rural³), « déterminant » (Cerema et OFB 2020) ou « déterminants sociétaux » (FRB⁴). « *State* » est généralement traduit par « état », mais a également été traduit comme « situation » (Cerema et OFB 2020) : ces différences de terminologie sont un signe supplémentaire de la diversité des interprétations qui peuvent être faites des définitions liées aux modèles conceptuels de pressions. Par ailleurs, la « force motrice », décrite comme un moteur du changement environnemental, est difficile à délimiter (dans l'exemple ci-dessus les politiques d'expansion urbaine découlent elles-mêmes de facteurs économiques, politiques, sociaux, qui sont eux-mêmes susceptibles de s'expliquer par des fondements psychologiques, moraux, religieux, etc.).

Au-delà de ces difficultés de définitions, les critiques les plus fréquemment émises sur ces cadres portent sur trois points :

- la plupart des menaces n'agissent pas individuellement ou de manière additive mais plutôt en interactions synergiques ou antagonistes. C'est le cas par exemple du changement climatique et de la surexploitation par la pêche : l'un peut entraîner une vulnérabilité nettement plus accrue à l'autre (même si cela dépend des caractéristiques de l'espèce, de sa résistance et résilience) (Harley et Rogers-Bennett 2004).
- la plupart des cadres n'intègrent qu'une considération assez simpliste et unidirectionnelle des liens entre les éléments de la chaîne causale. Or chaque facteur (réponses de gestion, pressions, stress...) peut avoir et a souvent des liens multidirectionnels complexes avec d'autres facteurs.
- concernant plus particulièrement le modèle DPSIR, des confusions sont fréquentes lors de sa mise en œuvre entre indicateurs de forces motrices et de pressions, et entre état et impact (Nagendra *et al.* 2012).

Cette dernière critique est notamment illustrée par la compréhension variable du mot « moteur » dans le cadre d'études menées sur les écosystèmes marins (pour lesquels l'utilisation des cadres conceptuels de pression s'est généralisée plus rapidement que pour le milieu continental). Ainsi, selon les sources, le changement climatique est défini comme un moteur, une pression ou encore une menace. La confusion concernant l'attribution de ces trois termes semble être typique et pourrait être liée aux différences entre les cadres contextuels et conceptuels utilisés par les auteurs (Oesterwind *et al.* 2016).

Pour éviter des potentiels malentendus, l'utilisation d'une terminologie unique lors de la mise en œuvre d'un modèle conceptuel de pressions est donc nécessaire. Pour y parvenir, nous avons dans un premier temps recensé les différentes définitions utilisées dans la bibliographie étudiée.

1.1.2 Définitions des termes utilisés dans les analyses de pressions

Les termes utilisés pour décrire les éléments des chaînes causales des modèles conceptuels de pressions sont donc nombreux. En outre, leurs définitions peuvent varier. Un regroupement des différentes terminologies utilisées pour décrire et classifier les moteurs et pressions impactant la biodiversité a été réalisé par Wong (2012). Il a été complété ici par d'autres sources (Lead, Nelson, et

² http://indicateurs-dynamiques-territoriales-lr.irstea.fr/a_telecharger/Le_modele_DPSIR.pdf

³ <https://odr.inra.fr/intranet/carto/cartowiki/index.php/DPSIR>

⁴ <https://www.fondationbiodiversite.fr/wp-content/uploads/2019/10/JFRB2019-Glossaire.pdf>

Bennett 2005; Oesterwind *et al.* 2016; Limoges *et al.* 2013; Judd *et al.* 2015; Triplet 2019; La Rivière *et al.* 2015) (Tableau 1).

Outre les différences de définitions, ces termes peuvent être plus ou moins généraux ou déclinés en différents types. En effet, les moteurs sont souvent étudiés dans un contexte spécifique et décrits avec de nombreux détails et plusieurs niveaux structurels (Oesterwind *et al.* 2016). Par exemple, ils peuvent être distingués en moteurs directs et indirects (MEA, 2003). Il existe également des études où trois catégories de moteurs sont définies (Rodríguez-Labajos *et al.* 2009; Spangenberg 2007) : les moteurs primaires physiques (principalement la consommation de ressources et la pollution), les moteurs secondaires (politiques) et les moteurs tertiaires (par exemple les idéologies). Ces déclinaisons montrent à quel point le terme « moteur » est vaste et nécessite un cadre précis pour qu'il n'y ait pas de confusion lors de la désignation des différents éléments composant la chaîne causale.

Une distinction des pressions est faite dans certaines études, entre celles dont les moteurs sont « internes ou endogènes », liées à la gestion directe du milieu considéré (par exemple le drainage d'une tourbière) ; et celles pour lesquelles les moteurs sont « externes ou exogènes », associées à des activités se déroulant en dehors de la zone étudiée (par exemple des dépôts atmosphériques de soufre ou d'azote dans la tourbière) (Evans *et al.* 2014). Une dimension temporelle peut également être prise en compte, comme dans la définition de pression de Salafsky *et al.* (2008) qui considère les pressions passées, actuelles et futures. Cet aspect temporel se trouve également dans les réponses qui peuvent réduire mais également prévenir les impacts des pressions (Programme des Nations Unies pour l'environnement 2007; Oesterwind *et al.* 2016).

La plupart des auteurs font référence aux sources anthropiques des moteurs ou pressions, mais certains incluent également les causes d'origine naturelle dans leurs définitions (Lead *et al.* 2005; Salafsky *et al.* 2008; Oesterwind *et al.* 2016). De même, la majorité considère uniquement les pressions et impacts ayant un effet négatif, mais pour d'autres les impacts (Oesterwind *et al.* 2016) ou les moteurs (Salafsky *et al.* 2008) peuvent être positifs. Dans la mesure où notre travail vise *in fine* à identifier les secteurs à enjeux menacés pour faciliter les actions de conservation, **nous limiterons le terme de pression à celles causées par l'activité humaine et dont l'effet sur la biodiversité est négatif.**

Selon ces sources, une pression est décrite comme « une activité humaine », « un facteur », « un mécanisme », ou encore « un processus ». Il nous semble pour notre part important de distinguer pression et activité : la pression n'est pas une activité en elle-même, mais un phénomène (par exemple la perte d'habitat) induit par une activité (par exemple l'agriculture).

Dans le cadre de ce travail, la définition la plus pertinente, et que nous retiendrons dans la suite du rapport, est celle de Judd *et al.* (2015) : « Événement ou agent (biologique, chimique ou physique) exercé par une source (dérivé d'une activité) pour produire un effet qui peut conduire à un dommage ou causer des impacts négatifs. »

Tableau 1 : définitions utilisées dans les différents travaux concernant les pressions.

CDB = Convention sur la diversité biologique, MEA = Millenium Ecosystems Assessment, PNUE=Programme des nations Unies pour l'Environnement

Rubrique DPSIR	Terme employé dans la source	Source	Définition
Force motrice	Forces motrices (indirectes, sous-jacentes)	(PNUE 2007)	Processus fondamentaux dans la société qui donnent lieu à des activités exerçant un impact direct sur l'environnement. Ces processus comprennent la démographie, les processus économiques, les découvertes scientifiques et les innovations technologiques, les mécanismes de répartition ainsi que les processus culturels, sociaux, politiques et institutionnels.
	<i>“ Contributing factors “ (underlying factors, drivers or root causes)</i>	(Salafsky et al. 2008)	Une condition ou un environnement, généralement de nature sociale, économique, politique, institutionnelle ou culturelle, qui permet ou contribue à la matérialisation et/ou à la persistance d'une menace directe. Toute menace directe donnée est généralement le résultat d'une chaîne de facteurs contributifs. Dans une analyse de situation, ces facteurs sont souvent subdivisés en menaces indirectes (facteurs ayant un effet négatif, comme la demande du marché pour le poisson) et en opportunités (facteurs ayant un effet positif, comme le système d'aménagement du territoire d'un pays qui favorise la conservation).
	Moteur (<i>“driver”</i>)	(MEA 2003)	Tout facteur qui change l'aspect d'un écosystème.
		(Lead, Nelson, et Bennett 2005)	Tout facteur naturel ou d'origine anthropogénique qui provoque un changement direct ou indirect dans un écosystème.
		(Oesterwind et al. 2016)	Phénomènes complexes supérieurs régissant la direction du changement de l'écosystème, pouvant être d'origine humaine ou naturelle. L'expression "phénomènes complexes supérieurs" est utilisée pour mettre l'accent sur l'inéluçtabilité des facteurs qui échappent au contrôle ou à la gestion directs. Ainsi, les facteurs anthropiques sont basés sur des besoins économiques, sociaux et politiques fondamentaux tels que l'alimentation, la santé, l'eau potable, l'emploi ou l'énergie. En revanche, les causes naturelles sont largement indépendantes des causes anthropiques et peuvent être qualifiées de cas de "force majeure", comme par exemple les tremblements de terre, les éruptions volcaniques etc.
	Moteurs indirects (<i>“indirect driver”</i>)	(MEA, 2005) (Secrétariat de la CDB, 2006)	Facteurs, principalement démographiques, économiques, sociopolitiques, scientifiques et technologiques, et culturels et religieux, qui fonctionnent de manière diffuse, souvent en modifiant un ou plusieurs moteurs directs.
	Moteurs directs (<i>“direct driver”</i>)	(MEA, 2005) (Secrétariat de la CDB, 2006)	Facteurs, principalement physiques, chimiques et biologiques, tels que le changement d'utilisation des sols, le changement climatique, la pollution de l'air et de l'eau, l'irrigation, l'utilisation d'engrais, la récolte et l'introduction d'espèces exotiques envahissantes. Un facteur direct influence sans équivoque les processus des écosystèmes et peut donc être identifié et mesuré à différents degrés de précision.
Source	(Judd, Backhaus, et Goodsir 2015)	Facteur causal de la (des) pression(s) et des effets. En termes simples, la source (par exemple battage de pieux, dragage) est dérivée d'une activité (par exemple installation d'un parc éolien en mer, opération portuaire).	

Rubrique DPSIR	Terme employé dans la source	Source	Définition
Pression	Pression (“pressure”)	(Judd <i>et al.</i> 2015)	Événement ou agent (biologique, chimique ou physique) exercé par une source (dérivé d’une activité) pour produire un effet qui peut conduire à un dommage ou causer des impacts négatifs.
		(Oesterwind <i>et al.</i> 2016)	Le résultat d'un mécanisme déclenché par un moteur (activité humaine/processus naturel) causant un effet sur toute partie d'un écosystème qui peut modifier l'état de l'environnement.
		(PNUE 2007)	Les secteurs sociaux et économiques de la société (parfois considérés comme des forces directrices) en font partie. Les interventions humaines peuvent volontairement cibler un changement environnemental et peuvent être assujettis à des rétroactions en termes de changements environnementaux ; ils peuvent être intentionnels ou des « sous-produits », la conséquence d’autres activités humaines (par exemple la pollution). Les principales pressions comprennent les émissions de substances qui peuvent prendre la forme de pollution ou de déchets ; des apports externes comme les engrais ; les produits chimiques et l’irrigation ; utilisation des terres ; l'extraction des ressources ; la modification des organismes et leur déplacement. Parfois connues sous forces motrices directes.
	Pression anthropique	(Triplet 2019)	Facteur de stress d’origine humaine provoquant des perturbations, des dommages ou la perte d’un ou plusieurs composants d’un écosystème de manière temporaire ou permanente. Les pressions peuvent être physiques, chimiques ou biologiques.
		(La Rivière <i>et al.</i> 2015)	Le mécanisme à travers lequel une activité humaine peut avoir un effet sur un habitat. Une pression peut être physique, chimique, ou biologique. Une même pression peut être causée par différentes activités.
	Menaces	(Salafsky <i>et al.</i> 2008)	Activités ou processus humains qui ont causé, causent ou peuvent causer la destruction, la dégradation et/ou l'altération des objectifs de biodiversité (par exemple, la pêche ou l'exploitation forestière non durable). Dans certains cas les phénomènes naturels sont également considérés comme des menaces. Les menaces peuvent être passées (historiques), en cours et/ou susceptibles de se produire à l'avenir.
(Limoges <i>et al.</i> 2013)		Activité humaine susceptible de causer préjudice à la biodiversité, soit par la destruction, la dégradation ou l’artificialisation des habitats, par l’atteinte à des populations fauniques ou floristiques ou encore par l’altération des fonctions écologiques.	
État	État (« state »)	(Oesterwind <i>et al.</i> 2016)	L'état est la condition réelle de l'écosystème et de ses composants, établie dans une certaine zone à un moment précis, qui peut être décrite quantitativement et qualitativement sur la base de caractéristiques physiques (telles que la température ou la lumière), biologiques (par exemple, les niveaux génétiques, des espèces, des communautés et des habitats) et chimiques (par exemple, la teneur en azote ou la concentration de gaz dans l'atmosphère).
		(PNUE 2007)	La santé de l’environnement, résultant des pressions. Comprend également les tendances qui pourraient révéler un changement environnemental induit naturellement ou humainement. Un type de changement, comme le changement climatique, peut donner lieu à d’autres formes de changement tel que : la perte de biodiversité, un effet secondaire de l’émission de gaz.

Rubrique DPSIR	Terme employé dans la source	Source	Définition
Impact	Impact	(Oesterwind <i>et al.</i> 2016)	Les conséquences de la modification de l'état de l'environnement en matière d'effets environnementaux et/ou socio-économiques substantiels qui peuvent être <i>positifs</i> ou négatifs.
		(PNUE 2007)	Des changements de fonctionnement résultant des changements dans les caractéristiques de l'environnement. Ils peuvent être environnementaux, sociaux ou économiques, contribuant à la vulnérabilité des individus et de l'environnement.
		(Judd <i>et al.</i> 2015)	Changement mesurable, préjudiciable, à une espèce ou un habitat, et attribuable à une activité humaine.
		(Triplet 2019)	Défini comme étant la conséquence d'une pression, exprimée par les changements de ses caractéristiques biotiques et abiotiques. Des pressions différentes peuvent avoir des impacts similaires sur un habitat. Le niveau de l'impact dépend de la durée, de la fréquence et de l'étendue spatiale de la pression ainsi que de son amplitude.
		(La Rivière <i>et al.</i> 2015)	Les conséquences d'une pression sur un habitat exprimées sous forme d'une modification de ses caractéristiques biotiques ou abiotiques.
	Stress (<i>stresses, degraded key attributes</i>)	(Salafsky <i>et al.</i> 2008)	Attributs de l'écologie d'une cible de conservation qui sont altérés directement ou indirectement par les activités humaines (par exemple, réduction de la taille de la population ou fragmentation de l'habitat forestier). Un stress n'est pas une menace en soi, mais plutôt un état dégradé ou un "symptôme" de la cible qui résulte d'une menace directe.
Réponses		CBD (2003)	Mesures prises pour changer l'état, la pression ou l'utilisation. Elles comprennent des mesures visant à protéger et à conserver la biodiversité <i>in situ</i> et <i>ex situ</i> . Elles comprennent des mesures visant à promouvoir le partage équitable des gains monétaires ou non monétaires découlant de l'utilisation des ressources génétiques. Les réponses comprennent également les mesures prises pour comprendre la chaîne de causalité et pour développer les données, les connaissances, les technologies, les modèles, la surveillance, les ressources humaines, les institutions, la législation et les budgets nécessaires pour atteindre les objectifs de la Convention.
		(Oesterwind <i>et al.</i> 2016)	Ensemble des actions de gestion visant à réduire ou à prévenir un changement non souhaité, ou à développer un changement positif (souhaitable) dans l'écosystème.
		(PNUE 2007)	Actions prises par la société ou les individus pour surmonter, réduire, rectifier ou prévenir des impacts environnementaux négatifs, remédier à un dommage environnemental ou conserver des ressources naturelles. Par exemple : une action de régulation, des dépenses environnementales ou de recherche, l'opinion publique, les préférences du consommateur, des changements dans les stratégies de gestion et la mise à disposition d'informations environnementales.
		(Triplet 2019)	Ensemble des actions humaines, y compris les politiques, stratégies, et interventions, en vue de répondre à des problèmes, besoins et opportunités spécifiques. Les réponses peuvent être conçues et appliquées aux niveaux individuel, local, régional, national ou international et sont adaptées à différentes époques. Le terme « réponse » englobe un contexte plus vaste que celui des politiques. Les politiques sont souvent associées avec le gouvernement, alors que les réponses viennent des différents secteurs et acteurs y compris le monde des affaires, les consommateurs et la société civile.

1.2 Des cartes de pressions pour quel usage ?

Les travaux portant sur la cartographie des pressions anthropiques ont émergé dans les dernières décennies, avec une forte augmentation des études dédiées au début du XXI^{ème} siècle (Tulloch *et al.* 2015) et leur essor s'est prolongé jusqu'à aujourd'hui. Ces cartes sont utilisées à diverses fins dans les politiques de conservation de la biodiversité. Elles permettent d'identifier et de spatialiser l'origine de la perte et de la dégradation des écosystèmes (Watson et Venter 2019). En effet, la prise en compte des pressions anthropiques, même réalisée par des approches simples, permet d'améliorer l'efficacité de plans d'aménagement du territoire par des objectifs de conservation mieux intégrés au contextes territoriaux (Martinuzzi *et al.* 2018). Les cartes de pressions peuvent être combinées, mais on peut aussi les confronter à d'autres couches cartographiques (telles que celle des enjeux patrimoniaux, comme dans notre cas) pour faciliter l'établissement des priorités, la planification et l'élaboration de stratégies, ou encore la mise en place de mesures de conservation (Salafsky *et al.* 2003)

En permettant aux gestionnaires d'identifier les sites plus ou moins impactés, les cartes de pressions rendent possible l'établissement de priorités de gestion, la conception des plans d'action et le développement des stratégies de restauration adéquates (Sanderson *et al.* 2002). Elles fournissent également un point de référence des conditions actuelles pour observer et surveiller des changements futurs et agir en conséquence. Par exemple, la restauration peut être particulièrement bénéfique lorsque les pressions ne sont apparues qu'assez récemment, de nombreuses espèces pouvant encore être sauvées (Venter *et al.* 2016).

Souvent utilisées dans le cadre d'évaluations basées sur les espèces, les cartes des pressions anthropiques peuvent également être mises à profit dans le cas des services écosystémiques. Par exemple, des cartes de pressions anthropiques cumulées ont été utilisées pour évaluer la qualité des eaux de surface au niveau mondial (Vörösmarty *et al.* 2010).

Les travaux de croisement entre pressions anthropiques et impacts sur les milieux permettent aussi de mettre en évidence de façon statistique l'effet de ces pressions. Par exemple, Tucker *et al.* (2018) ont montré, dans une étude portant sur 57 espèces de mammifères, que les individus vivant dans des zones où l'empreinte humaine est importante se déplacent de moitié à un tiers seulement par rapport à ceux vivant dans des zones où l'empreinte humaine est faible. Dans une analyse similaire, il a été mis en évidence que la diversité comportementale des chimpanzés diminue de près de 90 % dans les zones où l'empreinte humaine est élevée (Kühl *et al.* 2019). Ces travaux permettent de caractériser les seuils où l'activité humaine est le moteur du déclin des espèces et mettent ainsi en évidence la nécessité de mesures

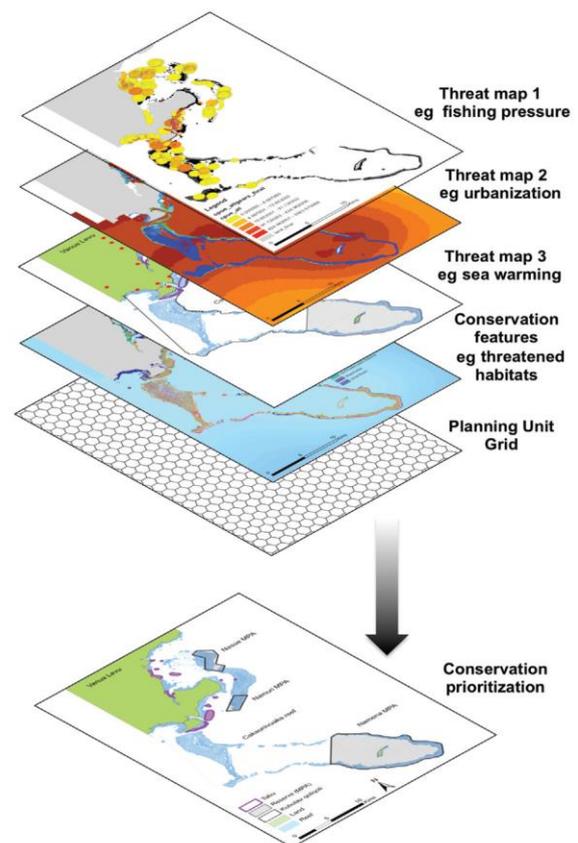


Figure 3: schéma d'utilisation des cartes de pression pour la priorisation des actions de conservation par croisement avec d'autres couches (source : Tulloch *et al.* 2015)

continues et affinées de ces pressions pour suivre et prévoir ces changements (Watson et Venter 2019).

Les cartes des pressions humaines cumulées peuvent également constituer de meilleurs prédicteurs de la taille des aires de répartition des espèces que leurs caractéristiques biologiques (telles que la taille du corps et le niveau trophique), et un bon prédicteur de l'effondrement des aires de répartition modernes, du statut de menace des espèces, de la richesse en espèces à l'échelle du site, et de la taille et de la capacité de dispersion des populations (Venter *et al.* 2016). Ainsi, les cartes de pressions peuvent être utilisées pour prouver l'effet des pressions sur la biodiversité et visualiser indirectement la répartition des impacts.

A noter que les travaux de cartographie des pressions en milieu marin sont davantage développés (Korpinen et Andersen 2016) qu'en milieu continental, notamment dans le cas français avec par exemple la cartotheque établie dans le cadre de la DCSMM⁵.

Les cartes de pression sont largement utilisées comme outil de priorisation spatiale des actions de conservation. Cette utilisation passe généralement par le croisement avec d'autres sources de données. C'est bien à cette fin que les cartes présentées ici ont été construites, pour être croisées avec les enjeux patrimoniaux et leur niveau de couverture par les espaces protégés.

⁵ <https://dcsmm.milieufrance.fr/Acces-aux-donnees-cartographiques/Cartheque#/search>

2 Les principales pressions anthropiques en France métropolitaine continentale

Il est souvent reproché aux travaux de cartographie des pressions anthropiques de ne pas prendre pas suffisamment en compte toutes les pressions (Sanderson *et al.* 2002b; Venter *et al.* 2016; Tapia-Armijos, Homeier, et Munt 2017; Allan *et al.* 2019). Les pressions cartographiées sont souvent sélectionnées en fonction de la disponibilité et de la qualité des données (résolution spatiale, couverture géographique), au risque de fournir un diagnostic global ne reflétant pas la réalité des pressions s'exerçant sur la biodiversité.

Pour éviter cet écueil, notre première étape a été, indépendamment des données existantes, d'établir un recensement de toutes les pressions anthropiques dont l'impact sur la biodiversité continentale est jugé significatif au niveau national, et de ne réaliser que dans un second temps l'inventaire des données disponibles. Ce travail s'est basé sur la bibliographie et l'étude des bases de données disponibles.

Le rapport de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) de mai 2019, qui souligne le « *dangereux déclin de la nature* », décrit les cinq pressions ayant les plus forts impacts sur l'environnement à l'échelle mondiale. A l'échelle française, celles-ci ont été classées dans le bilan de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB) (AFB 2019), avec, par ordre décroissant :

- Les changements d'usage des terres ;
- la surexploitation des ressources ;
- le changement climatique ;
- les pollutions ;
- l'introduction d'espèces exotiques envahissantes⁶.

Le rapport de synthèse de l'environnement en France (CGDD 2019) mentionne de multiples pressions d'origine anthropique fragilisant l'état de la biodiversité en France, parmi lesquelles on retrouve celles citées précédemment, dont la fragmentation des milieux naturels et l'intensification des pratiques agricoles, incluses dans les changements d'usage des terres, ainsi que la pollution lumineuse. D'autres sources, présentées dans le tableau suivant, donnent des conclusions similaires.

Ces différents rapports restent assez généraux dans leurs conclusions. Des informations plus précises peuvent être obtenues en exploitant les bases de données qui intègrent des évaluations de pressions. Trois bases de ce type existent en France métropolitaine à notre connaissance⁷ :

- La base du rapportage au titre des Directives Habitats et Oiseaux, dans le cadre desquels les experts ont renseigné pour chaque espèce et habitats les pressions les plus significatives
- La base des formulaires standards de données des sites Natura 2000, dont le renseignement est à la charge des DREAL, et qui mentionne pour chaque site les pressions présentes

⁶ http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/sites/default/files/bilan_2019_onb.pdf

⁷ On peut aussi citer l'important travail sur les sites humides emblématiques (Cerisier-Augier 2020), qui repose sur une base de données avec donc une dimension quantitative mais se limite donc aux milieux humides.

- Une base issue des évaluations réalisées dans le cadre de l'établissement des listes rouges nationales, et qui depuis peu permet de banaliser les pressions mentionnées par les experts pour chaque espèce.

Concernant le rapportage de la Directive Habitat Faune Flore (DHFF) de 2019, les grandes catégories de pressions ou menaces les plus fréquemment citées sont, par ordre décroissant, l'intensification agricole, l'urbanisation, la sylviculture, la fréquentation humaine, les pollutions d'origine multiples et les réseaux de transport. Les changements des conditions hydrauliques et la déprise agricole sont également mentionnés comme des pressions importantes (Bensettiti et Gazay 2019).

Un travail listant les pressions les plus fréquemment citées, et pondérées par leur niveau d'intensité a été réalisé par l'UMS Patrinat en combinant les résultats du rapportage de 2019 et les informations issues du réseau Natura 2000, selon le grand type de milieu (Rouveyrol et Leroy 2021).

Nous avons également recensé les trois menaces les plus citées par milieu (à travers un lien fait entre espèces et leurs milieux) provenant des listes rouges UICN. Les éléments entre parenthèses correspondent au niveau inférieur de la classification le plus cité. Les pressions citées plusieurs fois sont conservées dans ce tableau comme témoins de leur impact important sur le milieu concerné.

Le tableau suivant (tableau 2) présente (dans les cellules colorées) les trois pressions les plus souvent citées, par type de milieu, dans les bases de données Natura 2000 (rapportage et FSD) et listes rouges. Pour chaque milieu, ce bilan est complété par des citations issues de la bibliographie. Par ailleurs, un tableau présentant les pressions les plus citées dans les bases Natura 2000, extrait de Rouveyrol et Leroy 2021, est présenté en annexe pour proposer un diagnostic plus détaillé.

A noter que les « pressions » recensées dans ce tableau le sont au sens de la source citée, et peuvent donc différer de la définition de pression retenue dans ce travail (par exemple, dans le cas des données provenant de la liste rouge UICN, certaines des « pressions » citées s'apparentent plutôt à des activités).

Tableau 2 : Principales pressions anthropiques en France métropolitaine déclinées par grand type de milieu.

Les cellules colorées correspondent aux hiérarchies de pressions issues de l'analyse de base de données, les autres lignées sont des citations directement extraites de la bibliographie.

Milieu	Milieu cité dans la bibliographie	Pressions anthropiques citées comme affectant le milieu	Type de source	Source
Ouvert		1. Modifications du système naturel 2. Agriculture (cultures annuelles) 3. Développement commercial et résidentiel (zones urbaines et habitations).		UICN
		<i>Pressions majeures</i> : 1. Intensification agricole ; 2. Urbanisation ; 3. Sylviculture et opérations forestières ; Déprise agricole.		Base FSD et Rapportage 2019 (Rouveyrol et Leroy 2021)
	Milieux agricoles	« ... traitement phytosanitaires, travail du sol pouvant perturber le fonctionnement biologique des espèces ou encore irrigation excessive »	Rapport de synthèse	(CGDD 2019)
Aquatique		1. Modifications du système naturel (barrages et gestion ou utilisation de l'eau) 2. Pollution agricole 3. Agriculture (cultures annuelles) /Changement climatique		Listes rouges
		<i>Pressions majeures</i> : 1. Intensification agricole 2. Modifications des régimes hydrologiques induits par l'homme de causes multiples 3. Urbanisation <i>Autres pressions</i> : Changement climatique ; espèces exotiques et espèces problématiques ; pollutions d'origines multiples.		Base FSD et Rapportage 2019 (Rouveyrol et Leroy 2021)
	Ecosystèmes aquatiques continentaux	« <i>dégradation des habitats des espèces, notamment par la modification de la morphologie des cours d'eau (rectification du lit, artificialisation des berges, ouvrages transversaux...), mais également les rejets polluants ponctuels et diffus, l'introduction d'espèces exotiques envahissantes, la surexploitation de la ressource et le changement climatique.</i> » La pollution : « <i>de nouveaux polluants (substances hormono-mimétiques ou médicaments) sont maintenant détectés. [...] Les espèces exotiques envahissantes</i> : "La biodiversité aquatique est affectée [...] La transmission de pathogènes peut engendrer des extinctions locales de populations [...]. Les milieux aquatiques présentent une forte vulnérabilité au changement climatique ... »	Article de colloque	(Michelet 2017)
	Cours et plans d'eau	« <i>les ouvrages transversaux (seuils, barrages, ponts...) et longitudinaux (digues, protection de berges, rectification du cours d'eau) ; la suppression de la ripisylve ; la modification du régime hydrologique du cours d'eau (prélèvement d'eau, lâcher d'eau) et [par] les pratiques et usages à l'échelle du bassin versant (pollution diffuse, artificialisation des sols, érosions des sols, transport de sédiments fins).</i> » « <i>l'eutrophisation (augmentation des apports en nutriments depuis le bassin versant), les micropolluants, le changement climatique, l'artificialisation des apports et des sorties d'eau (turbinage), l'artificialisation des berges...</i> »	Portail technique	OFB ⁸
	Milieux aquatiques	« <i>-l'artificialisation des milieux, qui altère leur morphologie ou leur hydrologie ; -les prélèvements d'eau pour divers usages, comme l'alimentation en eau potable ; -la pollution de l'eau : rejets directs dans l'eau et introduction de substances dans l'environnement notamment ; -les prélèvements d'espèces par la chasse, la pêche et la cueillette, parfois accidentels ; -les introductions d'espèces exotiques, susceptibles de devenir envahissantes.</i> »	Site EauFrance	https://www.eaufrance.fr/les-pressions-et-les-risques-dans-les-milieux-aquatiques

⁸ <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/126>

Milieu	Milieu cité dans la bibliographie	Pressions anthropiques citées comme affectant le milieu	Type de source	Source
	Eaux de surface et souterraines	Pollution chimique : « ...de nombreuses substances chimiques et organiques provenant des activités industrielles, agricoles ou domestiques sont rejetées dans les eaux. Il s'agit notamment des nitrates, des pesticides, des médicaments et d'autres substances ayant des effets de perturbateurs endocriniens. »	Rapport de synthèse	(Commissariat général au développement durable 2019)
Humide		1. Modifications du système naturel (barrages et gestion ou utilisation de l'eau) 2. Agriculture (cultures annuelles) 3. Pollutions agricoles.		Listes rouges
		<i>Pressions majeures</i> : 1. Intensification agricole 2. Modifications des régimes hydrologiques induits par l'homme de causes multiples 3. Urbanisation <i>Autres pressions</i> : changement climatique ; sylviculture et opérations forestières.		Base FSD et Rapportage 2019 (Rouveyrol et Leroy 2021)
	Sites humides emblématiques	« L'urbanisation (35 %), l'agriculture (30 %) et le tourisme (22 %) sont les trois postes principaux d'activités relevés sur les sites de métropole et d'outre-mer. » En termes de perspectives, « l'urbanisation, les activités liées à l'industrie et à l'exploitation du milieu domineront toujours le paysage environnant (36 % des sites) ; le tourisme et les loisirs, la production de culture ou encore les prélèvements en eau représenteront les activités qui auront un impact déterminant ces dix prochaines années. »		Cerisier-Augier 2020
	Zones humides	« -destruction, dégradation ou homogénéisation des habitats : fragmentation des cours d'eau, rythme du drainage agricole, -espèces invasives, -pollutions, -pression démographique, -surconsommation des ressources, -conséquences du changement climatique. »	Portail technique	OFB ⁸
	Zones humides	« la fréquentation et l'urbanisation [...], la chasse et l'agriculture s'intensifient localement dans certains sites. » « les pertes de surfaces et la dégradation des milieux humides [...] : drainage, assèchement, comblement, intensification agricole ou sylvicole, déprise agricole, abandon de l'entretien. » « l'eutrophisation ou la pollution par les produits phytosanitaires ou les hydrocarbures. [...] La gestion des ouvrages hydrauliques et des niveaux d'eau, comme l'augmentation ou la réduction des assècs. La quasi-totalité des espèces exotiques envahissantes animales et végétales étendent leur aire de répartition [...]. »	Article de revue	(Genty 2012)
	Milieux humides	« le développement de l'urbanisation et des infrastructures, l'intensification de l'agriculture et de l'aquaculture, la déprise et boisement de terres agricoles, l'aménagement des cours d'eau, le prélèvement d'eau, l'extraction de matériaux, l'arrivée d'espèces exotiques envahissantes »	Site EauFrance	http://www.zones-humides.org/milieux-en-danger/menaces

Milieu	Milieu cité dans la bibliographie	Pressions anthropiques citées comme affectant le milieu	Type de source	Source
Forestier		1. Modifications du système naturel 2. Agriculture (cultures annuelles) 3. Exploitation forestière et récolte de bois		Listes rouges
		<i>Pressions majeures</i> : 1. Sylviculture et opérations forestières 2. Intensification agricole 3. Développement et fonctionnement des réseaux de transports ; <i>Autres pressions</i> : Urbanisation		Base FSD et Rapportage 2019 (Rouveyrol et Leroy 2021)
	Forêt	Changement climatique « Conversion permanente des sols vers d'autres usages (agricoles, urbains), [...] fragmentation des habitats (par les voies de transport par exemple). » « La gestion forestière influence plus ou moins directement la biodiversité en forêt, selon le degré et le rythme d'intervention et d'exploitation, le renouvellement et le choix des essences... » « Dans les forêts métropolitaines, la progression de certaines espèces envahissantes peut également entraîner, assez rapidement, une diminution locale de la diversité floristique. » « La principale forme de pollution est probablement atmosphérique [mais] d'autres types de pollution [...] peuvent avoir un impact sur les écosystèmes forestiers : épandage de boues, lisiers, contaminations extérieures par le biais de l'agriculture ou du traitement des bords de route... »	Site naturefrance	ONB ⁹
	Forêt	« ...les effets du changement climatique se font ressentir en France au travers notamment d'événements climatiques extrêmes plus intenses (inondations, feux de forêts, canicules, sécheresse, etc.) »	Rapport de synthèse	(CGDD 2019)
Littoral		1. Modifications du système naturel (barrages et gestion ou utilisation de l'eau) ; 2. Pollutions agricoles ; 3. Intrusions et perturbations humaines (activités récréatives).		Listes rouges
		<i>Pressions majeures</i> : 1. Urbanisation ; 2. Intensification agricole ; 3. Développement et fonctionnement des réseaux de transports <i>Autres pressions</i> : processus naturels (dont érosion)		Base FSD et Rapportage 2019 (Rouveyrol et Leroy 2021)
	Littoral	Pollution : « rejets d'origine naturelle ou anthropique arrivant en mer par les fleuves, l'air, le drainage des territoires littoraux (phosphates et nitrates) ou par les rejets directs en mer (navires et émissaires de rejet en mer) » « L'exploitation des ressources offshore (pétrole, granulats et gaz) peut aussi avoir des impacts négatifs sur les régions côtières adjacentes par la destruction des habitats marins et les accidents pétroliers sur la côte. » « Le tourisme est une source de pollution, d'artificialisation des terres importantes et de très forte consommation, ce qui accentue davantage la dégradation des zones côtières et la perte d'habitat. »	Thèse	(Daeden 2015)
	Littoral	« ...pression démographique et touristique très forte, conduisant à des niveaux d'artificialisation plus élevés que la moyenne. » « la densité de construction de logements est trois fois plus forte que la moyenne dans les communes littorales métropolitaines et 15 % du territoire est artificialisé (2,6 fois plus que la moyenne). »	Rapport de synthèse	(CGDD 2019)

⁹ <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/fr/questions/5-comment-les-facteurs-qui-influencent-letat-de-la-biodiversite-en-foret-evoluent-ils>

Milieu	Milieu cité dans la bibliographie	Pressions anthropiques citées comme affectant le milieu	Type de source	Source
	Communes littorales	« Le nombre cumulé d'éclosions de feu par km ² est plus important dans les communes littorales que dans le reste du territoire étudié excepté pour le Gard et l'Hérault »	Rapport	(Colas 2011)
	Littoral/zones côtières	« L'artificialisation du littoral [a eu des] impacts majeurs au cours de ces dernières décennies sur les écosystèmes littoraux [...]. La pollution d'origine terrestre est aussi l'une des grandes menaces qui pèse sur la vie littorale. La pollution par l'excès de phosphates et de nitrates est désormais bien identifiée [...]. La pollution par les hydrocarbures, en cas notamment de catastrophe pétrolière ou de déballastages intempestifs au large des côtes, reste une menace importante et tout particulièrement en Méditerranée [...]. La pollution par les "macro déchets" flottants ou déposés sur les fonds marins [...]. Le littoral est ainsi profondément affecté par ces déchets mais aussi par les mesures (ramassage mécanique) prises pour les retirer. Plus discrètes, les espèces potentiellement invasives peuvent elles aussi représenter des menaces pour l'équilibre de la vie littorale et marine. Le changement climatique [...] provoquant entre autres, une érosion accrue du trait de côte par endroit, et une montée du niveau de la mer. »	Site observatoire BioLit	https://www.biolit.fr/menaces?language=fr
Rocheux		1. Intrusions et perturbations humaines (activités récréatives) 2. Modifications du système naturel 3. Pollution agricole		Listes rouges
		Pressions majeures : 1. Fréquentation humaine et mesures de sécurité publique 2. Intensification agricole 3. Urbanisation Autres pressions : Changement climatique ; Développement et fonctionnement des réseaux de transports ; Sylviculture et opérations forestières ; Déprise agricole.		Base FSD et Rapportage 2019 (Rouveyrol et Leroy 2021)
	Milieus rocheux et de haute montagne	« Le changement climatique , les pollutions dont la déposition d'azote atmosphérique, mais aussi l' urbanisation grandissante liée au tourisme hivernal (infrastructures des domaines skiables), la déprise agricole ou le changement de pratiques pastorales (surpâturage localisé) affectent certains habitats qui se retrouvent dorénavant menacés (glaciers, zones humides et tourbières, etc.). »	Rapport de synthèse	(CGDD 2019)

3 Choix d'une typologie de pressions

3.1 Typologies existantes

Les typologies de pressions sont des systèmes de classement hiérarchiques qui, sur le modèle des arbres taxonomiques ou des typologies d'habitats, permettent de regrouper les pressions selon leur niveau de proximité puis de les décliner plus ou moins finement. Plusieurs typologies ont été développées dans le cadre de différents programmes de conservation.

Les différences entre les typologies de pressions existantes s'expliquent par la diversité de leurs objectifs, et de leur cadre de développement, qu'ils soient géographiques ou conceptuels. Par exemple, la typologie de la Directive-cadre sur l'eau (DCE) identifie des sources de données pour caractériser spécifiquement les pressions anthropiques littorales (Buchet et Guégan 2012). La typologie pour les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) (Horellou *et al.* 2013), porte majoritairement sur des types de pratiques (liées à différents types d'activités) pouvant être impactantes. Le Comité du patrimoine mondial a également adopté une liste de « *facteurs/menaces qui ont un impact sur la valeur universelle exceptionnelle des biens du patrimoine mondial* », qui regroupe les pressions auxquelles ces biens ont été confrontés dans le passé, ou auxquelles ils doivent actuellement faire face¹⁰.

Nous détaillerons ici les trois typologies de pressions utilisées dans le cadre de ce travail : celle de Natura 2000 (N2000), de l'UICN-CMP (*Conservation Measures Partnership*) et enfin celle développée par l'OFB dans le cadre des diagnostics territoriaux, que nous utiliserons dans la suite de ce rapport.

3.1.1 Typologie des menaces UICN-CMP

En complément de leur travail de définition des termes utilisés dans les modèles de pressions (cf. Tableau 1), Salafsky *et al.* (2003) ont également développé un système de classification des menaces directes UICN-CMP. Celui-ci a été construit dans le but d'être :

- simple : utilise un langage clair et donne des exemples ;
- hiérarchique : crée un moyen logique de regrouper les menaces qui sont liées les unes aux autres afin de faciliter l'utilisation de la classification et les potentielles analyses ;
- complet : contient toutes les menaces au moins au premier niveau de la hiérarchie ;
- cohérent : toutes les entrées à un niveau donné de la classification sont du même type ;
- exclusif : une menace donnée ne peut être placée que dans une cellule de la hiérarchie ;
- extensible : permet au besoin d'ajouter de nouvelles menaces à la classification ;
- et évolutif : les mêmes noms peuvent être utilisés pour les mêmes menaces se produisant à différentes échelles géographiques.

Ces caractéristiques en font une classification privilégiée par de nombreuses organisations de conservation pour l'évaluation des pressions (Nagendra *et al.* 2012). Elle a notamment été utilisée dans plusieurs bases de données et outils de planification de la conservation, telles que le logiciel de gestion

¹⁰ <https://whc.unesco.org/fr/facteurs/>

adaptative Miradi (Conservation Measures Partnership et Sitka Technology Group, s. d.), la base de données mondiale oiseaux de BirdLife International, ou encore le « Species Information System » de l'UICN.

Cependant, certains auteurs ont émis des critiques sur cette classification. D'une part, son premier niveau combine à la fois les sources des menaces et leurs mécanismes (soit l'équivalent des forces motrices d'une part et des pressions d'autre part dans le cadre DPSIR). Par exemple, les catégories "Développement résidentiel et commercial", "Agriculture et aquaculture" et "Production d'énergie et exploitation minière" correspondent à des activités à l'origine des menaces (forces motrices) tandis que "Espèces et gènes envahissants et autres problématiques", "Pollution" et "Modifications du système naturel" sont des mécanismes (pressions) (Balmford *et al.* 2009). Salafsky *et al.* (2009) justifient l'inclusion de certaines menaces directes parmi des activités telles que les espèces envahissantes ou les polluants par le fait que leurs sources sont souvent inconnues, incertaines, historiques ou complexes, ce qui rend leur analyse difficile (Salafsky *et al.* 2009).

D'autre part, le caractère exclusif de la classification UICN-CMP est remis en cause, notamment à travers l'exemple d'une espèce menacée par la concurrence d'une espèce envahissante transportée dans le ballast d'un navire (Balmford *et al.* 2009). Celle-ci pourrait à priori être répertoriée sous "couloirs de transport et de service > voies de navigation" et/ou sous "espèces et gènes envahissants et autres problématiques> espèces envahissantes non indigènes/étrangères". Ces types d'ambiguïtés sont susceptibles d'être interprétées de différentes manières par les utilisateurs de la classification, ce qui entraîne des informations incohérentes (Balmford *et al.* 2009). Cependant, tout cadre d'analyse des menaces doit avoir une certaine souplesse pour s'adapter au contexte de la zone d'étude et de la ou des questions d'intérêt.

3.1.2 Typologie des pressions Natura 2000

Cette typologie correspond à la liste de référence des pressions, menaces et activités utilisée à la fois pour renseigner les Formulaires Standards des Données (pressions s'exerçant en général sur le site, y compris les activités à impact positif) et pour le rapportage (pressions, uniquement négatives, les plus importantes pour chaque espèce et habitat d'intérêt communautaire dans un domaine biogéographique donné). Dans ce cadre, une pression est définie comme une « influence, naturelle ou humaine, passée ou actuelle, qui affecte, de manière cumulée ou séparée, la viabilité à moyen ou long terme de l'espèce ou de l'habitat ». Une menace est définie de la même façon mais au lieu d'être « passée ou actuelle », elle est « future ou prévisible ». Les activités anthropiques et processus naturels susceptibles d'influencer la conservation et la gestion des sites, que ce soit positivement ou négativement, sont pris en compte (Rouveyrol, Herard, et Lepareur 2015).

Comme pour la typologie de l'UICN, le premier niveau comprend à la fois des activités et des pressions (par exemple « Agriculture » et « Changement climatique »). Les déclinaisons du deuxième niveau (bien plus nombreuses que le deuxième niveau UICN : 213 contre 45) correspondent plus clairement à des pressions, mis à part pour les pressions multifactorielles (par exemple « Autres activités agricoles non citées précédemment », code A36).

3.1.3 Matrice de pression des diagnostics territoriaux

Cette typologie a été construite par l'OFB pour accompagner la réalisation des diagnostics territoriaux (processus de travail participatif et itératif à l'échelle territoriale, qui met en évidence les points forts, les points faibles, les potentialités et les menaces d'une région, d'un département). Elle a été développée spécifiquement dans ce cadre en 2021. La réalisation de ces diagnostics passe par une description du territoire, et notamment des pressions qui s'y exercent (Alloncle *et al.* 2021). Cette

matrice s'appuie sur une entrée par les cinq grandes pressions mises en avant par l'IPBES : le changement d'usage des terres et des mers (décliné en deux volets : perte ou conversion d'écosystèmes et changement de gestion et de structure), la pollution, l'exploitation directe des organismes, les espèces exotiques envahissantes et le changement climatique (cf. Tableau 3).

Les pressions sont définies dans cette typologie comme un mécanisme à travers lequel une activité humaine peut avoir un effet négatif sur un habitat ou espèce. Une pression peut être physique, chimique ou biologique. Une même pression peut être causée par différentes activités et une même activité peut générer plusieurs types de pressions (Alloncle *et al.* 2021). Cette définition distingue donc bien activité et pression et s'apparente à la définition de Judd *et al.* (2015) vue précédemment. De fait, la typologie construite sur cette base constitue bien une typologie de pressions et non d'activités contrairement aux autres typologies existantes. Ce sera celle utilisée dans le présent rapport pour classer les pressions cartographiées.

Plusieurs typologies de pressions existent, mais les pressions qui y sont recensées sont souvent plutôt assimilables à des activités. Nous utiliserons dans ce travail la typologie développée par l'OFB dans le cadre de l'accompagnement des diagnostics territoriaux. Ce choix a l'avantage d'être cohérent avec les travaux menés à ce niveau et de s'appuyer sur une typologie qui ne met pas sur le même plan pressions et activités à leur origine.

Tableau 3: Typologie de pression utilisée dans le cadre des diagnostics territoriaux. Les exemples d'activités sur le domaine marin ont été retirés ici.

Grands facteurs de changement direct	ID pression	Pressions	Définition ou précisions sur la pression, son effet, exemples etc.	Exemple d'activités ou de phénomènes générateur de ce type de pression sur :	
				Domaine terrestre	Domaine eaux douces
CHANGEMENT D'USAGE DES TERRES ET DES MERS	1.1	Perte physique de surfaces naturelles	Perte permanente d'un écosystème naturel (ou semi-naturel, habitats agropastoraux...) existant au profit d'un système anthropique : urbanisation (dont énergies, industrialisation et déchets), mise en agri/aqua-culture, mise en agroforesterie.	Construction, urbanisation, mise en culture (cultures annuelles) d'une prairie ; surface perdue par un barrage. Plantations d'arbres sur un milieu naturel non forestier.	Construction, effacement de cours d'eau
	1.2	Changement anthropique d'écosystème	Conversion permanente d'un écosystème naturel (ou semi-naturel) vers un autre écosystème (naturel ou semi-naturel) due à une activité humaine.	Pastoralisme, défrichement, reboisement de milieux ouverts, réensemencement, sylviculture avec changements d'essences.	Constructions d'infrastructures altérant la dynamique sédimentaire, rejets de déchets industriels, eaux usées ; aquaculture ;
	1.3	Changement naturel d'écosystème	Conversion permanente d'un écosystème naturel (ou semi-naturel) vers un autre type d'écosystème (naturel ou semi-naturel) due à un phénomène naturel.	Mouvements de terrain initiant une dynamique pionnière. Submersion des milieux littoraux. Déprise agricole et pastorale (dynamique de fermeture des milieux) ...	
CHANGEMENT DE GESTION ET DE STRUCTURE DES ECOSYSTEMES	1.4	Dommage à l'écosystème	Au sein d'un même écosystème, modification temporaire, partielle, et/ou clairsemée de l'écosystème due à une intensification de son usage : dégradation du sol/substrat, piétinement, simplification des communautés, disparition de composants (micro-habitats)	Exploitation sylvicole, Intensification des modes de gestion (augmentation du nombre de fauche pour les prairies, intensification de l'élevage). Piétinement, passage d'engins, ensouillage de câbles, exploitation du sol, érosion du sol, incendies (s'ils ne détruisent pas l'écosystème).	Ensouillage de câbles, piétinement, passage d'engin, dragage, aquaculture, réintroduction d'espèces, destruction (lit mineur, berges, ripisylve).

Grands facteurs de changement direct	ID pression	Pressions	Définition ou précisions sur la pression, son effet, exemples etc.	Exemple d'activités ou de phénomènes générateur de ce type de pression sur :	
				Domaine terrestre	Domaine eaux douces
	1.5	Obstacle	Obstacle au mouvement des espèces pouvant induire un phénomène de réduction de connectivité entre milieux (à surface équivalent). Cette pression peut concerner la circulation et l'évitement de la mégafaune (notamment sur les routes migratoires), la dispersion des espèces de plus petites tailles, ou le fonctionnement des écosystèmes. La fragmentation des habitats est une conséquence de l'obstacle au mouvement des espèces.	Construction (infrastructures linéaires : routes, voies ferrées, lignes électriques, canalisation), gestion forestière et agricole (pose d'objets, clôtures), aménagements surfaciques (urbanisation, carrières, parcs éoliens, centrales photovoltaïques). Engrillagement.	Construction (digues, seuils, barrages, centrales hydroélectriques), pose d'objets de génie civil (ouvrages d'art, ponts cadre, buses)
	1.6	Fréquentation, dérangement	Perturbation comportementale d'espèces par la présence humaine, la présence d'engins ou de constructions sur des zones fonctionnelles (aires de reproduction, de repos, d'alimentation...). Remarque : l'impact de cette pression est généralement difficile à quantifier.	Tourisme, sport, loisirs...	Tourisme, sport, loisirs...
POLLUTION	2.1	Pollution physique-énergétique	Apport ou perte d'énergie thermique, acoustique ou électromagnétique, de radiations (X, UV, radioactivité), Caléfaction, Champs électromagnétiques, Nuisances sonores et lumineuses. Notamment : introduction de lumière artificielle (pollution lumineuse), augmentation de l'intensité lumineuse (en cas de modification du couvert végétal par exemple) ou réduction de l'intensité lumineuse (augmentation de la turbidité de l'eau par exemple)	Secteur industriel, résidentiel. Voies de communication (pollution sonore). Eclairages urbain, particulier, axes routiers, zones urbaines	Secteur industriel, transport. Centrales nucléaires
	2.2	Pollution physique-déchets	Macro-plastiques, déchets	Secteur commercial, résidentiel, tourisme, décharges à ciel ouvert	Secteur commercial, résidentiel, tourisme
	2.3	Pollution physique-particulaire	Poussières et grosses particules, PM10, PM2,5, Nanoparticules, Micro plastiques	Secteur industriel, transport, résidentiel, agriculture _ A travers les émissions atmosphériques et la transformation des polluants primaires en polluants secondaires	Secteur industriel, transport, agriculture _ à travers les effluents et le transport des sédiments (turbidité de l'eau)

Grands facteurs de changement direct	ID pression	Pressions	Définition ou précisions sur la pression, son effet, exemples etc.	Exemple d'activités ou de phénomènes générateur de ce type de pression sur :	
				Domaine terrestre	Domaine eaux douces
	2.4	Pollution chimique organique	Hydrocarbures, Composés organiques volatiles, Composés organiques de synthèses, POP, Matière organique fermentescible, composés hormonaux...	Secteur industriel, transport, résidentiel, agriculture à travers les émissions atmosphériques et effluents	Secteur industriel, transport, résidentiel, agriculture
	2.5	Pollution chimique inorganique	Ozone, Dérivés du carbone (Cox), de l'azote (Nox, NHx), du soufre (Sox), du chlore (dioxines et furanes), fluorures, métaux et métalloïdes, nutriments. Modification de la salinité	Secteur industriel, transport, résidentiel, agriculture à travers les émissions atmosphériques, la transformation des polluants primaires en polluants secondaires et le rejet d'effluents	Secteur industriel, transport, résidentiel, agriculture. Chasse au plomb, orpaillage...
EXPLOITATION DIRECTE DES RESSOURCES biologiques, intentionnelle ou non-intentionnelle	3.1	Prélèvement	Prélèvement d'espèces sauvages animales, végétales ou fongiques ; mortalité/blessures infligées à de telles espèces.	Exploitation forestière (selon sa durabilité...). Chasse ; prélèvements pour collection, prélèvements éducatifs (têtards / enfants), braconnage, cueillette familiale (génépi, champignons...). Collecte pharmaceutique ; herbiers...	Pêche, autorisée ou non autorisée
	3.2	Mortalité accidentelle	Collision routière, éolienne, ou du trafic maritime provoquant blessure et/ou mortalité. Mortalité des espèces non ciblées (par la chasse ou la pêche commerciale et récréative et d'autres activités non ciblant).	Agricultures (clôtures), aménagement d'infrastructure (routes, autoroutes, voies de chemin de fer), urbanisation (vitres), éolienne (oiseaux, chiroptères), panneaux photovoltaïques (insectes aquatiques)	Hydroélectricité (turbine), pêche (captures accidentelles)
Espèces allochtones (dont ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES)	4.1	Présence d'espèces exotiques envahissantes	Compétition ou prédation. Exemple entre les visons d'Europe et d'Amérique, renouée du Japon qui forme des peuplements monospécifiques (par introduction ou propagation d'espèces non indigènes)	Gestion des parcs et jardins, horticulture, sylviculture, apiculture (plantes mellifères exogènes), commerces d'animaux de compagnies...	Aquarium
	4.2	Présence de pathogènes	Contamination microbiologique (virus, bactérie, moisissures...), maladies des arbres.	Secteur résidentiel, transport, agriculture, industries d'élevage, horticole, aquaculture	Transport, Agriculture

Grands facteurs de changement direct	ID pression	Pressions	Définition ou précisions sur la pression, son effet, exemples etc.	Exemple d'activités ou de phénomènes générateur de ce type de pression sur :	
				Domaine terrestre	Domaine eaux douces
	4.3	Perturbation génétique	Transfert (ou translocation) d'individus génétiquement différents d'espèces indigènes ou appauvrissement génétique des populations naturelles	Élevage, culture, centres de stockage de déchets, lâchers de chasse	Aquaculture
CHANGEMENT CLIMATIQUE	5.1	Changement des températures (moyennes ou extrêmes)	Changements entraînant une baisse des populations d'espèces dans les zones dont les conditions s'éloignent de la niche écologique des espèces (le tout pouvant se répercuter à l'échelle de l'écosystème dès lors que cela affecte des espèces structurantes ou l'ensemble d'un cortège)	Toutes les activités émettrices de gaz à effet de serre.	Toutes les activités émettrices de gaz à effet de serre.
	5.2	Changement du régime de précipitation et régime éolien (moyennes ou extrêmes)		Toutes les activités émettrices de gaz à effet de serre.	

3.2 Mise en relation des typologies

Un système de correspondance entre les rubriques des trois typologies présentées ci-dessus a été élaboré, de manière à pouvoir rattacher à la typologie de pressions des diagnostics territoriaux utilisée dans ce rapport, les pressions recensées dans le cadre des listes rouges UICN et des rapportages N2000. Cette correspondance facilitera l'exploitation des données de pression de ces deux bases pour la suite du travail.

3.2.1 Méthode de mise en relation des typologies

La correspondance entre typologies s'est faite en reprenant les principes utilisés dans le cadre des travaux menés sur les typologies d'habitats naturels. Ils sont définis dans le guide méthodologique HABREF v5.0 (Clair *et al.* 2019), qui décrit différentes relations pouvant exister entre deux typologies (Tableau 4). Cette méthodologie a été appliquée aux catégories de pressions de chaque typologie.

Tableau 4 : Définition des relations de correspondance d'après Clair *et al.* (2019)

Sigle	Type de relation	Définition
=	Strictement équivalent	L'unité en entrée correspond strictement à l'unité en sortie.
<	Pression en sortie contient l'autre	L'unité en entrée correspond à une partie de l'unité en sortie.
>	Pression en entrée contient l'autre	L'unité en sortie correspond à une partie de l'unité en entrée.
#	Chevauchement	Une partie de l'unité en entrée correspond à une partie de l'unité en sortie.
NC	Pas de correspondance	L'unité en entrée/sortie ne correspond à aucune unité en sortie/entrée.

La correspondance a été réalisée deux à deux, entre d'une part, la typologie des diagnostics territoriaux, et d'autre part celle de l'UICN et de N2000.¹¹ Les typologies du diagnostic territorial et de N2000 ayant deux niveaux de description des pressions (contre trois pour celle de l'UICN), la mise en relation s'est limitée au deuxième niveau de précision.

Les catégories de « pressions » des typologies N2000 ou UICN correspondant à des activités ou des secteurs ont été mises en lien avec leur pression principale si elle est connue. Par exemple, la catégorie « Zones urbaines et habitations » (1 .1) de l'UICN cite notamment les oiseaux entrant en collisions avec les fenêtres. Cette catégorie 1.1 aurait donc pu être mise en lien avec la catégorie « Mortalité accidentelle » (3.2) de la typologie des diagnostics territoriaux. Cependant la principale pression des « zones urbaines et habitations » concerne la perte d'habitat, donc le lien a été fait avec la catégorie « Perte physique de surfaces naturelles » de la typologie des diagnostics territoriaux. Si les principales pressions liées au secteur d'activité sont nombreuses, la relation de type « chevauchement » peut être utilisée pour illustrer la multiplicité des pressions liées à une même activité.

Dans les deux parties suivantes, « catégorie » correspond à une entrée de la typologie N2000 ou UICN, celles-ci correspondant parfois à des pressions et parfois à des activités.

¹¹ La correspondance a également été réalisée entre la typologie N2000 et de l'UICN, et est disponible sur demande auprès de PatriNat.

3.2.2 Cas particuliers de mise en relation des typologies du diagnostic territorial et de l'UICN

Le tableau de correspondance entre les typologies du diagnostic territorial et de l'UICN est présenté en Annexe 1 (cf. p115). Certaines des correspondances plus ambiguës sont explicitées ci-dessous.

La catégorie « *Cultures annuelles ou pluriannuelles (non-ligneuses)* » (2.1) de la typologie de l'UICN a été rattachée à plusieurs pressions de la typologie des diagnostics territoriaux : « *Perte physique de surface naturelle* » (1.1) et « *Changement anthropique d'écosystème* » (1.2) pour refléter l'impact de l'extension des cultures, et « *Domage à l'écosystème* » (1.4) pour l'intensification des pratiques agricoles.

Pour la catégorie UICN « *Plantations pour le bois et la pulpe* » (2.2), le choix a été fait de la relier uniquement à « *Changement anthropique d'écosystème* » (1.2) dans la typologie des diagnostics territoriaux. En effet, bien que cette catégorie pourrait aussi être reliée à la « *Perte physique de surface naturelle* » (1.1) pour ce qui est des « plantations d'arbres sur un milieu naturel non forestier », ce cas, qui a pu générer des pertes significatives de milieux agropastoraux dans la seconde moitié du XXème siècle, est devenu relativement rare en France métropolitaine, exception faite peut-être des peupleraies : les impacts liés aux plantations relèvent plutôt de ceux liés plus généralement à l'intensification des pratiques sylvicoles.

Les incendies sont rattachés à la catégorie « *Domage à l'écosystème* » (1.4) , dans laquelle ils sont explicitement mentionnés, mais ils sont également mis en lien ici avec la pression « *Perte physique de surface naturelle* » (1.1), pour inclure les cas engendrant une destruction de l'écosystème.

Certaines catégories UICN qui paraissaient équivalentes aux pressions du diagnostic territorial, ont en réalité dues être précisées :

- La catégorie « *Energie excessive* » (9.6) de l'UICN comprend l'énergie lumineuse, thermique et sonore, alors que la pression « *Pollution physique – énergétique* » (2.1) du diagnostic territorial inclut également l'électromagnétique et les radiations.
- La pression « *Pollution physique-déchets* » (2.2) du diagnostic territorial comprend les décharges, ce qui n'est pas le cas de la catégorie « *Détritus et déchets solides* » (9.4) de l'UICN.

3.2.3 Cas particuliers de mise en relation des typologies du diagnostic territorial et de Natura 2000

Le tableau de correspondance entre les typologies du diagnostic territorial et de N2000 est présenté en Annexe 2 (cf. p119).

Certaines catégories de la typologie N2000 correspondent à des types de pressions très divers, par exemple : « *Développement et entretien des plages pour le tourisme et les activités récréatives, y compris la recharge et le nettoyage des plages* » (F06). En effet, la description de cette catégorie est : « *Activités liées au développement et l'entretien de zones récréatives côtières et complexes balnéaires, telles que le nivellement du cordon dunaire, nettoyage des plages (y compris avec véhicules mécaniques), rechargement de plages, piétinement anthropique et surutilisation, construction de bâtiments donnant sur le bord de mer, établissements de bains, dépôt de déchets en mer/sur la plage* ». Or, chacun de ces éléments appartient à différentes pressions de la typologie des diagnostics territoriaux (cf. Tableau 5).

Tableau 5: exemple de correspondance complexe : description de la catégorie N2000 F06 et lien avec les catégories de pressions de la typologie des diagnostics territoriaux.

Catégorie F06 de la typologie N2000, divisée selon le type de pression	Correspondance avec la typologie de diagnostic territorial
Nivellement du cordon dunaire	Domage à l'écosystème
Rechargement des plages	Changement anthropique d'écosystème
Piétinement anthropique et sur-utilisation	Fréquentation-dérangement
Construction de bâtiments donnant sur le bord de mer	Perte physique de surface naturelle
Dépôt de déchets en mer/sur la plage	Pollution physique-déchets

Dans ce type de cas, avec plus de trois liens possibles pour une même catégorie, nous avons choisi de ne retenir que la pression la plus impactante. Il s'agit également souvent de celle qui correspond au niveau supérieur de la typologie, ici : « *Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs* » (F). F06 est donc relié à la pression « *Perte physique de surface naturelle* » de la typologie des diagnostics territoriaux.

Souvent le niveau supérieur de la typologie permet donc de discriminer à quelle pression il faut relier la catégorie N2000. Par exemple pour G14 « *Empoisonnement dû à l'utilisation de cartouches au plomb, fragments de balles au plomb ou plombs de pêche* », le niveau de typologie supérieur étant « *Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)* », le lien est fait avec la pression « *Prélèvement* » de la typologie du diagnostic territorial, et non avec « *Pollution chimique – organique* », où la chasse au plomb est donnée en exemple.

Toutefois, le niveau supérieur de la typologie N2000 ne permet pas toujours de faire le lien avec la typologie des diagnostics territoriaux. Par exemple, pour « *Activités sportives, touristiques et de loisirs* » (F07), le niveau supérieur de la typologie est « *Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs* ». On pourrait donc penser que cette catégorie est à mettre en lien avec la pression « *Perte physique de surface naturelle* », alors que sa description : « *Activités sportives, touristiques et de loisirs en dehors des zones urbaines et récréatives (par ex. sports d'extérieur, aéronefs de loisirs, drones, piétinement anthropique, observation de la faune sauvage)* », nous amène à la classer dans la pression « *Fréquentation-dérangement* ».

Certaines catégories ne sont pas reliées à des pressions qu'elles engendrent parce qu'une autre catégorie plus précise cible cette pression particulière. Par exemple, la catégorie E01 « *Routes, chemins, voies ferrées et infrastructures liées (par ex. ponts, viaducs, tunnels)* » est reliée aux pressions « *Obstacles* » et « *Mortalité accidentelles* » mais pas à « *Pollution* », car il existe également les catégories E05 et E06 : « *Opérations de transport terrestre, fluvial et aérien générant des pollutions des eaux de surface ou souterraines/des pollutions de l'air* », qui correspondent plus clairement à la pression « *Pollution* ». De même, certaines catégories ne sont pas reliées à des pressions qu'elles engendrent si celles-ci ne sont pas précisées explicitement dans leur description, alors qu'elles le sont pour d'autres catégories appartenant au même niveau supérieur de la typologie. Par exemple, D05 « *Développement et fonctionnement d'usines de production énergétique (par ex. usines de bioénergie, énergies fossiles et centrales nucléaires)* » n'est pas inclus dans la pression « *Pollution* », à laquelle on rattache par contre D07 « *Construction et fonctionnement d'oléoducs et gazoducs en zone terrestre ou marine (incluant par ex. les impacts négatifs d'explosions ou de pollution de l'air)* ».

Autres cas de correspondance ambiguë :

- H04 « *Vandalisme, pyromanie, incluant par exemple les incendies à large échelle d'origine criminelle* », qui est relié (en plus de la pression « *Fréquentation-dérangement* ») à la pression « *Perte physique de surface naturelle* » pour prendre en compte la pyromanie à grande échelle.
- A23 et B22 : « *Utilisation d'autres pratiques de lutte antiparasitaire en agriculture/gestion forestière* » sont reliés à la pression « *Pollution* », avec les pratiques de lutte antiparasitaire.
- A 14 : « *Elevage de bétail (hors pâturage)* », dont la description est « *Autres activités à l'exception du pâturage, en lien avec l'élevage de bétail, comme la reproduction, l'alimentation du bétail ou l'utilisation de médicaments vétérinaires. Est inclus également l'abandon de procédés traditionnels liés à l'élevage* », en France la principale pression correspondante est liée aux médicaments vétérinaires, donc cette catégorie est classée dans la pression « *Pollution* ».
- G02 : « *Processus de transformation du poisson et des coquillages* » (« *Activités relatives à la transformation du poisson et des coquillages, comme la manipulation des prises, stockage, prétraitement et traitement, et gestion des déchets.* ») a été classé dans « *Pollution* ».
- L05 : « *Diminution de la fécondité / dépression génétique* », L06 : « *Relations interspécifiques* » et L07 : « *Absence ou diminution des relations interspécifiques animales et végétales* » sont classés dans la pression « *Changement naturel d'écosystème* » car il s'agit de processus naturels, même s'ils ne s'appliquent pas à un écosystème.
- G08 : « *Gestion des stocks halieutiques et de gibier* » dont la description est « *Activités liées à la gestion des stocks halieutiques et de gibier, comme le repeuplement avec des espèces indigènes de poisson (y compris repeuplement illégal), la gestion des populations de gibier (par ex. contrôle de certains prédateurs par les gardes-chasse), gestion de l'habitat du gibier (par ex. brûlis de bruyère pour *Lagopus lagopus*), nourrissage du gibier, dégâts liés à la surabondance du gibier* ». De nombreuses pressions sont donc liées à cette catégorie et il est difficile de déterminer la plus impactante, dans ce cas on considère qu'il n'y a pas de correspondance (NC) entre ces deux typologies. C'est également le cas de catégories « *Autres activités...* » pour lesquelles on ne peut pas faire de correspondance, sauf si la pression engendrée est précisée, comme pour F14 : « *Autres activités et structures résidentielles ou récréatives générant des pollutions ponctuelles des eaux de surface ou souterraines* », qui est donc classée dans la pression « *Pollution* ».

Le travail de mise en relation des typologies permettra d'exploiter les liens espèces-pressions disponibles dans les différentes bases de données existantes. Les rattachements ne seront cependant pas systématiques, la plupart des relations n'étant pas des équivalences strictes.

4 Méthode de cartographie des pressions anthropiques

La cartographie des pressions anthropiques en France métropolitaine continentale a été réalisée selon plusieurs étapes. Nous avons d'abord recherché, pour chaque pression identifiée comme significative dans le diagnostic présenté précédemment, les données disponibles (4.1 et 4.2) afin d'identifier les pressions pour lesquelles une cartographie est possible. Lorsqu'elles existaient, ces données ont été traitées le cas échéant, et standardisées à l'échelle nationale (4.3). Finalement, nous les avons mises en lien avec la typologie des pressions des diagnostics territoriaux (4.4).

4.1 Identification et récupération des données brutes

Pour chacune des catégories de pressions anthropiques, les données disponibles les plus pertinentes ont été recherchées soit par mot-clé sur le web, soit via des échanges avec des experts. Plusieurs critères de sélection ont été appliqués pour conserver ou non les données obtenues :

- Les données devaient être spatialisées : associées à une localisation précise, un territoire, un réseau spatial ou une matrice spatiale.
- Les données devaient être homogènes et disponibles sur l'ensemble de la métropole.
- Les données devaient avoir une résolution initiale inférieure ou égale à 10 km par 10 km (résolution du maillage utilisé pour standardiser les données).

Une exception a été faite au dernier critère pour les tableaux de chasse réels ou estimés, disponibles uniquement à l'échelle départementale et sans équivalent plus précis, cette couche d'information étant suffisamment importante pour faire ce compromis sur la résolution. Au total, 27 lots de données brutes ont été collectés, chacun étant résumé dans le tableau 6.

4.2 Variabilité spatio-temporelle des données brutes

La disponibilité des données est variable selon les territoires et les périodes concernés : 24 lots de données sont fournis au niveau national et 3 au niveau européen (cf. Tableau 6). La première donnée disponible date de 1990 et la plus récente de 2021. De plus, 12 lots sont composés de données annuelles sur plusieurs années. Par exemple, les données d'occupation du sol Corine Land Cover (CLC) sont disponibles pour les années 1990, 2000, 2006, 2012 et 2018 alors que les données de prélèvements en eau du site Eau France sont disponibles annuellement depuis 2008.

La résolution spatiale des données brutes varie également : 12 lots fournissent des données avec une géolocalisation précise (point, ligne), 9 lots sont à l'échelle d'un polygone (commune, département, etc.) et 6 lots à l'échelle de pixels de tailles variables (cf. Tableau 6)

Pour rappel, toutes les cartes seront réalisées sur un maillage de 10x10km, afin de pouvoir être croisées avec les mailles du diagnostic du réseau d'espaces protégés métropolitain terrestre (Léonard *et al.* 2021). On voit dans le tableau que cette résolution pourrait être améliorée très largement en utilisant les mêmes données. La très grande majorité des données utilisées présente une résolution nettement plus fine.

Tableau 6 : Liste des données brutes collectées dans le but de produire des indicateurs de pressions anthropiques continentales en France métropolitaine.

Code S = Code de la source, Date = date d'obtention ou de téléchargement

Code S	Description	Type	Résolution originale	Niveau	Echelle temporelle	Source	Date
S3	Flux d'artificialisation des sols entre 2009 et 2018 pour différentes activités	Shapefile (polygones)	Données par commune	National	2009 - 2018	https://artificialisation.biodiversitetousvivants.fr/les-donnees-au-1er-janvier-2019#paragraph--970	12/10/2020
S4	Géolocalisation des installations classées pour la protection de l'environnement	Shapefile (points)	Précision au mètre	National	2020	https://www.georisques.gouv.fr/risques/installations	29/06/2020
S5	Données Corine Land Cover d'occupation des sols	Shapefile (polygones)	Polygones de 25 ha minimum	National	1990, 2000, 2006, 2012, 2018	https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/corine-land-cover-0	29/06/2020
S6	Recensement des équipements sportifs, espaces et sites de pratiques	Shapefile (polygones)	Données par commune	National	2017	https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/recensement-des-equipements-sportifs-espaces-et-sites-de-pratiques/	01/07/2020
S8	Nombre de lits dans les hôtels et nombre d'emplacements dans les campings	Shapefile (polygones)	Données par commune	National	2020	https://statistiques-locales.insee.fr/#c=indicator&i=tourisme.htchnn&s=2020&view=map1	01/07/2020
S12	Prévision des changements de températures selon les scénarios "Representative concentration pathway (RCP)" 2.6, 4.5 et 8.5 pour les périodes 2021-2050, 2041-2070 et 2071-2100	Raster	Pixels de 10000 mètres par 10000 mètres	National	2021-2050, 2041-2070, 2071-2100	Experts & https://www.umr-cnrm.fr/spip.php?rubrique154	27/07/2020
S13	Données des inventaires forestiers	Shapefile (points)	Précision au kilomètre	National	2005 - 2018	https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?rubrique159	02/07/2020
S15	Géolocalisations des installations photovoltaïques depuis 1993	Shapefile (points)	Précision au mètre	Europe	1993 - 2019	https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-sur-les-installations-photovoltaique-en-france-et-quelques-pays-europeens/	30/07/2020
S16	BD ROUTE 500 - Réseau routier et ferré	Shapefile (lignes)	Précision au mètre	National	2018	https://geoservices.ign.fr/documentation/diffusion/telechargement-donnees-libres.html#route-500	25/06/2020
S17	Ensemble de données spatiales sur le réseau de transport de l'électricité	Shapefiles (lignes et points)	Précision au mètre	National	2020	https://opendata.reseaux-energies.fr/explore/?refine.theme=Infrastructures&sort=modified&refine.publisher=RTE&refine.key	29/07/2020

Code S	Description	Type	Résolution originale	Niveau	Echelle temporelle	Source	Date
						word=Infrastructure&refine.keyword=Electricit%C3%A9&refine.keyword=INSPIRE	
S19	Tableaux de chasse réels ou estimés pour différentes espèces	Shapefile (polygones)	Données par département	National	2013-2014, 2018	http://carmen.carmencarto.fr/38/Tableaux de chasse.map	01/07/2020 - 10/11/2020
S20	Sentiers des grandes randonnées	Shapefile (lignes)	Précision au mètre	National	2020	https://www.gr-infos.com/gr-fr.htm	01/07/2020
S21	Véloroutes et voies vertes	Shapefile (lignes)	Précision au mètre	National	2013	https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/velo-routes-on3v-1/	01/07/2020
S22	Occurrence des incendies	Shapefile (polygones)	Données par commune	National	2006-2019	https://bdiff.agriculture.gouv.fr/incendies	07/04/2021
S24	Données sur les prélèvements en eau par type d'usage	Shapefile (polygones)	Données par commune	National	2008-2017	https://bnpe.eaufrance.fr/acces-donnees	01/07/2020
S25	Registre des émissions polluantes : rejets de déchets dangereux et non-dangereux	Shapefile (points)	Précision au mètre	National	2014-2018	https://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep/telechargement	29/06/2020
S26	Richesse spécifique par maille en espèces exotiques envahissantes	Raster	Pixels de 10000 mètres par 10000 mètres	National	2020	Experts : https://naturefrance.fr/la-carte-des-pressions	29/07/2020
S28	Quantité d'achats de substances pesticides	Shapefile (polygones)	Données par commune	National	2013-2018	http://www.data.eaufrance.fr/jdd/a69c8e76-13e1-4f87-9f9d-1705468b7221	08/07/2020
S29	Relevés d'observations physico-chimiques de la qualité des cours et des plans d'eau	Shapefile (points)	Précision au mètre	National	2005-2018	http://www.naiades.eaufrance.fr/france-entiere#/	16/11/2020
S31	Proportion de zones potentiellement non soumises au bruit du trafic routier, de l'industrie et des activités récréatives.	Raster	Pixels de 100 mètres par 100 mètres	Europe	2016	https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/quiet-areas-in-europe-2	29/06/2020
S33	Géolocalisations des parcs éoliens	Shapefile (points)	Précision au mètre	National	2021	https://www.thewindpower.net/store_country_fr.php?id_zone=1	Non acquise
S35	Géolocalisation des obstacles à l'écoulement d'origines anthropiques.	Shapefile (points)	Précision au mètre	National	2021	https://www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/fre/catalog.search;jsessionid=node0ufdnvojd78u1u3spn	03/03/2021

Code S	Description	Type	Résolution originale	Niveau	Echelle temporelle	Source	Date
						j4a0z1h6198815.node0#/metadata/59057026-b40c-4cf9-9e3e-7296e0aa1a78	
S36	Données de la campagne 2016 de la Biosurveillance des Retombées Atmosphériques Métalliques par les Mousses (BRAMM): mesure de la concentration en contaminants azotés dans des mousses forestières sur l'ensemble du territoire métropolitain (environ 500 sites de collectes répartis sur l'ensemble du territoire). Ces sites sont localisés en milieu rural, loin des sources locales de pollution, et forestier, sous couvert arboré.	Shapefile (points)	Précision au mètre	National	2016	https://www.patrinat.fr/fr/biosurveillance-des-retombees-atmospheriques-metalliques-par-les-mousses-bramm-6071	08/02/2021
S37	Indicateur de la fragmentation du paysage due aux surfaces imperméabilisées et aux infrastructures de transport. L'indicateur est exprimé par la densité effective de mailles (c.-à-d., le nombre de mailles, ou de parcelles, par 1000 km ²).	Raster	Pixels de 1000 mètres par 1000 mètres	Europe	2016	https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/landscape-fragmentation-indicator-effective-mesh	29/06/2020
S38	Géolocalisation des points de collisions avec la faune sur le réseau routier national.	Shapefile (points)	Précision au mètres	National	2011 - 2019	Experts :_DIR Est, DIR Ouest, DIR Centre-Est, DIR Nord-Ouest, DIR Atlantique, DIR Méditerranée, DIR Nord, DIR Centre-Ouest, DIR Massif-Central, DIR Sud-Ouest, (Billon, Sordello, et Touroult 2015)	03/03/2021
S39	Degré de densité de population par commune (identification des communes rurales et urbaines)	Shapefile (polygones)	Données par commune	National	2020	https://www.insee.fr/fr/information/2114627	16/03/2021
S40	Prévision d'indicateurs de sécheresse selon les scénarios B1, A1B et B2 du modèle Arpège Climat V4.6 pour les périodes 2021-2050, 2041-2070, 2071-2100	Raster	Pixels de 8000 mètres par 8000 mètres	National	2021-2050, 2041-2070, 2071-2100	https://drias-prod.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWebDrias/index.jsp	08/07/2021

4.3 Standardisation des données brutes

Afin de pouvoir construire des cartographies de pressions anthropiques à la même échelle à partir des différentes données, toutes les données brutes ont été standardisées au maillage national de 10 km par 10 km de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN)¹², projeté en RGF 93 / Lambert-93 (EPSG: 2154). La standardisation des données au maillage 10 km par 10 km a été adaptée selon l'échelle initiale de la donnée brute. L'ensemble des couches spatiales standardisées sont résumées dans le Tableau 7.

- Cas des données à l'échelle d'un point : la somme des données a été calculée pour chaque maille. Par exemple, le prélèvement en eau au sein d'une maille correspond à la somme des prélèvements en eau de l'ensemble des stations géolocalisées au sein de cette maille. Deux exceptions ont été faites pour le cas des concentrations en polluants dans les plans et cours d'eau (S29, Tableau 5) et pour la concentration en contaminants azotés dans des mousses forestières (S36, Tableau 5). Dans le premier cas, nous avons calculé la moyenne des données au sein de chaque maille et dans le second cas, nous avons effectué un krigeage ordinaire des données.
- Cas des données à l'échelle d'une ligne : chaque maille du maillage national a obtenu la valeur correspondant à la longueur totale des segments chevauchant cette maille. Par exemple, la longueur de voies ferrées au sein d'une maille correspond à la longueur totale de l'ensemble des voies ferrées intersectées dans cette maille. Une exception a été faite pour le calcul de la densité de routes par maille dont le traitement est détaillé dans la partie 5 (cf. p61).
- Cas des données à l'échelle d'une commune ou d'un département : la standardisation de ces données s'est faite en deux étapes. Premièrement, la proportion de chevauchement de chaque polygone (commune ou département) sur chaque maille du maillage national a été calculée. Deuxièmement, une somme pondérée par le taux de chevauchement pour chaque maille a été calculée. Par exemple, si une maille était recouverte par trois communes C_1 , C_2 , et C_3 avec des taux de chevauchement de 70%, 10% et 80%, respectivement ; alors la maille obtenait comme valeur : $0.70 * \text{valeur}_{C_1} + 0.10 * \text{valeur}_{C_2} + 0.80 * \text{valeur}_{C_3}$. Cette approche est conservatrice puisque la valeur d'une maille tient compte de l'ensemble des valeurs des communes qui occupent cette maille. Une exception a été faite pour les données sur les achats de substances pesticides dont le traitement est détaillé dans la partie 5 (cf. 81).
- Cas des données à l'échelle d'un polygone, hors communes et départements (par exemple données Corine Land Cover) : la proportion de surface occupée par les polygones au sein de chaque maille du maillage national a été calculée. Par exemple, la proportion de zone urbaine au sein d'une maille correspond à la surface totale des polygones de zone urbaine recouvrant cette maille divisée par l'aire de la maille (100 km²) (multipliée par 100 pour obtenir un %).
- Cas des données raster : chaque maille a obtenu la valeur correspondant à la moyenne des valeurs des pixels chevauchant cette maille.

¹² <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/cartes-et-information-geographique/ref/referentiels>

- Cas des données sur plusieurs années : lorsque plusieurs années de données étaient disponibles, les données ont d'abord été standardisées au maillage national par année. Dans le cas des indicateurs d'état (cf. partie 4.4 ci-dessous), si les années disponibles couvraient une période récente, une moyenne sur cette période a été faite pour améliorer la précision de l'indicateur en gommant la variabilité interannuelle. Pour les indicateurs d'évolution, la différence entre deux années a été calculée.

4.4 Mise en lien avec la typologie de pressions des diagnostics territoriaux et sélection des données standardisées

Chacune des couches spatiales standardisées constitue un indicateur d'une des pressions les plus impactantes en France métropolitaine continentale. Un indicateur est « *un outil d'évaluation d'une situation ou d'une évolution, à un instant donné, de façon objective et synthétique* »¹³. Les couches construites peuvent être classées en trois catégories, correspondant à trois types d'indicateur : état actuel, évolution ou perspective. Ces catégories sont renseignées dans le Tableau 7.

Les indicateurs de type « état actuel » reflètent la situation à un temps t. Ils sont les plus nombreux : par exemple la surface annuelle moyenne de maille brûlée par les incendies entre 2006 et 2019. Les indicateurs d'évolution permettent de mesurer une différence entre deux périodes, par exemple la surface de maille nouvellement artificialisée entre 2009 et 2018. L'intégration de la temporalité permet de relativiser le niveau d'importance d'une pression, et de savoir si elle est en baisse ou en augmentation. Enfin, les indicateurs de perspectives permettent de prévoir une tendance future, tels que les prévisions de changements de température pour l'horizon 2021-2050. L'utilisation de ce dernier type d'indicateur est limitée car les données disponibles pour les construire sont plus rares. Toutefois, leur utilisation est la plus pertinente pour pouvoir évaluer où les pressions seront les plus importantes à l'avenir, dans l'optique de proposer une réponse adaptée.

Chaque couche standardisée a été rattachée à une catégorie de pressions de la typologie des diagnostics territoriaux. La classification est exclusive : une couche spatiale ne peut pas être en lien avec deux pressions différentes. Dans les cas où plusieurs couches spatiales existaient pour une même catégorie de pression, nous avons utilisé, en plus d'une réflexion logique, d'un examen visuel des données et de la bibliographie, une approche par analyse en composantes principales (ACP). Celle-ci permet d'évaluer le niveau de redondance entre variables (voir Annexe 4) : une ACP permet de projeter un ensemble de variables explicatives sur des axes, généralement en nombre inférieur au nombre de variables, sur lesquels les variables positivement corrélées sont regroupées alors que les variables négativement corrélées sont opposées sur les axes. Si plusieurs variables se situent à la même position sur les axes de l'ACP, on peut donc considérer qu'elles sont redondantes et qu'une seule de ces variables suffit à représenter la pression. Dans ce cas, nous avons gardé la couche spatiale la plus pertinente dans le cadre de ce travail. A l'inverse, si plusieurs variables sont complémentaires pour une même pression, l'ensemble est conservé.

¹³ <https://www.observatoire-biodiversite-hdf.fr/indicateurs-biodiversite>

Tableau 7: Catalogue des données standardisées au maillage national de résolution 10 km par 10 km (raster) en France métropolitaine.
Code CSS = Code de la couche spatiale standardisée, Code S = Code de la source

Code CSS	Description	Type d'indicateur	Valeur minimale	Valeur maximale	Code S
C151	Surface (hectares/maille) nouvellement artificialisée pour toutes activités confondues (activité, habitat, mixte ou inconnue) entre 2009 et 2018	Evolution	0	709,5	S3
C171	Pourcentage de chaque maille couverte par des terres arables et des cultures permanentes ¹⁴	Etat	0	97,6	S5
C218	Pourcentage de chaque maille couverte par des terres arables et des cultures permanentes en 2012.	Etat	0	97,6	S5
C203	Pourcentage de chaque maille couverte par des terres arables et des cultures permanentes en 1990.	Etat	0	98,6	S5
C221	Pourcentage de chaque maille couverte par des terres arables et des cultures permanentes en 2006.	Etat	0	98,1	S5
C204	Progression du pourcentage de chaque maille occupée par des terres arables et des cultures permanentes entre 1990 et 2018 (différence entre C171 et C203)	Evolution	-51,2	42,3	S5
C222	Progression du pourcentage de chaque maille occupée par des terres arables et des cultures permanentes entre 2006 et 2018 (différence entre C171 et C221)	Evolution	-43,4	44,3	S5
C220	Progression du pourcentage de chaque maille occupée par des terres arables et des cultures permanentes entre 2012 et 2018 (différence entre C171 et C218)	Evolution	-2,2	2,3	S5
C122	Surface moyenne annuelle (hectares/maille) brûlée par les incendies entre 2006 et 2019	Etat	0	157,0	S22
C15	Nombre annuel moyen par maille de placettes de forêt de l'inventaire forestier issues de plantation forestière visitées entre 2005 et 2018	Etat	0	1,9	S13
C232	Pourcentage annuel moyen par maille de placettes de forêt de l'inventaire forestier issues de plantation forestière visitées entre 2005 et 2018	Etat	0	100	S13
C78	Pourcentage de chaque maille dont les terres agricoles ont été dépréciées entre 1990 et 2018	Evolution	0	44,7	S5
C198	Pourcentage de chaque maille couverte par les zones d'extraction de matériaux en 2018	Etat	0	8,1	S5
C181	Longueur (km/maille) de voies ferrées en 2018	Etat	0	71,1	S16
C201	Longueur (km/maille) de routes corrigée par leur niveau d'importance en 2018	Etat	0	1 256,3	S16

¹⁴ nomenclature Corine Land Cover = 211, 212, 213, 221, 222, 223 et 241

Code CSS	Description	Type d'indicateur	Valeur minimale	Valeur maximale	Code S
C226	Longueur (km/maille) de routes corrigée par leur niveau d'importance et de voies ferrées en 2018 (somme de C181 et C201)	Etat	0	1327,5	S16
C211	Nombre par maille d'obstacles à l'écoulement d'origines anthropiques en 2021	Etat	0	349	S35
C216	Transformation logarithmique du nombre moyen de parcelles par km ² (densité effective de maille) en 2016	Etat	-10,3	11,4	S37
C205	Nombre par maille de sites d'activités aériennes, aquatiques et nautiques, d'équipements et pistes de ski, de divers sports de nature (canyoning, escalade, refuge de montagne, via ferrata, etc..) et de circuits de sports mécaniques en 2018	Etat	0	149,7	S6
C192	Longueur totale (km/maille) de véloroutes, voies vertes (2013) et chemins de randonnées (2020)	Etat	0	183,1	S20, S21
C217	Nombre par maille de lits dans les hôtels et d'emplacements dans les campings (restriction aux communes rurales seulement) en 2020	Etat	0	7 600	S8
C79	Pourcentage par maille de zones potentiellement non soumises au bruit du trafic routier, de l'industrie et des activités récréatives en 2016	Etat	0	100	S31
C214	Pourcentage par maille de zones potentiellement soumises au bruit du trafic routier, de l'industrie et des activités récréatives (100 – C79) en 2016	Etat	0	100	S31
C196	Quantité annuelle moyenne (tonnes/maille) de déchets dangereux et non dangereux produits par les installations classées pour la protection de l'environnement entre 2014 et 2018	Etat	0	6 035 733	S25
C178	Concentration annuelle moyenne (mg/L) en nitrates dans les cours ou plans d'eau entre 2005 et 2018	Etat	0	381,7	S29
C179	Concentration annuelle moyenne (mg/L) en phosphore dans les cours ou plans d'eau entre 2005 et 2018	Etat	0	3760	S29
C207	Estimation de la concentration (mg/g) en dépôts atmosphériques azotés par krieeage ordinaire de la concentration en azote dans les mousses terrestres en 2016	Etat	9,0	18,1	S36
C173	Estimation du nombre total d'oiseaux prélevés par maille pour les espèces suivantes pour la saison 2013-2014: Corbeau freux, Poule d'eau, Canard colvert, Foulque macroule, Fuligule milouin, Fuligule morillon, Canard pilet, Canard siffleur, Canard souchet, Faisan vénéré, Perdrix grise, Perdrix rouge, Huîtrier pie, Alouette des champs, Bécasse des bois, Bécassine des marais, Caille des blés, Corneille noire, Etourneau sansonnet, Geai des chênes, Grive draine, Grive litorne, Grive musicienne, Grive mauvis, Pie bavarde, Pigeon colombin, Pluvier doré, Pigeon ramier, Tourterelle des bois, Tourterelle turque, Vanneau huppé, Oie cendrée	Etat	0	8127	S19
C213	Nombre annuel moyen par maille de placettes de forêt de l'inventaire forestier présentant une coupe forestière récente (inférieure à 5 ans) entre 2015 et 2018	Etat	0	2,8	S13
C233	Pourcentage annuel moyen par maille de placettes de forêt de l'inventaire forestier présentant une coupe forestière récente (inférieure à 5 ans) entre 2015 et 2018	Etat	0	100	S13
C187	Longueur (km/maille) de lignes aériennes de transport de l'électricité en 2020	Etat	0	137,2	S17

Code CSS	Description	Type d'indicateur	Valeur minimale	Valeur maximale	Code S
C114	Richesse spécifique par maille en espèces exotiques envahissantes en 2020	Etat	0	54	S26
C68	Prévision des changements de la température moyenne annuelle (°C) selon le modèle RCP4.5 pour l'horizon 2021-2050	Perspective	0,8	1,5	S12
C225	Moyenne annuelle des prélèvements en eau (m³/maillage) pour l'eau potable et l'irrigation entre 2008 et 2017	Etat	0	74 566 840	S24
C155	Quantité totale (tonnes/maillage) de biomasse nécessaire à l'absorption des substances actives achetées en 2017 pour n'obtenir "que" 50% de mortalité animale	Etat	0	1 300,4	S28
C210	Nombre annuel moyen par maille de collisions routières avec la faune entre 2011 et 2019	Etat	0	74,3	S38
C215	Pourcentage de chaque maille dont les forêts se sont enrésinées entre 1990 et 2018	Etat	0	12,2	S5
C219	Pourcentage de chaque maille dont les forêts se sont enrésinées entre 2012 et 2018	Etat	0	0,8	S5
C224	Pourcentage de chaque maille dont les forêts se sont enrésinées entre 2006 et 2018	Etat	0	11,9	S5
C237	Prévision de l'indice standardisé des précipitations sur 12 mois selon le modèle Arpège Climat V4.6 scénario A1B pour l'horizon 2021-2050	Perspective	-1,1	0,6	S40
C238	Prévision de l'indice standardisé de l'humidité des sols sur 12 mois selon le modèle Arpège Climat V4.6 scénario A1B pour l'horizon 2021-2050	Perspective	-2,6	0,3	S40

5 Description détaillée des cartes produites

5.1 Synthèse des pressions prises en compte

Le tableau ci-dessous (Tableau 8) synthétise les pressions cartographiées, ainsi que celles qui n'ont pas pu être représentées (en grisé), classées selon la typologie des diagnostics territoriaux (cf. p. 18).

Sur 41 pressions répertoriées, 27, soit 66 %, ont pu être représentées par une carte. Pour les 14 restantes, aucune donnée n'a pu être identifiée ou les données disponibles n'ont pas été jugées suffisamment pertinentes. Ces cas sont discutés dans la partie suivante (5.2).

Tableau 8 : Liste des pressions en lien avec la typologie des diagnostics territoriaux. Les pressions n'étant pas représentées par une carte sont en grisé.

Grand facteur de changement direct	Catégorie de pression	Code de la pression	Pression représentée	Code de la couche spatiale standardisée reflétant la pression
Changement d'usage des terres et des mers	Perte physique de surfaces naturelles	1.1	Perte d'habitat due à l'artificialisation	C151
			Perte d'habitat due à l'intensification agricole	C222
			Perte d'habitat due aux incendies	C122
			<i>Perte d'habitat due à l'installation de panneaux photovoltaïques</i>	<i>Pression non cartographiée</i>
			<i>Perte d'habitat naturel due au drainage</i>	<i>Pression non cartographiée</i>
	Changement anthropique d'écosystème	1.2	Intensification sylvicole : plantations	C232
			Enrésinement	C224
<i>Autres modifications des écosystèmes aquatiques</i>			<i>Pression non cartographiée</i>	
Changement naturel d'écosystème	1.3	Déprise agricole	C78	
Changement de gestion et de	Dompage à l'écosystème	1.4	Extraction de matériaux	C198
			Consommation d'eau (prélèvements pour l'irrigation et l'eau potable)	C225

Grand facteur de changement direct	Catégorie de pression	Code de la pression	Pression représentée	Code de la couche spatiale standardisée reflétant la pression
structure des écosystèmes			<i>Intensification agricole par la fauche, le surpâturage</i>	<i>Pression non cartographiée</i>
			<i>Dommages liés aux opérations d'exploitation sylvicoles</i>	<i>Pression non cartographiée</i>
	Obstacle	1.5	Fragmentation liée aux réseaux de transport (réseau routier et voies ferrées)	C226
			Fragmentation liée aux obstacles à l'écoulement des cours d'eau	C211
			Fragmentation du paysage	C216
	Fréquentation, dérangement	1.6	Dérangements liés à certaines activités sportives de plein air	C205
			Dérangements liés aux activités sportives de randonnée et vélo	C192
			Augmentation de la fréquentation par le tourisme	C217
			<i>Dérangement lié à la chasse</i>	<i>Pression non cartographiée</i>
	Pollution	Pollution physique - énergétique	2.1	Pollution sonore
<i>Pollution lumineuse</i>				<i>Pression non cartographiée</i>
Pollution physique - déchets		2.2	Déchets produits par les ICPE	C196
			<i>Dépôts sauvages</i>	<i>Pression non cartographiée</i>
Pollution physique – particulaire		2.3		<i>Catégorie non représentée</i>
Pollution chimique organique		2.4	Pollution de nitrate dans les eaux de surface	C178
			Pollution de phosphore dans les eaux de surface	C179
	Pollution atmosphérique azotée (dans les mousses)		C207	

Grand facteur de changement direct	Catégorie de pression	Code de la pression	Pression représentée	Code de la couche spatiale standardisée reflétant la pression
	Pollution chimique inorganique	2.5	Pollution liée aux pesticides utilisés en agriculture	C155
Exploitation directe des ressources biologiques, intentionnelle ou non-intentionnelle	Prélèvement	3.1	Prélèvement d'oiseaux liée à la chasse	C173
			Coupes forestières	C233
			<i>Prélèvement de flore/fonge</i>	<i>Pression non cartographiée</i>
	Mortalité accidentelle	3.2	Mortalité accidentelle par collision routière	C210
			Mortalité accidentelle par collision avec les lignes aériennes de transport de l'électricité	C187
			<i>Mortalités accidentelles par collisions avec les éoliennes</i>	<i>Pression non cartographiée</i>
Espèces allochtones (dont espèces exotiques envahissantes)	Présence d'espèces exotiques envahissantes	4.1	Présence d'espèces exotiques envahissantes	C114
	Présence de pathogènes	4.2		<i>Catégorie non représentée</i>
	Perturbation génétique	4.3		<i>Catégorie non représentée</i>
Changement climatique	Changement des températures (moyennes ou extrêmes)	5.1	Changements de température moyenne annuelle prévus pour la période 2021-2050	C68
	Changement du régime de précipitation et du régime éolien	5.2	Evolution attendue de l'humidité des sols en 2050	C238
			<i>Augmentation des événements climatiques exceptionnels</i>	<i>Pression non cartographiée</i>

5.2 Lacunes de connaissances : pressions non cartographiées

Certaines pressions n'ont pas pu être représentées dans le cadre de notre travail, faute de données pertinentes (cf. Tableau 8). Ces lacunes sont détaillées ci-dessous :

- Perte d'habitat naturel due à l'installation de panneaux photovoltaïques : l'installation des panneaux photovoltaïques est prise en compte dans la carte de perte d'habitat due à l'artificialisation (C 151) mais les pressions engendrées par les parcs photovoltaïques sont susceptibles de ne pas se limiter au seul impact engendré par l'artificialisation. Cependant, trop peu d'études sont disponibles sur le sujet (I Care & Consult et Biotope 2020). Ils ne sont donc pas traités à part ici, toutefois des données sur le nombre de panneaux photovoltaïques installés entre 1993 et 2019¹⁵ sont disponibles pour réaliser une carte (voir S15 du Tableau 6). Il pourrait être intéressant de disposer aussi de données sur les perspectives en matière d'installations. En effet, la part du photovoltaïque dans l'artificialisation des sols, sans doute encore relativement faible même si elle reste à quantifier, est susceptible de devenir significative à l'avenir au vu des objectifs de développement des énergies renouvelables affichés (MTES 2020).
- Perte d'habitat naturel due au drainage : des données Agreste de la surface drainée par canton en 2010 sont disponibles¹⁶. Elles n'ont cependant pas été jugées suffisamment fiables. En effet, les données fournies par les opérateurs du drainage à partir des années 2000 étant incomplètes ou insuffisamment fiables, les seules données utilisables sont celles issues des Recensements Généraux de l'Agriculture de 2000 et 2010. Elles ont fait l'objet d'une cartographie par l'Irstea mais celle-ci n'est pas exploitable, les données étant trop sujettes à caution (donnée mal comprise par les répondants ou déclaration volontairement erronée pour éloigner un risque de contentieux judiciaire) (Vincent et Delaigue 2015).
- Autres modifications des écosystèmes aquatiques : ces modifications concernent notamment les rectifications et recalibrage des cours d'eau (généralement effectuées par le passé), le remblaiement, comblement (plus localisés), etc. Aucune donnée n'a été identifiée actuellement au niveau national.
- Intensification agricole par la fauche, le surpâturage : ces deux pressions, qui peuvent générer des impacts significatifs, s'appliquent à des échelles très locales, avec de fortes variabilités d'une parcelle à l'autre. Aucune donnée n'a été identifiée actuellement au niveau national.
- Dommages liés aux opérations d'exploitation sylvicoles : les données IGN permettent d'identifier les placettes qui présentent des signes manifestes de gestion (indices nombreux et manifestes permettant d'affirmer que le peuplement fait l'objet d'une intention d'exploiter). Cependant, il serait abusif d'assimiler d'extrapoler de cet information un niveau d'impact sur la biodiversité, puisqu'elle ne dit rien du niveau de perturbation causé par les opérations de gestion (bruit, dérangement, perte d'habitat, mortalités accidentelles) ou de la dégradation des sols notamment à travers la mécanisation avec engins lourds (tassement, érosion, formation d'ornières).

¹⁵ <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-sur-les-installations-photovoltaique-en-france-et-quelques-pays-europeens/>

¹⁶ Recensement agricole 2010 - Indicateurs : cartes, données et graphiques (agriculture.gouv.fr)

- Dérangement lié à la chasse : la perturbation de l'avifaune par le dérangement occasionné par les actions de chasse peut être significative pour les oiseaux, voir (Tamisier *et al.* 2003; Mallard 2016), mais, la chasse des oiseaux étant déjà cartographiée dans le cadre de la pression « prélèvement » (code de la pression 3.1, couche C173), nous n'avons pas jugé souhaitable de l'afficher dans deux catégories. Concernant la chasse des mammifères/cervidés, la bibliographie ne mentionne pas de dérangement significatif dans les sources consultées.
- Pollution lumineuse : Des données satellitaires sont disponibles¹⁷, mais elles comportent certains biais (restrictions à certaines longueurs d'ondes, non-prise en compte de l'éclairage au sol...), voir (Sordello *et al.* 2018). Un indicateur ONB/DarkSkyLab corrigeant certains de ces biais sera disponible courant 2021 pour illustrer cette pression.
- Dépôts sauvages : aucune donnée n'a été identifiée à l'échelle nationale, en dehors de cartographies participatives insuffisamment exhaustives à ce jour (par exemple projet « Sentinelles de la nature » porté par France Nature Environnement).
- Prélèvement de flore/fonge : aucune donnée n'a été identifiée. La randonnée pédestre (cf. carte C192) reflète en partie cette pression pour les usages non professionnels (Laboratoire SENS, Association Cohérence pour un développement durable, et FRAPNA Ardèche 2004). Par ailleurs, hors certains cas particuliers, il y a actuellement peu de connaissances sur l'impact de la pression de cueillette seule (sans être accompagnée d'un piétinement important). elle dépend de nombreux facteurs : cueillette à but commercial ou non, espèce déjà menacée ou non, fenêtre de cueillette spatio-temporelle, partie de la plante prélevée, etc. (Muraz 2018).
- Mortalités accidentelles par collisions avec les éoliennes : cette cartographie n'a pas été réalisée du fait de l'absence de données accessibles en libre accès sur le positionnement des parcs éoliens en France. Les données existent, avec un accès payant, dans la base de données The Wind Power¹⁸.
- Augmentation des événements climatiques exceptionnels : aucune donnée récente permettant de cartographier cette pression n'a été identifiée.

Pour certaines pression, c'est une catégories entière de la typologie pour laquelle aucun indicateur n'a été identifié (cf. Tableau 8) :

- Pollution physique particulière : La pollution particulière est principalement liée à la combustion issue des moteurs de véhicules, au chauffage au bois domestique, aux centrales thermiques ou aux activités industrielles (Ratsombath *et al.* 2017). Aucun indicateur direct n'a été identifié pour cette catégorie. Par ailleurs, le lien entre pollution particulière et effets sur la biodiversité est peu documenté à ce jour. L'observatoire national de Mesure et d'Évaluation en zone Rurale de la pollution Atmosphérique à longue distance (MERA) est un outil d'évaluation de l'évolution de la pollution de fond, mesurant notamment les composés particuliers (métaux lourds, PM₁₀, PM_{2,5}) (Le Moullec *et al.* 2020). Il pourrait permettre de construire des indicateurs de la pollution physique particulière, mais il est constitué uniquement de 13 stations rurales non influencées localement, ce qui paraît insuffisant pour avoir une bonne représentativité de la pression à l'échelle des mailles choisie.
- Présence de pathogènes / Perturbation génétique : Aucun indicateur direct n'a été identifié pour ces deux catégories, cependant la carte des espèces exotiques envahissantes est un proxy pour certains pathogènes (la maladie est souvent identifiée comme une menace en

¹⁷ https://eogdata.mines.edu/download_dnb_composites.html

¹⁸ https://www.thewindpower.net/store_country_fr.php?id_zone=1

association avec l'introduction d'espèces exotiques) (Wong 2012).

- Changement du régime de précipitation et du régime éolien : Aucune carte n'a été produite pour cette catégorie, faute de données récentes identifiées permettant d'illustrer cette pression.

A noter que certaines de ces données peuvent exister à un niveau infranational. A ce titre, un catalogue réalisé en 2020 (Cerema et OFB 2020) recense des indicateurs locaux pouvant potentiellement servir à cartographier des pressions pour des territoires géographiques plus restreints (par exemple la surface de drainage déclarée à la police de l'eau en région Nord Pas-de-Calais

5.3 Changement d'usage des terres

La catégorie Changement d'usage des terres est large : elle regroupe toutes les conversions d'écosystèmes naturels vers un autre écosystème ou vers un système anthropique, regroupées ici en trois rubriques : perte physique de surfaces naturelles, changement anthropique d'écosystème et changement naturel d'écosystème.

Ces changements d'usages constituent, conjointement à la dégradation des milieux et leur fragmentation, la première source de perte de biodiversité selon le rapport de l'IPBES. Leurs moteurs correspondent à des types d'activité humaine très différents, dont le point commun est de générer sur certaines surfaces, un changement fort du milieu. Les indicateurs que nous avons retenus concernent quatre types d'activités : urbanisation, agriculture avec l'extension des surfaces cultivées aux dépens de milieux semi-naturels d'une part et abandon des pratiques agricoles générant une perte de milieux ouverts d'autres part, incendies et sylviculture avec la conversion de peuplements (enrésinement et autres plantations).

5.3.1 Perte physique de surfaces naturelles

5.3.1.1 Perte d'habitat due à l'artificialisation

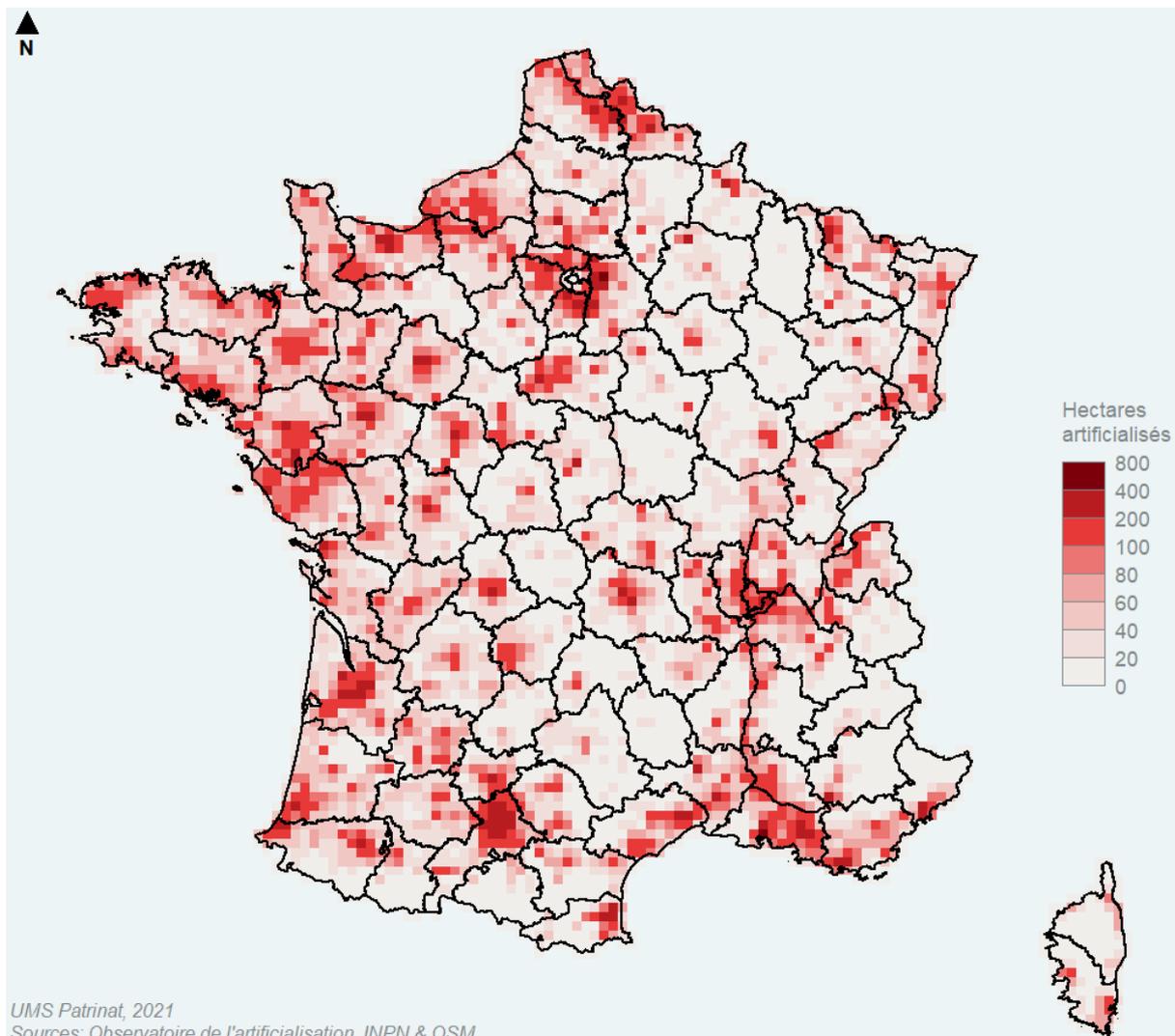


Figure 4: Surface (en ha) nouvellement artificialisée (passage d'un sol naturel, agricole ou forestier vers un sol artificialisé) pour toutes activités confondues (activité, habitat, mixte ou inconnue) entre le 1er janvier 2009 et le 1er janvier 2018 (C151).

Définition de la pression : selon l'Observatoire de l'artificialisation (édité par le Cerema), « *L'artificialisation se définit communément comme la transformation d'un sol naturel, agricole ou forestier, par des opérations d'aménagement pouvant entraîner une imperméabilisation partielle ou totale, afin de les affecter notamment à des fonctions urbaines ou de transport (habitat, activités, commerces, infrastructures, équipements publics...)*¹⁹ ». Cette définition est celle que reflètent les données que nous avons utilisées.

L'artificialisation de nouvelles surfaces peut occasionner la destruction directe d'habitats naturels (et indirectement la fragmentation et le cloisonnement des milieux naturels, traitée dans la pression correspondante), souvent de façon irréversible. Par ailleurs, l'imperméabilisation des sols peut entraîner une dégradation de la qualité chimique et écologique des eaux et donc des milieux qui y sont liés.

Source et information sur la donnée : Observatoire de l'artificialisation²⁰

L'Observatoire de l'artificialisation utilise les fichiers fonciers de la Direction Générale des Finances Publiques pour mesurer l'artificialisation. Les données parcellaires obtenues par traitement de la taxe foncière permettent d'identifier les surfaces artificialisées et non artificialisées. Puisque les fichiers fonciers sont disponibles annuellement depuis 2009 et couvrent l'ensemble du territoire national, il est possible d'évaluer le changement d'usage des sols au cours du temps et de manière homogène sur la métropole. Les surfaces artificialisées selon cette source sont les carrières, jardins, terrains à bâtir, terrains d'agrément, chemin de fer et sols. Ne sont pas considérés comme artificialisés les terres agricoles, prés, vergers, vignes, bois, landes et eaux. Parmi les sols plus ambigus à classer, les terrains militaires, golfs, éoliennes, chemins ruraux, bâtiments agricoles (sauf serres) sont considérés comme non artificialisés. En revanche, les aéroports/aérodromes, campings et centres de loisirs, canaux, carrières, centrales solaires photovoltaïques, chantiers et dépôts de marchandises, jardins, parkings (y compris végétalisés), zoo et parcs urbains sont classés comme faisant partie des sols artificialisés (Cerema 2019b).

Parmi les autres données pertinentes pour cette pression, il est également possible de réaliser une couche du changement du taux d'imperméabilisation du sol entre 2015 et 2018 à partir des données du programme européen Copernicus ; une ACP entre ces deux couches illustre leur forte redondance. Le choix s'est porté sur la couche de l'artificialisation, issue des fichiers fonciers plutôt que celle de l'imperméabilisation de Copernicus pour représenter la perte d'habitat car l'imperméabilisation concerne les espaces pour lesquels l'eau ne peut s'infiltrer. Elle est donc plus restrictive : elle ne concerne pas les parcs urbains ou les surfaces enherbées d'un centre commercial par exemple. Or, ces espaces sont néanmoins très fortement anthropisés : une transformation du sol vers ce type d'usage représente une pression pour la biodiversité. De plus, les données d'imperméabilisation sont disponibles sur une période moins longue (3 ans), rendant le changement d'usage des sols moins perceptible.

Analyse et potentiels biais de l'indicateur : Un indicateur de flux plutôt qu'un indicateur d'état a été choisi pour illustrer la perte d'habitat puisque le taux de surface artificialisée correspond à de l'habitat déjà perdu. La pression en matière de perte d'habitat est représentée par la vitesse et la quantité de surface nouvellement artificialisée, soit l'évolution de l'artificialisation.

L'artificialisation de l'espace non-cadastré (minime) n'est pas observée (Kraszewski 2019). En effet, les fichiers fonciers ne traitent que les parcelles cadastrées. En particulier, ne sont pas cadastrés :

¹⁹ <https://artificialisation.biodiversitetousvivants.fr/les-donnees-au-1er-janvier-2019>

²⁰ <https://artificialisation.biodiversitetousvivants.fr/les-donnees-au-1er-janvier-2018#paragraphe--970>

- les voies publiques (rues, places publiques, routes nationales et départementales, voies communales et chemins ruraux) ;
- les eaux (cours d’eaux qu’ils soient domaniaux, non domaniaux ou mixtes) ;
- les rivages de la mer ;
- les lacs s’ils appartiennent au domaine public ;
- les canaux de navigation de l’État non concédés.

Ce sont essentiellement les routes et les cours d’eau qui ne sont pas représentés. Or les milieux aquatiques sont peu artificialisés et les voies publiques le sont déjà pour la plupart. Par contre, cette limite demande des précautions lors de l’interprétation de la carte pour les rivages, dont près des deux tiers sont encore non artificialisés (sur une bande côtière de 250 m, alors que la loi Littoral n’interdit les constructions que sur une largeur de 100 m). Ces côtes non artificialisées concernent un tiers des communes littorales alors qu’elles subissent des pressions démographiques et/ou touristiques croissantes et ne sont pas protégées de manière durable contre l’artificialisation (maîtrise foncière, forêt publique ou protection réglementaire). Ces territoires sont probablement les plus menacés par l’artificialisation (Colas 2012).

De plus, les bâtiments agricoles ne payant pas de taxe foncière, ils ne sont pas présents dans les Fichiers fonciers, et sont donc considérés comme non artificialisés. Ces cas particuliers sont cependant marginaux.

Éléments d’interprétation : L’augmentation du taux d’artificialisation est la plus importante le long du littoral (malgré le biais lié aux parcelles non cadastrées des rivages de la mer), secteur particulièrement attractif, et des principales agglomérations, sous l’effet de l’étalement urbain entre 2009 et 2018. La moitié ouest du pays, le bassin méditerranéen et la vallée du Rhône sont particulièrement touchés, à l’inverse des massifs montagneux, du quart nord-est et de l’intérieur de la Corse.

La pression est donc la plus importantes dans ces zones. Cette carte ne mesure cependant pas “l’efficacité” de l’artificialisation (taux d’artificialisation rapporté à des indicateurs de croissance démographique et économique) : l’analyse de cette dernière montre que certaines zones très urbanisées se densifient et que, à l’inverse, l’étalement commence à progresser dans des zones moins peuplées, voire en perte démographique (Colsaet 2019).

5.3.1.2 Perte d'habitat due à l'intensification agricole

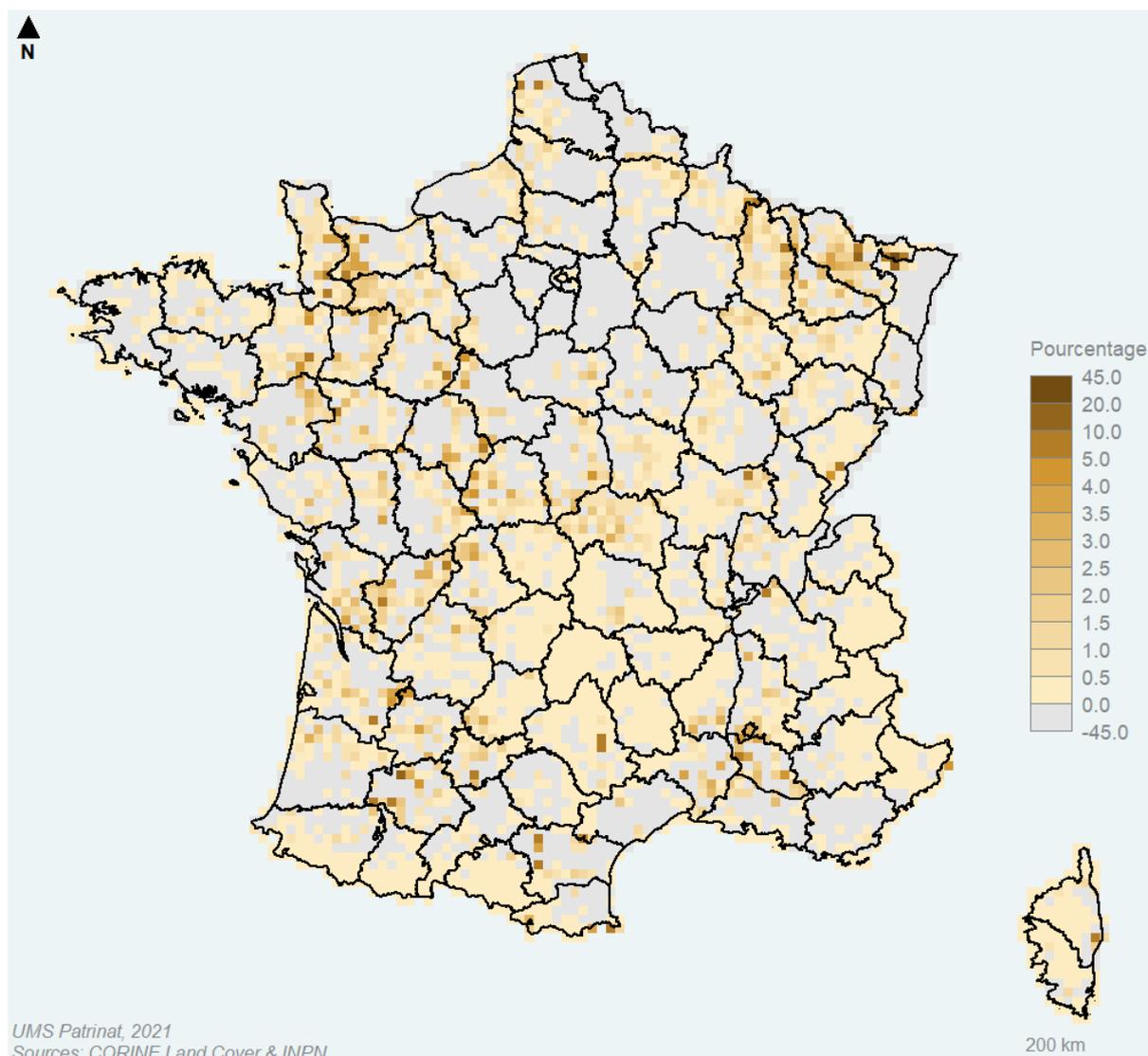


Figure 5 : Zones de progression des terres arables et cultures permanentes entre 2006 et 2018 (C222)

Définition de la pression : La conversion de milieux naturels ou semi-naturels en cultures engendre une perte d'habitat directe sur la parcelle concernée, ainsi qu'une homogénéisation et une simplification des paysages (Le Roux *et al.* 2008). En France, cette conversion concerne essentiellement le retournement de prairies permanentes, milieu hébergeant potentiellement une biodiversité importante dont la conversion en cultures se traduit donc très majoritairement par une forte perte de biodiversité.

Source et information sur la donnée : CORINE Land Cover (UE - SOeS 2018).

Traitement de la donnée : Pour représenter l'évolution des surfaces cultivées, la différence entre la proportion de chaque maille couverte par des terres arables (code CLC 21) et des cultures permanentes (code CLC 22) entre 2018 et 2006 a été calculée. Cette différence a également été calculée entre 2018 et 2012 et entre 2018 et 1990.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais :

Nous ne nous sommes pas limités ici aux seules surfaces naturelles converties en cultures, puisque nous avons comparé la surface en culture d'une année à l'autre. Il s'agit d'une approximation du fait qu'un sol nouvellement en culture pourrait provenir d'un sol précédemment artificialisé, ce qui ne

présenterait pas une pression sur la biodiversité. Toutefois, les surfaces passant d'un sol artificialisé à une surface cultivée sont très faibles à l'échelle nationale d'après les données Corine Land Cover.

Plus globalement, la carte ne distingue pas l'intérêt écologique du milieu qu'ont remplacé les cultures, qui pouvait être plus ou moins important.

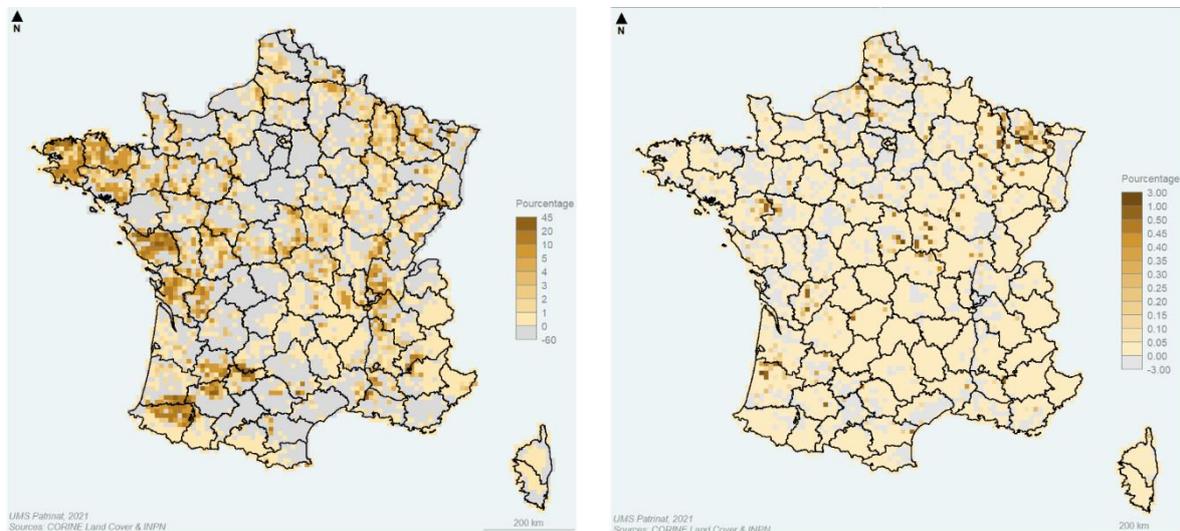


Figure 4 : Zones de progression des terres arables et cultures permanentes entre 1990 et 2018 (C204, à gauche) et entre 2012 et 2018 (C220, à droite)

Éléments d'interprétation : Les nouvelles zones agricoles (progression entre 2006 et 2018) se concentrent majoritairement dans la moitié ouest de la France, notamment en Normandie, et en Moselle. Les zones d'élevage restent ainsi les plus concernées, la progression des cultures se faisant le plus souvent aux dépens des surfaces toujours en herbe. Néanmoins, les grands épisodes historiques de retournements de prairies de la façade atlantique (cf. carte de 1990-2018 de la Figure 4), qui correspondent à la fin de la destruction du bocage breton et vendéen, ne semblent plus être d'actualité (cf. carte de 2012-2018 de la Figure 4).

les zones où la pression s'exerce le plus varient selon la période considérée. En particulier, cette pression était très importante dans l'ouest de la France dans le début des années 90 (cf. Figure 4), alors que c'est moins le cas aujourd'hui

Les cartes présentées ici ne figurent que les secteurs où la surface cultivée augmente, pour se limiter aux évolutions reflétant l'impact négatif potentiel des extensions de surfaces cultivées sur la biodiversité. Or la surface agricole utilisée (SAU) nationale connaît une baisse de 17% depuis 1950, tandis que les surfaces en grandes cultures progressent (augmentation de 11% sur la même période). La diminution de la SAU se fait au profit de territoires artificialisés (phénomène inclus dans la carte C151 plus haut), avec des impacts en termes d'imperméabilisation des sols, alors que la progression des surfaces en grandes cultures se fait majoritairement aux dépens de surfaces toujours en herbe, réputées plus riches en biodiversité (Parisse 2018).

5.3.1.3 Perte d'habitat due aux incendies

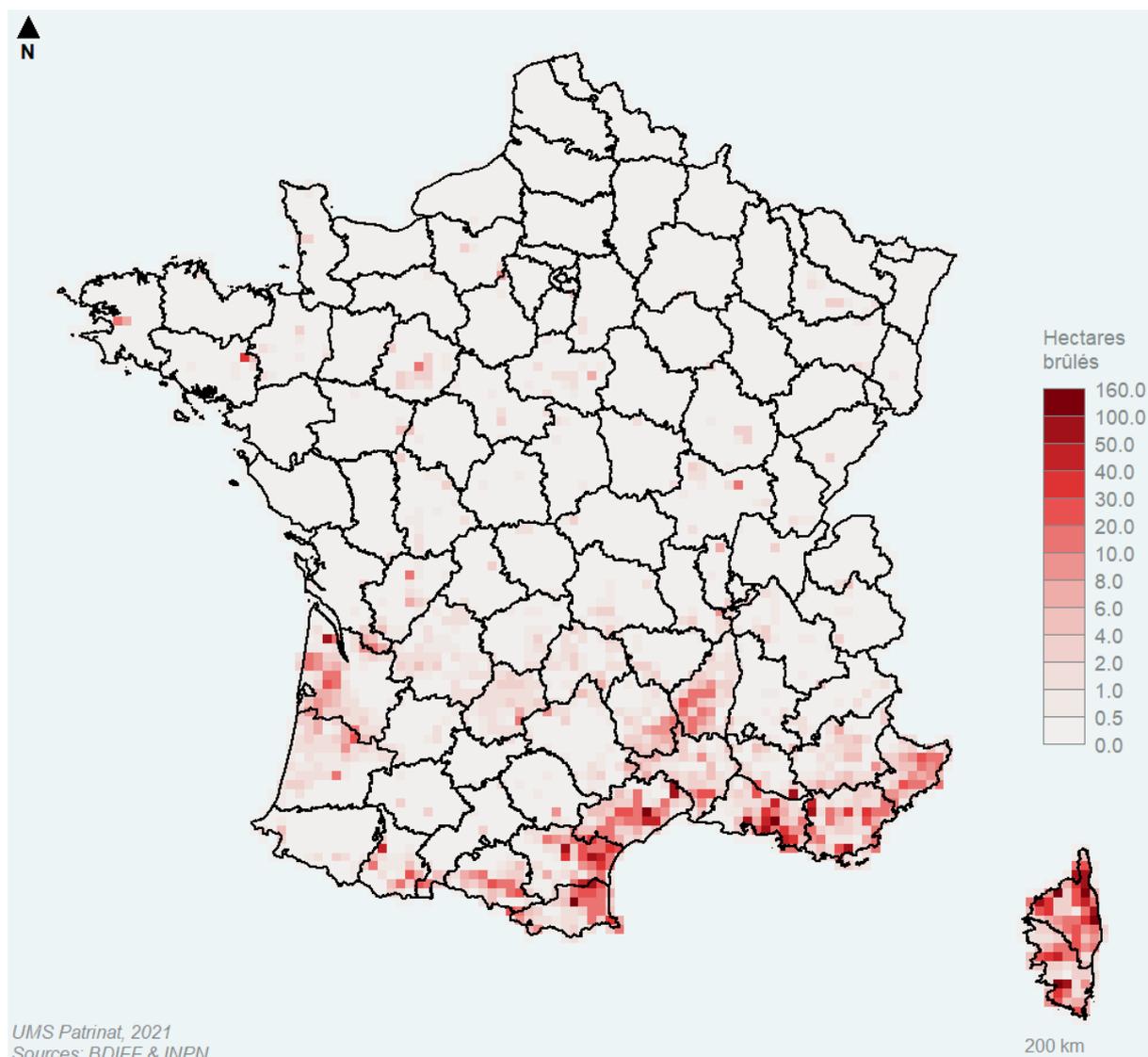


Figure 6 : Moyenne annuelle de la surface brûlée (en ha) par les incendies entre 2006 et 2019 (C122)

Définition de la pression : On parle d'incendie de forêt lorsque le feu concerne une surface minimale de 0,5 hectare d'un seul tenant, et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés (parties hautes) est détruite. La dénomination vaut aussi pour les incendies qui touchent le maquis, la garrigue ou encore les landes²¹. La pression représentée ici est la destruction directe d'habitat, notamment forestier. En 2019, la surface totale brûlée en France représente 23 500 ha, dont 15 000 ha de forêt (MTES 2019). Les incendies sont aussi à l'origine de mortalité directe engendrée sur la faune et la flore, ainsi que d'une pollution de l'air qui peut à son tour affecter la biodiversité.

Source et information sur la donnée : La Base de Données sur les Incendies de Forêts en France (BDIFF)²², gérée par le Ministère de l'Agriculture et l'IGN, centralise l'ensemble des données sur les incendies de forêt sur le territoire français depuis 2006 et de mettre l'ensemble de cette information à disposition du public et des services de l'Etat. L'indicateur construit prend en compte les incendies des forêts, des autres surfaces boisées et des surfaces non-boisées naturelles.

²¹ <https://www.gouvernement.fr/risques/feux-de-forets>

²² <https://bdiff.agriculture.gouv.fr/incendies>

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : La donnée utilisée ne fait pas la distinction entre les incendies d'origine anthropique et non anthropique. En effet, un feu de forêt peut être d'origine naturelle (due à la foudre) ou humaine : soit de manière intentionnelle, soit de manière accidentelle (barbecue, mégot de cigarette, feu d'écochage mal contrôlé, travaux...). Il peut également être provoqué par des infrastructures (ligne de transport d'énergie, dépôt d'ordure, ligne de chemin de fer, etc.). Toutefois, étant donné que 90 % des départs de feux sont d'origine anthropique²³, les incendies d'origine non anthropique peuvent être considérés comme négligeables.

La récurrence des incendies n'est pas prise en compte, critère pourtant important pour les écosystèmes méditerranéens en particulier. En effet, les incendies sont souvent tolérés par ces écosystèmes, voire nécessaires pour leur maintien, tant qu'ils ne sont pas trop fréquents : dans certains cas, un incendie peut donc avoir un rôle bénéfique pour la biodiversité.

S'agissant d'un indicateur de risque, nous avons utilisées les données disponibles depuis 2006 pour que les moyennes calculées reposent sur le plus grand nombre de données. La surface brûlée chaque année est en effet liée aux conditions climatiques, avec une forte variabilité interannuelle.

Éléments d'interprétation : Comme attendu, la majorité des incendies se situent dans le sud de la France, en zone méditerranéenne, en Corse et dans les Landes, où les caractéristiques climatiques (mistral et sécheresse) accentuent ces risques.

Des travaux de modélisation de sensibilité aux feux de forêt montrent que les territoires à risque devraient s'étendre vers les régions du nord de la France à l'horizon 2040, en raison du changement climatique prévu. Ainsi, la surface sensible aux feux de forêts, estimée à 5,5 millions d'ha pour la période 1989-2008, pourrait atteindre 7 millions d'hectares à l'horizon 2040 (Chatry *et al.* 2010). L'analyse des données utilisées montre par ailleurs, pour la grande majorité des mailles, une augmentation de la surface brûlée entre les période 2006-2009 et 2016-2019.

²³ <https://www.ecologie.gouv.fr/prevention-des-feux-foret>

5.3.2 Changement anthropique d'écosystème

5.3.2.1 Conversions d'écosystèmes forestiers : plantations

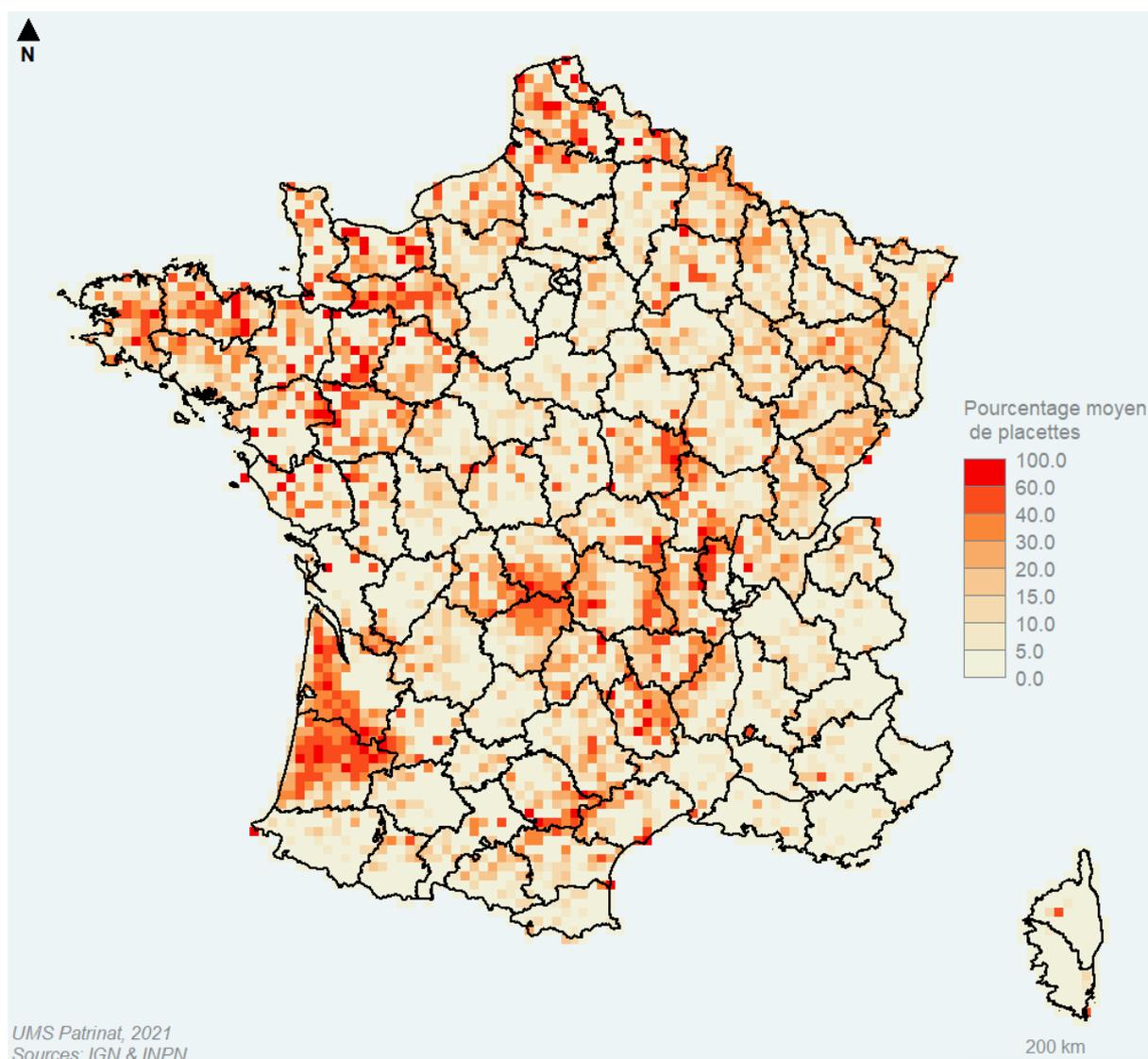


Figure 7 : Pourcentage de placettes de forêt issues de plantation forestière (C232)

Pourcentage annuel moyen, au sein d'une maille, sur les placettes visitées entre 2005 et 2018, hors peupleraies

Définition de la pression : La plantation se faisant aujourd'hui majoritairement sur des peuplements déjà boisés en France métropolitaine (hors peupleraies, non incluses sur la carte²⁴), elle n'est généralement pas à l'origine d'un changement complet de l'écosystème. Toutefois, les plantations peuvent être gérées de façon plus ou moins intensive, les pratiques les plus impactantes concernant, pour les opérations sylvicoles de préparation du site, celles faisant intervenir le labourage, hersage, utilisation d'engrais et d'herbicides et les coupes rases (d'autant plus avec des rotations courtes) (Brockhoff *et al.* 2008). La plantation concerne principalement des résineux, avec cinq essences principales représentant 71% de la forêt plantée : pin maritime, douglas, épicéa commun, peuplier cultivé (non représenté ici) et pin laricio (IGN 2017). Par ailleurs, en France elle se fait majoritairement en peuplements non mélangés : seuls 16 % des plantations se font en mélange (IGN 2017). Or, la

²⁴ Et qui représentent 8% des forêts plantées en métropole (IGN 2017)

monoculture peut entraîner une dégradation de la biodiversité forestière (Cavard et al 2011, Ampoorter et al 2020).

Source et information sur la donnée : Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN)²⁵

Sur chacun des points d'inventaire réalisés en forêt²⁶, l'IGN détermine si le peuplement a été constitué par des plantations. L'observation porte sur une placette de 20 ares entourant le point. Si ce point est situé dans un peuplement de moins de 5 ares, l'ensemble formé du peuplement qui l'entourne est pris en compte. Il n'est pas tenu compte de l'âge du peuplement et la détermination n'est faite que par observation sur le terrain, sans recherche dans des documents de gestion. Les compléments artificiels dans les régénérations naturelles ne sont pas considérés comme des plantations, ni les enrichissements (en feuillus précieux par exemple) (IGN 2019a). Le type de plantation est une donnée relevée depuis 2005.

Traitement de la donnée : Au sein de chaque maille, le ratio entre le nombre de placettes visitées provenant de plantation et le nombre total de placettes visitées a été calculé et multiplié par 100 afin d'obtenir un pourcentage pour chaque année. La moyenne des pourcentages sur l'ensemble des années a ensuite été calculée.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Toutes les forêts plantées ne sont pas forcément identifiées sur le terrain : la plantation (ou l'absence de plantation) ne peut être caractérisée avec certitude que sur des jeunes peuplements.

La gestion des peuplements en plantation est généralement considérée comme moins favorable à la biodiversité que la régénération naturelle, néanmoins, la pression est surtout liée aux modalités des plantations, très diverses, et que l'indicateur ne permet pas de distinguer, et aux essences plantées. Sur ce dernier point, la majorité des plantations se font actuellement en résineux (IGN 2017), d'où une redondance partielle avec la carte d'enrésinement (C224).

Éléments d'interprétation : trois zones de plantation ressortent nettement :

- le massif des Landes, dont le modèle sylvicole repose sur la plantation. Il est même étonnant que toutes les mailles n'y atteignent pas des valeurs proches de 100 % : cela peut s'expliquer soit par la présence de quelques peuplements non plantés (ripisylves feuillues, chênaies pédonculées d'arrière-dune, chênaies vertes ou suberaies sur le cordon littoral des forêts, voire vieux peuplements de pins dont on ne peut plus savoir s'ils sont issus de plantations ou de semis) soit par des biais liés à un moindre échantillonnage de l'IGN dans ces boisements très homogènes.
- le massif central où de nombreux peuplements sont issus de plantations, majoritairement résineuses, issues du Fonds Forestier National, et qui ont accompagné sur ces territoires la déprise agricole dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle.
- le quart nord-ouest, de la Bretagne au Nord, où la couverture forestière est très faible mais où la sylviculture apparaît donc relativement intensive.

Il est intéressant de comparer cette carte, qui reflète le pourcentage de forêts issues de plantation, avec une carte représentant le nombre total de placettes issues de plantations présentes dans chaque maille (Figure 8). La répartition est très différente. En valeur absolue, seules les Landes et le massif central, et dans une moindre mesure le nord-est, apparaissent dans la carte en valeur absolue : ce sont

²⁵ <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?rubrique159>

²⁶ Les données sont mises en lignes pour les points forêts « levés » (plus de 95% des points forêts, qui correspondent à des points sur lesquels toutes les opérations d'inventaire ont été menées ; les points forêts « non levés » ²⁶correspondent soit à des points sur lesquels les opérations d'inventaire n'ont pas pu être réalisées, pour des questions d'accès, soit à des points d'utilisation du sol spécifique, pour lesquels les opérations d'inventaire ne présentent pas d'intérêt (IGN 2019b).

les zones qui combinent une activité sylvicole intense et une forte couverture forestière. Mais le quart nord-ouest n'est pas visible, du fait de son trop faible taux de boisement.

La comparaison entre les deux cartes montre bien que le message peut varier diamétralement selon l'approche retenue. Pour un croisement avec des données d'enjeux, nous recommandons d'utiliser la carte de pourcentage (C232), plus informative sur le niveau d'intensité de la pression à surface égale.

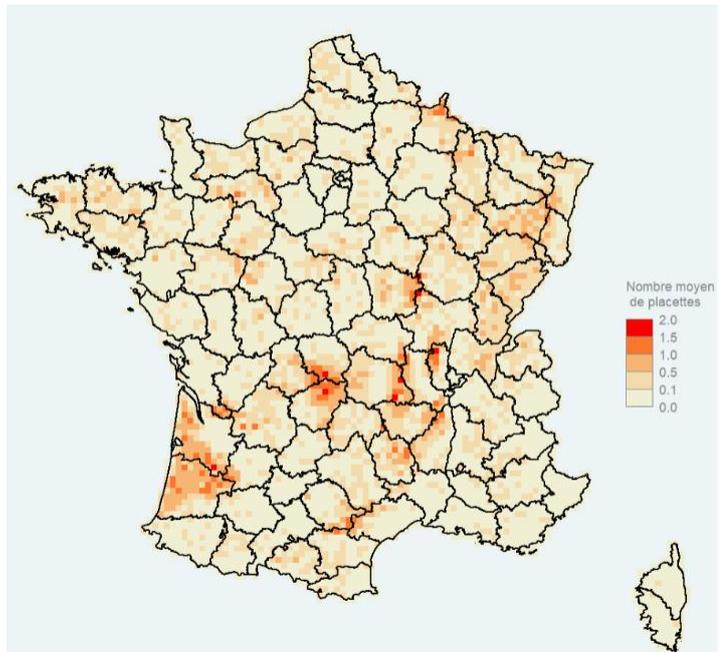


Figure 8 : Nombre de placettes de forêt issues de plantation forestière (C15)
Nombre annuel moyen, au sein d'une maille, sur les placettes visitées entre 2005 et 2018, hors peupleraies

5.3.2.2 Conversions d'écosystèmes forestiers : enrésinement

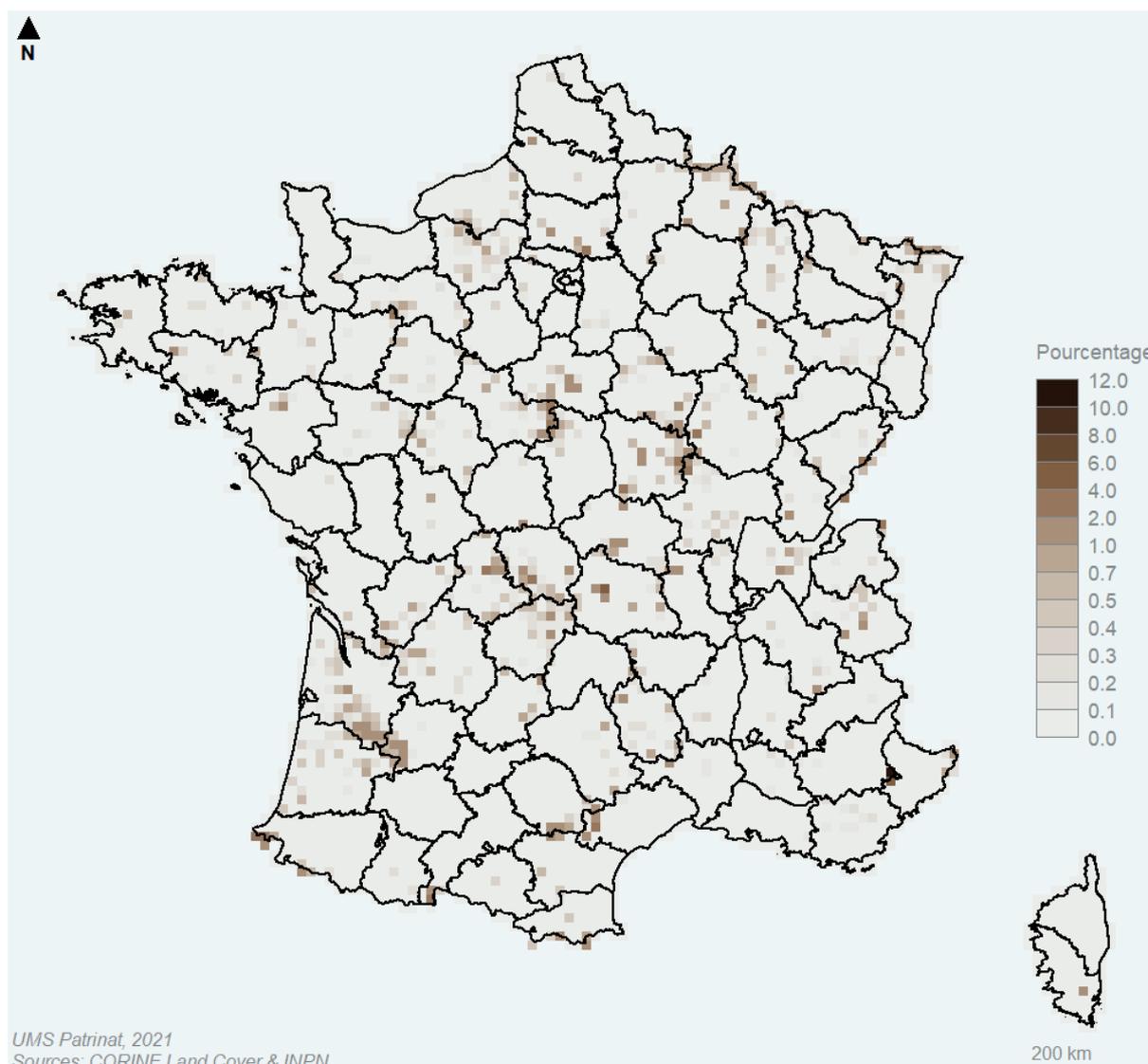


Figure 9 : Evolution de l'enrésinement entre 2006 et 2018 (C224)

Définition de la pression : L'enrésinement désigne la conversion d'un peuplement feuillu ou mélangé en un peuplement exclusivement résineux. Elle entraîne une dégradation directe des habitats forestiers feuillus par une modification de leur composition. En outre, elle provoque une dégradation des sols (Bonneau 1973) et une perte de biodiversité (Dupouey *et al.* 2012). Elle est particulièrement néfaste en zone alluviale par la perte de stabilité des berges et des espèces inféodées à ces milieux (Gosselin et Paillet 2017).

Source et information sur la donnée : CORINE Land Cover (UE-SOeS 2018)

Traitement de la donnée : l'évolution de l'enrésinement est représentée ici par le pourcentage de surface par maille étant passée d'un état de forêt mixte ou de feuillu en 2006 à un état de forêt de conifères en 2018. Pour cela, le différentiel entre les polygones de forêt mixte (nomenclature CLC 313) et de feuillu (CLC 311) en 2006 et les polygones de forêt de conifères (CLC 312) en 2018 a été calculé.

Après le calcul du différentiel, seuls les polygones supérieurs à 1 ha ont été conservés afin d'éliminer les effets de bordure. Pour finir, la proportion de surface occupée par les polygones résiduels au sein de chaque maille du maillage national a été calculée. Cette même méthode a été appliquée pour la période 1990-2018 et 2012-2018.

Analyse de l'indicateur et potentiel biais : Le pourcentage affiché ici correspond à la surface totale de la maille concernée par l'évolution forêt de feuillus/mixte à forêt de conifères. Celui-ci aurait pu être appliqué à la surface en forêt de feuillus pour avoir le taux de forêt de feuillus/mixte ayant été converti.

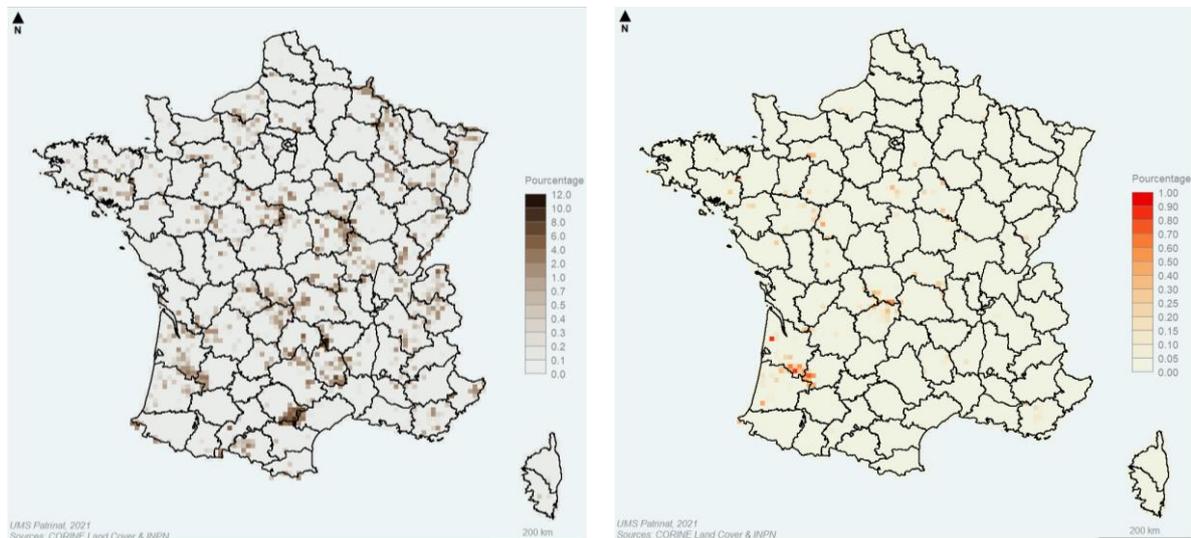


Figure 8 : Evolution de l'enrésinement entre 1990 et 2018 (à gauche, C215) et entre 2012 et 2018 (à droite, C219).

Éléments d'interprétation : Entre 2006 et 2018, l'enrésinement a concerné principalement les Landes, le Morvan, la Sologne et le Limousin et la Montagne noire, ce qui est également le cas par le passé, d'après la carte de 1990-2018 (cf. Figure 8). Ces régions sont effectivement connues pour leur fort taux de résineux, notamment dans les Landes.

Un enrésinement (quoique faible, jusqu'à 1% de la maille maximum) est encore présent dans les Landes entre 2012 et 2018. Le plateau des Millevaches est également bien identifiable, alors que l'enrésinement sur des secteurs comme le Morvan ou la montagne noire, encore très visible quand on remonte jusqu'à 2006, ne semble plus significatif depuis 2012.

Par ailleurs, on observe beaucoup de mailles dispersées où l'enrésinement est présent, ce qui montre que ce phénomène touche tout le territoire, même dans les régions peu boisées (comme la Normandie). Celui-ci est toutefois concentré dans la partie centrale du territoire, des Landes aux Ardennes, zone où on trouve également un historique de déprise agricole, (cf. Figure 10). La dynamique issue des reboisements historiques du Fonds Forestier National sur ces parcelles agricoles semble donc se poursuivre jusqu'à aujourd'hui.

5.3.3 Changement naturel d'écosystème

5.3.3.1 Déprise agricole en milieux agropastoraux

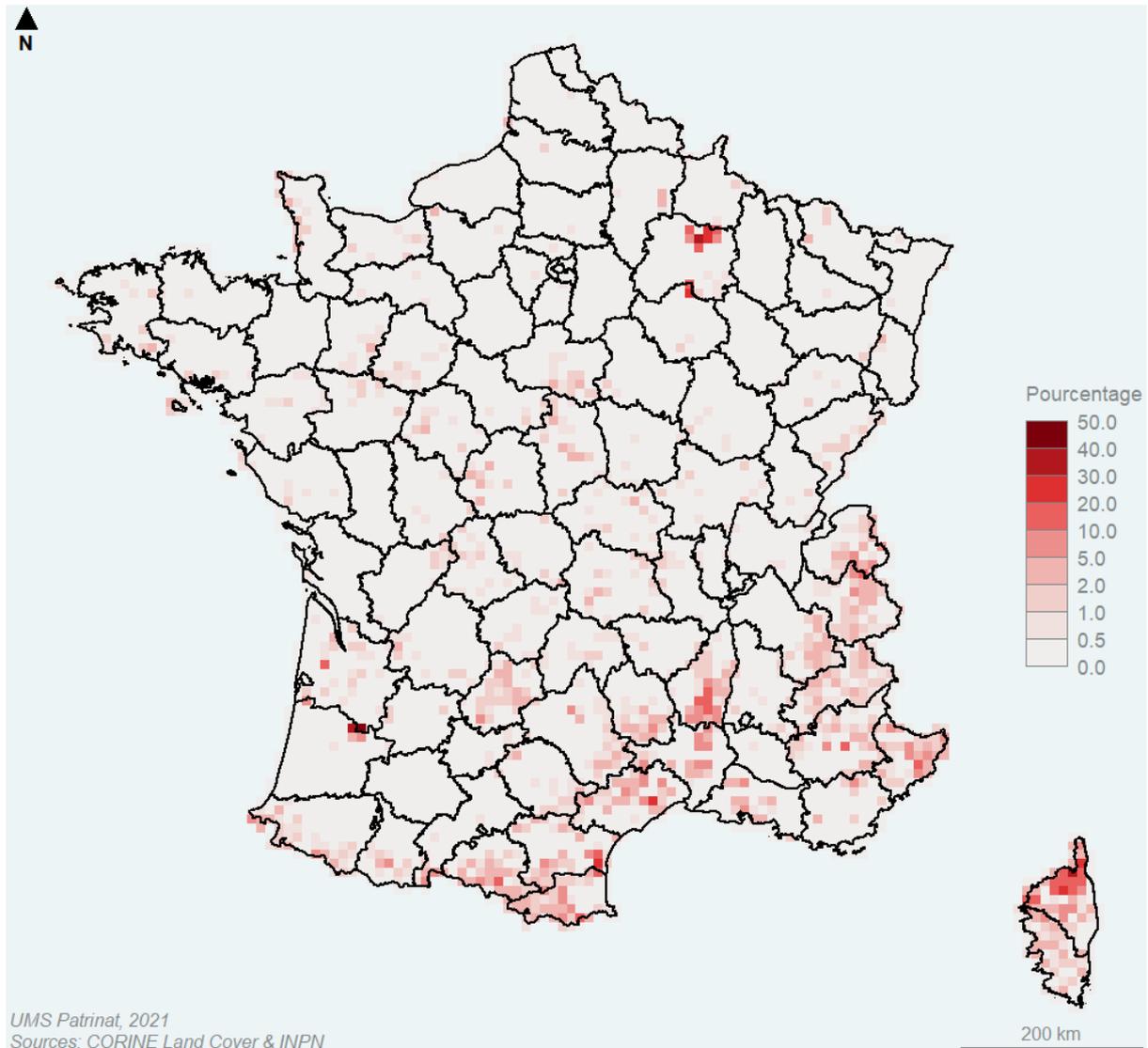


Figure 10 : Evolution de la déprise agricole concernant les milieux agropastoraux entre 1990 et 2018 (C78)

Définition de la pression : La déprise agricole correspond à l'abandon d'espaces dédiés à l'agriculture. Dans le cas des milieux agropastoraux gérés de façon favorable à l'environnement, cet abandon entraîne une perte de biodiversité, qui s'accroît quand les espèces ligneuses s'installent. On observe alors une banalisation des cortèges d'espèces chez de nombreux groupes d'organismes, comme les oiseaux (Le Roux *et al.* 2008).

Source et information sur la donnée : CORINE Land Cover (UE-SOeS 2018)

Traitement de la donnée : l'indicateur représente le pourcentage de surface par maille étant passée d'un état de surface herbacée en 1990 à un état de forêt ou de végétation arbustive en 2018. Pour cela, le différentiel entre les polygones de surface herbacée en 1990 et les polygones de forêt ou végétation arbustive en 2018 a été calculé. Les polygones de prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole (nomenclature CLC 231), de pelouses et pâturages naturels (321) et de végétation clairsemée (333) ont été pris en compte pour illustrer les surfaces herbacées. Les polygones de forêts de feuillus, de conifères et mélangées (311, 312 et 313), de lande et broussailles (322), de

végétation sclérophylle (323) et de forêt et végétation arbustive en mutation (324) ont été pris en compte pour illustrer les forêts ou végétation arbustive. Après le calcul du différentiel, seuls les polygones supérieurs à 1 ha ont été conservés afin d'éliminer les effets de bordure. Pour finir, la proportion de surface occupée par les polygones résiduels au sein de chaque maille du maillage national a été calculée.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Seul le cas des prairies/pelouses passant en forêt a été considéré car il correspond à la situation qui engendre la plus grande perte de biodiversité. Dans le cas de l'abandon de parcelles cultivées (céréales, vignes, vergers), où le milieu initial est pauvre en espèces, la richesse spécifique augmente lors des premières années pour pratiquement tous les groupes d'organismes, y compris les microorganismes : on observe donc en premier lieu un enrichissement en espèces des surfaces abandonnées, dont la vitesse dépend du paysage dans lequel ces surfaces sont insérées (Le Roux *et al.* 2008). Par ailleurs les surfaces de passage des prairies/pelouses en forêt sont beaucoup plus importantes que celle des passages des cultures vers la forêt, comme nous l'avons vérifié avec nos données.

Éléments d'interprétation : La déprise concerne majoritairement le quart sud-est de la métropole, Corse comprise. Elle se concentre dans les secteurs d'élevage peu propices à l'intensification, en haute montagne (Alpes, Pyrénées), piémont et moyenne montagne (Cévennes, Ardèche, Corbières) ainsi qu'en Haute-Corse et sur les Causses du Larzac et du Quercy, dont la fermeture a été très forte. Elle est cependant visible, de façon moins marquée, sur d'autres parties du territoire : notamment en Sologne (fermeture de landes) ou dans l'ensemble du Massif central de manière diffuse. On peut également citer une progression des ligneux plus localisée en vallée du Loir, ou, en plaine méditerranéenne, dans la Crau et les Alpilles.

Les valeurs extrêmes des mailles en Champagne-Ardenne (Marne et Aube) correspondent à des camps militaires où le couvert forestier a fortement progressé (camps de Mourmelon-le-Grand et de Suippes, site d'expérimentation nucléaire à Moronvilliers, camp de Mailly). C'est le cas également des mailles qui se détachent en Aquitaine (camps militaires de Captieux et de Souge), ainsi que des mailles au pourcentage de déprise le plus élevé en Corse (terrain militaire de Casta).

5.4 Changement de gestion et de structure des écosystèmes

La catégorie Changement de gestion et de structure des écosystèmes constitue le second volet des pressions liées à la perte à la fragmentation d'habitat, qui sont considérées comme la première cause de perte de biodiversité par l'IPBES. Contrairement à la catégorie précédente, elle regroupe les dégradations qui, du fait de leur caractère partiel ou temporaire, ne se traduisent pas par une conversion complète de l'écosystème. Elle est divisée en trois rubriques : dommages à l'écosystème, obstacle et fréquentation/dérangement.

Les secteurs à l'origine de ces pressions sont les activités extractives (eaux, matériaux), les réseaux de transports et toute activité fragmentant les milieux, ainsi que la fréquentation des milieux naturels, occasionnée notamment par le sport et le tourisme.

5.4.1 Dommage à l'écosystème

5.4.1.1 Extraction de matériaux

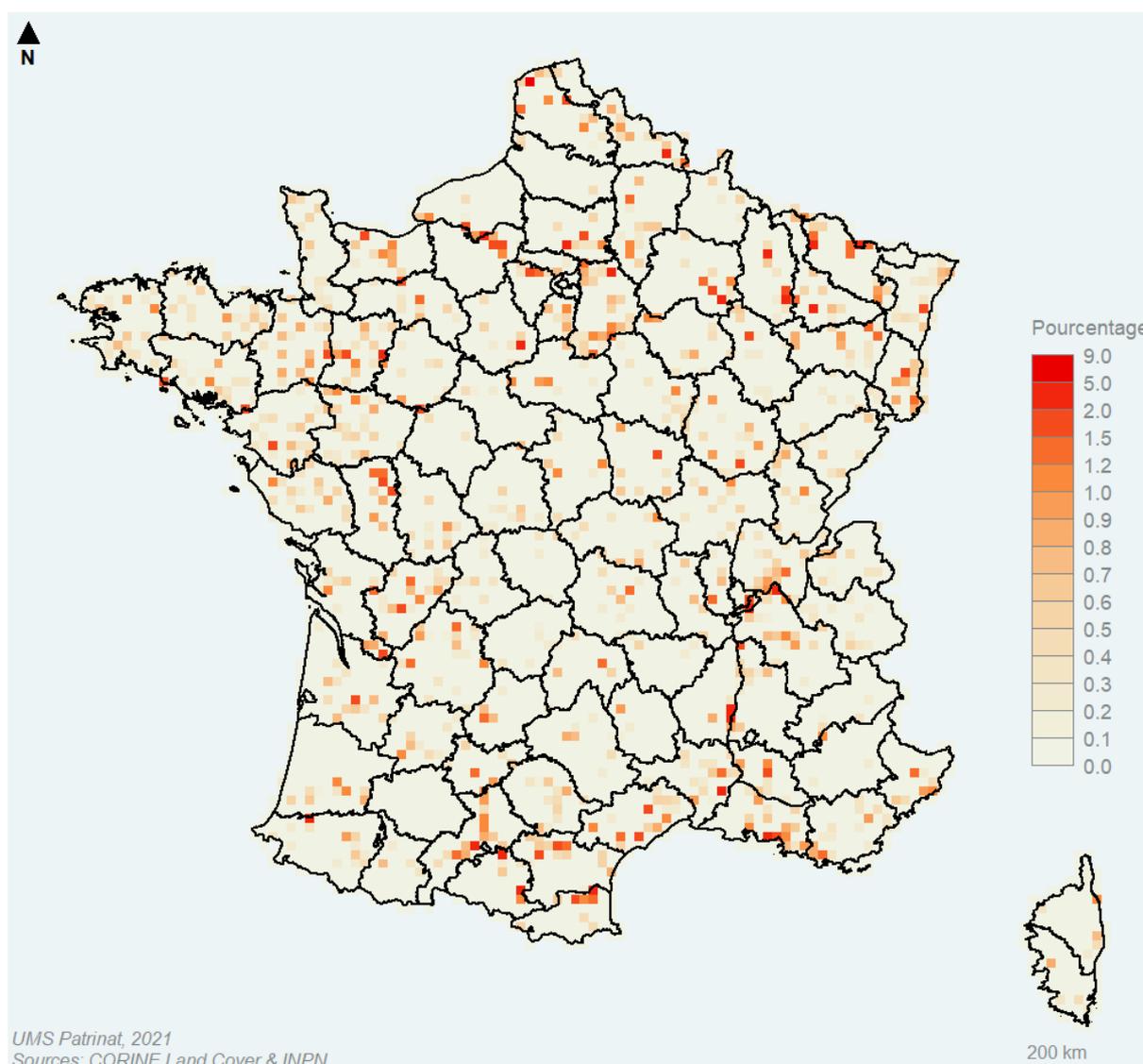


Figure 11 : Proportion de chaque maille couverte par des zones d'extraction de matériaux en 2018 (C198)

Définition de la pression : Outre les pollutions (lessivage, poussières, bruit...) et la consommation d'espace induites par les zones d'extraction de matériaux, les dommages causés s'appliquent particulièrement aux zones humides : assèchement suite aux perturbations des nappes phréatiques causées par une excavation. En zone alluviale, elles provoquent des modifications profondes du fonctionnement dynamique des cours d'eaux (enfouissement du lit de cours d'eau par exemple).²⁷

Source et information sur la donnée : CORINE Land Cover (UE-SOeS 2018)

Les zones d'extraction de matériaux comprennent les extractions de matériaux à ciel ouvert (sablères, carrières) ou d'autres matériaux (mines à ciel ouvert), y compris les gravières sous eau, à l'exception des extractions dans le lit des rivières. Une carte avec un ajustement pour tenir compte des petites carrières non détectées par CLC a été réalisée en utilisant une donnée recensant le nombre d'installations classées de type carrières en 2020²⁸. Toutefois, cet ajustement n'engendre pas de changement perceptible dans le pourcentage des mailles, il n'a donc pas été maintenu.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : La carte fait ressortir fortement les mailles où une activité d'extraction est présente, alors même qu'elle n'en couvre généralement qu'une très faible part, et, qu'à l'inverse, certains des impacts qui en découlent (sur les systèmes hydrologiques notamment), peuvent dépasser la surface de la maille.

Éléments d'interprétation : les extractions de matériaux se retrouvent sur l'ensemble du territoire, hors massif central. Les carrières se concentrent cependant au niveau des grands cours d'eau, notamment le Rhône, la Seine et la Garonne. La maille en Pas de Calais avec le plus fort pourcentage correspond à l'emplacement de la plus grande carrière de France : les Carrières du Boulonnais.

²⁷ <http://www.observatoire-biodiversite-centre.fr/les-milieux-cr%C3%A9s-par-l'homme/les-carri%C3%A8res>

²⁸ <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/installations>

5.4.1.2 Prélèvements en eau pour l'irrigation et l'eau potable

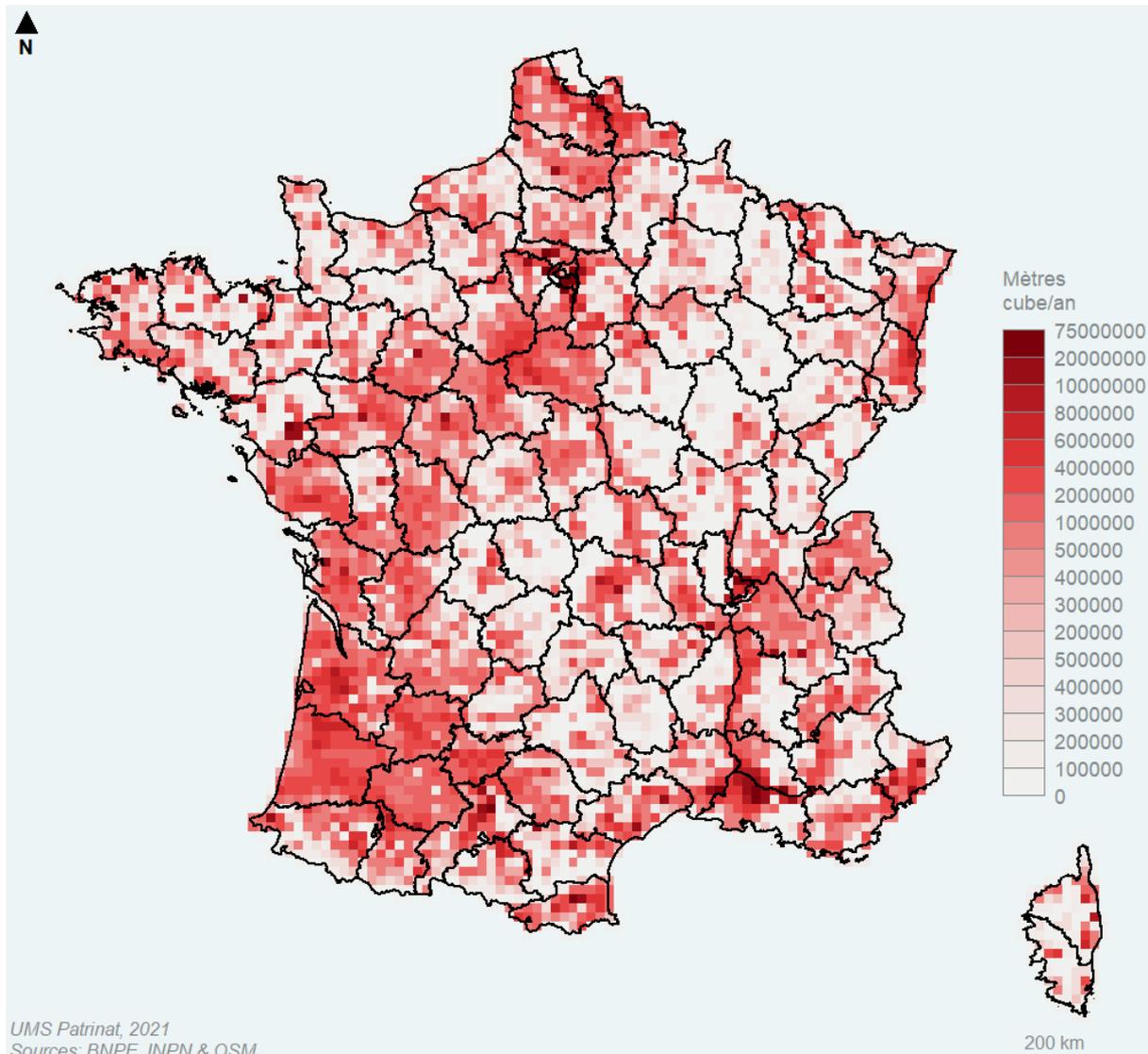


Figure 12 : Moyenne annuelle des prélèvements en eau (m^3 /maille) pour l'eau potable et l'irrigation entre 2008 et 2017 (C225)

Définition de la pression : *Les prélèvements désignent la quantité d'eau prélevée dans le milieu naturel puis rejetée après utilisation (donc à nouveau disponible), tandis que la consommation correspond à une quantité d'eau prélevée, réellement consommée, absorbée. Elle ne peut pas être renvoyée directement dans la nature après usage²⁹. La consommation non durable d'eau entraîne des impacts quantitatifs et qualitatifs importants sur les communautés biologiques, notamment les poissons, mais aussi les invertébrés ayant tout ou partie de leur cycle de vie en eau (bivalves, Odonates, etc.) ainsi que la flore aquatique. Ces impacts sont directement liés à la réduction des habitats disponibles à la fois en quantité (réduction de surface mouillée) et en qualité (modification des caractéristiques hydrauliques (Baran 2008).*

²⁹ <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/qui-preleve-et-consomme-leau-en-france/>

Source et information sur la donnée : Les données utilisées sont fournies par la banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE)³⁰, pilotée par l'Agence de l'eau Adour-Garonne et l'OFB. Elles concernent les prélèvements en eau par type d'usage : énergie, industrie, loisirs, irrigation, eau potable. La somme des données de prélèvement pour l'irrigation et l'eau potable est utilisée ici. En effet, cela correspond à une approximation de la consommation d'eau, puisque presque toute l'eau utilisée pour l'irrigation et l'eau potable est consommée et non restituée au milieu.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : On fait l'approximation que les prélèvements pour l'irrigation et l'eau potable correspondent à de l'eau consommée. En effet, la moitié des prélèvements (tous usages confondus) est destinée au refroidissement des centrales électriques. La carte des prélèvements en eau tous secteurs confondus (non représentée ici) fait donc ressortir les zones où sont localisés des réacteurs nucléaires dotés de circuits de refroidissement ouverts, en particulier Tricastin (Isère – Drôme), Saint-Alban, Bugey (Rhône), et Fessenheim (Rhin) (Pasquier 2017). Or, la quasi-totalité de ces prélèvements est restituée au milieu naturel (Pariisse 2018), et ce à proximité du lieu de prélèvement (Pasquier 2017).

En 2012, le secteur de l'énergie est responsable de 64% des prélèvements en eau, alors que l'irrigation et l'eau potable prélèvent respectivement 9 et 17% d'eau (l'industrie prélève les 10% restants). Cependant, 48% de l'eau consommée concerne l'irrigation et 24% concerne l'eau potable, contre 22% pour l'énergie³¹. Cette carte représente donc une part importante de l'eau consommée, qui a un impact plus important sur la quantité et la qualité des habitats disponibles que les prélèvements d'eau avec restitution.

Éléments d'interprétation : Globalement, les secteurs où la consommation en eau est la plus importante se situent autour du Rhône, et dans la moitié ouest de la France, surtout au sud. Cette répartition contrastée s'explique notamment par les différences en matière d'irrigation. En effet, certains départements de l'est de la France (Lorraine, Doubs) n'irriguent pas du tout, tandis que onze autres départements (Bouches-du-Rhône, Landes, Pyrénées-Orientales, Gard, Gers, Gironde, Loiret, Lot-et-Garonne, Vaucluse, Drôme et Haut-Rhin) utilisent plus de la moitié de l'eau douce prélevée en France destinée à l'agriculture (Pariisse 2018). Ainsi, certains sous-bassins ayant de faibles ressources en eau renouvelables (côtiers aquitains et charentais par exemple), font face à une forte consommation estivale : durant cette période, la part d'eau consommée par l'usage agricole peut dépasser 90%. Elle est essentiellement destinée aux cultures céréalières, dont le maïs (Antoni *et al.* 2020). Les prélèvements en eau potable se concentrent dans les zones de forte démographie, expliquant par exemple le prélèvement élevé en Île-de-France.

³⁰ <https://bnpe.eaufrance.fr/acces-donnees>

³¹ <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/qui-preleve-et-consomme-leau-en-france/>

5.4.2 Obstacle

5.4.2.1 Fragmentation liée aux réseaux de transport : réseaux routiers et voies ferrées

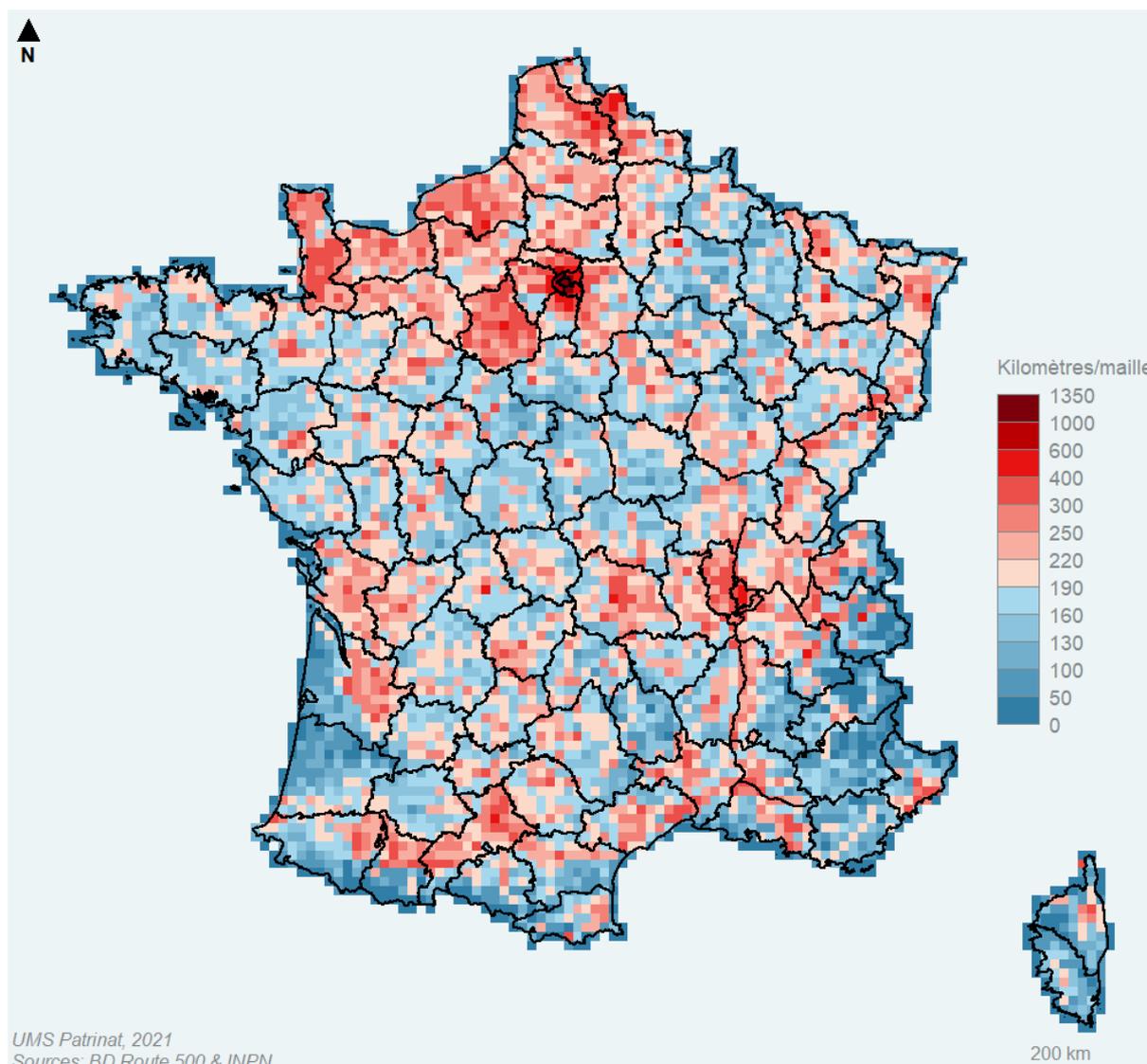


Figure 13 : Longueurs (en km) des voies ferrées et des routes (corrigée par leur niveau d'importance : 1 à 6 selon le nombre de voies) par maille en 2018 (C226)

Définition de la pression : Les infrastructures linéaires de transport engendrent une fragmentation des habitats en réduisant la taille des parcelles d'habitats, en les isolant, et en créant des obstacles entre les parcelles restantes. En effet, les routes et les voies ferrées créent des obstacles aux mouvements de nombreux animaux, ceux-ci pouvant isoler des populations et les conduire au déclin à long terme (Service d'Etudes techniques des routes et autoroutes 2007).

Source et information sur la donnée : Jeux de données ouverts de ROUTE 500®, produit par l'IGN³²

³² <https://transport.data.gouv.fr/datasets/route-500/>

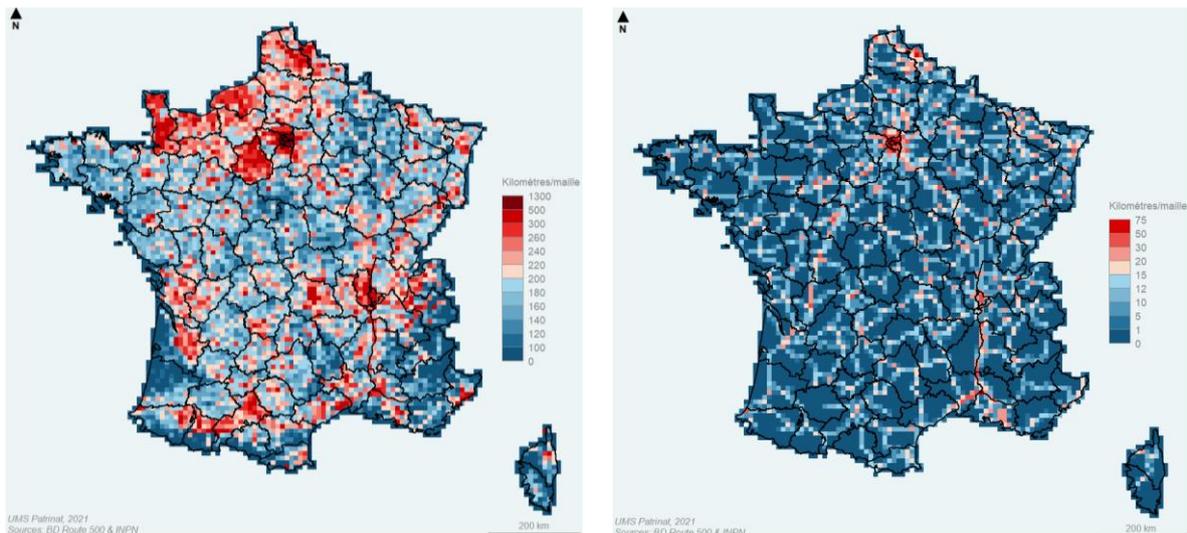


Figure 14 : Carte de la longueur (en km) par maille des routes (C201, à gauche) et des voies ferrées (C181, à droite)

Traitement de la donnée : Cette carte a été obtenue en sommant les couches de longueur de routes et de voies ferrées (cf. Figure 14).

Au préalable, chaque route a obtenu une valeur d'importance selon son nombre de voies (1 : sans objet, 2 : une voie ou deux voies étroites, 3 : deux voies larges, 4 : trois voies, 5 : quatre voies, et 6 : plus de quatre voies), qui a été intégrée dans la standardisation au maillage national pour tenir compte de la variabilité des types de route et de leur impact sur la biodiversité. Pour ce faire, la longueur de chaque type de route au sein d'une maille a été multipliée par sa valeur d'importance, puis les longueurs de l'ensemble des types de route ont été sommées (Guetté 2018).

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : pour le réseau ferroviaire, la distinction n'a pas été faite entre les voies ferrées moins utilisées, voire abandonnées (moins fragmentantes) et celles présentant un trafic important (plus fragmentantes). En effet, pour la plupart des grands mammifères, les infrastructures de transport constituent des barrières infranchissables uniquement lorsqu'elles sont clôturées ou que la densité de trafic est élevée (Service d'Etudes techniques des routes et autoroutes 2007). Or, sur le réseau ferré national, les lignes à grande vitesse (LGV) sont entièrement clôturées de chaque côté, mais ce n'est pas toujours le cas des lignes classiques (Cerema 2019a), celles-ci peuvent donc être moins fragmentantes que les LGV (Service d'Etudes techniques des routes et autoroutes 2007).

Pour le réseau routier, la valeur d'importance attribuée selon le nombre de voies permet de faire une distinction entre les routes plus ou moins fragmentantes. L'augmentation du nombre de voies affecte surtout les petits animaux (en particulier les invertébrés), pour lesquels les surfaces de la chaussée et des accotements constituent des obstacles importants, soit parce que les sols sont inhospitaliers, soit parce que les perturbations sont trop fortes. La prise en compte de la densité du trafic routier permettrait une meilleure prise en compte de l'effet de barrière pour les mammifères. En effet, un trafic routier inférieur à 1000 véhicules par jour est perméable pour la plupart des espèces animales, entre 1000 et 4000 véhicules par jour il est perméable pour certaines espèces mais évité par les plus sensibles, entre 4000 et 10000 véhicules par jour le bruit et le mouvement repoussent la plupart des individus, et les routes à plus de 10 000 véhicules par jour sont imperméables pour la plupart des espèces (Service d'Etudes techniques des routes et autoroutes 2007).

Les aménagements de type passages à faune, qui permettent de diminuer efficacement l'impact sur la connectivité des populations (Pichard *et al.* 2018), ne sont pas pris en compte ici.

Éléments d'interprétation : Les grands axes de transport ressortent, avec comme attendu une concentration particulièrement élevée en Île-de-France.

Le réseau routier est particulièrement dense en Île-de-France, autour des grandes métropoles (Lyon, Toulouse, Bordeaux, Clermont Ferrand, Lille...) mais aussi en Normandie et Eure et Loir. Une variabilité inattendue est observée entre les départements à l'ouest et à l'est de l'Île-de-France, qui serait effectivement due à un réseau routier plus ou moins dense (et non à une variation importante du nombre de voies de ces routes). Toutefois, la fragmentation est plus importante lorsque les réseaux de transports traversent des milieux naturels, en dehors des zones les plus urbanisées.

5.4.2.2 Fragmentation liée aux obstacles à l'écoulement des cours d'eau

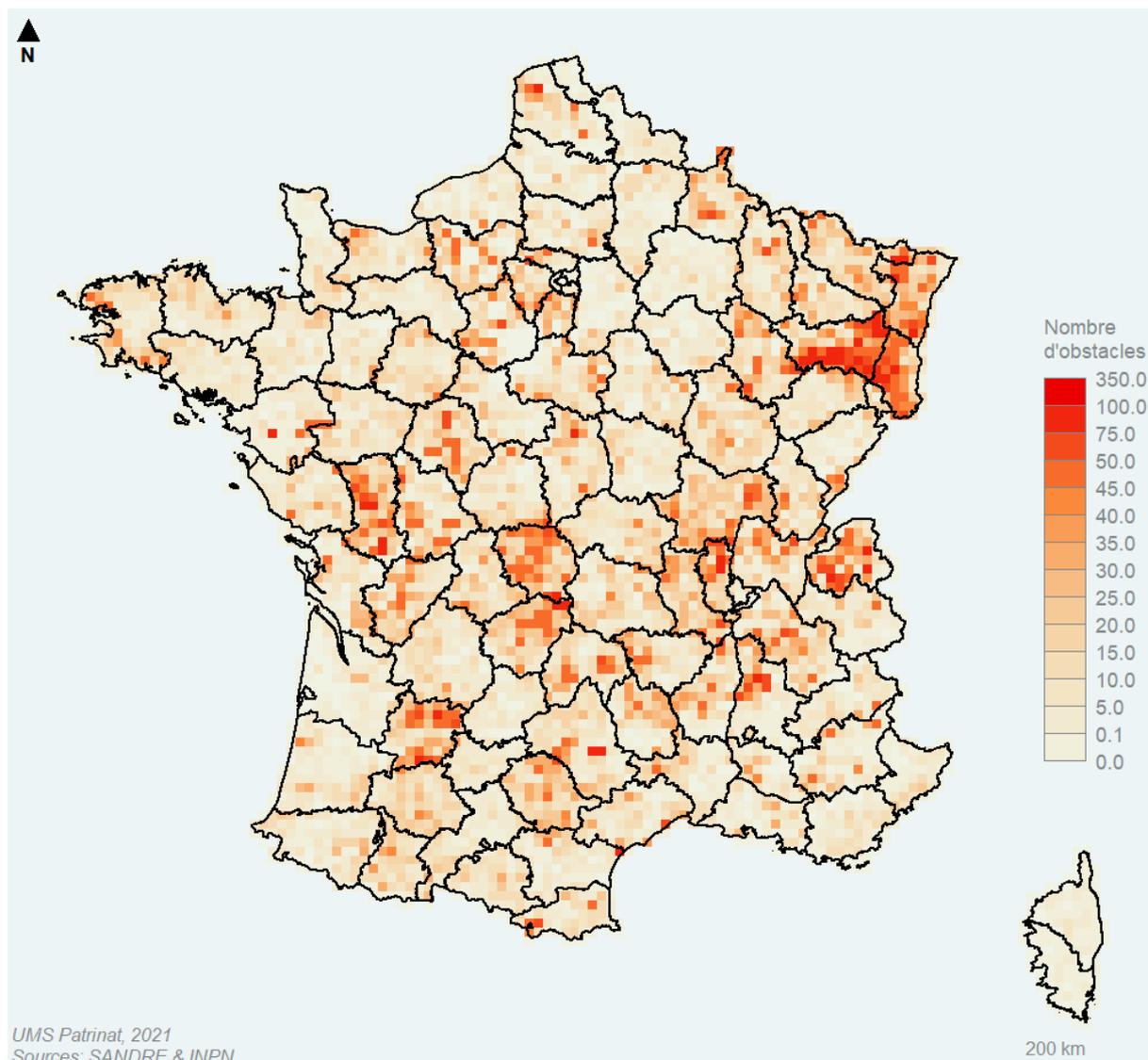


Figure 14 : Nombre d'obstacles à l'écoulement des cours d'eau d'origine anthropique en 2021 (C211)

Définition de la pression : Les obstacles à l'écoulement fragmentent les cours d'eau et entravent les déplacements des espèces aquatiques migratrices en limitant l'accès aux habitats disponibles et en isolant génétiquement les populations (Service d'Etudes techniques des routes et autoroutes 2007).

Source et information sur la donnée : la base des obstacles à l'écoulement est produite par le Sandre (Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau).³³

Un obstacle à l'écoulement est un ouvrage lié à l'eau qui est à l'origine d'une modification de l'écoulement des eaux de surface (dans les talwegs, lits mineurs et majeurs de cours d'eau et zones de submersion marine). Seuls les obstacles artificiels (provenant de l'activité humaine) sont pris en compte au sein du référentiel des obstacles à l'écoulement (dictionnaire de données Sandre version 1.2³⁴). Un ouvrage peut également correspondre aux installations de production de traitement et de distribution d'eau potable.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais :

Le référentiel des obstacles à l'écoulement permet d'identifier le type d'obstacle avec un nombre important de catégories : seuil, barrages, digues... Seul le nombre d'obstacle est ici représenté, alors que le niveau d'impact de chacun de ces obstacles sur la continuité des cours d'eau est variable, et gagnerait à être pris en compte, de même que la présence de dispositif de franchissement piscicole.

Le nombre d'obstacles à l'écoulement dans une maille est a priori lié au linéaire de cours d'eau présent dans cette maille. Une carte nombre d'obstacles/linéaire de tronçon hydrographique a donc été également construite. Elle diffère très peu de celle présentée ici, qui a donc été retenue.

Eléments d'interprétation : On dénombre en moyenne 1 obstacle à l'écoulement tous les 6 km de cours d'eau³⁵ mais leur répartition n'est pas homogène. Leur densité dépasse les 60 ouvrages pour 100 km sur le Rhin supérieur, contre 5 à 10 fois moins dans le sud de la France continentale³⁵. La Corse est moins soumise à cette pression de fragmentation.

³³<https://www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/fre/catalog.search;jsessionid=node0ufdnvojdm78u1u3spnj4aoz1h6198815.node0#/metadata/59057026-b40c-4cf9-9e3e-7296e0aa1a78>

³⁴ https://www.sandre.eaufrance.fr/ftp/documents/fr/scn/obsgeo/1/sandre_sc_geo_obs_1.pdf

³⁵ <https://naturefrance.fr/indicateurs/fragmentation-des-cours-deau>

5.4.2.3 Indice de fragmentation du paysage par les infrastructures de transport et surfaces imperméables

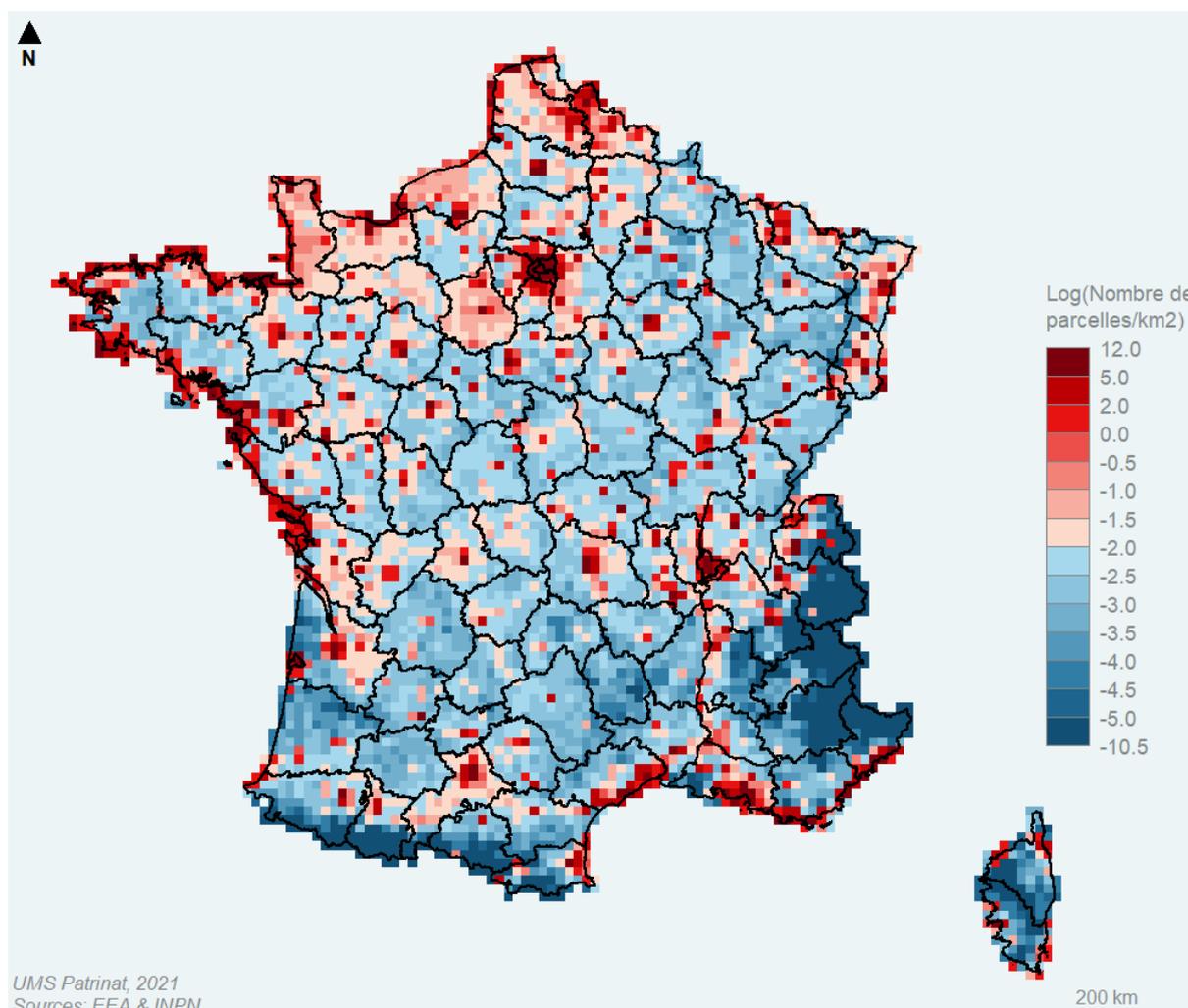


Figure 15 : Densité effective de fragments d'habitat (nombre/km², transformation log) (C216)

Définition de la pression : La fragmentation des habitats est le processus par lequel un habitat est converti en plusieurs fragments plus petits, suite à un changement d'usage des terres (urbanisation, conversion en terres agricoles etc.) ou à la création d'infrastructures de transport. Ces îlots d'habitats se trouvent ainsi isolés : on parle de perte de connectivité³⁶.

Source et information sur la donnée : cet indice est calculé au niveau européen par l'Agence européenne de l'environnement (EEA)³⁷

La densité effective de mailles est une mesure de la fragmentation du paysage, c'est-à-dire le degré auquel le mouvement entre différentes parties du paysage est interrompu par la présence de surfaces imperméables et d'infrastructures de transport, qui crée des fragments isolés les uns des autres. L'indice fournit le nombre de ces fragments pour une surface de 1000 km², il reflète donc la fragmentation du territoire.

Traitement de la donnée : Transformation log

³⁶ <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/527>

³⁷ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/landscape-fragmentation-indicator-effective-mesh>

Analyses et potentiels biais liés à l'indicateur : la carte se limite à la fragmentation liée aux zones urbaines et aux infrastructures de transports. Selon les caractéristiques écologiques des espèces, d'autres milieux peuvent également constituer des obstacles infranchissables (par exemple zones cultivées pour des espèces forestières). Pour établir une carte représentant de façon plus complète cette pression, une approche par trame serait nécessaire (carte des continuités et discontinuités forestières, bocagères, liées aux zones humides...)

L'indice date de 2016, et ne tient donc pas compte des infrastructures plus récentes pouvant fragmenter le paysage.

Éléments d'interprétation : Les agglomérations et les axes de transport ressortent, comme il s'agit des données d'entrée. Comme attendu, les zones de haute altitude (Alpes, Pyrénées, et les massifs Corse) sont les moins fragmentées. Le bassin méditerranéen présente à l'inverse un degré élevé de fragmentation, comme la majorité du littoral, notamment breton.

5.4.3 Fréquentation, dérangement

5.4.3.1 Dérangements liés aux activités sportives de plein air

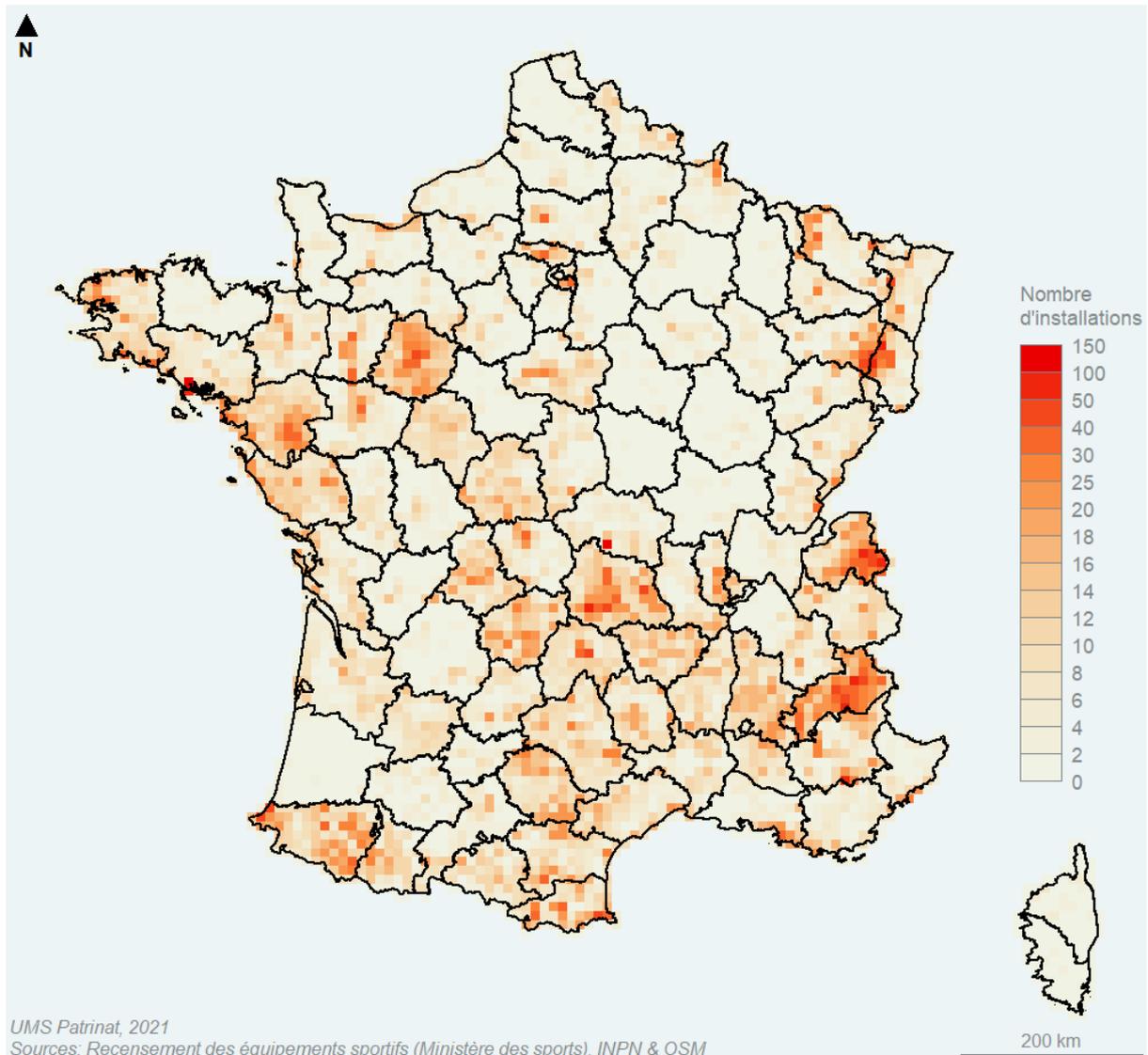


Figure 16 : Nombre d'installations sportives liées au ski, aux activités aériennes, aquatiques et nautiques, aux divers sports de nature et aux circuits de sports mécaniques en 2018 (C205).

Définition de la pression : La pression reflétée est le dérangement et le piétinement par la fréquentation des espaces naturels dans le cadre de divers sports de plein air. Ceux-ci engendrent notamment un dérangement de la faune (évitement, fuite...) (Laboratoire SENS, Association Cohérence pour un développement durable, et FRAPNA Ardèche 2004).

Source et information sur la donnée : le recensement des équipements sportifs, espaces et sites de pratiques³⁸ est réalisé par le ministère des sports.

³⁸ <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/recensement-des-equipements-sportifs-espaces-et-sites-de-pratiques/>

Catégorie d'activité sportive	Installations concernées
Ski	Domaine de ski alpin, tremplin à ski, piste de ski indoor, domaine nordique, piste de luge.
Activités aériennes	Aire de décollage, aire d'atterrissage, aire mixte, piste d'aérodrome/d'aéroport, site d'aérostation, piste ULM, site de glisse aérotractée.
Activités aquatiques et nautiques	Site d'activités aquatiques et nautiques, baignade aménagée, circuit de motonautisme, stade de ski nautique, stade d'eau vive, stade de canoë-kayak de vitesse, stade mixte, terrain de kayak polo, point d'embarquement et de débarquement isolé, site de plongée, tank à ramer, téléski nautique, port de plaisance, zone de mouillage, dispositif de franchissement, site de pêche.
Divers sports de nature	Canyon, équipement pour saut à l'élastique, parcours acrobatique en hauteur/site d'accrobranche, parcours de chasse/en campagne, parcours fixe de course d'orientation, piste de pulka/traineau à chiens, site d'escalade en falaise, site de spéléologie sportive et/ou éducative, site de char à voile, via ferrata/via corda, refuge de montagne, boucle de randonnée, cascade de glace, site de blocs d'escalade, espace de pratique spéléologique.
Circuits de sports mécaniques	Circuit de vitesse, circuit de motocross, course sur piste, terrain de trial, piste de kart, terrain de moto-ball.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Les activités recensées ne se déroulent pas toutes en plein air (par exemple « piste de ski indoor ») donc la pression reflétée concerne parfois l'artificialisation plutôt que le dérangement. Par ailleurs, d'autres activités de plein air ne se traduisant pas par des installations mais potentiellement impactantes ne sont pas prises en compte : organisation de manifestations sportives, raquettes, trails, etc. (la randonnée et le vélo étant compris dans la Figure 17). En outre, ces activités peuvent se traduire par un impact très important (par exemple escalade près d'un site de nidification) ou quasi-inexistant (même activité sur un site plus éloigné), un croisement extrêmement fin serait nécessaire pour pouvoir différencier ces cas.

Éléments d'interprétation : Les massifs montagneux et le littoral ressortent, ce qui s'explique notamment par les installations liées au ski dans les massifs. Les activités aquatiques et nautiques se concentrent principalement sur le littoral. Les équipements des divers sports de nature se trouvent majoritairement dans les quarts nord-ouest (notamment Sarthe, Loire-Atlantique) et sud-est de la métropole ainsi que dans les Pyrénées et les Vosges. Les sites d'activités aériennes et circuits de sports mécaniques ont une répartition plus homogène sur toute la métropole.

5.4.3.2 Dérangements liés aux activités sportives de randonnée et vélo

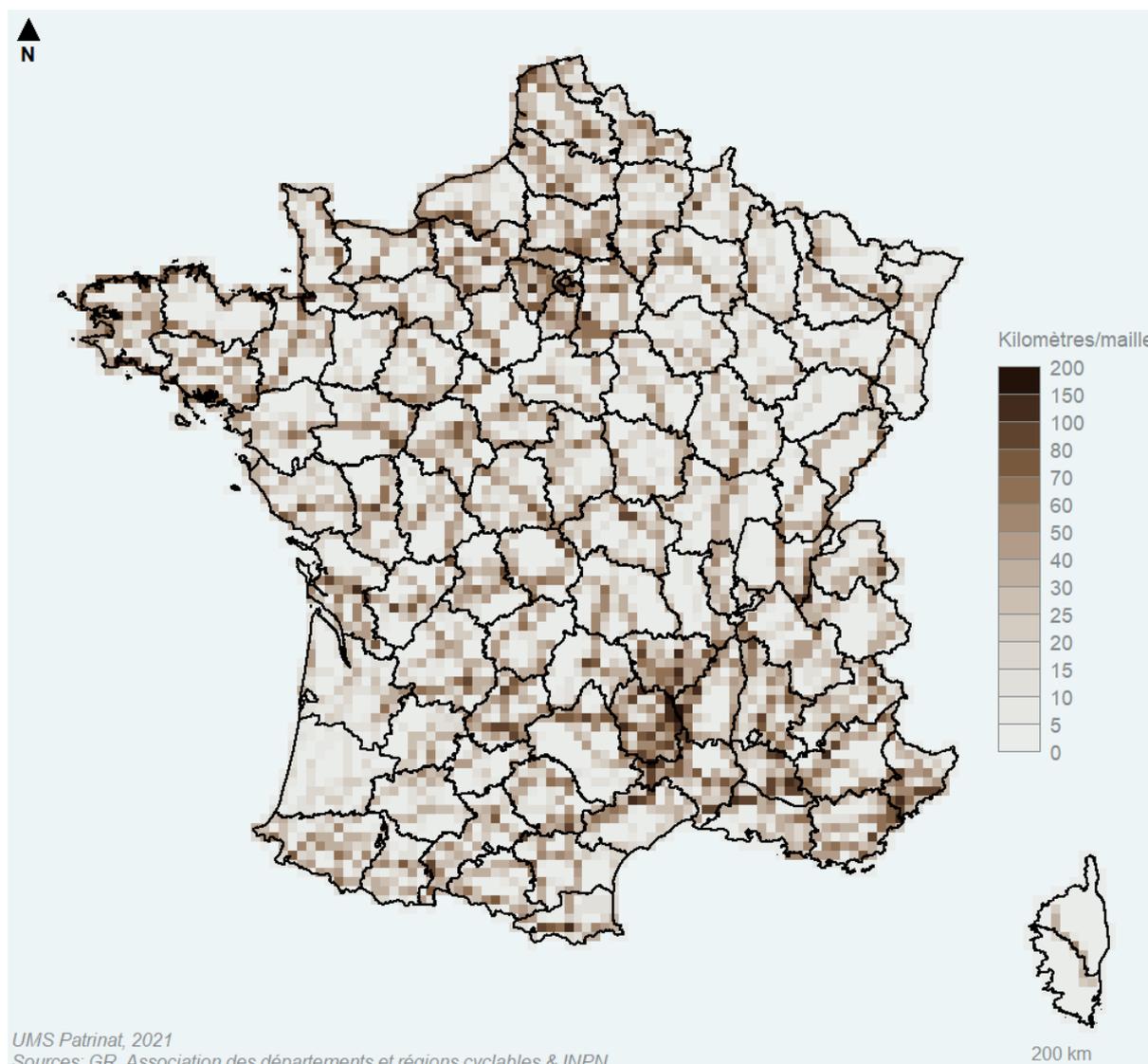


Figure 17 : Longueur (en km) des chemins de grandes randonnées, des véloroutes et des voies vertes par maille en 2020 (C192)

Définition de la pression : La pression reflétée est le dérangement par la fréquentation des espaces naturels des randonneurs, piétons et cyclistes. Celle-ci peut engendrer une destruction de la végétation par piétinement, un dérangement de la faune, la cueillette de la flore, etc.

Source et information sur la donnée : La carte des véloroutes est produite par l'Observatoire national des véloroutes et voies vertes, initialement développé en 2005 par Vélo & Territoires en collaboration avec le MTE. Les données sont diffusés sur data.gouv : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/velo-routes-on3v-1/>;

La carte des chemins de grande randonnée (GR®) est diffusée sur le site GR-Infos.com : <https://www.gr-infos.com/gr-fr.htm>

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : La fréquentation (nombre et répétition des passages) au sein des chemins de randonnée n'est pas prise en compte, or certains sont bien plus fréquentés que d'autres. Par ailleurs, les chemins de grande randonnée sont mis en place de manière à recouvrir toute la métropole, le fait de s'y limiter homogénéise la répartition de la pression. Or, les autres sentiers de

randonnée sont certainement beaucoup plus nombreux dans les zones les plus touristiques (mais ces données ne sont pas disponibles pour une cartographie nationale).

Éléments d'interprétation : Les Cévennes ressortent particulièrement, ce qui serait dû principalement à une densité importante de chemins de grandes randonnées. Cependant cette zone n'est pas nécessairement la plus fréquentée, ce qui illustre une des limites de cette carte.

5.4.3.3 Fréquentation touristique

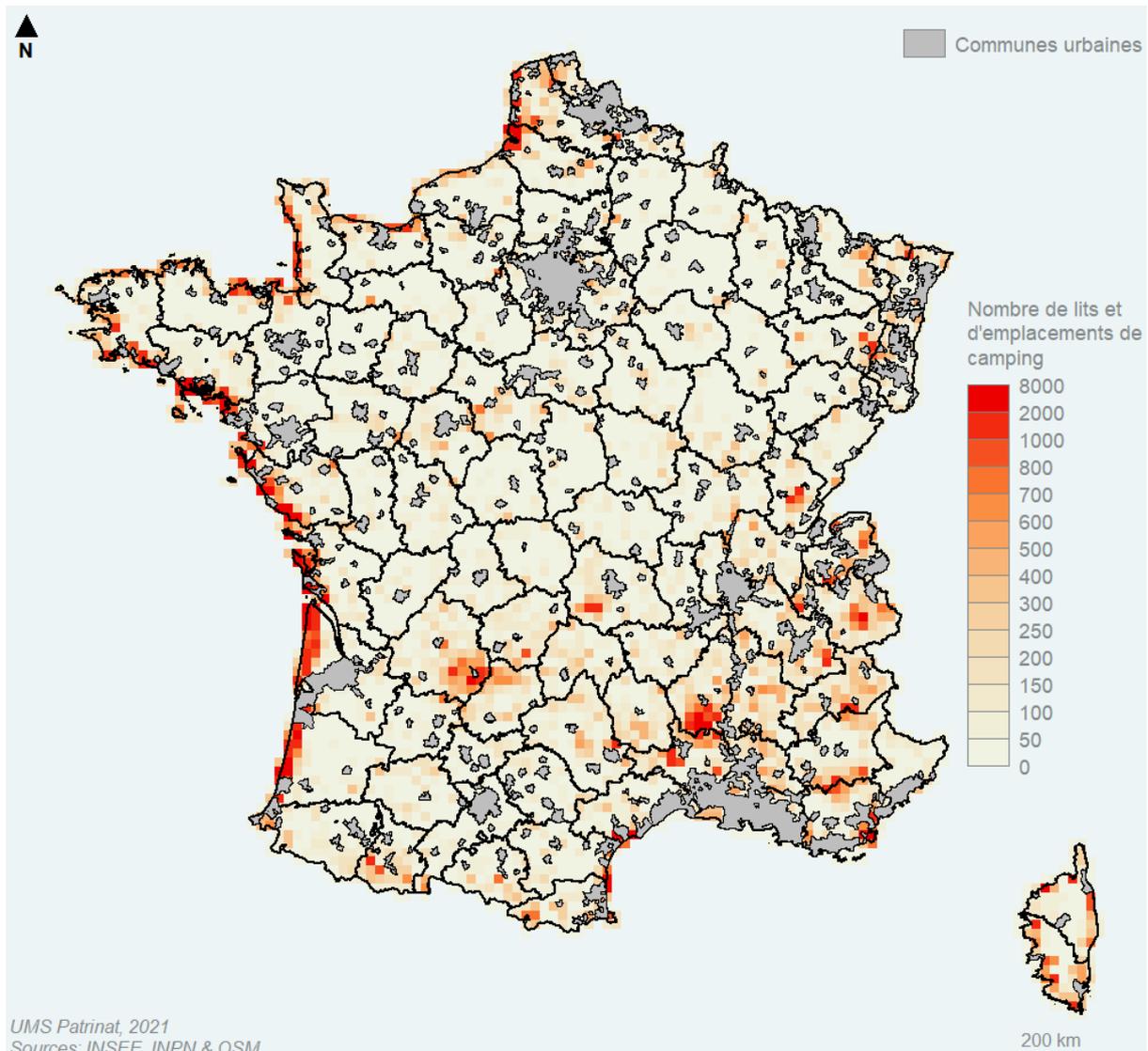


Figure 18 : Nombre d'emplacements de camping et de chambres d'hôtel en zone rurale (C217)

Définition de la pression : La concentration de personnes sur des espaces limités et/ou pendant des périodes réduites entraîne une sur fréquentation, souvent sur des territoires fragiles.

Source et information sur la donnée : les données sur le nombre d'hébergement touristiques sont issues des statistiques locales de l'Insee.

Les communes rurales ont été identifiées à partir de leur degré de densité, selon la définition de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) : dense ou densité intermédiaire = communes urbaines ; peu dense ou très peu dense = communes rurales³⁹. Les communes urbaines

³⁹ <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1902>

ont été filtrées pour refléter la pression de fréquentation touristique dans les zones où elle impacte le plus la biodiversité, donc pas dans les secteurs les plus urbanisés.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Du fait de la prise en compte uniquement des communes rurales, les grandes zones urbaines où le tourisme est important, en particulier au niveau de la côte méditerranéenne, ne sont pas mises en avant ici. Ces zones peuvent cependant inclure des espaces naturels. Le sud de l'Ardèche et la vallée de la Dordogne, secteurs peu urbanisés mais où les campings sont nombreux apparaissent donc comme très fréquentés par rapport aux alentours.

Éléments d'interprétation : Le littoral, ayant un fort attrait touristique, et le sud-est sont les zones qui concentrent la plus grande fréquentation touristique.

5.5 Pollution

Les pollutions sont considérées par l'IPBES comme constituant la troisième source de perte de biodiversité. Leur nature est très diverse : physique, énergétique, chimique... Les sources sont liées principalement à l'industrie et l'agriculture. Les cartes présentées ici sont regroupées selon la nature de la pollution.

5.5.1 Pollution physique – énergétique

5.5.1.1 Pollution sonore

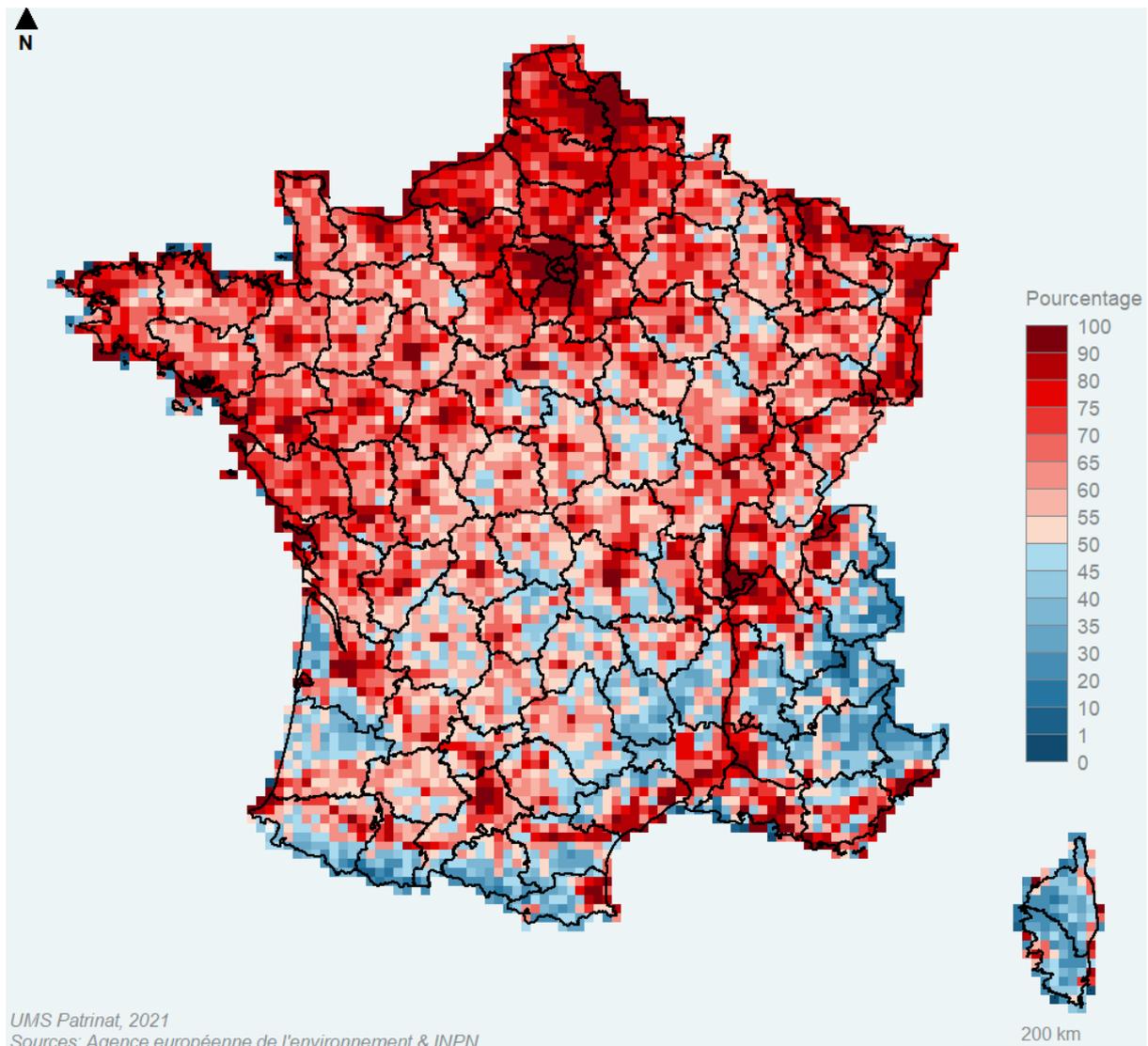


Figure 19 : Pollution sonore (C214)

Définition de la pression : On parle de "pollution sonore" selon le seuil de sensibilité d'une espèce et le type d'impact généré (par exemple perturbation, évitement, atteintes). Les sons produits par l'homme peuvent masquer et inhiber les sons et/ou l'audition des animaux et il a été démontré qu'ils affectent la communication, l'utilisation de l'espace et la reproduction (Sordello *et al.* 2020).

Source et information sur la donnée : L'indice a été calculé au niveau européen par l'Agence Européenne de l'Environnement (EEA)⁴⁰

La carte est construite à partir d'un l'indice de « calme » (« *quietness* ») qui représente la proportion de la zone jugée calme sur le plan sonore. L'indice de calme dérive initialement d'un cumul de plusieurs cartes de propagation du bruit selon différentes infrastructures et de la perception humaine des zones calmes. Une zone calme n'est pas une zone silencieuse, mais plutôt une zone moins ou non perturbée par des sons extérieurs indésirables ou nuisibles créés par des activités humaines (c'est-à-dire le bruit ambiant).

Traitement de la donnée : La représentation de l'indicateur a été inversée pour obtenir la proportion de la zone potentiellement soumise au bruit.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : L'indice de calme a été construit pour rendre compte de la perception humaine du bruit, il resterait à analyser s'il reflète correctement le dérangement occasionné par le bruit sur la faune sauvage.

Éléments d'interprétation : La moitié nord de la France semble particulièrement affectée, ainsi que tous les axes de transport et les zones de densité élevées de population. Dans ces zones les plus impactées, notamment en Île-de-France, l'intégralité des mailles sont soumises au bruit (100%). Les secteurs moins impactés concernent notamment les Alpes et certains secteurs fortement boisés forestiers (Landes, Cévennes, intérieur de la Corse etc.).

⁴⁰ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/quiet-areas-in-europe-2>

5.5.2 Pollution physique – déchets

5.5.2.1 Déchets dangereux et non dangereux des ICPE

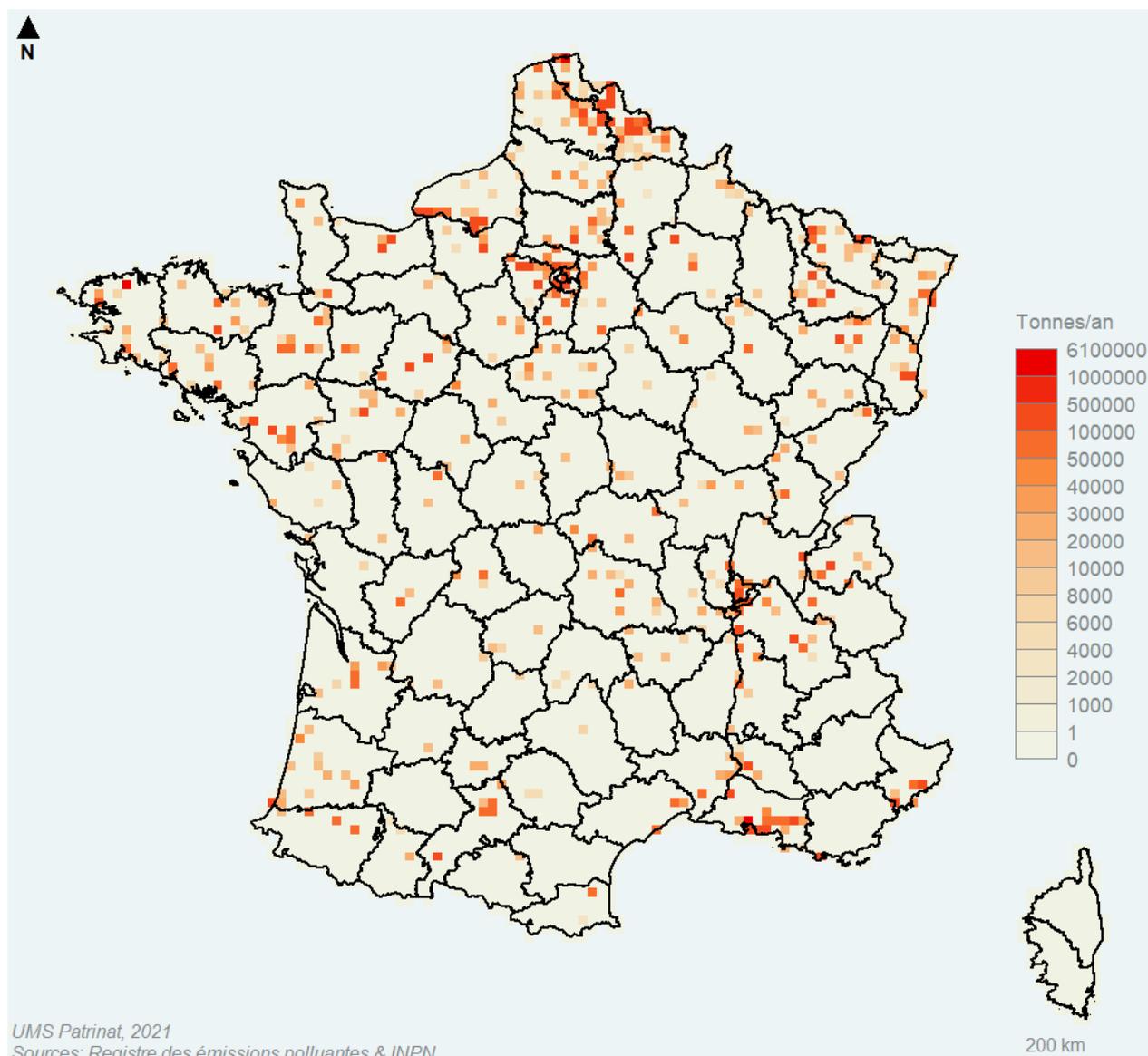


Figure 20 : Quantité annuelle moyenne (en tonnes) par maille de déchets dangereux et non dangereux produits par les installations classées pour la protection de l'environnement (C196).

Définition de la pression : Un déchet est classé comme dangereux s'il présente l'une des caractéristiques suivantes : explosif, hautement inflammable, irritant, nocif, toxique, corrosif, mutagène ou cancérogène (Ghewy 2009). La collecte, le transfert, la valorisation et l'élimination des déchets nécessitent de recourir à des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ces installations sont susceptibles de présenter des dangers pour l'environnement en matière de pollution⁴¹.

⁴¹ <https://www.ademe.fr/expertises/dechets/elements-contexte/politique-vigueur/dossier/cadre-reglementaire/reglementation-installations-classees-protection-lenvironnement>

Source et information sur la donnée : le registre des émissions polluantes⁴² est une donnée hébergée sur la plateforme géorisques éditée par le MTE et le BRGM. Il constitue un inventaire national des substances chimiques et/ou des polluants potentiellement dangereux rejetés dans l'air, l'eau et le sol et de la production et du traitement des déchets dangereux et non dangereux.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Les producteurs ou détenteurs de déchets dangereux sont tenus d'en assurer l'élimination dans des conditions propres à éviter les effets sur l'environnement (Ghewy 2009). Toutefois, il existe un risque (accidents), peu documenté en matière d'impact, mais pouvant avoir des effets environnementaux. L'impact de la pollution résultant d'un accident sur la santé animale, et par extension la biodiversité en général, est par ailleurs très difficile à quantifier.

Les déchets du bâtiment et des travaux publics ainsi que les déchets nucléaires ne sont pas pris en compte ici, du fait de leurs spécificités (ils relèvent d'une législation particulière). De plus, les zones de production des déchets peuvent ne pas être les mêmes que les sites de traitement (Ghewy 2009).

Éléments d'interprétation : La production de déchets est concentrée dans les régions industrielles, qui sont donc les zones plus particulièrement à risque (Île-de-France, Nord et Pas de Calais, Rhône et Bouches du Rhône). En effet, en 2007, l'ancienne région Nord-Pas-de-Calais produisait à elle seule 24 % des tonnages issus de la métallurgie et Rhône-Alpes, Picardie et Haute-Normandie sont à l'origine de 40 % des déchets chimiques métropolitaines. La région Rhône-Alpes est également la première région productrice de déchets issus de la fabrication d'équipements électriques et électroniques (Ghewy 2009).

⁴² <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep/telechargement#>

5.5.3 Pollution chimique organique

5.5.3.1 Pollution au nitrate dans les eaux de surface

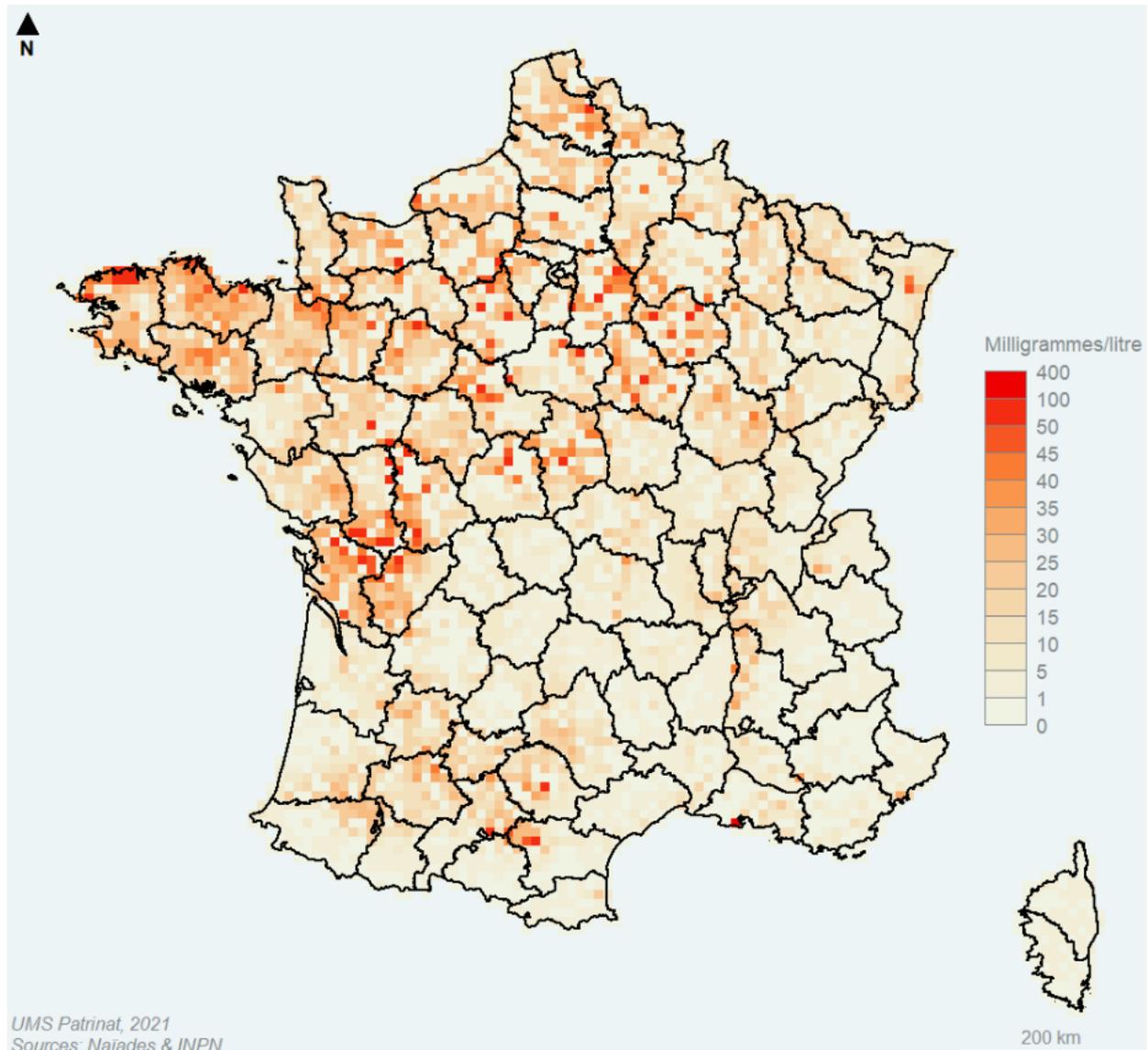


Figure 21 : Concentration annuelle moyenne (mg/L) en nitrates dans les eaux de surface entre 2005 et 2018 (C178)

Définition de la pression : Les activités humaines augmentent la quantité de nitrates naturellement présents dans les milieux aquatiques en épandant des engrais azotés et des effluents d'élevages sur les cultures. Lors des pluies, une partie des nitrates qu'ils contiennent rejoint les rivières par ruissellement, entraînant une augmentation de la concentration, illustrée par cette carte. Une concentration élevée en nitrates dans le milieu aquatique est toxique pour sa faune et sa flore, et modifie le milieu (eutrophisation, ce qui favorise la prolifération des algues vertes). Cette pollution est attribuée majoritairement aux pratiques agricoles, et en moindre mesure aux eaux usées urbaines et aux rejets industriels.

Source et information sur la donnée : issues du portail Naiades, qui donne accès aux données collectées par l'OFB et les agences de l'eau.⁴³

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Seules les eaux de surface (cours et plans d'eau) sont incluses dans cette carte, et non les eaux de transition (estuaires et lagunes), qui concernent cependant des surfaces très restreintes. La carte n'inclut pas non plus les eaux souterraines, car si le lien direct entre activités humaines et pollution des eaux de surface en nitrates est bien documenté, il est plus difficile à établir un lien effectif avec les eaux souterraines.

Éléments d'interprétation : La Bretagne, où les phénomènes de « marées vertes » due à l'eutrophisation sont très importants, ressort comme une zone de forte concentration en nitrates⁴⁴. Le marais poitevin est également fortement touché et, de façon plus générale, un grand quart nord-ouest, incluant les zones de grande culture de la Beauce et des Hauts-de France, mais aussi des régions d'élevage comme la Normandie. Dans la moitié sud du pays, seules ressortent les plaines agricoles de la vallée de la Garonne.

⁴³ <http://www.naiades.eaufrance.fr/>

⁴⁴ <https://www.ecologie.gouv.fr/lutte-contre-pollutions-leau>

5.5.3.2 Pollution de phosphore dans les eaux de surface

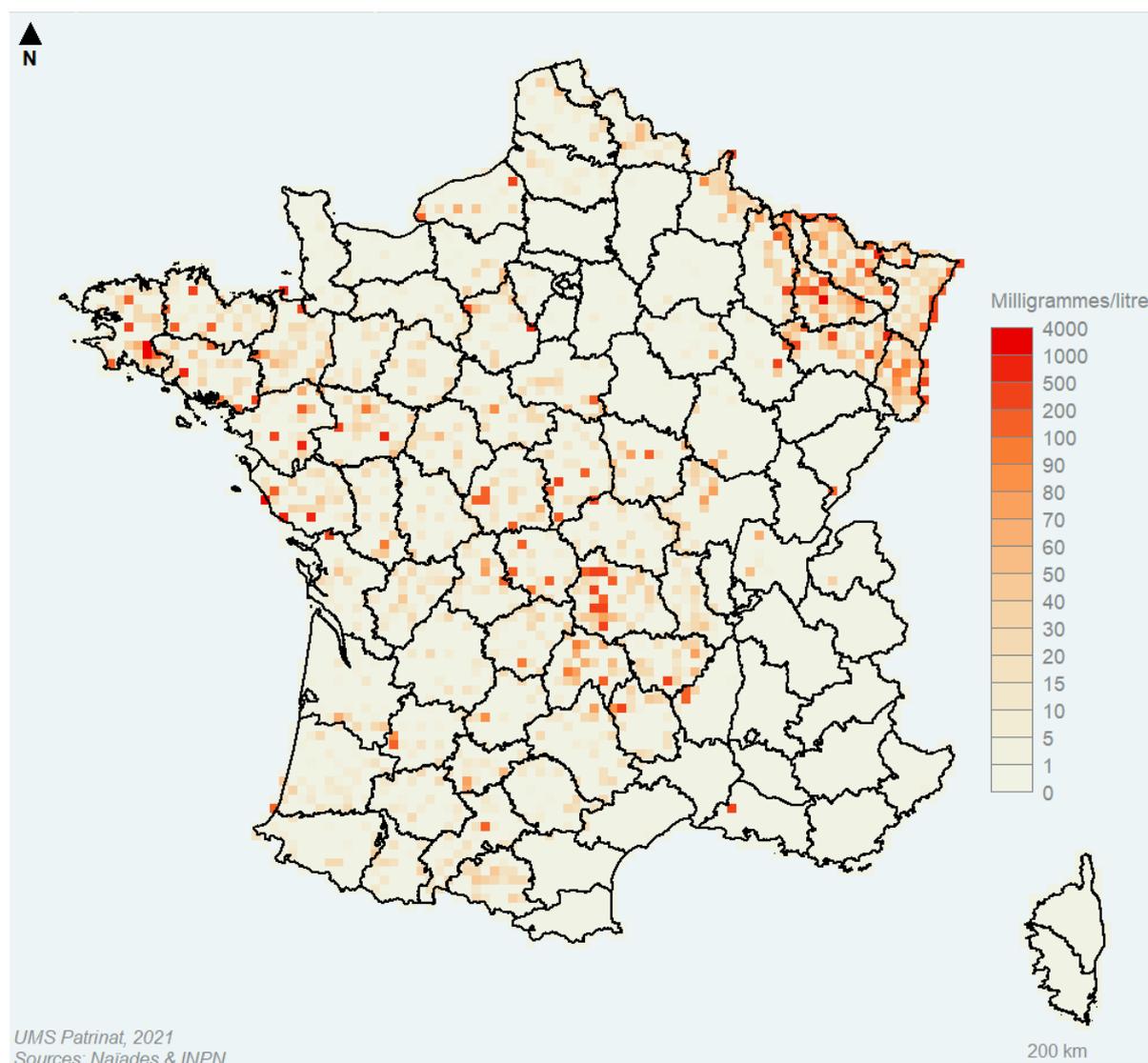


Figure 22 : Concentration annuelle moyenne (en mg/L) en phosphore dans les eaux de surface entre 2005 et 2018 (C179)

Définition de la pression : Comme les nitrates, les phosphates sont aussi contenus dans les engrais utilisés en agriculture, et peuvent être entraînés par les pluies de la même manière. Ils sont en outre rejetés par les activités domestiques et industrielles, par l'intermédiaire des rejets d'assainissement. Ils provoquent également l'eutrophisation des milieux aquatiques, en particulier lorsqu'ils sont conjugués à l'excès de nitrates⁴⁵.

Source et information sur la donnée : issues du portail Naiades⁴³, qui donne accès aux données collectées par l'OFB et les agences de l'eau.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Seules les eaux de surface (cours et plans d'eau) sont incluses ici, et non les eaux de transition (estuaires et lagunes), qui concernent cependant des surfaces très restreintes.

⁴⁵ <http://www.naiades.eaufrance.fr/>

Éléments d'interprétation : Le surplus de phosphore en Bretagne est lié à l'élevage intensif, pratiqué depuis 40 ans. Utilisé pour fertiliser les cultures et pour l'alimentation animale, il se retrouve dans les effluents d'élevage et les déjections animales lors du pâturage. C'est également le cas dans le Massif Central, où l'élevage est important. En Alsace-Lorraine, l'usage ancien de scories a pu contribuer aux teneurs élevées de phosphore constatées aujourd'hui (Antoni 2009).

5.5.3.3 Concentration en azote atmosphérique mesurée dans les mousses

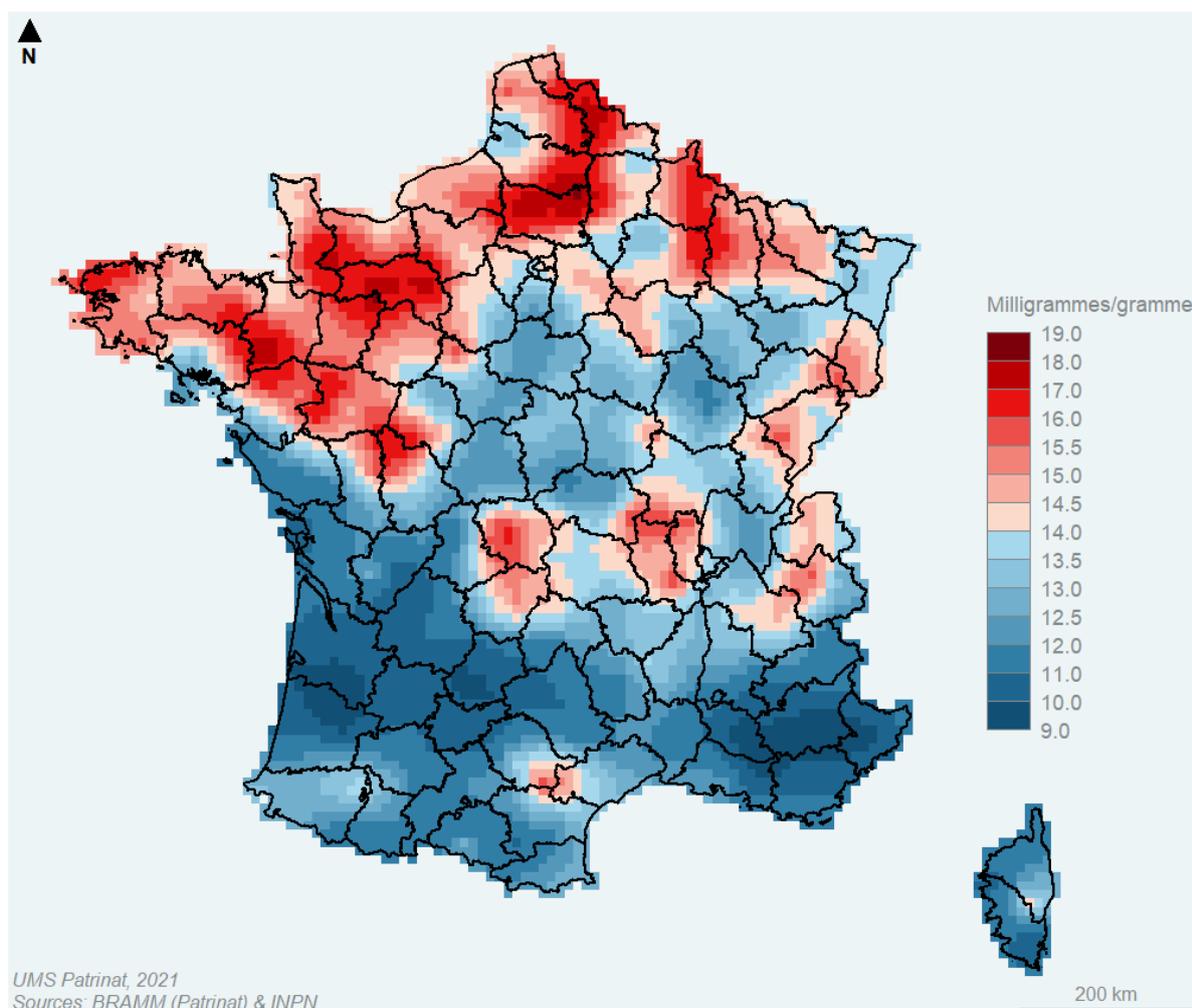


Figure 23 : Krigeage ordinaire de la concentration (en mg/g) en azote dans les mousses terrestres (C207)

Définition de la pression : La pression illustrée est la concentration en contaminants azotés dans le compartiment terrestre, à travers les mousses forestières. Celles-ci sont des bioaccumulateurs efficaces du dépôt atmosphérique particulaire et soluble. La concentration d'un élément dans une mousse permet d'estimer le niveau d'exposition du brin vis-à-vis des contaminants atmosphériques, notamment les oxydes d'azote provenant principalement de la combustion (transport routier et installations de combustion).

Source et information sur la donnée : les données sont issues du programme de Biosurveillance des Retombées Atmosphériques Métalliques par les Mousses (BRAMM) coordonné par l'UMS PatriNat.

Le dispositif BRAMM fournit des valeurs de concentration en éléments chimiques dans des mousses terrestres collectées sur 445 sites forestiers. Ces valeurs permettent de construire des cartes estimatives sur l'ensemble du territoire pour lesquelles on considère le territoire comme étant recouvert de forêts et éloigné des sources locales de pollution (Meyer *et al.* 2018). Cette technique de biosurveillance est une méthode relative qui permet de classer les sites de collecte les uns par rapport aux autres en fonction de la valeur de concentration mesurée dans l'échantillon de mousses.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Une station potentiellement biaisée a été retirée, il s'agit d'une valeur extrême pour un site en Normandie présentant les caractéristiques suivantes : il est entouré d'une zone d'agriculture (pâturage et culture) ce qui peut expliquer cette forte teneur en azote.

La concentration d'un élément dans une mousse permet d'estimer le niveau d'exposition du brin de mousse vis-à-vis des contaminants atmosphériques et non la valeur réelle du dépôt, (Meyer *et al.* 2018).

Il s'agit ici des dépôts atmosphériques sur une année seulement (2016), et non une moyenne, pour comme le phosphore et le nitrate dans le compartiment aquatique (cf. Figures 22 et 23 respectivement).

Éléments d'interprétation : La carte présente une répartition nord-sud. Comme pour les nitrates dans le compartiment aquatique, on trouve des teneurs élevées en azote en Bretagne, Normandie et dans le nord de la France. Le Massif Central, le nord des Alpes, la Franche-Comté présentent également des teneurs élevées en azote.

5.5.4 Pollution chimique inorganique

5.5.4.1 Pollution liée aux pesticides utilisés en agriculture

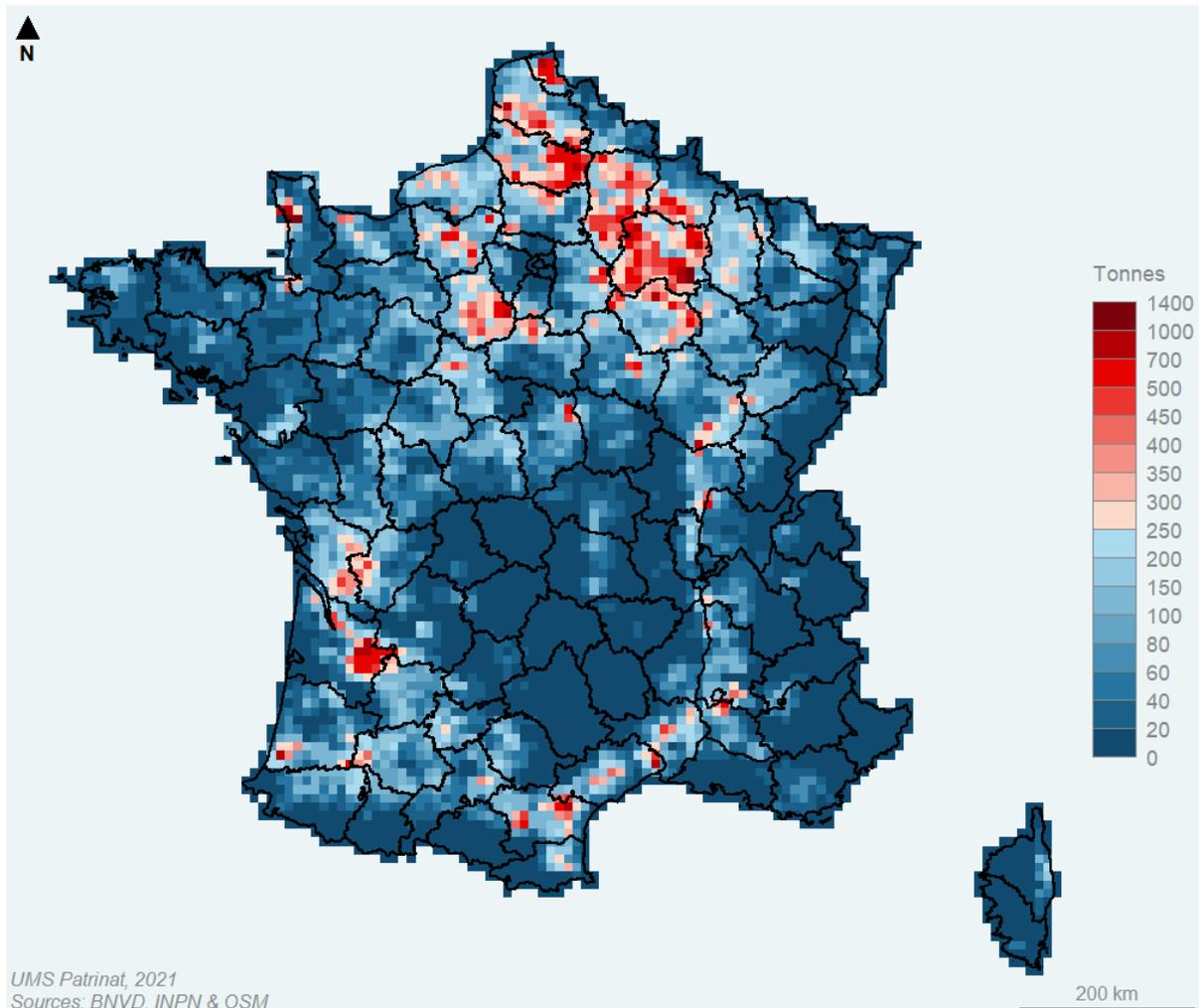


Figure 24 : Quantité totale (en tonnes) de biomasse par maille nécessaire à l'absorption des substances actives achetées en 2017 pour limiter à 50% la mortalité animale (C155)

Définition de la pression : L'effet de l'usage des pesticides sur la biodiversité est bien documenté (voir par exemple Geiger *et al.* 2010, Pisa *et al.* 2015, Cheron et Brischoux 2020). Ces substances toxiques sont souvent non sélectives, détruisant donc souvent l'ensemble des espèces d'un groupe visé, voire d'autres groupes. Les insectes étant particulièrement visés, ils sont aussi particulièrement touchés. En plus de cet impact direct, ils ont une incidence indirecte plus ou moins longue sur les écosystèmes, et en impactant la chaîne trophique par la diminution de la ressource alimentaire des espèces en bout de chaîne ou en les empoisonnant à terme avec des produits très toxiques qui se concentrent dans les derniers maillons de la chaîne.

Source et information sur la donnée : La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques a institué l'obligation pour les distributeurs de produits phytosanitaires de déclarer leurs ventes annuelles de produits phytosanitaires auprès des agences et offices de l'eau. Ces données déclaratives sont stockées dans la banque nationale des ventes de produits phytosanitaires (BNV-D). Les données en quantités de produits vendus sont transformées en quantités de substances actives grâce à un référentiel de données fournissant la composition de produits, le classement de ces substances au regard des arrêtés substances pris chaque année listant les substances soumises à la redevance pour pollutions diffuses.

Les traitements en vue de la diffusion des données ouvertes issues de la BNV-D sont assurés par l'OFB. Ces données sont accessibles via le portail Eau-France <http://www.data.eaufrance.fr/jdd/a69c8e76-13e1-4f87-9f9d-1705468b7221>

Traitement de la donnée : Nous avons d'abord corrigé les quantités de substances pesticides achetées par leur niveau de toxicité en se basant sur la dose létale 50 (soit la quantité d'une matière administrée en une seule fois qui cause la mort de la moitié d'un groupe d'animaux d'essai, exprimée en quantité de matière/ quantité de masse corporelle). Notamment, nous avons calculé la quantité totale de chaque substance par commune que nous avons ensuite divisée par sa valeur de dose létale 50. Cet indicateur fournit la quantité de biomasse nécessaire à l'absorption des pesticides pour limiter la mortalité à 50%. Lorsque plusieurs doses létales étaient disponibles pour une substance (*Pesticide Properties Database, Agriculture & Environment Research Unit, University of Hertfordshire*), nous avons choisi la plus élevée (E. Porcher et C. Fontaine, MNHN, communication personnelle). Finalement, nous avons sommé l'ensemble des quantités de biomasse nécessaires à l'absorption de chaque substance par commune et standardisé les données au maillage national.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : La date d'achat (ici 2017) ne correspond pas forcément à celle de son utilisation, et les variations de la pression en ravageurs d'une année sur l'autre, liées notamment aux conditions météorologiques, poussent les agriculteurs à acheter plus ou moins de substances actives. Par ailleurs un « effet de stock » peut être engendré par l'anticipation d'une interdiction future de certains produits (glyphosate par exemple).

De même, le lieu d'achat ne correspond pas forcément au lieu d'utilisation (même si l'acheteur est souvent le consommateur). Par ailleurs, les données d'achat issues de la BNV-D renseignent la localisation au code postal de l'acheteur (par exemple celui associé au siège d'une exploitation agricole), mais pas de la commune. Cet indicateur est tout de même plus fiable que celle des ventes de substances actives, qui se basent sur la localisation du distributeur.

L'acheteur est généralement l'utilisateur final, mais les parcelles sur lesquelles sont appliquées les produits peuvent se situer sur l'emprise géographique d'un code postal différent de celui renseigné dans les données d'achat. Une exploitation peut ainsi avoir la majorité de ses parcelles dans une commune autre que celle du siège, parfois même dans des communes assez éloignées, notamment pour les grosses exploitations souvent grandes consommatrices de produits phytosanitaires.

La prise en compte du niveau de toxicité des substances permet de mettre en avant les zones les plus impactées. Les quantités de pesticides achetées pourraient être rapportées à la part du territoire couverte par la SAU, qui diffère beaucoup selon les régions, et explique en partie les quantités achetées, mais la valeur absolue permet de représenter les impacts sur les milieux naturels environnants.

Éléments d'interprétation : Les secteurs de grandes cultures, viticulture et maraîchage (notamment la Marne, Gironde, Charente Maritime, Eure et Loir et le long du bassin méditerranéen) sont les plus impactés. En faisant le rapport avec la SAU, les concentrations sont beaucoup plus importantes dans le sud-ouest (vignes) et le long de la méditerranée (vignes et maraîchage) que dans les grandes cultures de la moitié nord.

5.6 Exploitation directe des ressources biologiques, intentionnelle ou non intentionnelle

5.6.1 Prélèvement

5.6.1.1 Prélèvement d'oiseaux lié à la chasse

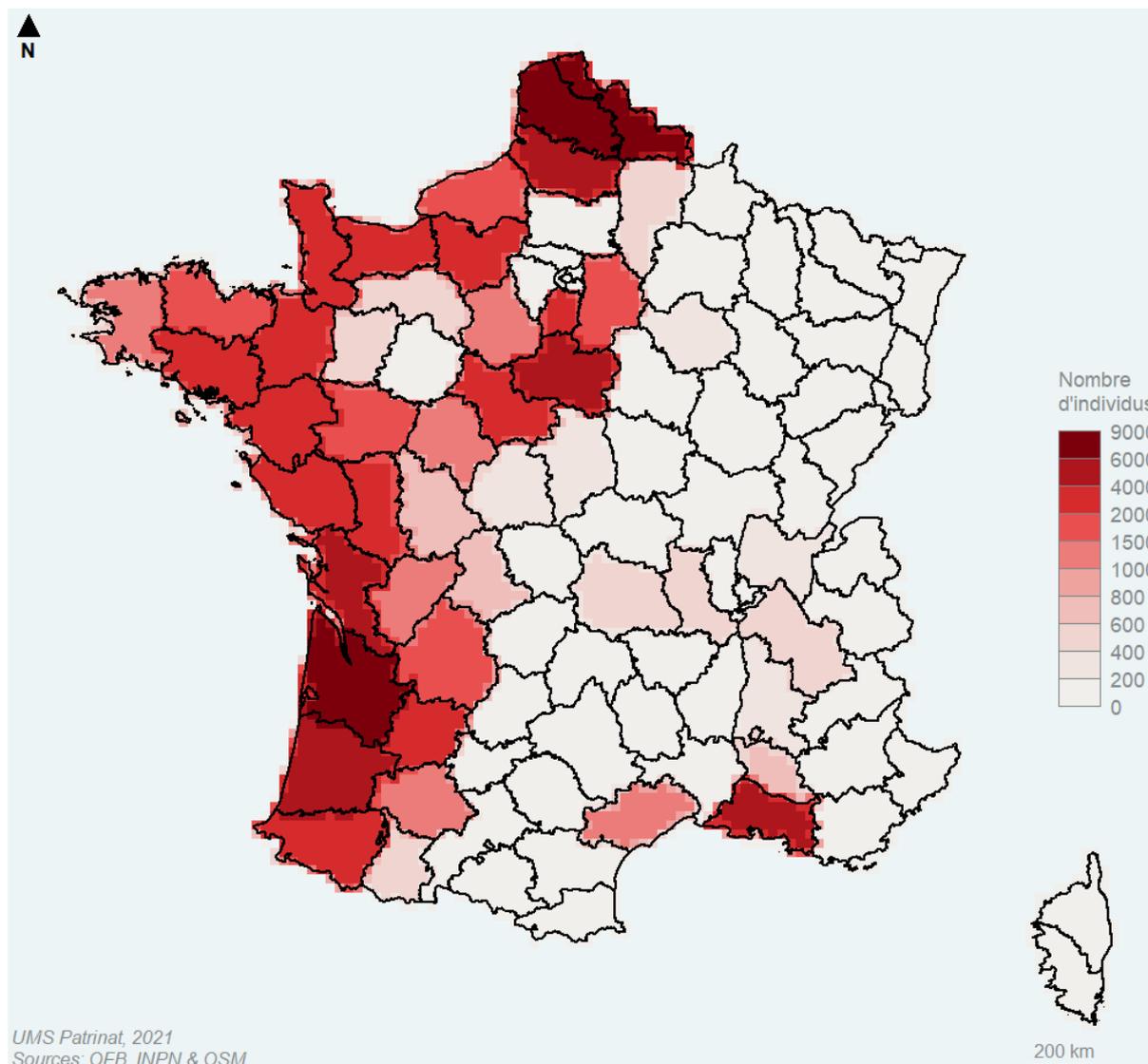


Figure 25 : Estimation du nombre total d'oiseaux chassés en 2013-2014 (C173)

Définition de la pression : Le prélèvement lié à la chasse illustre la mortalité directe, ici des oiseaux, qui est le groupe majoritairement affecté par cette pratique en France. Ainsi, en France on estime à plus de 17 millions le carnet de la chasse annuel, contre 52 millions en Europe (année 2014-2015) (Hirschfeld, Attard, et Scott 2019).

Source et information sur la donnée : Office Français de la Biodiversité⁴⁶

Liste des oiseaux concernés : Corbeau freux, Poule d'eau, Canard colvert, Foulque macroule, Fuligule milouin, Fuligule morillon, Canard pilet, Canard siffleur, Canard souchet, Faisan vénéré, Perdrix grise,

⁴⁶ Données en ligne sur https://carmen.carmencarto.fr/38/Tableaux_de_chasse.map

Perdrix rouge, Huîtrier pie, Alouette des champs, Bécasse des bois, Bécassine des marais, Caille des blés, Corneille noire, Etourneau sansonnet, Geai des chênes, Grive draine, Grive litorne, Grive musicienne, Grive mauvis, Pie bavarde, Pigeon colombin, Pluvier doré, Pigeon ramier, Tourterelle des bois, Tourterelle turque, Vanneau huppé, Oie cendrée.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Ces données ne sont disponibles qu'à l'échelle départementale. Ce sont de plus des données qui ne sont pas très récentes. Par ailleurs, un indicateur de pression plus pertinent nécessiterait un rapport entre les prélèvements et l'effectif de chaque population d'oiseaux, de manière à distinguer les espèces pour lesquelles les effets sur la dynamique de la population sont conséquents. Cela correspond au principe de la gestion adaptative, qui se met en place en France, mais les données sont actuellement insuffisantes pour être spatialisées. A l'échelle supérieure, pour l'année concernée, près de 90% des Vanneaux huppés prélevés dans les pays européens (*Vanellus vanellus*) l'ont été en France, où le statut liste rouge de l'espèce est « quasi-menacée » à cause du déclin de sa population nicheuse (Hirschfeld, Attard, et Scott 2019).

Éléments d'interprétation : Les prélèvements se concentrent dans le nord et l'ouest de la France, en lien avec les habitats privilégiés de la plupart des espèces d'oiseaux concernés : zones humides côtières du Nord-Pas-de Calais et de la Baie de Somme, étangs littoraux des Landes et de la Gironde, ainsi que les zones humides en Camargue et Sologne.

5.6.1.2 Coupes forestières

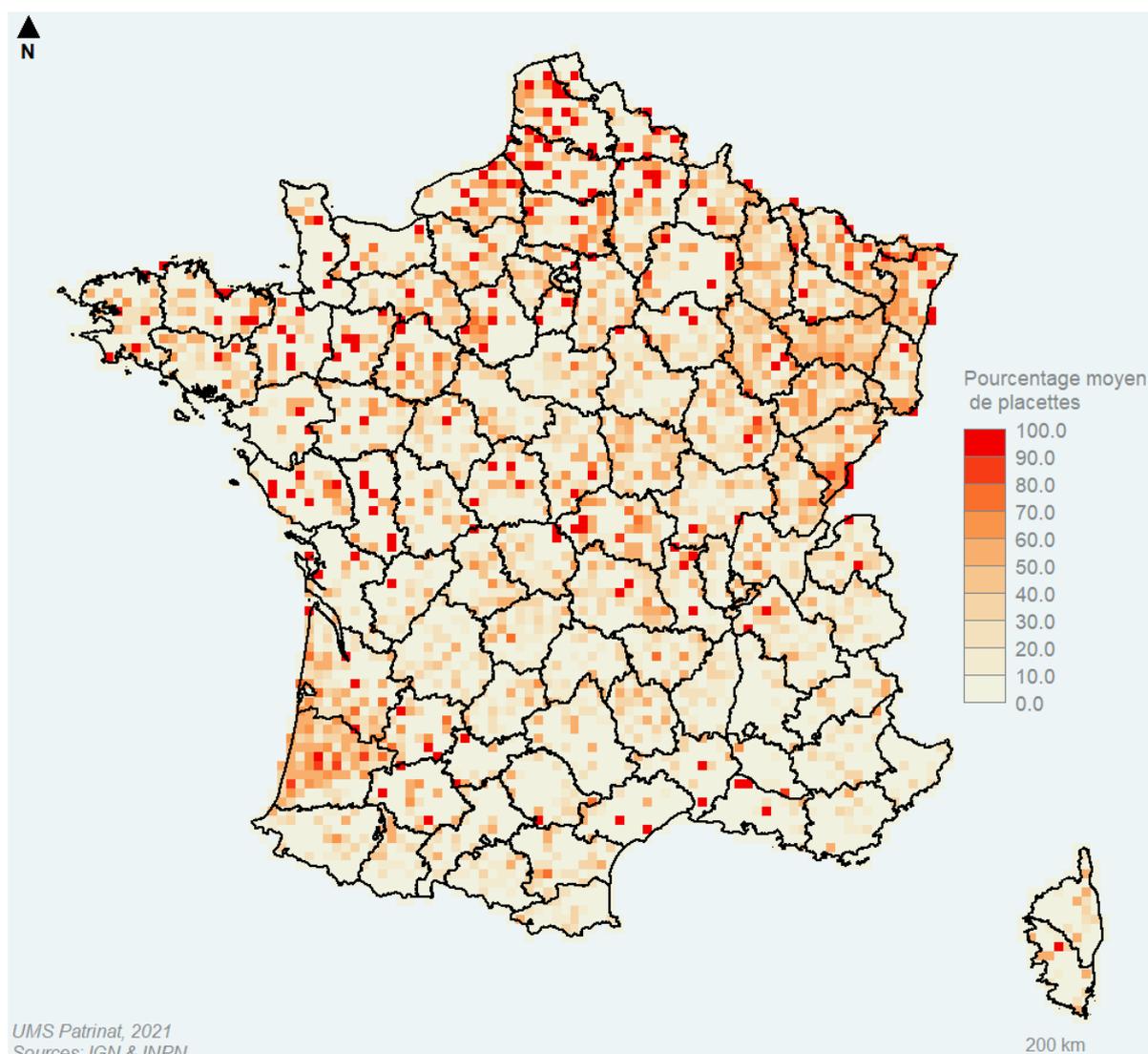


Figure 26 : Pourcentage de placettes de forêt présentant des coupes récentes (moins de 5 ans) (C233) *Pourcentage annuel moyen, au sein d'une maille, sur les placettes visitées entre 2005 et 2018, hors peupleraies*

Définition de la pression : La coupe non durable altère directement et indirectement la composition spécifique et la structure de la forêt. De plus, l'exploitation accrue des rémanents, d'arbres entiers, ou de souches et l'augmentation du rythme et/ou de l'intensité des éclaircies, ainsi que l'abaissement des durées de révolution dégradent les écosystèmes (Landmann, Gosselin, et Gosselin 2010).

Source et information sur la donnée : Institut National de l'Information Géographique et Forestière ²⁵

Pour estimer les prélèvements, l'IGN revient sur toutes les placettes « forêt » et « peupleraie » inventoriées cinq ans auparavant et sur lesquelles des arbres vivants recensables avaient été observés. Sur les points où au moins un prélèvement de moins de 5 ans est signalé, chaque arbre qui était vivant et inventorié au passage précédent est noté comme coupé ou non. Les éventuels dépressages réalisés dans le peuplement non recensable et qui ne produisent pas de bois exploitables ne sont pas recensés. En revanche toutes les interventions entraînant des coupes d'arbres recensables sont inventoriées : cloisonnement, éclaircies, coupe de régénération, coupes rases, etc. (IGN 2019a).

Traitement de la donnée : Au sein de chaque maille, le ratio entre le nombre de placettes présentant des coupes récentes (inférieures à 5 ans) et le nombre total de placettes visitées a été calculé et

multiplié par 100 afin d'obtenir un pourcentage pour chaque année. La moyenne des pourcentages sur l'ensemble des années a ensuite été calculée.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Ne connaissant pas la date exacte de coupe, on considère que celle-ci a eu lieu en moyenne 2,5 ans après le premier passage des agents de terrain (IGN 2019a). Pour être complet, cet indicateur « coupes » devrait permettre d'évaluer le risque que cette coupe fait courir à l'état de conservation du peuplement : fréquence de coupe, taux prélevé par rapport au volume sur pied etc.

Eléments d'interprétation : Les Landes et le nord-est apparaissent, en tant que régions où la sylviculture est la plus dynamique. Néanmoins, de nombreuses mailles avec de forts taux de coupes sont identifiées sur l'ensemble du nord du pays, particulièrement dans les Hauts-de-France et la Haute-Normandie, régions à très faible couverture forestière.

Comme pour la carte des plantations (C15), il est intéressant de comparer cette carte avec celle du nombre de placettes, en valeur absolues, avec des traces de coupe. Là aussi, le message est très différent : en valeur absolue, les coupes sont nettement plus nombreuses dans les zones à forte activité sylvicole : Landes et nord-est, de la Franche-Comté à la Lorraine. La carte en relatif, mise en avant dans cet indicateur, permet de mieux identifier les zones où le taux de coupe à l'hectare est le plus élevé, indépendamment de la couverture forestière. En l'état, les forêts du nord-ouest sont à la fois peu étendues et gérées de façon plus intensive.

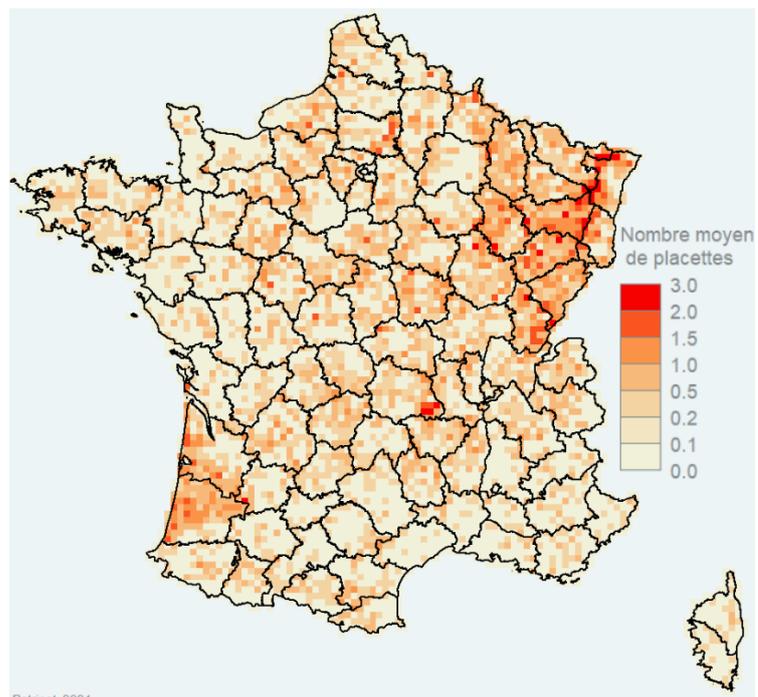


Figure 27 : Nombre de placettes de forêt présentant des coupes récentes (moins de 5 ans) (C213)

5.6.2 Mortalité accidentelle

5.6.2.1 Collisions routières

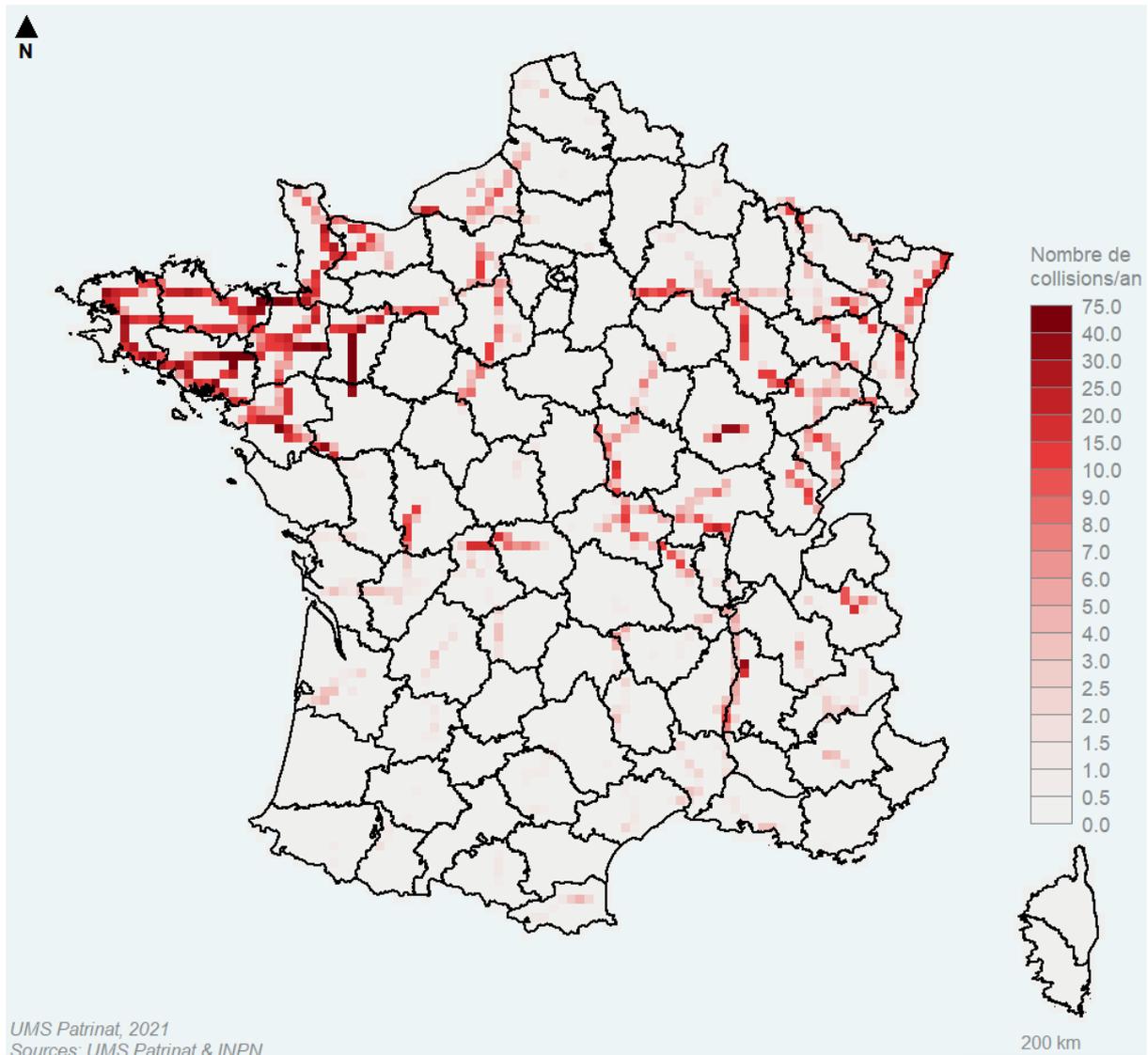


Figure 28 : Nombre annuel moyen de collisions routières avec la faune (C210)

Définition de la pression : La pression illustrée est la mortalité due aux collisions avec les véhicules routiers, effet direct des routes le plus conséquent sur les populations animales (Billon, Sordello, et Touroult 2015).

Source et information sur la donnée : sources (Billon, Sordello, et Touroult 2015); DIR Est, DIR Ouest, DIR Centre-Est, DIR Nord-Ouest, DIR Atlantique, DIR Méditerranée, DIR Nord, DIR Centre-Ouest, DIR Massif-Central, DIR Sud-Ouest.

Il s'agit des données du protocole de recensement des collisions entre la faune sauvage et les véhicules (Billon, Sordello, et Touroult 2015), mis en place par l'UMS Patrinat en collaboration avec les directions interdépartementales des routes (DIR). Il est mis en œuvre sur le réseau routier dit "non concédé" (principalement des routes nationales, et certaines portions d'autoroutes). Il est réalisé par les agents d'entretien des routes ; tout cadavre d'animal sauvage vu lors des patrouilles (quotidiennes) sur les zones imperméabilisées est recensé.

Analyse de l'indicateur et potentiels biais : Toutes les routes ne sont pas considérées. La plupart des voies de type autoroutier sont clôturées, et la jurisprudence incite notamment les gestionnaires à clôturer les voies rapides situées à proximité des massifs forestiers qui abritent de la grande faune et dans les zones de passage habituel, ce qui permet d'éviter les collisions avec la grande faune (Cerema 2019a). La prise en compte des routes départementales permettrait toutefois d'avoir une meilleure illustration de cette pression.

Il peut exister un biais lié aux agents réalisant le protocole de relevés des données collisions qui sont plus ou moins dynamiques, ce qui peut être le cas en Bretagne (où le protocole est réalisé depuis 2013). Cela expliquerait l'écart important avec les autres régions. Toutefois, dans plusieurs régions, des nationales et autoroutes proches spatialement peuvent « se partager » le trafic, ce qui n'est pas le cas en Bretagne où l'unique type de réseau routier « absorbe » tout le trafic. Cela implique qu'il y aurait plus de collisions sur les routes bretonnes, pouvant également expliquer les divergences observées sur la carte. Cependant, un trafic plus important implique à son tour un effet barrière plus important pour les espèces (car plus de bruit) et un danger plus important pour les agents effectuant le protocole, ce qui peut entraîner une diminution du nombre de données relevées.

Éléments d'interprétation : Pour une exploitation nationale, cette carte est donc à utiliser avec précaution dans l'attente d'une analyse plus approfondie. Elle ne nous semble pas suffisamment robuste en l'état, et n'a pas été intégrée aux cartes de synthèse de la partie 6 (cf. p97).

5.6.2.2 Collisions avec les lignes aériennes de transport de l'électricité

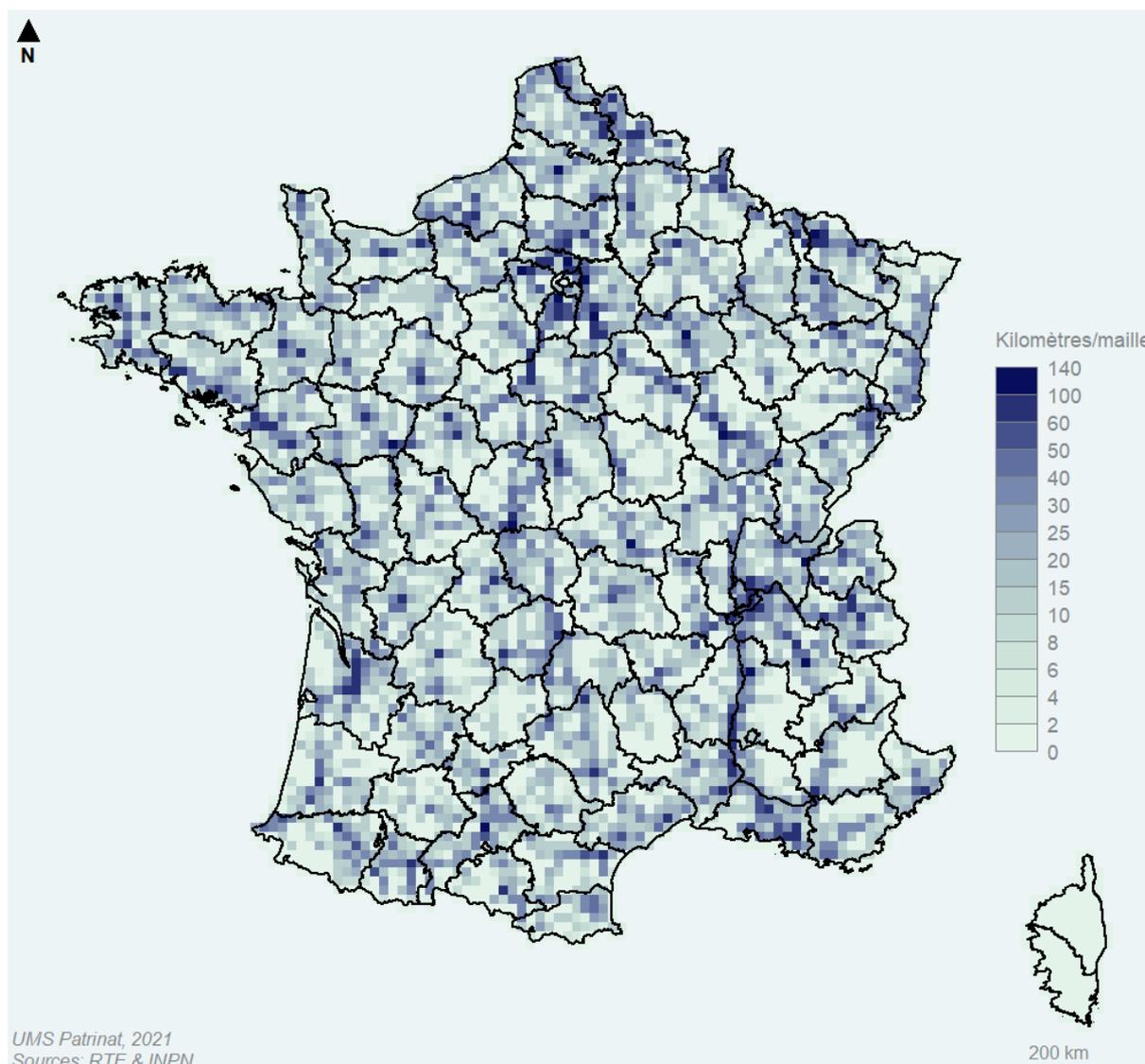


Figure 29: Longueur (en km) de lignes aériennes de transport de l'électricité par maille en 2020 (C187)

Définition de la pression : Cette pression concerne en premier lieu les oiseaux, dont l'impact le plus connu des lignes électriques est la mortalité accidentelle qu'elles induisent par collision ou électrocution. L'électrocution (cas le plus fréquent) peut concerner toutes catégories d'oiseaux. Le problème de collision est plus particulièrement sensible pour les grands oiseaux migrateurs (cigognes blanches et noires par exemple) ou pour les rapaces (Eccleston et Harness 2018).

Source et information sur la donnée : donnée produites par RTE, disponible sur le portail Open Data Réseaux Energies⁴⁷

Analyses et potentiels biais de l'indicateur : Les différents types de lignes aériennes n'ont pas été distingués ici. Toutes les lignes aériennes peuvent provoquer des collisions, mais celles en causant le plus fréquemment sont les lignes à haute tension (Prisem *et al.* 2011). La pression engendrée par les lignes aériennes ne dépend pas uniquement de leur densité, mais également de leur emplacement (possible interaction avec les voies de migration par exemple).

⁴⁷ <https://opendata.reseaux-energies.fr/explore/?sort=modified>

Cette carte ne prend pas en compte les aménagements mis en place pour éviter les collisions, tels que les dispositifs de balisage des lignes placés sur les conducteurs et/ou les câbles de garde pour les rendre plus visibles par les oiseaux en vol.

Éléments d'interprétation : La densité des lignes aériennes est la plus forte au niveau de la vallée du Rhône, en Île-de-France et au nord, ce qui correspond aux zones identifiées pour le risque d'interaction des oiseaux migrateurs et nicheurs avec les lignes haute tension et très haute tension (*« Le risque d'interaction des oiseaux avec les lignes électriques est relativement plus fort sur le littoral méditerranéen, la région Ile-de-France, le couloir Rhodanien, le littoral atlantique, le Nord-Pas-de-Calais et la Picardie »*) (Borner 2016).

5.7 Espèces allochtones (dont espèces exotiques envahissantes)

Les espèces constituent la cinquième cause de perte de la biodiversité selon l'IPBES. Une seule carte vient illustrer cette pression dans ce rapport.

5.7.1 Présence d'espèces exotiques envahissantes

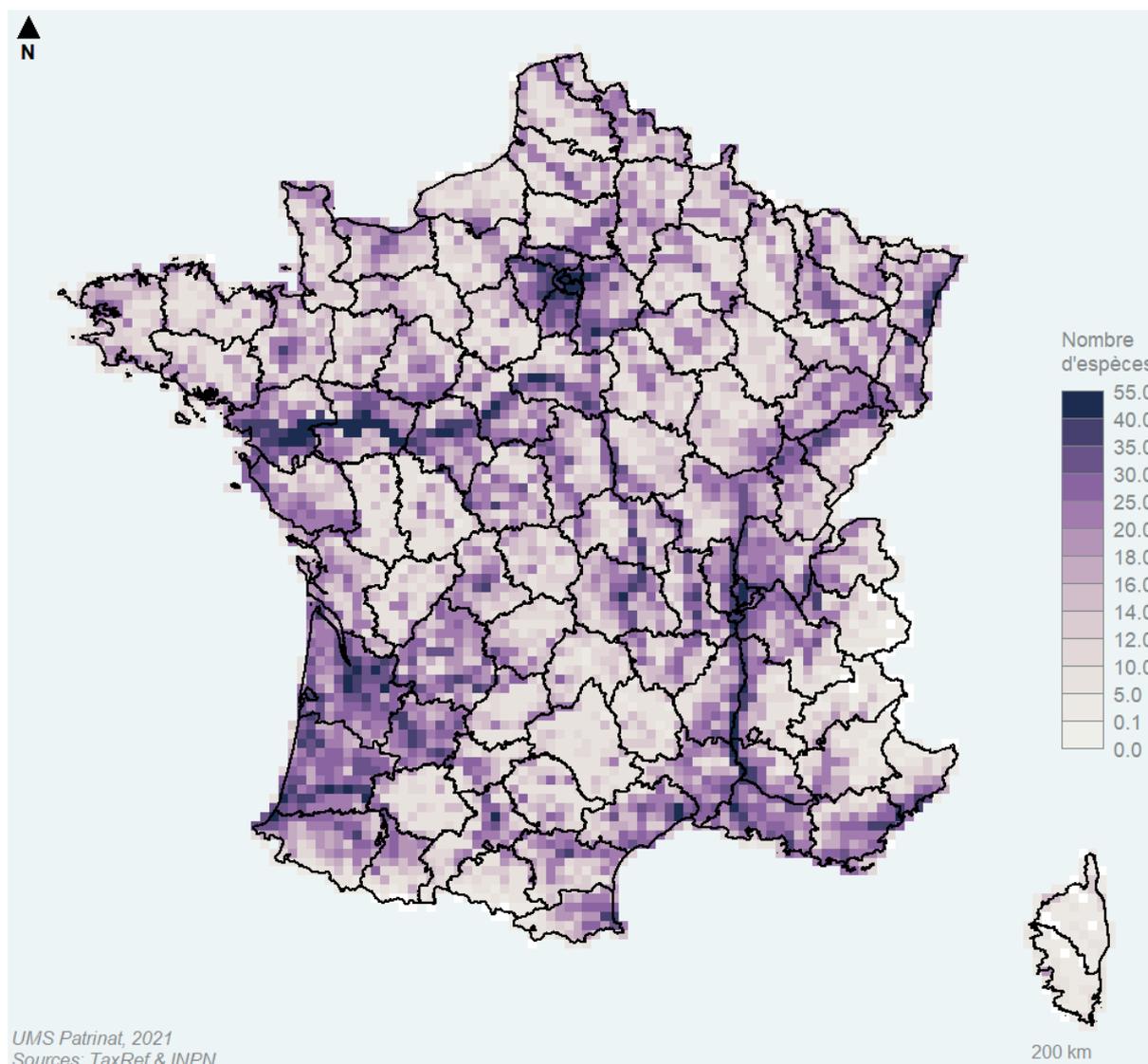


Figure 30 : Richesse spécifique en espèces classées comme envahissantes selon la référence nationale (TAXREF) en 2020 (C114)

Définition de la pression : « Une espèce exotique envahissante est une espèce introduite par les humains, volontairement ou par accident, dans un territoire qui n'est pas son aire de répartition naturelle et dont l'implantation et la propagation menacent les écosystèmes, habitats ou espèces indigènes. »⁴⁸ Les espèces exotiques envahissantes peuvent nuire aux espèces natives par la prédation,

⁴⁸ <https://naturefrance.fr/especes-exotiques-envahissantes>

la compétition, l'hybridation ou la transmission de maladies. Elles peuvent également entraîner une modification des écosystèmes (par exemple ralentissement des cours d'eau par l'égérie dense, avec des conséquences sur la température et l'acidité de l'eau, une modification de la chaîne alimentaire, et une fragilisation des berges)⁴⁹.

Source et information sur la donnée : la richesse en espèces exotiques envahissantes est un indicateur de l'Observatoire National de la Biodiversité. Cette carte avait été produite en 2018 par l'OFB.

Traitement de la donnée : la même procédure que celle développée pour la carte des menaces sur la biodiversité en 2018⁵⁰ a été appliquée ici pour construire une carte de la répartition spatiale des espèces exotiques envahissantes en métropole. Les données ont été mises à jour : la version 13 de TaxRef a été utilisée ainsi qu'une version plus récentes de la base de données INPN (téléchargée le 18/06/2020), de l'index des jeux de données de l'INPN (16/06/2020), et de l'index des cadres d'acquisition des jeux de données de l'INPN (16/06/2020). Les données du rapportage 2019 au titre de la Directive Habitats ont également été intégrées, elles fournissent des données d'occurrences supplémentaires.

Analyses et potentiels biais de l'indicateur : Cet indicateur fournit le nombre d'espèces exotiques envahissantes, mais ne donne pas d'indication sur leur abondance (espèce qui prolifère plus ou moins), dans quelle mesure ces espèces sont problématiques ou encore les moyens nécessaires pour leur élimination. Par ailleurs, cet indicateur est dépendant du niveau de connaissance : présence ou non de l'espèce.

Éléments d'interprétation : Les milieux aquatiques et riverains sont fortement colonisés, de même que le littoral méditerranéen et l'Île-de-France. Pour l'Île-de-France et le littoral, cela s'explique notamment par une démographie et une fréquentation importante dans ces zones, qui favorise leur propagation. De plus, dans ces zones urbanisées, les activités de travaux publics, notamment les chantiers, peuvent perturber la stabilité écologique des milieux et contribuer également à la propagation d'espèces (végétales) exotiques envahissantes⁵¹. Pour ce qui est des milieux aquatiques et humides, les plantes peuvent utiliser les berges comme des corridors de dispersion. La Nouvelle-Aquitaine ressort également, ce qui peut être lié aux vallées alluviales (Adour, Garonne, Dordogne, Charente...), mais aussi à l'attractivité touristique et économique de certains sites (Bassin d'Arcachon, Landes de Gascogne...) qui peuvent servir de vecteurs d'introduction et de propagation pour de nouvelles espèces⁵².

⁵⁰ http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/sites/default/files/notice_methodologique.pdf

⁵¹ <https://www.fnfp.fr/infodoc/environnement-rse/eau-et-biodiversite/plantes-envahissantes-guide-didentification-et-de>

⁵² <http://especes-exotiques-envahissantes.fr/nouvelle-aquitaine-un-territoire-propice-a-la-flore-exotique/>

5.8 Changement climatique

S'il commence à être mesurable au sein des écosystèmes, l'impact du changement climatique est surtout attendu à moyen terme. Il est très difficile d'estimer quelle sera son ampleur sur les différents types de milieu, beaucoup d'inconnues demeurant quant à la capacité adaptative des écosystèmes. Nous nous limitons donc ici à représenter l'évolution des variables climatiques.

5.8.1 Changement des températures (moyennes ou extrêmes)

5.8.1.1 Changement futur des températures annuelles

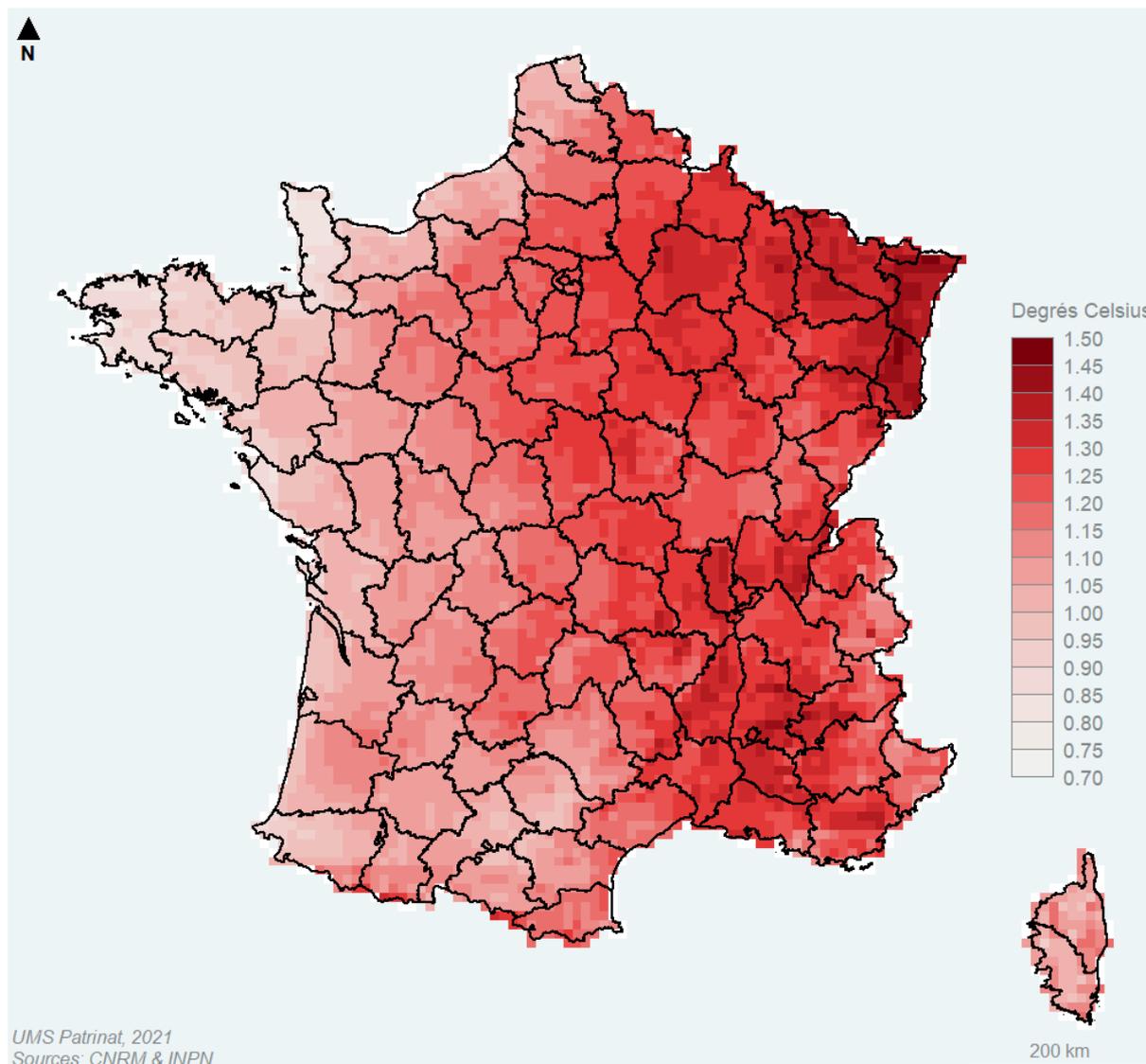


Figure 31 : Changement de la température moyenne annuelle selon le modèle RCP 4.5 pour l'horizon 2021-2050 (C68)

Définition de la pression : L'augmentation des températures moyennes est une des conséquences du changement climatique. Cela modifie la répartition de la niche écologique spatiale et temporelle de nombreuses espèces (par exemple la migration des oiseaux) et leur cycle de vie. En conséquence, pour tenter de retrouver des conditions écologiques similaires, les espèces se voient contraintes de

progresser vers le nord ou montent davantage en altitude⁵³ (Lenoir *et al.* 2008). L'augmentation des températures est toutefois plus rapide que leur capacité de déplacement, en particulier pour la flore (Martin *et al.* 2019). Le réchauffement climatique induit également des changements à l'échelle des habitats forestiers, avec des impacts différenciés sur les habitats des régions en altitude (modification vers des habitats plus chauds) et les plaines (où les communautés végétales semblent inertes et développent une « dette climatique ») (Maciejewski *et al.* 2020). Par ailleurs, d'autres paramètres que la température déterminent la répartition des espèces, par exemple des obstacles limitant la possibilité de colonisation de nouveaux espaces plus au nord ou en altitude. Par conséquent, cela se traduit par des déclin d'espèces.

Source et information sur la donnée : <https://www.umr-cnrm.fr/spip.php?rubrique154>

Les quatre scénarios RCP (*Representative Concentration Pathway*) sont établis par le GIEC pour estimer les variations du futur climat (sur la période 2000-2100) sur la base d'hypothèses sur les émissions de gaz à effet de serre (IPCC 2013). Chaque scénario RCP donne une variante jugée probable du climat qui résulte du niveau d'émission choisi comme hypothèse de travail⁵⁴. Pour les quatre scénarios, le changement de température moyen à la surface du globe pour la période 2016-2035 est similaire. A partir du milieu du 21^{ème} siècle, l'ampleur du changement climatique projeté est sensiblement affectée par le choix du scénario. Les RCP comprennent un scénario d'atténuation stricte (RCP2.6), deux scénarios intermédiaires (RCP4.5 et RCP6.0) et un scénario à très fortes émissions de gaz à effet de serre (RCP8.5). Les « scénarios de référence », selon lesquels aucun effort supplémentaire pour limiter les émissions est mis en place conduisent à des trajectoires comprises entre RCP6.0 et RCP8.5. Le RCP2.6 est représentatif d'un scénario qui vise à maintenir le réchauffement planétaire probable à moins de 2°C au-dessus des températures préindustrielles (Pachauri, Mayer, et Intergovernmental Panel on Climate Change 2015). Nous avons opté ici pour un scénario intermédiaire/optimiste (RCP4.5).

Analyses et potentiels biais de l'indicateur : Il s'agit d'un modèle climatique lié à un scénario d'émissions et à des modèles de circulation donc des incertitudes sont à prendre en compte. Les principaux obstacles à la réalisation de prévisions climatiques robustes sont l'échelle, à la fois temporelle et spatiale, et l'incertitude des modèles. Ces prévisions sont donc limitées aux changements à grande échelle et/ou aux organismes dont les liens entre le climat et l'habitat sont particulièrement bien compris (Trombulak et Baldwin 2010).

Le scénario RCP 4.5 peut être perçu comme assez optimiste au vu des conditions actuelles, toutefois, pour cette période, les quatre scénarios présentent des répartitions spatiales des variations similaires, ce qui limite l'impact du choix de scénario RCP utilisé ici.

Éléments d'interprétation : Selon la projection, la température augmente sur l'ensemble de la métropole, avec un minimum de 0,7°C par maille sur une période des 30 années à venir, et un maximum de 1,5°C. L'augmentation des températures sera plus marquée dans la moitié ouest de la France, en particulier en Alsace et dans le bassin rhodanien.

⁵³ <https://naturefrance.fr/changement-climatique>

⁵⁴ Les quatre scénarios sont nommés d'après la gamme de forçage radiatif ainsi obtenue pour l'année 2100 : le scénario RCP2.6 correspond à un forçage de +2,6 W/m², le scénario RCP4.5 à +4,5 W/m², et de même pour les scénarios RCP6 et RCP8.5.

5.8.2 Changement futur du régime de précipitations

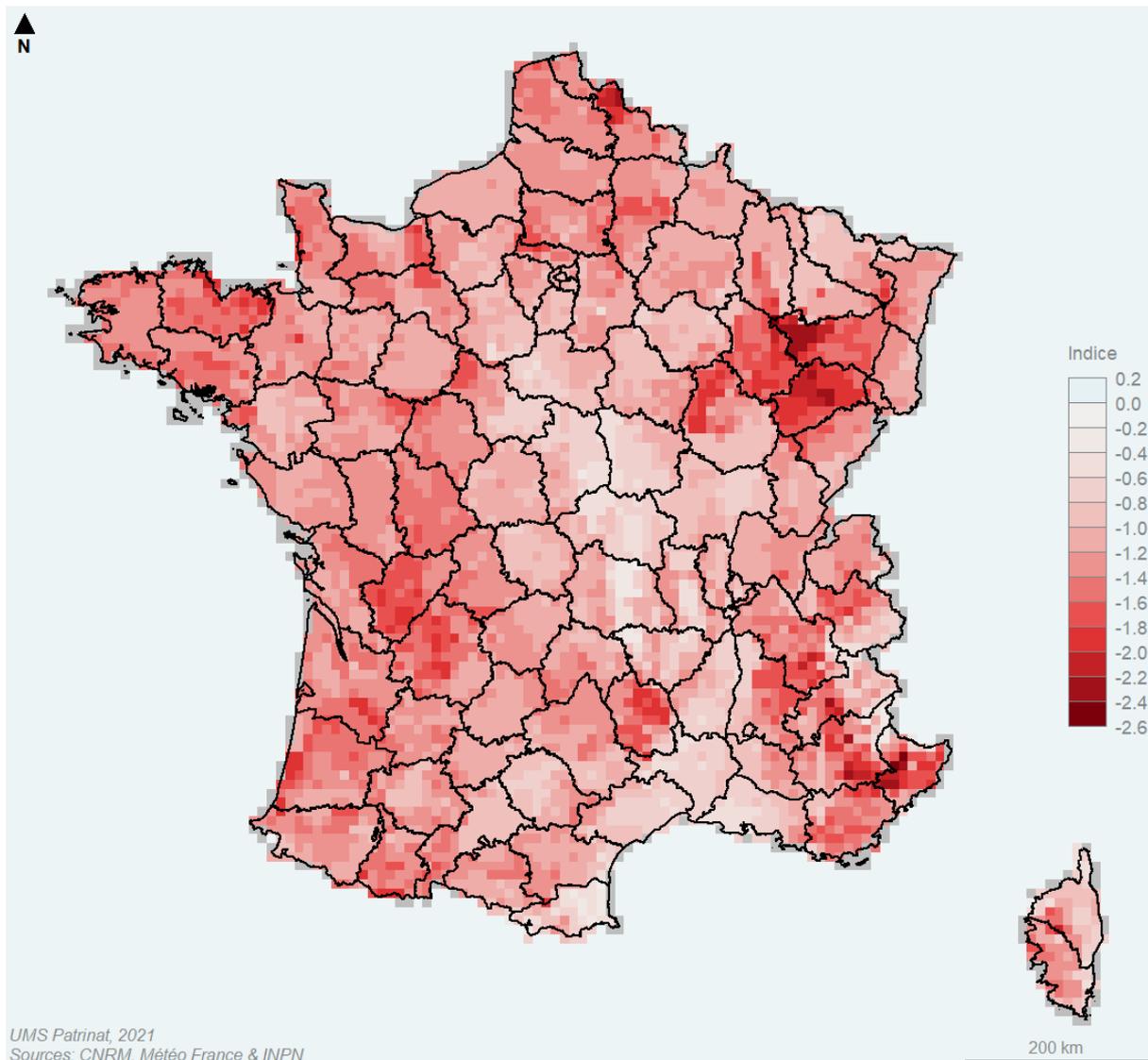


Figure 32 : Evolution attendue de l'humidité des sols en 2050

Indice standardisé de l'humidité des sols selon le modèle CNRM Arpège Climat (V4.3 A1B) pour 2021-2050

Définition de la pression : L'impact des modifications attendues du régime des précipitations sera probablement significatif, l'augmentation des périodes de sécheresse et de leur intensité étant une contrainte importante pour de nombreuses espèces. L'impact attendu sur les écosystèmes forestiers en particulier est fort (Archaux et Wolters 2006) mais il pourrait aussi mettre en péril d'autres milieux, comme les systèmes agropastoraux (Alard et Balent 2007).

Nous avons choisi de représenter l'impact en termes d'humidité des sols plutôt que de changement de régime de précipitations (également disponible, voir plus bas), dans la mesure où la sécheresse édaphique nous paraissait mieux refléter la pression sur les écosystèmes.

Source et information sur la donnée : <http://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article605>

La carte représentée utilise les données de l'indice SSWI (*Standardized Soil Wetness Index*). Elles sont issues du programme CLIMSEC du Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) (voir Soubeyroux *et al.* 2012). Il correspond à la standardisation de l'indice SWI, calculé à partir d'un modèle physique sol-végétation-atmosphère, selon le principe suivant :

$SWI = \frac{w-wf}{wf-wcc}$ ou w représente le contenu en eau du sol, wf le contenu en eau au point de flétrissement et wcc le contenu en eau du sol à la capacité au champ⁵⁵ (Soubeyroux *et al.* 2012). Un SSWI supérieur à zéro correspond à une période plus humide que la normale, un SSWI inférieur à zéro met en évidence une période de sécheresse.

Analyses et potentiels biais de l'indicateur : La modélisation de ce type de données reste complexe et le niveau d'incertitudes est relativement élevé. Nous renvoyons aux travaux du programme CLIMSEC à ce sujet. Il serait certainement pertinent de rechercher des données issues de travaux plus récents pour réduire ce niveau d'incertitude. Les cartes de déficit hydrique développées et mises à disposition dans le cadre du projet ClimEssence (<https://climessences.fr/>) développé par le réseau AFORCE pourraient notamment être mises à profit.

Éléments d'interprétation : la cartographie du niveau prévu d'humidité des sols est assez contrastée, avec de forts impacts attendus en Lorraine, sud des Alpes, Lozère et centre-ouest. Il peut être intéressant de la comparer avec une carte de modélisation des précipitations futures issues du même programme CLIMSEC (figure 33 ci-contre) et qui permettent d'isoler l'effet des précipitations : celles devraient baisser très fortement dans la moitié ouest du pays.

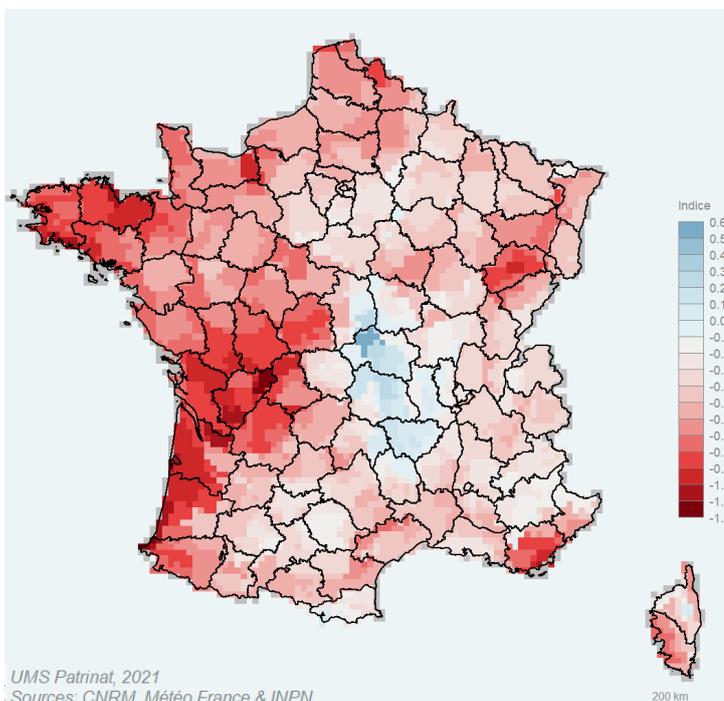


Figure 33 : Evolution attendue des précipitations en 2050
Indice standardisé des précipitations selon le modèle CNRM Arpège Climat (V4.6 A1B) pour 2021-2050

⁵⁵ Le contenu en eau à capacité au champ correspond aux conditions d'un sol ressuyé où le drainage est assuré librement. Au point de flétrissement, l'eau est retenue par le sol avec des forces de succion supérieures à celle des racines (Soubeyroux *et al.* 2012).

6 Cartes synthétiques par activité

6.1 Carte de synthèses : avantages et limites

La cartographie de pressions cumulant sur une même couche différents types de pressions est une pratique largement développée dans la littérature. De fait, la majorité des publications consultées pour ce travail utilise des cartes de ce type. Cumuler plusieurs pressions permet en effet d'identifier les secteurs où l'impact des activités humaines s'additionne pour générer le plus grand risque de perte de biodiversité. C'est donc à la fois une façon de synthétiser l'information et de prioriser l'action.

Ces cartes ne sont cependant pas sans limites. D'une part, elles constituent nécessairement une perte d'information sur le détail des pressions s'exerçant nécessairement sur une zone donnée. Cela peut être particulièrement dommageable pour leur usage, quand il s'agit par exemple de les croiser à des enjeux de biodiversité sensibles à certaines pressions mais pas à d'autres. D'autre part, le risque peut être d'homogénéiser le niveau de pression, en calculant une "pression moyenne" dont la répartition spatiale est souvent moins contrastée. Certains auteurs utilisent également pour ces cartes cumulées des facteurs de pondération, mais dont le risque est qu'ils soient difficiles à justifier, alors que leur impact sur la carte finale peut être important (Stelzenmüller *et al.* 2010).

Le choix a été fait ici de ne présenter que des cartes de pressions regroupées par type d'activité, donc selon une organisation des pressions distincte de celle de la typologie présentée dans le Tableau 3. Des tentatives ont été faites pour construire des cartes selon le premier niveau de la typologie de pressions utilisée : elles se sont révélées peu informatives, regroupant des pressions de nature très diverses (par exemple fréquentation touristique et extraction de matériaux sur une même carte). Le résultat était ainsi peu interprétable en termes d'action publique.

A l'inverse, les cartes synthétiques regroupées par type d'activité, c'est-à-dire par "force motrice" selon le vocabulaire du modèle DPSIR, permettent d'identifier de façon rapide sur quelle zone un l'impact d'un secteur d'activité donné sur la biodiversité est le plus fort. Elles sont donc susceptibles d'être utiles en tant qu'outil d'aide à la décision, même si, pour un croisement fin avec des enjeux de biodiversité, l'utilisation des cartes "individuelles" pourra produire des résultats plus précis.

6.2 Méthode de cumul des cartes

Quatre secteurs d'activité majeurs ont été identifiés : l'agriculture intensive, la sylviculture, l'urbanisation et le tourisme et loisirs. Cette liste n'est pas exhaustive mais elle permettait de représenter la majeure partie des pressions.

Chaque carte a été associée, quand cela était possible, à un de ces quatre secteurs d'activités. Puis chaque variable a été centrée et réduite individuellement. Les variables normalisées au sein d'une même activité ont ensuite été sommées. Finalement, afin de produire des indicateurs uniquement positifs, la valeur minimale a été ajoutée à chaque carte.

Une carte a été produite par ailleurs pour le changement climatique. Celui-ci correspond bien à une pression et non à une activité, il semblait cependant intéressant de le représenter également par une carte de synthèse.

6.3 Cartes synthétiques par principaux secteurs d'activité

6.3.1 Agriculture intensive

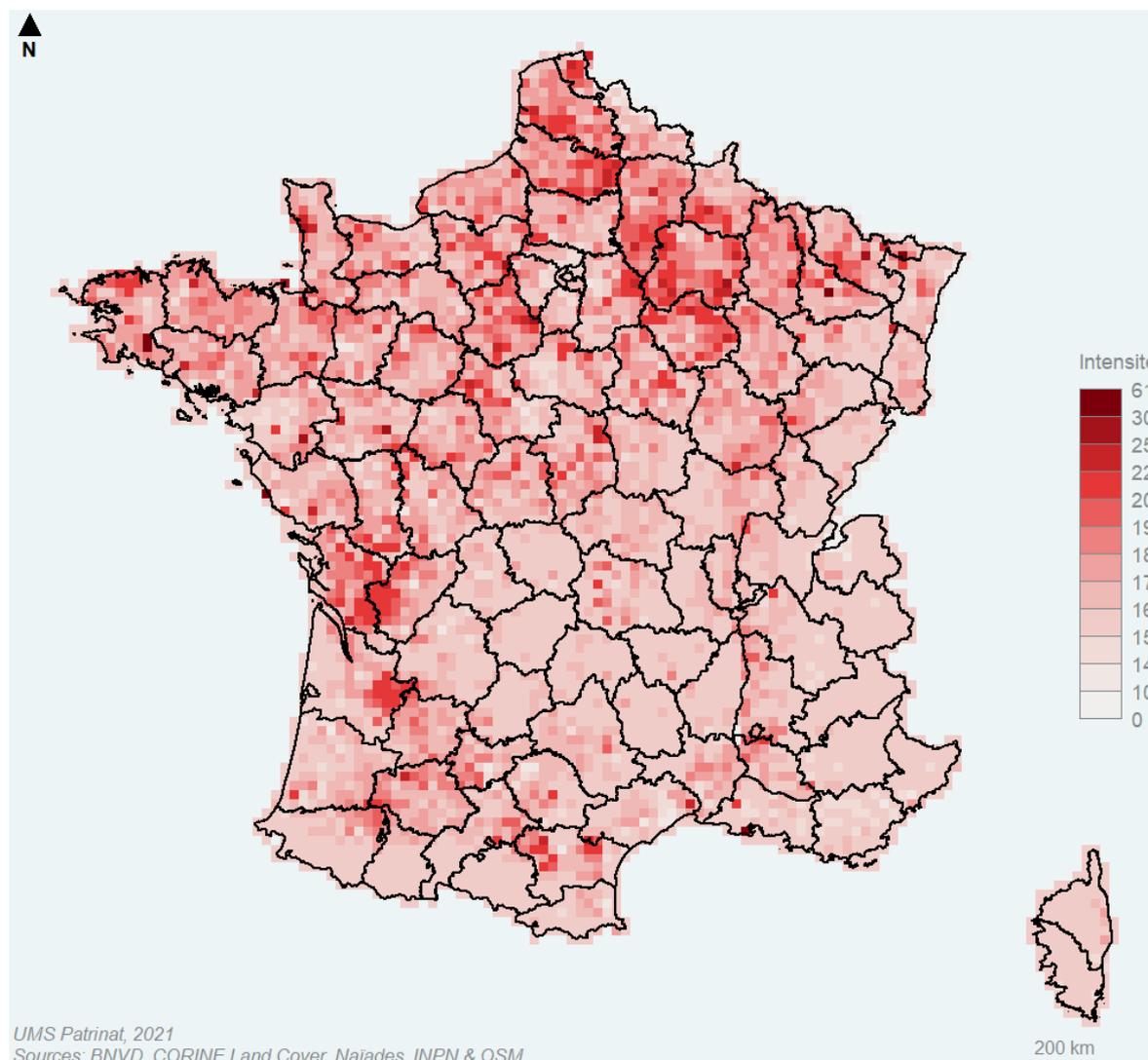


Figure 34 : Cumul des pressions liées à l'agriculture intensive

Données cumulées :

Carte de pression	Code de la couche spatiale standardisée
Pollution liée aux pesticides utilisés en agriculture	C155
Perte d'habitat due à l'intensification agricole	C204
Pollution de nitrate dans les eaux de surface	C178
Pollution de phosphore dans les eaux de surface	C179

Analyses et potentiels biais de l'indicateur :

La pollution par les nitrates et le phosphore n'est pas uniquement liée à l'agriculture, mais celle-ci en est le principal responsable (l'apport de phosphore sur les sols français métropolitains se fait sous

forme d'engrais minéraux [50%], de déjections animales [40%], d'effluents urbains domestiques [5%] ou industriels [3%] et de boues de station d'épuration [2%]) (Antoni 2009).

Pour mémoire, toutes les pressions générées par l'agriculture intensive sur la biodiversité n'ont pas été représentées : il manque notamment les impacts liés au surpâturage, aux pratiques de fauche inadaptées, et de façon générale aux modes de gestion défavorables ne pouvant être cartographiés, ou encore à la destruction de certains milieux (haies notamment) dont la carte de progression des surfaces cultivées rendent insuffisamment compte.

Éléments d'interprétation

On retrouve sur cette carte synthétique les zones de grandes cultures et d'élevage intensifs ainsi que les vignobles. Les plaines agricoles du nord de la France cumulent des consommations de pesticides élevées et une problématique de pollution des eaux alors que pour les zones du centre-ouest s'ajoutent également le retournement de prairies. A l'inverse, les espaces avec une intensité faible correspondent aux zones d'élevage extensif : massif central, en dépit d'un certain niveau de phosphates, bassin méditerranéen où seules les ventes de pesticides sont notables et secteurs à forte couverture forestière (massifs montagneux, Corse, Landes).

6.3.2 Sylviculture

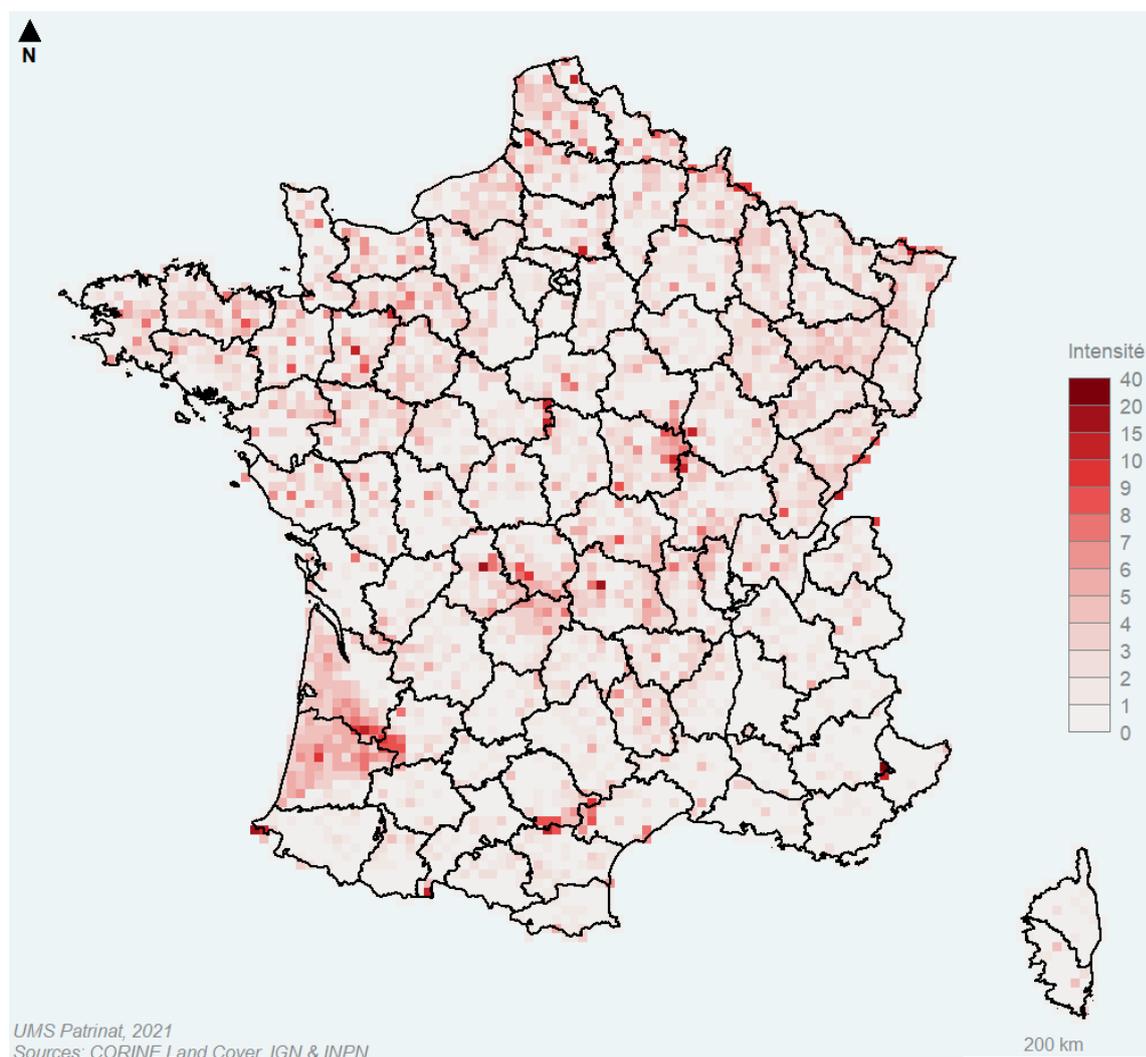


Figure 35 : Cumul des pressions liées à la sylviculture

Carte de pression	Code de la couche spatiale standardisée
Intensification sylvicole : plantations	C232
Enrésinement	C224
Coupes forestières	C233

Analyses et potentiels biais de l'indicateur : les limites de la carte synthétique rejoignent ceux des trois cartes à partir desquelles elle a été construite : en particulier l'indicateur coupes récentes ne les distinguent pas selon leur intensité et leurs modalités, et les impacts des travaux sylvicoles ne sont pas directement représentés.

Éléments d'interprétation

La carte de synthèse est relativement peu contrastée, sans doute parce que secteurs de coupes, plantations et enrésinement ne coïncident pas toujours. Les zones ressortant le plus clairement sont

les massifs de monoculture résineuse : pins maritimes des Landes ou Douglas et Epicéa du Morvan, du plateau des Millevaches et de la Montagne noire.

Le nord-ouest est également identifiable comme zone d'impact, mais à un niveau moindre. Dans ce secteur cependant, le milieu boisé cumule une faible surface par rapport aux autres types d'occupation du sol et gestion relativement intensive, en particulier en ce qui concerne le taux de plantations et de coupe par hectare de forêts.

Au final, la zone biogéographique atlantique, pourtant la moins boisée, n'est pas épargnée par les pressions exercées par les activités sylvicoles. Plus localement, on remarque que les secteurs de plus fort impacts correspondent à des parc naturels régionaux (Landes de Gascogne, Médoc, Millevaches, haut-Languedoc Morvan, Ardennes), conférant à ces espaces une responsabilité particulière.

6.3.3 Fréquentation, tourisme

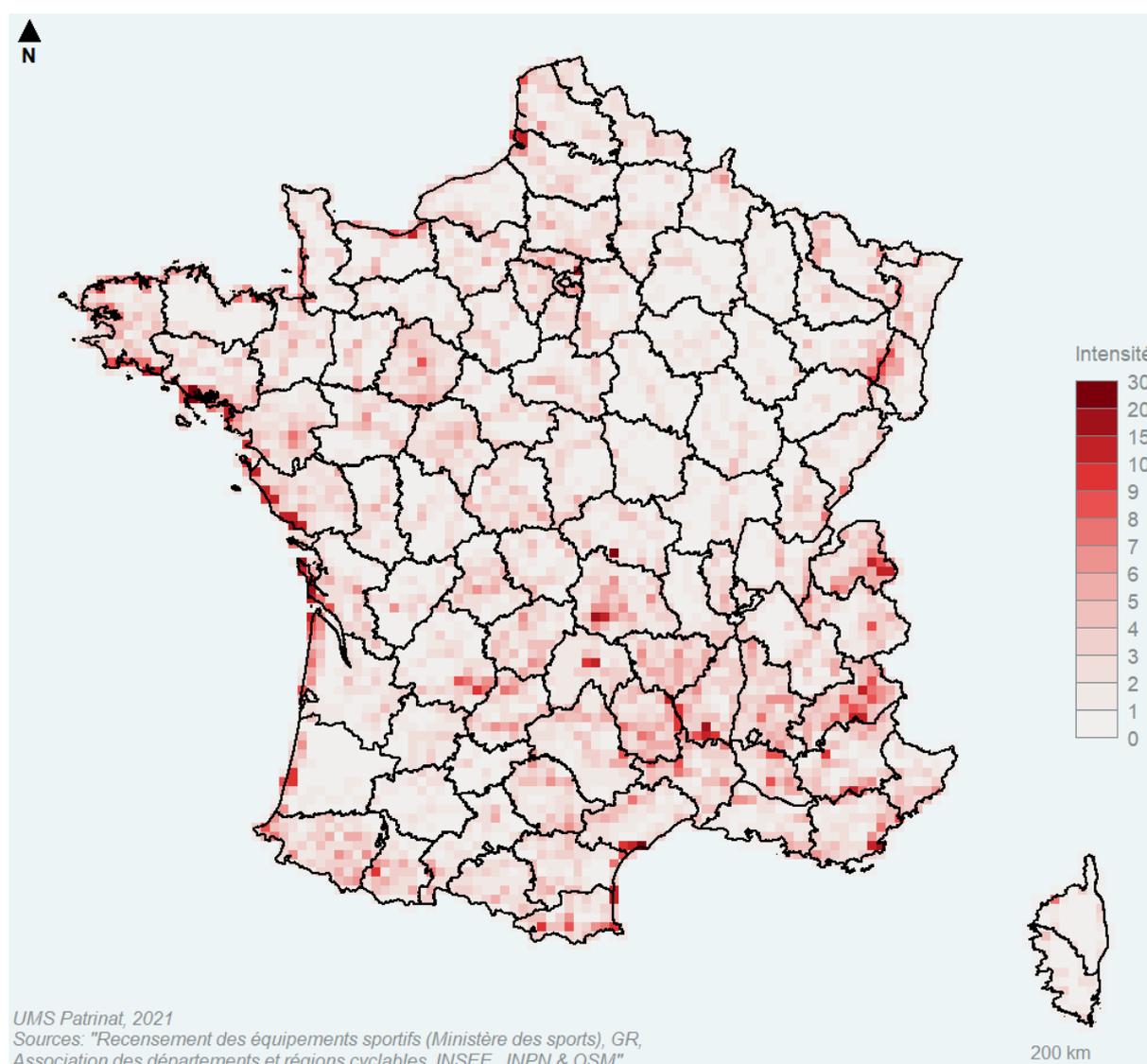


Figure 36 : Cumul des pressions liées à la fréquentation et au tourisme

Carte de pression	Code de la couche spatiale standardisée
Dérangements liés à certaines activités sportives de plein air	C205
Dérangements liés aux activités sportives de randonnée et vélo	C192
Augmentation de la fréquentation par le tourisme	C217

Éléments d'interprétation

La fréquentation est particulièrement intense dans les zones littorales, dans la moitié sud de la France. Les massifs montagneux ressortent aussi, du fait des activités sportives de plein air. La Corse ressort peu, en dépit d'un fort attrait touristique, elle constitue sans doute une illustration de la difficulté à cartographier cette pression.

6.3.4 Urbanisation

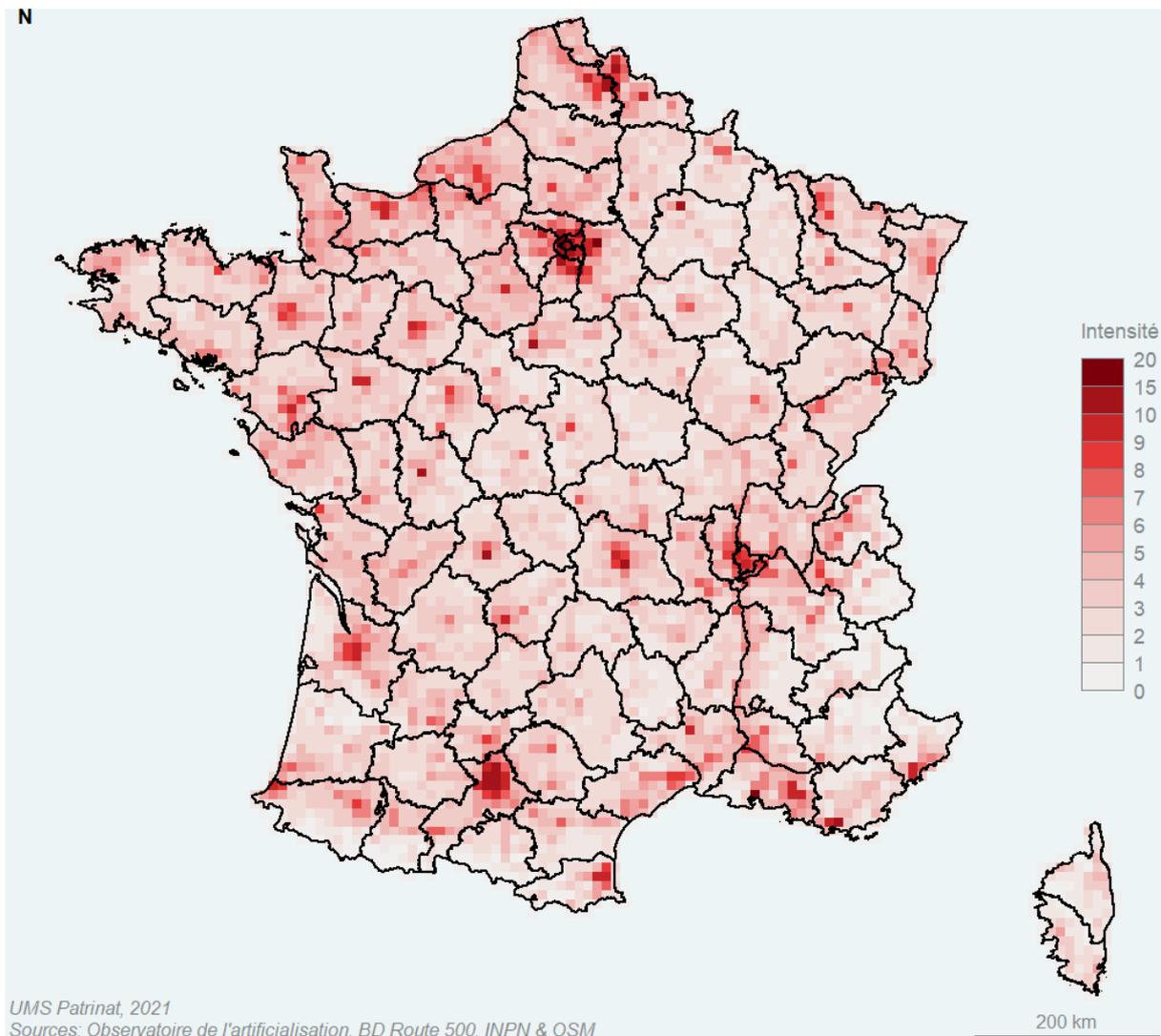


Figure 37 : Cumul des pressions liées à l'artificialisation

Données cumulées :

Carte de pression	Code de la couche spatiale standardisée
Artificialisation	C151
Réseaux de transport (réseau routier et voie ferrées)	C226

Analyses et potentiels biais de l'indicateur : la faible résolution de la carte focalise les zones de concentration sur les seules zones urbaines, une représentation plus précise permettrait certainement de mieux cartographier l'impact sur l'ensemble du territoire.

Les routes nationales et départementales n'étant pas incluses dans le cadastre et donc pas représentées dans la carte de flux d'artificialisation, elles ont été rajoutées via l'utilisation de la cartes réseaux de transports. L'ajout des routes donne plus d'intensité aux zones à forte couverture urbaine mais dont le flux actuel est moins important, comme l'agglomération.

Éléments d'interprétation

Les pressions liées à l'urbanisation restent concentrées sur les zones urbaines, mais également le bassin méditerranéen. A noter que certaines métropoles de taille relativement modeste ressortent plus que d'autres, comme Clermont-Ferrand.

6.3.5 Changement climatique

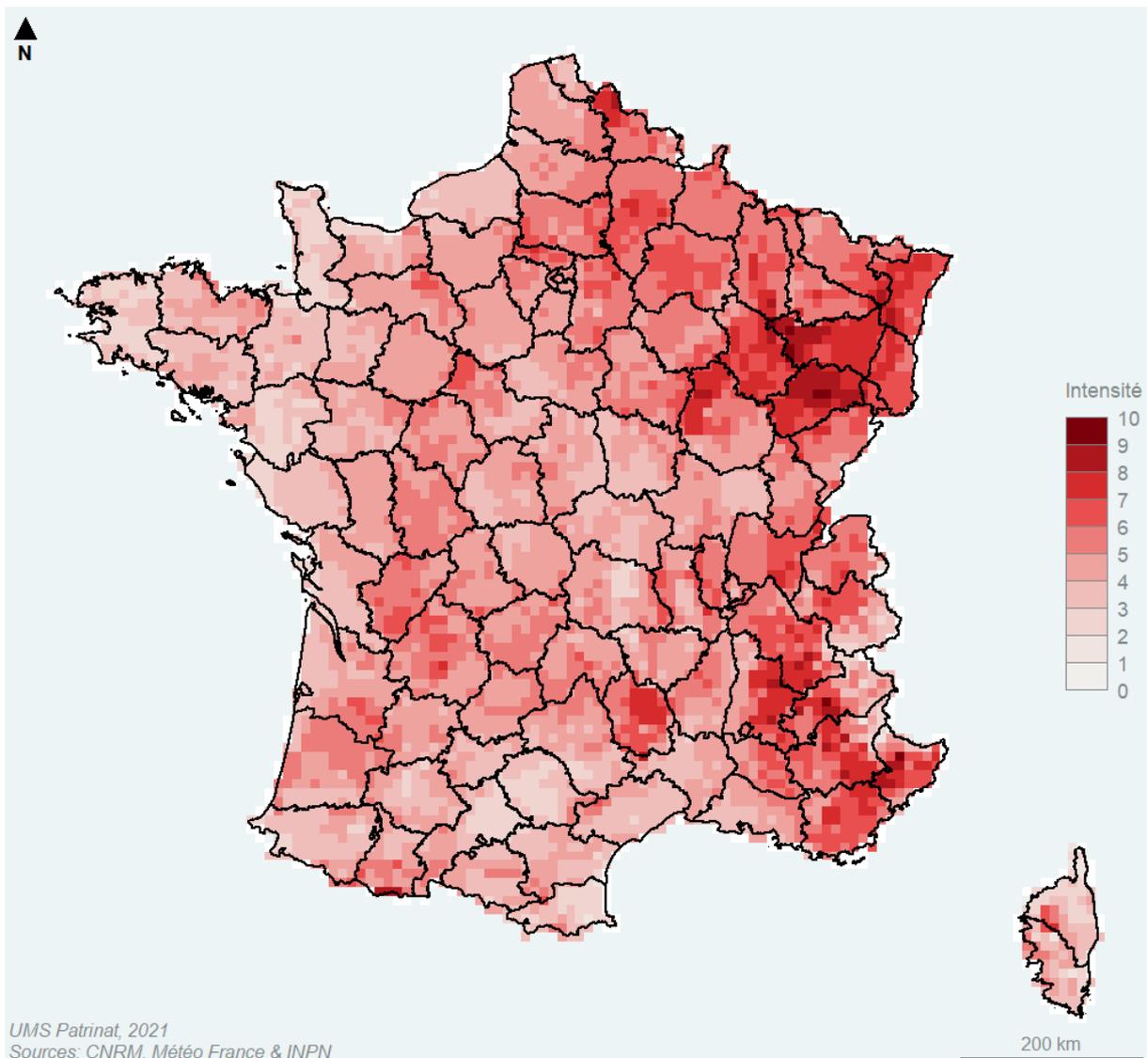


Figure 38 : Cumul des pressions liées au changement climatique

Données cumulées :

Carte de pression	Code de la couche spatiale standardisée
Prévision de l'indice standardisé de l'humidité des sols - horizon 2021-2050	C238
Prévision des changements de température moyenne annuelle - horizon 2021-2050	C68

Analyses et potentiels biais de l'indicateur : La carte cumule seulement deux critères, alors qu'on s'attend à ce que le changement climatique impactera les milieux selon une multiplicité de facteurs : contraintes hydriques modifiées en moyenne annuelle mais aussi épisodes de sécheresse plus longs et plus intenses, augmentation des événements climatiques exceptionnelles, multiples effets indirects (propagation des ravageurs, élévation du niveau des mers, effets induits sur les modes de gestion du territoire...). Etant donné le niveau d'incertitude, il est cependant préférable de se limiter à des données simples.

L'impact sur les écosystèmes sera grandement dépendant de leur capacité d'adaptation, qui reste largement méconnue, mais peut varier selon les territoires.

Éléments d'interprétation : La Lorraine cumule une forte augmentation des températures et une forte baisse attendue des précipitations et ressort donc comme un secteur qui sera particulièrement impacté.

Pour mémoire, ces cartes fournissent des comparaisons par rapport aux conditions actuelles : par exemple l'ouest apparaît moins impacté, mais c'est une région qui est d'ores et déjà régulièrement affectée par les épisodes de sécheresse.

Conclusion

Le travail présenté dans ce rapport doit d'abord être compris comme une étape de plus dans le diagnostic du réseau d'espaces protégés métropolitains continental. Il apporte une brique supplémentaire aux connaissances déjà acquises sur le sujet. En ce sens, il est loin de se suffire à lui-même : les cartes produites doivent à présent être croisées avec celles de la répartition des enjeux patrimoniaux et de leur couverture par les espaces protégés. Ce croisement devra prendre en compte l'écologie des espèces et leur sensibilité plus ou moins grandes aux différentes pressions. L'interprétation de ce croisement sera elle-même à confronter aux différentes échelles d'action et à leurs contextes sociaux.

Pour autant, le cadre d'utilisation de ces résultats peut sans doute dépasser celui de la seule thématique aires protégées. Il s'agit en effet à notre connaissance du travail de cartographie des pressions le plus abouti qui ait été réalisé en France métropolitaine. Au-delà des conclusions qui pourront en être tirées sur les menaces qui pèsent sur les écosystèmes naturels, il fournit donc également un premier état des connaissances sur la thématique.

Notre travail n'avait pas vocation à produire de nouvelles données mais bien à exploiter celles déjà disponibles. Il posait donc la question de savoir si, parmi tous les jeux de données environnementaux couvrant l'ensemble du territoire, il s'en trouvait de suffisamment pertinents pour représenter toutes les pressions dont l'impact sur la biodiversité est significatif. En ce sens, les résultats sont assez encourageants : deux tiers des pressions répertoriées ont pu être cartographiées. Ainsi, même s'il reste une marge d'amélioration réelle, des informations sont d'ores et déjà disponibles sur la majorité des thématiques.

Ce ratio global ne doit pas masquer les insuffisances de certaines des données, en termes de précision, de pertinence ou de fiabilité, insuffisances que nous avons souhaité aussi mettre en lumière. Elles sont un des enjeux de ce rapport, qui constitue une première démarche exploratoire. Outre son utilisation dans le cadre du diagnostic du réseau d'espaces protégés, ce travail sur la cartographie des pressions a désormais vocation à être prolongé à deux titres : d'une part par le perfectionnement des méthodes de recherche, traitement et interprétation des données (l'amélioration de leur résolution étant la piste la plus simple à court terme), d'autre part le développement de nouveaux jeux de données, par la mise en place de programmes de surveillance le cas échéant, pour répondre aux thématiques qui ne peuvent être couvertes par ceux existant aujourd'hui.

En matière de conservation de la biodiversité, l'urgence impose de ne pas attendre que toutes les données soient disponibles pour agir. Cet état des lieux, qui montre que rares sont les territoires qui ne soient pas fortement soumis à l'une ou l'autre des pressions, se veut un outil directement opérationnel pour rendre cette action plus efficace. Il n'occulte pas cependant les lacunes de connaissances, qu'il sera important de combler, en parallèle du déploiement des mesures de conservation.

Bibliographie

- Alard, Didier, and Gérard Balent. 2007. "Sécheresse : Quels Impacts Sur La Biodiversité En Systèmes Prairiaux et Pastoraux ?" *Fourrages*, no. 190: 197–206.
- Allan, James R., James E. M. Watson, Moreno Di Marco, Christopher J. O'Bryan, Hugh P. Possingham, Scott C. Atkinson, et Oscar Venter. 2019. « Hotspots of Human Impact on Threatened Terrestrial Vertebrates ». Édité par Pedro Jordano. *PLOS Biology* 17 (3): e3000158. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000158>.
- Alloncle, N., E. Bréjoux, G. Deronzier, R. Escaffre, et L. Germain. 2021. « Guide d'établissement des diagnostics territoriaux. Version bêta ». OFB.
- Ampoorter, Evy, Luc Barbaro, Hervé Jactel, Lander Baeten, Johanna Boberg, Monique Carnol, Bastien Castagneyrol, et al. 2020. "Tree Diversity Is Key for Promoting the Diversity and Abundance of Forest-Associated Taxa in Europe." *Oikos* 129 (2): 133–146. doi:10.1111/oik.06290.
- Antoni, Véronique. 2009. « Le phosphore dans les sols nécessité agronomique, préoccupation environnementale. »
- Antoni, Véronique, Alexis Cerisier-Augier, Valérie Dossa-Thauvin, Didier Eumont, Jean-Michel Guilhen, Lubomira Guzmova, Katerine Lamprea, Christelle Larrieu, Frédéric Nauroy, et Sandrine Parris. 2020. « Eau et milieux aquatiques. Les chiffres clés. Edition 2020 ».
- Archaux, Frédéric, and Volkmar Wolters. 2006. "Impact of Summer Drought on Forest Biodiversity: What Do We Know?" *Annals of Forest Science* 63 (6): 645–652. doi:10.1051/forest:2006041.
- Balmford, Andrew, Pete Carey, Valerie Kapos, Andrea Manica, Ana S.L. Rodrigues, Jörn P.W. Scharlemann, et Rhys E. Green. 2009. « Capturing the Many Dimensions of Threat: Comment on Salafsky *et al.* » *Conservation Biology* 23 (2): 482–87. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01196.x>.
- Baran, Philippe. 2008. « Le débit élément clé de la vie des cours d'eau : bilan des altérations et des possibilités de restauration. » *La Houille Blanche*, no 6 (décembre): 26–33. <https://doi.org/10.1051/lhb:2008068>.
- Bensettiti, Farid, and Camille Gazay. 2019. Biodiversité d'intérêt Communautaire En France : Un Bilan Qui Reste Préoccupant. UMS Patrimoine (AFB/CNRS/MNHN). https://inpn.mnhn.fr/docs/N2000_EC/Note_synthese_2019_DHFF.pdf.
- Billon, L., R. Sordello, et J. Touroult. 2015. « Protocole de recensement des collisions entre la faune sauvage et les véhicules : proposition d'un socle commun ». Paris: Service du Patrimoine Naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Bonneau, Maurice. 1973. « Les enrésinements risquent-ils de diminuer la fertilité des sols? »
- Borner, Leyli. 2016. « Apports méthodologiques à l'étude des interactions des oiseaux avec le réseau de transport d'électricité en France ». PhD Thesis, Museum national d'histoire naturelle-MNHN PARIS.
- Brockerhoff, Eckehard G., Hervé Jactel, John A. Parrotta, Christopher P. Quine, et Jeffrey Sayer. 2008. « Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? » *Biodiversity and Conservation* 17 (5): 925–51.
- Buchet, R., et C. Guégan. 2012. « Directive Cadre sur l'Eau : les pressions anthropiques et leur impact sur les indicateurs de l'état écologique des masses d'eau littorales de la façade Manche-Atlantique. Développement d'une base de données quantitatives sur les pressions anthropiques littorales. » Hocer/Ifremer.
- Cavard, Xavier, S. Ellen Macdonald, Yves Bergeron, and Han Y.H. Chen. 2011. "Importance of Mixedwoods for Biodiversity Conservation: Evidence for Understory Plants, Songbirds, Soil Fauna, and Ectomycorrhizae in Northern Forests." *Environmental Reviews* 19 (NA). NRC Research Press: 142–161. doi:10.1139/a11-004.
- Cerisier-Augier, Alexis. 2020. Quelle évolution des sites humides emblématiques entre 2010 et 2020 ? Datalab essentiel. Commissariat général au développement durable - Service de l'observation et des statistiques.
- Cerema. 2019a. « Clôtures routières et ferroviaires & faune sauvage - Critères de choix et recommandations d'implantation ». Connaissances.

- Cerema 2019b. « Mesure de l'artificialisation à l'aide des Fichiers fonciers. Définition, limites et comparaison avec d'autres sources ».
- Cerema, et OFB. 2020. « Catalogue des indicateurs de biodiversité des Observatoires de biodiversité V1 ».
- Chatry, C., M. Le Quentrec, D. Laurens, J-Y. Le Gallou, J-J. Lafitte, et B. Creuchet. 2010. « Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts. Rapport de la mission interministérielle ».
- Cheron, Marion, and François Brischoux. 2020. "Aminomethylphosphonic Acid Alters Amphibian Embryonic Development at Environmental Concentrations." *Environmental Research* 190 (November): 109944. doi:10.1016/j.envres.2020.109944.
- Clair, Mathieu, Vincent Gaudillat, Noémie Michez, et Rémy Poncet. 2019. « HABREF v5.0, référentiel des typologies d'habitats et de végétation pour la France. Guide méthodologique. » <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26649.16480>.
- Colas, Sébastien. 2011. *Environnement littoral et marin. La Défense : Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques.*
- Colas, Sébastien. 2012. « Trois quarts des rivages métropolitains sont non artificialisés, mais une part importante est menacée et peu protégée. »
- Colsaet, A. 2019. « Artificialisation des sols : quelles avancées politiques pour quels résultats ? » *Iddri, Décryptage*, no 02/19.
- Commissariat général au développement durable. 2019. « Rapport de synthèse, L'environnement en France ». La Documentation Française, 220.
- Conservation Measures Partnership, et Sitka Technology Group. s. d. Miradi.
- Daeden, Jonathan. 2015. « Analyse des pressions anthropiques sur l'environnement littoral européen et français ». PhD Thesis.
- Dupouey, Jean-Luc, Thomas Feiss, Sandrine Chauchard, Xavier Rochel, E. Dauffy Richard, Louise Bergès, Christophe Bouget, et Thomas Cordonnier. 2012. « Impacts à long terme des changements d'usage sur la biodiversité et les sols ». In *Colloque FORGECO Mieux produire et préserver: Quelles approches pour les forêts au sein des territoires?*, 11.
- Eccleston Duncan.T., Harness Richard.E. 2018. Raptor Electrocutions and Power Line Collisions. In: Sarasola J., Grande J., Negro J. (eds) *Birds of Prey*. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007>
- European Environment Agency. 2019. *The European Environment: State and Outlook 2020 : Knowledge for Transition to a Sustainable Europe*. https://www.eea.europa.eu/publications/soer-2020/at_download/file.
- Evans, Chris D., Aletta Bonn, Joseph Holden, Mark S. Reed, Martin G. Evans, Fred Worrall, John Couwenberg, et Mark Parnell. 2014. « Relationships between Anthropogenic Pressures and Ecosystem Functions in UK Blanket Bogs: Linking Process Understanding to Ecosystem Service Valuation ». *Ecosystem Services* 9 (septembre): 5 19. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.06.013>.
- Fernandez, Sara, Gabrielle Bouleau, et Sébastien Treyer. 2011. « Reconsidérer la prospective de l'eau en Europe dans ses dimensions politiques ». *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie* 2 (3).
- Gabrielsen, Peder, et Peter Bosch. 2003. « Environmental indicators: typology and use in reporting ». EEA, Copenhagen.
- Geiger, Flavia, Jan Bengtsson, Frank Berendse, Wolfgang W. Weisser, Mark Emmerson, Manuel B. Morales, Piotr Ceryngier, *et al.* 2010. "Persistent Negative Effects of Pesticides on Biodiversity and Biological Control Potential on European Farmland." *Basic and Applied Ecology* 11 (2): 97–105. doi:10.1016/j.baae.2009.12.001.
- Genty, Carole. 2012. « L'évolution des zones humides entre 2000 et 2010. Des pressions toujours fortes. »
- Ghewy, xavier. 2009. 10 Millions de Tonnes de Déchets Dangereux Produits En 2007. 35. Le Point Sur. Commissariat général au développement durable - Service de l'observation et des statistiques.
- Gosselin, M., et Y. Paillet. 2017. *Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière. Guide pratique (France métropolitaine).*

Harley, Christopher DG, et Laura Rogers-Bennett. 2004. « The potential synergistic effects of climate change and fishing pressure on exploited invertebrates on rocky intertidal shores ». *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report* 45: 98.

Hirschfeld, Axel, Geraldine Attard, et Lloyd Scott. 2019. « Bird hunting in Europe ». *British Birds* 112: 153 66.

Horellou, A., A. Dore, K. Herard, et J-P. Siblet. 2013. « Guide méthodologique pour l'inventaire continu des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) en milieu continental. » MNHN-SPN.

I Care & Consult, et Biotope. 2020. « ». ».

IGN. 2017. « La forêt plantée en France : état des lieux », *l'If*, no 40 (mai).

IGN. 2019a. « Methodologie Pour bien comprendre les résultats publiés 2014-2018 ».

IGN. 2019b. « Documentation des données sur la placette. Point forêt - Campagne 2018 ».

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES. 2019. « Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services ». Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3553579>.

PCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Joppa, L. N., Brian O'Connor, Piero Visconti, Cathy Smith, Jonas Geldmann, Michael Hoffmann, James EM Watson, Stuart HM Butchart, Malika Virah-Sawmy, et Benjamin S. Halpern. 2016. « Filling in biodiversity threat gaps ». *Science* 352 (6284): 416 18.

Judd, A.D., T. Backhaus, et F. Goodsir. 2015. « An Effective Set of Principles for Practical Implementation of Marine Cumulative Effects Assessment ». *Environmental Science & Policy* 54 (décembre): 254 62. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.07.008>.

Korpinen, Samuli, et Jesper H. Andersen. 2016. « A Global Review of Cumulative Pressure and Impact Assessments in Marine Environments ». *Frontiers in Marine Science* 3 (août). <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00153>.

Kraszewski, Marlène. 2019. « Évaluation du taux d'artificialisation en France: comparaison des sources Teruti-Lucas et fichiers fonciers ».

Kühl, Hjalmar S., Christophe Boesch, Lars Kulik, Fabian Haas, Mimi Arandjelovic, Paula Dieguez, Gaëlle Bocksberger, *et al.* 2019. « Human Impact Erodes Chimpanzee Behavioral Diversity ». *Science* 363 (6434): 1453 55. <https://doi.org/10.1126/science.aau4532>.

La Rivière, Marie, Annabelle Aish, Olivier Gauthier, Jacques Grall, Laurent Guérin, Anne-Laure Janson, Céline Labruno, Thierry Thibaut, et Eric Thiébaud. 2015. « Méthodologie pour l'évaluation de la sensibilité des habitats benthiques aux pressions anthropiques ». Paris: MNHN 69.

Laboratoire SENS, Association Cohérence pour un développement durable, et FRAPNA Ardèche. 2004. « Sports de nature et environnement : Elaboration d'un instrument d'évaluation environnementale pour le Plan départemental des Espaces, sites et itinéraires relatifs aux sports de nature de l'Ardèche ». Conseil général, Direction départementale de la Jeunesse et des sports d'Ardèche.

Landmann, Guy, Frédéric Gosselin, et Marion Gosselin. 2010. « Produire plus de bois tout en préservant mieux la biodiversité, apports de l'étude « Biomasse et Biodiversité forestières » ». *Sciences Eaux & Territoires Numéro 3 (3)*: 50. <https://doi.org/10.3917/set.003.0050>.

Le Moullec, Aurélie, Aude Bourin, Cécile Debevec, et Olivier Favez. 2020. « Le suivi de la composition chimique des particules atmosphériques: complémentarités des observatoires nationaux ».

Le Roux, Barbault, Baudry, Burel, Doussan, Garnier, Herzog, *et al.* 2008. « Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport ». France: INRA.

Lead, Coordinating, Gerald C. Nelson, et Elena Bennett. 2005. « Drivers of change in ecosystem condition and services ». *Ecosyst. Hum. Well-Being* 2: 172 222.

- Lenoir, J., J. C. Gegout, P. A. Marquet, P. de Ruffray, et H. Brisse. 2008. « A Significant Upward Shift in Plant Species Optimum Elevation During the 20th Century ». *Science* 320 (5884): 1768-71. <https://doi.org/10.1126/science.1156831>.
- Léonard, Lilian, Isabelle Witté, Paul Rouveyrol, and Katia Herard. 2020. *Représentativité et lacunes du réseau d'aires protégées métropolitain terrestre au regard des enjeux de biodiversité*. Paris: UMS Patrinat (OFB/CNRS/MNHN).
- Lévêque, Antoine, et Isabelle Witté. 2019. « Les enjeux de biodiversité en France métropolitaine: analyses croisées ».
- Limoges, Benoit, Gaétane Boisseau, Louise Gratton, et Robert Kasisi. 2013. « Terminologie relative à la conservation de la biodiversité in situ ». *Le Naturaliste canadien* 137 (2): 21-27. <https://doi.org/10.7202/1015490ar>.
- Maciejewski, Lise, Emilien Kuhn, Anne Gégout-Petit, et Jean-Claude Gégout. 2020. « Natura 2000 Forest Habitats: Climatic Debt in Lowlands and Thermophilization in Highlands ». *Biodiversity and Conservation* 29 (13): 3689-3701. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-02044-z>.
- Magnier, Sarah. 2011. *Le risque de feux de forêts en France*. La Défense: Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques. *Etudes & Documents* 45 : 44p.
- Mallard, Fanny. 2016. « Etat de l'art des effets directs et indirects de l'activité de chasse et de pêche sur la biodiversité du Lac ».
- Martin, Gabrielle, Vincent Devictor, Eric Motard, Nathalie Machon, et Emmanuelle Porcher. 2019. « Short-Term Climate-Induced Change in French Plant Communities ». *Biology Letters* 15 (7): 20190280. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2019.0280>.
- Martinuzzi, Sebastian, Luis Rivera, Natalia Politi, Brooke L. Bateman, Estefania Ruiz De Los Llanos, Leonidas Lizarraga, M. Soledad De Bustos, Silvia Chalukian, Anna M. Pidgeon, et Volker C. Radeloff. 2018. « Enhancing Biodiversity Conservation in Existing Land-Use Plans with Widely Available Datasets and Spatial Analysis Techniques ». *Environmental Conservation* 45 (3): 252-60. <https://doi.org/10.1017/S0376892917000455>.
- McGowan, Philip JK. 2016. « Conservation: Mapping the terrestrial human footprint ». *Nature* 537 (7619): 172-73.
- Meyer, C., P. Soule, P. Masson, et S. Leblond. 2018. « Surveillance des retombées atmosphériques par analyse de mousses en France - Campagne 2016 du dispositif BRAMM. » Rapport.
- Michelet, Paul. 2017. « La biodiversité des milieux aquatiques continentaux en France métropolitaine: état des lieux et menaces ». In *Annales des Mines-Responsabilité et environnement*, 36-39. FFE.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2003. « MA Conceptual Framework ». In *Ecosystems and Human Well-being : a Framework for Assessment*, 25. Island press.
- Ministère de la Transition écologique, Ministère de la Mer. 2021. *Stratégie nationale pour les aires protégées 2030*.
- Ministère de la Transition écologique et solidaire. 2019. « Feux de forêt : les prévenir et s'en protéger. Dossier de presse ».
- Ministère de la Transition écologique et solidaire. 2020. *Stratégie Française Pour l'énergie et Le Climat - Programmation Pluriannuelle de l'énergie 2019-2023 2024-2028*.
- Muraz, M. 2018. « La cueillette commerciale de plantes sauvages sur les Monts d'Ardèche. Mémoire d'ingénieur agronome ». Montpellier SupAgro/Parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche.
- Nagendra, Harini, Paola Mairota, Palma Blonda, Carmela Marangi, Dino Torri, Richard Lucas, Panayotis Dimopoulos, *et al.* 2012. « Developing a methodology to identify locally recognizable pressures and quantify their impact on habitats ».
- Niemeijer, David, et Rudolf S. de Groot. 2008. « A conceptual framework for selecting environmental indicator sets ». *Ecological indicators* 8 (1): 14-25.

- Oesterwind, Daniel, Andrea Rau, et Anastasija Zaiko. 2016. « Drivers and Pressures – Untangling the Terms Commonly Used in Marine Science and Policy ». *Journal of Environmental Management* 181 (octobre): 8 15. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.058>.
- Pachauri, R. K., Leo Mayer, et Intergovernmental Panel on Climate Change, éd. 2015. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Parisse, Sandrine. 2018. « Environnement et agriculture. Les chiffres clés. Édition 2018 ».
- Pasquier, Jean-Louis. 2017. « Les prélèvements d'eau douce en France: les grands usages en 2013 et leur évolution depuis 20 ans. »
- Pichard, O., A. Sanchez-De Launay, A-C. De Rouck, et M. Gilleron. 2018. « Critères éco-éthologiques à prendre en compte pour la restauration des continuités écologiques au droit des ouvrages de franchissement d'infrastructures de transport ».
- Pisa, L. W., V. Amaral-Rogers, L. P. Belzunces, J. M. Bonmatin, C. A. Downs, D. Goulson, D. P. Kreuzweiser, *et al.* 2015. "Effects of Neonicotinoids and Fipronil on Non-Target Invertebrates." *Environmental Science and Pollution Research* 22 (1): 68–102. doi:10.1007/s11356-014-3471-x.
- Agence Française pour la Biodiversité, 2019, *La nature sous pression, Pourquoi la biodiversité disparaît ? – Bilan 2019 de l'ONB*, 7p.
- Prisem, H.A.M, G.C. Boere, N. Pires, et J.J Smallie. 2011. « Synthèse des conflits entre oiseaux migrateurs et lignes électriques dans la région Afrique-Eurasie. » CMS Série technique N°XX, AEWa Série technique N°XX, 2011.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement. 2007. « GEO-4, l'environnement pour le développement. » Randers, Danemark: Phoenix Design Aid.
- Rapport, D., et A. Friend. 1979. « Towards a Comprehensive Framework for Environmental Statistics : a Stress-response Approach. » In *Statistics Canada Catalogue*, 11 510. Ottawa: Minister of Supply and Services Canada.
- Ratsombath, Pierre Navarith, Gilles Morel, Hipolito Martell-Flores, et Maxime Berton. 2017. « Modélisation de la pollution particulaire liée au trafic routier à l'échelle de la rue et étude des leviers d'atténuation ». *Cybergeog*, janvier. <https://doi.org/10.4000/cybergeog.27882>.
- Rodríguez-Labajos, Beatriz, Rosa Binimelis, et Iliana Monterroso. 2009. « Multi-level driving forces of biological invasions ». *Ecological economics* 69 (1): 63 75.
- Rouveyrol, P., K. Herard, et F. Lepareur. 2015. « Guide méthodologique de Saisie des Formulaires Standards de Données des sites Natura 2000 ». MNHN-SPN.
- Rouveyrol, P., et M. Leroy. 2021. « L'efficacité du réseau Natura 2000 terrestre en France. » Paris: UMS Patrinat (OFB/CNRS/MNHN).
- Salafsky, Nick, Stuart H.M. Butchart, Daniel Salzer, Alison J. Stattersfield, Rachel Neugarten, Craig Hilton-Taylor, Ben Collen, Lawrence L. Master, Sheila O'Connor, et David Wilkie. 2009. « Pragmatism and Practice in Classifying Threats: Reply to Balmford *et al.* » *Conservation Biology* 23 (2): 488 93. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01197.x>.
- Salafsky, Nick, Dan Salzer, Jamison Ervin, Timothy Boucher, et Wayne Ostlie. 2003. « Conventions for defining, naming, measuring, combining, and mapping threats in conservation ». An initial proposal for a standard system. Draft version.
- Salafsky, Nick, Daniel Salzer, Alison J. Stattersfield, Craig Hilton-Taylor, Rachel Neugarten, Stuart H. M. Butchart, Ben Collen, *et al.* 2008. « A Standard Lexicon for Biodiversity Conservation: Unified Classifications of Threats and Actions: Classifications of Threats & Actions ». *Conservation Biology* 22 (4): 897 911. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00937.x>.
- Sanderson, Eric W., Malanding Jaiteh, Marc A. Levy, Kent H. Redford, Antoinette V. Wannebo, et Gillian Woolmer. 2002. « The Human Footprint and the Last of the Wild ». *BioScience* 52 (10): 891. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0891:THFATL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0891:THFATL]2.0.CO;2).
- Service d'Etudes techniques des routes et autoroutes. 2007. « Faune et trafic - Manuel européen d'identification des conflits et de conception des solutions ». Les rapports.

- Sordello, Romain, Clémentine Azam, Jennifer Amsallem, Yves Bas, Lucille Billon, Samuel Busson, Samuel Challeat, *et al.* 2018. « Construire des indicateurs nationaux sur la pollution lumineuse. Réflexion préliminaire ». UMS PatriNat, Cerema, CESCO, DarkSkyLab, IRD, Irstea.
- Sordello, Romain, Ophélie Ratel, Frédérique Flamerie De Lachapelle, Clément Leger, Alexis Dambry, et Sylvie Vanpeene. 2020. « Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map ». *Environmental Evidence* 9 (1): 1 27.
- Soubeyroux, Jean-Michel, Nadia Kitova, Michèle Blanchard, Jean-Philippe Vidal, Eric Martin, and Philippe Dandin. 2012. "Sécheresses Des Sols En France et Changement Climatique - Résultats et Applications Du Projet ClimSec." *La Météorologie*, 21-30, , no. 78.
- Spangenberg, Joachim H. 2007. « Biodiversity pressure and the driving forces behind ». *Ecological economics* 61 (1): 146 58.
- Stanners, D. A., Philippe Bourdeau, European Environment Agency Task Force, et United Nations, éd. 1995. *Europe's environment: the Dobříš assessment*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Tamisier, A., A. Béchet, G. Jarry, J.-C. Lefeuvre, et Y. Le Maho. 2003. « Effets du dérangement par la chasse sur les oiseaux d'eau: revue de littérature ». *Revue d'écologie*.
- Tapia-Armijos, María Fernanda, Jürgen Homeier, et David Draper Munt. 2017. « Spatio-temporal analysis of the human footprint in South Ecuador: Influence of human pressure on ecosystems and effectiveness of protected areas ». *Applied geography* 78: 22 32.
- Triplet, Patrick. 2019. « Dictionnaire de la diversité biologique et de la conservation de la nature ». Documentation électronique https://societe-zoologique.fr/sites/default/files/2019-02/Dictionnaire-diversite-biologique-conservationnature_2019.pdf.
- Trombulak, Stephen C., et Robert Baldwin, éd. 2010. *Landscape-Scale Conservation Planning*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9575-6>.
- Tucker, Marlee A., Katrin Böhning-Gaese, William F. Fagan, John M. Fryxell, Bram Van Moorter, Susan C. Alberts, Abdullahi H. Ali, *et al.* 2018. « Moving in the Anthropocene: Global Reductions in Terrestrial Mammalian Movements ». *Science* 359 (6374): 466 69. <https://doi.org/10.1126/science.aam9712>.
- Tulloch, Vivitskaia JD, Ayesha IT Tulloch, Piero Visconti, Benjamin S. Halpern, James EM Watson, Megan C. Evans, Nancy A. Auerbach, *et al.* 2015. "Why Do We Map Threats? Linking Threat Mapping with Actions to Make Better Conservation Decisions." *Frontiers in Ecology and the Environment* 13 (2): 91–99. doi:10.1890/140022.
- Union européenne – SOeS, 2018 Corine Land Cover France : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/corine-land-cover-0>
- Venter, Oscar, Eric W. Sanderson, Ainhoa Magrach, James R. Allan, Jutta Beher, Kendall R. Jones, Hugh P. Possingham, *et al.* 2016. « Sixteen Years of Change in the Global Terrestrial Human Footprint and Implications for Biodiversity Conservation ». *Nature Communications* 7 (1): 12558. <https://doi.org/10.1038/ncomms12558>.
- Vincent, B., et O. Delaigue. 2015. « Etat du drainage en France, évolution et impact de réserves de substitution à partir des eaux drainées ». IRSTEA.
- Vörösmarty, C. J., P. B. McIntyre, M. O. Gessner, D. Dudgeon, A. Prusevich, P. Green, S. Glidden, *et al.* 2010. « Global Threats to Human Water Security and River Biodiversity ». *Nature* 467 (7315): 555 61. <https://doi.org/10.1038/nature09440>.
- Wascher, Dirk. 2004. "Landscape-Indicator Development: Steps towards a European Approach." In *The New Dimensions of the European Landscape: Frontis Workshop on the Future of the European Cultural Landscape*, 237–252. Wageningen, The Netherlands.
- Watson, James, et Oscar Venter. 2019. « Mapping the continuum of humanity's footprint on land ». *One Earth* 1 (2): 175 80.
- Wong, Cecilia. 2012. *Guidance for the preparation of ESTR products-classifying threats to biodiversity*. Canadian Councils of Resource Ministers.

Liste des sigles et acronymes utilisés

ACP : Analyse en composantes principales

CDB : Convention sur la diversité biologique

CGDD : Commissariat général au développement durable

CLC : Corine Land Cover

CNRM : Centre National de Recherches Météorologiques

AEE : Agence européenne pour l'environnement

DCE : Directive-cadre sur l'eau

DHFF : Directive Habitat Faune Flore

DPSIR : *Driver-Pressure-State-Impact-Response* (force motrice-pression-état-impact-réponse)

FSD Formulaire Standard de données

SDES : Service de la donnée et des études statistiques des ministères chargés de l'environnement, de l'énergie, de la construction, du logement et des transports

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

IPBES : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

ONB : Observatoire National de la Biodiversité

SAU : Surface agricole utile

SNAP : Stratégie Nationale pour les Aires protégées

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

PSR : *Pressure State Response* (pressions-état-réponses)

OFB : Office Français de la Biodiversité

FRB : Fondation pour la recherche sur la biodiversité

MEA : *Millenium Ecosystems Assessment*

MTE : Ministère de la Transition Ecologique

OSM : OpenStreetMap

PNUE : Programme des nations Unies pour l'Environnement

RCP : *Representative Concentration Pathway* (scenario de modélisation climatique)

Sandre : Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

Annexes

ANNEXE 1 : Détail de la fréquence d'occurrences des menaces, activités et pressions dans les bases Rapportage et FSD en France (source : Rouveyrol et Leroy 2021)

	Eval	FSD		Eval	FSD
Intensification agricole	20,9%	24,8%	Modifications des régimes hydrologiques induits par l'homme de causes multiples ou non renseignées	6,0%	9,4%
mise en culture/remembrement	9,2%	9,1%	Déprise agricole	5,1%	3,8%
pollutions d'origine agricole	5,3%	5,9%	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)	4,7%	5,5%
Pâturage	3,1%	7,0%	Chasse	1,7%	2,3%
Irrigation, captage et drainage agricoles	1,3%	0,8%	pêche et prises accessoires	1,5%	1,7%
Autres impacts agricoles	1,1%	0,7%	Récoltes et cueillettes hors chasse et pêche	0,8%	0,6%
Fauche	0,9%	1,2%	Aquaculture et empoisonnement	0,7%	0,8%
Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs.	12,8%	8,7%	Changement climatique	4,6%	0,4%
urbanisation	11,2%	6,7%	Espèces exotiques et espèces problématiques	4,3%	2,9%
décharges/dépôts	1,6%	2,0%	Espèces exotiques envahissantes	3,2%	2,6%
Sylviculture et opérations forestières	10,6%	8,8%	Espèces indigènes problématiques, pathogènes et parasites	0,9%	0,2%
Exploitation forestière	5,5%	4,4%	pollution génétique	0,1%	0,1%
Autres impacts sylvicoles	2,7%	0,3%	Evènements géologiques, catastrophes naturelles	3,4%	2,0%
Plantations	2,4%	4,1%	incendies	1,9%	1,3%
Fréquentation humaine et mesures de sécurité publique	7,4%	15,3%	autres catastrophes naturelles	1,5%	0,7%
Pollutions d'origines multiples	7,3%	5,6%	Processus naturels (hors catastrophes et processus induits par les activités humaines ou le changement climatique)	3,0%	2,3%
Pollutions d'origines multiples des eaux continentales	5,4%	4,5%	Compétitions et relations interspécifiques	2,4%	2,1%
Pollutions d'origines multiples des sols ou de l'air	0,9%	0,6%	dépression génétique	0,6%	0,3%
Pollutions d'origines multiples des eaux marines	0,7%	0,1%	Extraction de ressources	2,6%	2,3%
Autres ou non renseigné	0,2%	0,4%	Production énergétique et développement d'infrastructures associées	1,1%	0,8%
Développement et fonctionnement des réseaux de transports	6,2%	7,5%	Pressions inconnues, absence de pressions, et pressions hors de l'Etat membre	0,1%	0,0%
Routes, chemins, voies ferrées et infrastructures liées	4,1%	4,7%			
Opérations de transport et autres voies	1,1%	2,0%			
Voies de navigation	1,0%	0,8%			

ANNEXE 2 : Lien entre les catégories de pression de la typologie du diagnostic territorial et de la typologie de l'UICN

Tableau 9 : Mise en relation entre les deuxièmes niveaux des typologies du diagnostic territorial et de l'UICN.

DT = de la matrice du diagnostic territorial, ID = Identifiant pression, cat. = catégorie

Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID UICN	Pression UICN	ID cat. UICN	Catégorie de pression UICN
Changement d'usage des terres et des mers	1.1	Perte physique de surfaces naturelles	>	1.1	Zones urbaines et habitations	1	Développement commercial et résidentiel
			>	1.2	Zones industrielles et commerciales		
			>	1.3	Zones touristiques et récréatives		
			#	2.1	Cultures annuelles ou pluriannuelles (non-ligneuses)	2	Agriculture et aquaculture
			#	2.2	Plantations pour le bois et la pulpe		
			#	3.3	Energies renouvelables	3	Production d'énergie et exploitation minière
			#	7.1	Incendies et lutte contre les incendies	7	Modifications du système naturel
	#	7.2	Barrages et gestion ou utilisation de l'eau				
	1.2	Changement anthropique d'écosystème	#	2.1	Cultures annuelles ou pluriannuelles (non-ligneuses)	2	Agriculture et aquaculture
			#	2.4	Aquaculture marine et d'eau douce		
			>	2.2	Plantations pour le bois et la pulpe		
			#	7.2	Barrages et gestion ou utilisation de l'eau	7	Modifications du système naturel
	1.3	Changement naturel d'écosystème	NC				
Changement de gestion et de structure des écosystèmes	1.4	Dompage à l'écosystème	#	2.1	Cultures annuelles ou pluriannuelles (non-ligneuses)	2	Agriculture et aquaculture
			#	2.4	Aquaculture marine et d'eau douce		
			>	2.3	Élevage à petite et grande échelle		
			>	3.1	Forages (gaz et pétrole)	3	Production d'énergie et exploitation minière
			>	3.2	Exploitation de mines ou de carrières		
			#	5.3	Exploitation forestière et récolte de bois	5	Utilisation des ressources biologiques
			#	7.1	Incendies et lutte contre les incendies	7	Modifications du système naturel

Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID UICN	Pression UICN	ID cat. UICN	Catégorie de pression UICN
	1.5	Obstacle	>	7.3	Autres modifications de l'écosystème		
			#	3.3	Energies renouvelables	3	Production d'énergie et exploitation minière
			#	4.1	Routes et voies ferrées	4	Transports et infrastructures
			#	4.2	Réseaux et linéaires de services et de communication (électrique, téléphone, aqueduc...)		
			#	4.3	Voies maritimes et couloirs de navigation		
			#	4.4	Couloirs aériens		
	#	7.2	Barrages et gestion ou utilisation de l'eau	7	Modifications du système naturel		
	1.6	Fréquentation, dérangement	>	6.1	Activités récréatives	6	Intrusions et perturbations humaines
			>	6.2	Guerres, troubles civils et exercices militaires		
			>	6.3	Travaux et autres activités		
Pollution	2.1	Pollution physique-énergétique	>	9.6	Energie excessive	9	Pollution
	2.2	Pollution physique-déchets	>	9.4	Détritus et déchets solides	9	Pollution
	2.3	Pollution physique-particulaire	#	9.2	Effluents industriels et militaires	9	Pollution
			#	9.3	Effluents agricoles et forestiers		
			#	9.5	Polluants atmosphériques		
	2.4	Pollution chimique organique	#	9.1	Eaux usées domestiques et urbaines	9	Pollution
			#	9.2	Effluents industriels et militaires		
			#	9.3	Effluents agricoles et forestiers		
			#	9.5	Polluants atmosphériques		
	2.5	Pollution chimique inorganique	#	9.1	Eaux usées domestiques et urbaines	9	Pollution
			#	9.2	Effluents industriels et militaires		
			#	9.3	Effluents agricoles et forestiers		
			#	9.5	Polluants atmosphériques		

Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID UICN	Pression UICN	ID cat. UICN	Catégorie de pression UICN		
Exploitation directe	3.1	Prélèvement	#	5.1	Chasse et prélèvement d'animaux terrestres	5	Utilisation des ressources biologiques		
			#	5.2	Cueillette de plantes terrestres				
			#	5.3	Exploitation forestière et récolte de bois				
			#	5.4	Pêche et récolte de ressources aquatiques				
	3.2	Mortalité accidentelle	#	4.1	Routes et voies ferrées	4	Transports et infrastructures		
			#	4.2	Réseaux et linéaires de services et de communication (électrique, téléphone, aqueduc...)				
			#	4.3	Voies maritimes et couloirs de navigation				
			#	4.4	Couloirs aériens				
			#	5.1	Chasse et prélèvement d'animaux terrestres			5	Utilisation des ressources biologiques
			#	5.2	Cueillette de plantes terrestres				
#	5.4	Pêche et récolte de ressources aquatiques							
Espèces allochtones (dont EEE)	4.1	Présence d'espèces exotiques envahissante	#	8.1	Espèces ou maladies introduites et envahissantes	8	Espèces exotiques envahissantes et autres espèces, gènes ou maladies problématiques		
			#	8.2	Espèces ou maladies indigènes problématiques				
			#	8.4	Espèces ou maladies problématiques d'origine inconnue				
	4.2	Présence de pathogènes	>	8.6	Maladie de cause inconnue	8	Espèces exotiques envahissantes et autres espèces, gènes ou maladies problématiques		
			>	8.5	Maladies virales ou prion				
			#	8.1	Espèces ou maladies introduites et envahissantes				
			#	8.2	Espèces ou maladies indigènes problématiques				

Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID UICN	Pression UICN	ID cat. UICN	Catégorie de pression UICN
			#	8.4	Espèces ou maladies problématiques d'origine inconnue		
	4.3	Perturbation génétique	=	8.3	Matériel génétique introduit	8	Espèces exotiques envahissantes et autres espèces, gènes ou maladies problématiques
Changement climatique	5.1	Changement des températures (moyennes ou extrêmes)	=	11.3	Températures extrêmes	11	Changement climatique et conditions météorologiques extrêmes
	5.2	Changement du régime de précipitation et régime éolien (moyennes ou extrêmes)	>	11.2	Sècheresses	11	Changement climatique et conditions météorologiques extrêmes
			>	11.4	Tempêtes et inondations		
			>	11.5	Autres impacts	11	Changement climatique et conditions météorologiques extrêmes
			>	11.1	Altération et modification de l'habitat		
			NC	10.1	Volcans	10	Evénements géologiques
				10.2	Tremblements de terre/tsunamis		
				10.3	Avalanches/éboulements		
				12.1	Autre menace	12	Autres options

ANNEXE 3 : Lien entre les catégories de pression de la typologie du diagnostic territorial et de la typologie N2000

Tableau 10 : Mise en relation entre les deuxièmes niveaux des typologies du diagnostic territorial et de Natura 2000.

DT = de la matrice du diagnostic territorial, ID = Identifiant pression, cat. = catégorie, N2000 = Natura 2000

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
1	Changement d'usage des terres et des mers	1.1	Perte physique de surfaces naturelles	>	A01	Conversion en terres agricoles depuis d'autres usages des sols (hors drainage et brûlis)	A	Agriculture
				>	A31	Drainage en vue d'une utilisation agricole des terres		
				#	A32	Développement et fonctionnement de barrages pour l'agriculture		
				>	A35	Cultures agricoles pour la production d'énergie renouvelable		
				>	B01	Conversion en forêts depuis d'autres usages des sols, ou reboisement (hors drainage)	B	Sylviculture et opérations forestières
				#	B27	Modifications des régimes hydrologiques, ou altération physique des masses d'eau et drainage pour la sylviculture (y compris barrages)		
				>	B28	Forêts pour la production d'énergie renouvelable		
				>	D01	Production d'énergie éolienne, houlomotrice et marémotrice, y compris les infrastructures	D	Production énergétique et développement d'infrastructures associées
				>	D02	Production hydroélectrique (barrages, seuils, déversoirs), y compris les infrastructures		
				>	D03	Production d'énergie solaire, y compris les infrastructures		
				>	D04	Production d'énergie géothermique, y compris les infrastructures		
				>	D05	Développement et fonctionnement d'usines de production énergétique (y compris énergies fossiles, usines de bioénergie, et centrales nucléaires)		
				#	D07	Oléoducs et gazoducs	E	Développement et fonctionnement des réseaux de transports
				#	E09	Opérations de transport terrestre, fluvial et aérien non citées précédemment		
				>	F01	Conversion de terres pour le développement de zones résidentielles ou de loisirs (hors drainage et modifications des systèmes côtiers et estuariens)	F	Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs
>	F02	Construction ou modifications (par ex. dans des quartiers résidentiels) de zones urbaines ou de loisirs existantes						

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				>	F03	Conversion de terres pour le développement de zones commerciales ou industrielles (hors drainage et modifications des systèmes côtiers et estuariens)		
				>	F04	Construction ou modifications d'infrastructures commerciales/industrielles dans des zones commerciales/industrielles existantes		
				>	F05	Création ou développement d'infrastructures sportives, touristiques et de loisirs (en dehors des zones urbaines ou récréatives)		
				>	F06	Développement et entretien des plages pour le tourisme et les activités récréatives, y compris la recharge et le nettoyage des plages		
				>	F08	Modifications du trait de côte, des systèmes côtiers et estuariens pour le développement, l'exploitation et la protection d'infrastructures et de zones résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs (y compris les ouvrages de défense et protection côtière)		
				>	F26	Drainage, bonification des terres et conversion de zones humides, marais, tourbières, etc. pour l'installation de zones de loisirs		
				>	F27	Drainage, bonification des terres et conversion de zones humides, marais, tourbières, etc. pour l'installation de zones industrielles/commerciales		
				>	F29	Construction ou développement de réservoirs et barrages pour le développement résidentiel/récréatif		
				>	F30	Construction ou développement de réservoirs et barrages pour le développement industriel/commercial		
				#	G03	Récolte (professionnelle ou récréative) de poissons et coquillages marins, causant la perte physique et la perturbation des habitats des fonds marins	G	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)
				#	H04	Vandalisme ou pyromanie	H	Activités militaires, mesures de sécurité publiques, et autres intrusions humaines
				#	K03	Construction et exploitation de barrages	K	Modifications des régimes hydrologiques liées aux activités humaines
				>	K02	Drainage		
		1.2	Changement	>	A02	Conversion d'un type d'usage agricole vers un autre (hors drainage et brûlis)	A	Agriculture

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				>	A13	Réensemencement de prairies et autres habitats semi-naturels		
				>	B02	Conversion vers d'autres types de forêts, y compris monocultures	B	Sylviculture et opérations forestières
				>	C08	Abandon ou conversion de salines	C	Extraction de ressources (minières, tourbe, ressources énergétiques non-renouvelables)
				>	G15	Modification des systèmes côtiers pour l'aquaculture marine		
				#	G19	Autres impacts liés à l'aquaculture marine, y compris les infrastructures associées		
				#	G20	Captages des eaux, détournement des écoulements, barrages et autres modifications des régimes hydrologiques pour l'aquaculture en eau douce	G	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)
				#	G26	Autres impacts liés à l'aquaculture en eau douce, y compris les infrastructures associées		
				>	H05	Elagage, abattage, suppression d'arbres ou de végétation en bord de route pour la sécurité publique	H	Activités militaires, mesures de sécurité publiques, et autres intrusions humaines
		1.3	Changement naturel d'écosystème	>	A06	Abandon de pratiques de gestion de prairies (par ex. abandon du pâturage ou de la fauche)		
		>		A07	Abandon de la gestion/utilisation d'autres systèmes agricoles et agroforestiers (à l'exception des prairies)	A	Agriculture	
		#		A10	Pâturage extensif ou souspâturage par le bétail			
		>		A12	Suppression de l'utilisation des feux à des fins agricoles			
		>		B04	Abandon de pratiques traditionnelles de gestion sylvicole	B	Sylviculture et opérations forestières	
		>		B14	Suppression de l'utilisation des feux à des fins sylvicoles			
		>		G18	Abandon d'activités d'aquaculture marine	G	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)	
		>		G25	Abandon d'activités d'aquaculture en eau douce			
		>		H03	Abandon des usages militaires ou exercices similaires (pertes d'habitats ouverts)	H	Activités militaires, mesures de sécurité publiques, et autres intrusions humaines	
		>		L01	Processus naturels abiotiques (par ex. érosion, envasement, assèchements, submersion, salinisation des sols)			
		>		L02	Succession naturelle résultant en une modification de la composition spécifique (hors changements directement induits par des pratiques agricoles ou sylvicoles)	L	Processus naturels (hors catastrophes et processus induits par les activités humaines ou le changement climatique)	
		>		L03	Accumulation de matière organique			
		>		L04	Eutrophisation ou acidification naturelles			

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000		
				>	L05	Diminution de la fécondité / dépression génétique (par ex. consanguinité ou endogamie)				
				>	L06	Relations interspécifiques (compétition, prédation, parasitisme, pathogènes)				
				>	L07	Absence ou diminution des relations interspécifiques animales et végétales (par ex. pollinisateurs)				
				>	M01	Volcanisme				
				>	M02	Raz-de-marée, tsunamis				
				>	M03	Tremblements de terre				
				>	M04	Avalanches de neige				
				>	M05	Eboulements, glissements de terrain				
				>	M06	Effondrements souterrains (naturels)				
				>	M07	Tempêtes, cyclones				
					>	M08	Inondations (naturelles)	M	Evènements géologiques, catastrophes naturelles	
					>	M09	Incendies (naturels)			
					>	M10	Autres catastrophes naturelles			
	Changement de gestion et de structure des écosystèmes	1.4	Dompage à l'écosystème	>	A03	Conversion de systèmes agricoles mixtes ou agroforestiers en systèmes de production spécialisés (ex. monocultures)	A			Agriculture
				>	A04	Modifications des terrains et surfaces de zones agricoles				
				>	A05	Retrait de petits éléments paysagers pour le remembrement de parcelles agricoles (haies, murs de pierres, buissons, fossés ouverts, sources, arbres isolés, etc.)				
				>	A08	Fauche ou coupe de prairies				
				>	A09	Pâturage intensif ou surpâturage par le bétail				
				#	A10	Pâturage extensif ou souspâturage par le bétail				
				>	A11	Brûlis à des fins agricoles				
>				A15	Travail du sol (par ex. labour) en agriculture					
>				A16	Autres pratiques de gestion des sols en agriculture					
>				A17	Récolte de cultures et moissons					
>	A18	Irrigation de terres agricoles								
>	A22	Protection physique/mécanique des plantes en agriculture								
>	A30	Captages actifs d'eaux de surface, souterraines ou mixtes pour l'agriculture								

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				#	A32	Développement et fonctionnement de barrages pour l'agriculture		
				>	A33	Modification des régimes hydrologiques ou altération physique des masses d'eau pour l'agriculture (hors développement et fonctionnement de barrages)		
				>	B06	Exploitation forestière (hors coupes à blanc) d'arbres individuels	B	Sylviculture et opérations forestières
				>	B07	Enlèvement d'arbres morts ou dépérissants, y compris débris de coupes		
				>	B08	Enlèvement de vieux arbres (hors arbres morts ou dépérissants)		
				>	B12	Eclaircissement		
				>	B13	Brûlis à des fins sylvicoles		
				>	B15	Pratiques de gestion forestière diminuant les forêts anciennes		
				>	B16	Transport de bois		
				>	B17	Pratiques forestières de labour ou de gestion des sols		
				>	B21	Protection physique/mécanique des plantes en gestion forestière, hors éclaircies		
				#	B27	Modifications des régimes hydrologiques, ou altération physique des masses d'eau et drainage pour la sylviculture (y compris barrages)		
				>	C01	Exploitations minières (par ex. roche, minerais métalliques, gravier, sable, coquillages)	C	Extraction de ressources (minières, tourbe, ressources énergétiques non-renouvelables)
				>	C02	Extraction de sel		
				>	C03	Extraction de pétrole et gaz, y compris les infrastructures		
				>	C04	Extraction de charbon		
				>	C05	Extraction de tourbe		
				>	C09	Prospections géotechniques		
				>	C14	Captages d'eaux de surface ou souterraines pour l'extraction de ressources		
				>	D13	Captages d'eaux de surface ou souterraines pour la production énergétique (hors hydroélectricité)	D	Production énergétique et développement d'infrastructures associées
				#	E03	Infrastructures liées aux voies de navigation et ancrage (par ex. canalisation, dragage)	E	Développement et fonctionnement des réseaux de transports

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				>	F31	Autres modifications des conditions hydrologiques pour le développement résidentiel/récréatif	F	Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs.
				>	F32	Autres modifications des conditions hydrologiques pour le développement industriel/commercial		
				>	F33	Captages d'eaux souterraines et de surface (y compris marines) pour l'approvisionnement public et pour les usages de loisirs		
				>	F34	Captages d'eaux souterraines et de surface (y compris marines) pour les usages industriels/commerciaux (hors production énergétique)		
				#	G03	Récolte (professionnelle ou récréative) de poissons et coquillages marins, causant la perte physique et la perturbation des habitats des fonds marins	G	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)
				#	G19	Autres impacts liés à l'aquaculture marine, y compris les infrastructures associées		
				#	G20	Captages des eaux, détournement des écoulements, barrages et autres modifications des régimes hydrologiques pour l'aquaculture en eau douce		
				#	G26	Autres impacts liés à l'aquaculture en eau douce, y compris les infrastructures associées		
				>	K01	Captages des eaux souterraines, de surface, ou mixtes	K	Modifications des régimes hydrologiques liées aux activités humaines
				>	K04	Modifications des conditions d'écoulements hydrologiques		
				>	K05	Altération physique des masses d'eau		
		1.5	Obstacle	>	F28	Modification des régimes de crues, mesures de protection contre les inondations pour le développement résidentiel/récréatif	F	Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs.
				#	E01	Routes, chemins, voies ferrées et infrastructures liées (par ex. ponts, viaducs, tunnels)	E	Développement et fonctionnement des réseaux de transports
				#	E03	Infrastructures liées aux voies de navigation et ancrage (par ex. canalisation, dragage)		
				#	E09	Opérations de transport terrestre, fluvial et aérien non citées précédemment		
				#	K03	Construction et exploitation de barrages	K	Modifications des régimes hydrologiques liées aux activités humaines
		1.6	Fréquent	#	E02	Fonctionnement des voies de navigation fluviales et maritimes	E	Développement et fonctionnement des réseaux de transports

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				>	F07	Activités sportives, touristiques et de loisirs	F	Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs.
				#	G01	Récolte (professionnelle ou récréative) de poissons et coquillages marins, causant la diminution des populations des espèces/proies et la perturbation des espèces	G	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)
				#	G05	Récolte professionnelle de poissons et coquillages d'eau douce		
				#	G06	Récolte récréative de poissons et coquillages d'eau douce		
				#	G07	Chasse		
				>	H01	Exercices et opérations militaires, paramilitaires ou de police en milieu continental	H	Activités militaires, mesures de sécurité publiques, et autres intrusions humaines
				>	H02	Exercices et opérations militaires, paramilitaires ou de police en eau douce ou milieu marin		
				#	H04	Vandalisme ou pyromanie		
				>	H07	Activités de recherche ou de surveillance intrusives et destructives		
				>	H08	Autres intrusions et perturbations humaines non mentionnées précédemment		
2	Pollution			>	A14	Elevage de bétail (hors pâturage)	A	Agriculture
		>	A23	Utilisation d'autres pratiques de lutte antiparasitaire en agriculture				
		>	A25	Activités agricoles générant des pollutions ponctuelles des eaux de surfaces et souterraines				
		>	A26	Activités agricoles générant des pollutions diffuses des eaux de surface et souterraines				
		>	A27	Activités agricoles générant des pollutions de l'air				
		>	A28	Activités agricoles générant des pollutions marines				
		>	A29	Activités agricoles générant des pollutions des sols				
		>	B22	Utilisation d'autres pratiques de lutte antiparasitaire en gestion forestière	B	Sylviculture et opérations forestières		
		>	B23	Activités sylvicoles générant des pollutions des eaux de surface et souterraines				
		>	B24	Activités sylvicoles générant des pollutions de l'air				
		>	B25	Activités sylvicoles générant des pollutions marines				
		>	B26	Activités sylvicoles générant des pollutions des sols	C	Extraction de ressources (minières, tourbe, ressources énergétiques non-renouvelables)		
		>	C10	Activités d'extraction générant des pollutions ponctuelles des eaux de surface ou souterraines				

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				>	C11	Activités d'extraction générant des pollutions diffuses des eaux de surface ou souterraines		
				>	C12	Activités d'extraction générant des pollutions marines		
				#	D07	Oléoducs et gazoducs		
				>	D08	Activités de production et de transmission d'énergie générant des pollutions des eaux de surface et souterraines	D	Production énergétique et développement d'infrastructures associées
				>	D09	Activités de production et de transmission d'énergie générant des pollutions de l'air		
				>	D10	Activités de production et de transmission d'énergie générant des pollutions marines		
				>	E05	Opérations de transport terrestre, fluvial et aérien générant des pollutions des eaux de surface ou souterraines	E	Développement et fonctionnement des réseaux de transports
				>	E06	Opérations de transport terrestre, fluvial et aérien générant des pollutions de l'air		
				>	E07	Opérations de transport terrestre, fluvial et aérien générant des pollutions marines		
				>	F12	Rejets d'eaux urbaines résiduaires (hors débordements d'orages et/ou ruissellements urbains) générant des pollutions des eaux de surface et souterraines	F	Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs.
				>	F13	Usines, sites industriels contaminés ou abandonnés générant des pollutions des eaux de surface ou souterraines		
				>	F14	Autres activités et structures résidentielles ou récréatives générant des pollutions ponctuelles des eaux de surface ou souterraines		
				>	F15	Autres activités et structures industrielles ou commerciales générant des pollutions ponctuelles des eaux de surface ou souterraines		
				>	F16	Autres activités et structures résidentielles ou récréatives générant des pollutions diffuses des eaux de surface ou souterraines		
				>	F17	Autres activités et structures industrielles ou commerciales générant des pollutions diffuses des eaux de surface ou souterraines		
				>	F18	Activités et structures résidentielles ou récréatives générant des pollutions de l'air		

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				>	F19	Activités et structures industrielles ou commerciales générant des pollutions de l'air		
				>	F20	Activités et structures résidentielles ou récréatives générant des pollutions marines (hors pollutions marines aux macro- et microparticules)		
				>	F21	Activités et structures industrielles ou commerciales générant des pollutions marines (hors pollutions marines aux macro- et microparticules)		
				>	F22	Activités et structures résidentielles ou récréatives générant des pollutions marines aux macro- et microparticules (par ex. sacs en plastique, polystyrène)		
				>	F23	Activités et structures industrielles ou commerciales générant des pollutions marines aux macro- et microparticules (par ex. sacs en plastique, polystyrène)		
				>	G02	Processus de transformation du poisson et des coquillages		
				>	G16	Pollution marine due à l'aquaculture marine		
				>	G21	Pollutions ponctuelles des eaux de surface ou souterraines dues à l'aquaculture en eau douce	G	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)
				>	G22	Pollutions diffuses des eaux de surface ou souterraines dues à l'aquaculture en eau douce		
				>	G23	Pollutions marines dues à l'aquaculture en eau douce		
				>	J01	Pollutions d'origines multiples des eaux de surface et souterraines (terrestres et lacustres)	J	Pollutions d'origines multiples
				>	J02	Pollutions d'origines multiples des eaux marines (marines et côtières)		
				>	J03	Pollutions de l'air d'origines multiples, polluants atmosphériques		
				>	J04	Pollutions des sols d'origines multiples et déchets solides (hors décharges)		
		2.1	Pollution physique-énergétique	>	C13	Activités d'extraction générant des pollutions sonores, lumineuses, thermiques ou d'autres formes de pollution	C	Extraction de ressources (minières, tourbe, ressources énergétiques non-renouvelables)
		>		D11	Activités de production et de transmission d'énergie générant des pollutions sonores	D	Production énergétique et développement d'infrastructures associées	
		>		D12	Activités de production et de transmission d'énergie générant des pollutions lumineuses, thermiques ou d'autres formes de pollution			

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				>	E08	Opérations de transport terrestre, fluvial et aérien générant des pollutions sonores, lumineuses, thermiques ou d'autres formes de pollution	E	Développement et fonctionnement des réseaux de transports
				>	F24	Activités et structures résidentielles ou récréatives générant des pollutions sonores, lumineuses, thermiques ou d'autres formes de pollution	F	Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs.
				>	F25	Activités et structures industrielles ou commerciales générant des pollutions sonores, lumineuses, thermiques ou d'autres formes de pollution		
				>	J05	Energie excédentaire d'origines multiples	J	Pollutions d'origines multiples
		2.2	Pollution physique-déchets	>	A24	Pratiques de gestion des déchets en agriculture	A	Agriculture
				>	C06	Décharge/dépôt de matériaux inertes issus d'extraction terrestre	C	Extraction de ressources (minières, tourbe, ressources énergétiques non-renouvelables)
				>	C07	Décharge/dépôt de matériaux de dragage issus d'extraction marine		
				>	F09	Dépôt et traitement des déchets et ordures ménagères ou d'établissements de loisirs	F	Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs.
				>	F10	Dépôt et traitement des déchets et ordures d'installations commerciales et industrielles		
		2.3	Pollution physique-particulaire	NC				
		2.4	Pollution chimique organique	>	A19	Utilisation d'engrais naturels sur des terres agricoles	A	Agriculture
				>	B18	Utilisation d'engrais naturels en gestion forestière	B	Sylviculture et opérations forestières
				#	F11	Pollutions des eaux de surface ou souterraines dues aux ruissellements urbains	F	Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs.
		2.5	Pollution chimique inorganique	>	A20	Utilisation d'engrais synthétiques (minéraux) sur des terres agricoles	A	Agriculture
				>	A21	Utilisation de produits chimiques phytosanitaires en agriculture		
				>	B19	Utilisation d'engrais synthétiques en gestion forestière, y compris chaulage des sols forestiers	B	Sylviculture et opérations forestières
				>	B20	Utilisation de produits chimiques phytosanitaires en gestion forestière		

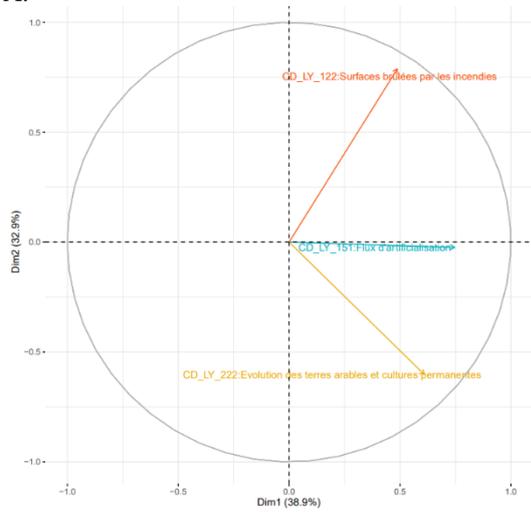
ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				#	F11	Pollutions des eaux de surface ou souterraines dues aux ruissellements urbains	F	Développement, construction et exploitation d'infrastructures et aires résidentielles, commerciales, industrielles et de loisirs.
3	Exploitation directe des ressources biologiques, intentionnelle ou non-intentionnelle	3.1	Prélèvement	>	B05	Exploitation forestière sans replantation ou régénération naturelle	B	Sylviculture et opérations forestières
				>	B09	Coupe à blanc, enlèvement de tous les arbres		
				>	B10	Exploitation forestière illégale		
				>	B11	Extraction de liège et exploitation forestière hors coupes de bois		
				#	G01	Récolte (professionnelle ou récréative) de poissons et coquillages marins, causant la diminution des populations des espèces/proies et la perturbation des espèces	G	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)
				#	G03	Récolte (professionnelle ou récréative) de poissons et coquillages marins, causant la perte physique et la perturbation des habitats des fonds marins		
				>	G04	Récolte de plantes marines		
				#	G05	Récolte professionnelle de poissons et coquillages d'eau douce		
				#	G06	Récolte récréative de poissons et coquillages d'eau douce		
				#	G07	Chasse		
				>	G09	Récolte ou collecte d'autres plantes et animaux sauvages (hors chasse et pêche sportive)		
				>	G10	Tir, abattage ou collecte illégale d'une espèce animale		
				>	G11	Récolte ou collecte illégale d'une espèce végétale		
				>	G13	Empoisonnement d'animaux (hors empoisonnement au plomb)		
		>	G14	Utilisation de plombs de pêche ou de chasse				
		>	G27	Autres activités relatives au prélèvement et à l'exploitation des ressources biologiques vivantes non citées précédemment				
				3.2	Mortalité accidentelle	>	D06	Transmission d'électricité et de communications (câbles)
		#	E01			Routes, chemins, voies ferrées et infrastructures liées (par ex. ponts, viaducs, tunnels)	E	Développement et fonctionnement des réseaux de transports
		#	E02			Fonctionnement des voies de navigation fluviales et maritimes		

ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				>	E04	Trajectoires de vol d'avions, hélicoptères et autres appareils à usage non récréatif		
				#	E09	Opérations de transport terrestre, fluvial et aérien non citées précédemment		
				>	G12	Prises accessoires et mortalité accidentelle (dues aux activités de pêche et chasse)	G	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)
4	Espèces allochtones (dont espèces exotiques envahissantes)	4.1	Présence d'espèces exotiques envahissantes	>	I01	Espèces exotiques envahissantes préoccupantes pour l'UE	I	Espèces exotiques et espèces problématiques
				>	I02	Autres espèces exotiques envahissantes (hors espèces préoccupantes pour l'UE)		
		4.2	Présence de pathogènes	>	I03	Pathogènes et parasites des plantes et animaux	I	Espèces exotiques et espèces problématiques
		4.3	Perturbation génétique	>	A34	Introduction et dispersion de nouvelles cultures (y compris OGM)	A	Agriculture
				>	B03	Introduction ou replantation avec des espèces exotiques ou non typiques (y compris nouvelles espèces et OGM)	B	Sylviculture et opérations forestières
				>	G17	Introduction et dispersion d'espèces (y compris OGM) en aquaculture marine	G	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)
				>	G24	Introduction et dispersion d'espèces (y compris OGM) en aquaculture en eau douce		
5	Changement climatique			>	N09	Autres changements des conditions abiotiques liés au changement climatique	N	Changement climatique
				>	N04	Modifications du niveau de la mer et de l'exposition aux vagues dues au changement climatique		
				>	N05	Modifications de la localisation, la taille et/ou la qualité de l'habitat dues au changement climatique		
				>	N06	Désynchronisation de processus biologiques/écologiques due au changement climatique		
				>	N07	Déclin ou extinction d'espèces liées (par ex. sources de nourriture/proies, prédateur/parasite, symbiote, etc.) dus au changement climatique		

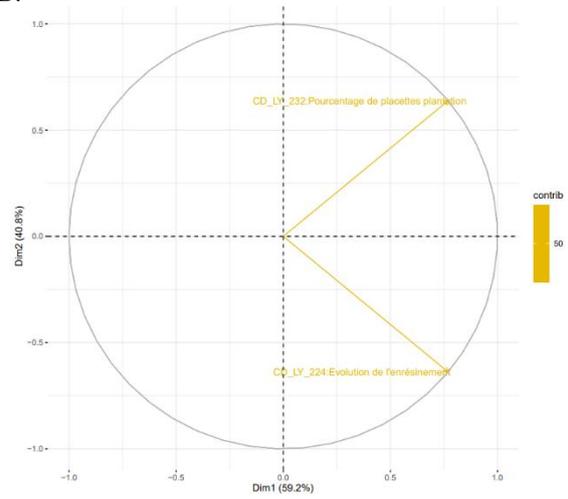
ID cat. DT	Grand facteur de changement DT	ID DT	Pression DT	Relation	ID N2000	Pression N2000	ID cat. N2000	Catégorie de pression N2000
				>	N08	Modifications de la distribution d'espèce (colonisation naturelle) dues au changement climatique		
		5.1	Changement des températures (moyennes ou extrêmes)	>	N01	Changements de température (par ex. augmentation de température, accentuation des extrêmes) dus au changement climatique	N	Changement climatique
		5.2	Changement du régime de précipitation et régime éolien (moyennes ou extrêmes)	>	N02	Sécheresses et diminutions des précipitations dues au changement climatique	N	Changement climatique
				>	N03	Augmentations ou changements de précipitations dus au changement climatique		
				NC	A36	Autres activités agricoles non citées précédemment	A	Agriculture
					B29	Autres activités forestières, hors activités liées à l'agroforesterie	B	Sylviculture et opérations forestières
					D14	Activités de production et transmission d'énergie non citées précédemment	D	Production énergétique et développement d'infrastructures associées
					G08	Gestion des stocks halieutiques et de gibier	G	Prélèvement et exploitation de ressources biologiques vivantes (hors agriculture et sylviculture)
					H06	Fermeture ou accès restreint à des sites/habitats	H	Activités militaires, mesures de sécurité publiques, et autres intrusions humaines
					I04	Espèces indigènes problématiques	I	Espèces exotiques et espèces problématiques
					Xe	Menaces et pressions hors du territoire de l'UE	X	Pressions inconnues, absence de pressions, et pressions hors de l'Etat membre
					Xo	Menaces et pressions hors de l'Etat membre		
					Xp	Pas d'information sur les pressions		
					Xt	Pas d'information sur les menaces		
			Xu	Pression inconnue				

ANNEXE 4 : Analyses en composante principale des couches spatiales de pression par catégorie de pression de la typologie des diagnostics territoriaux.

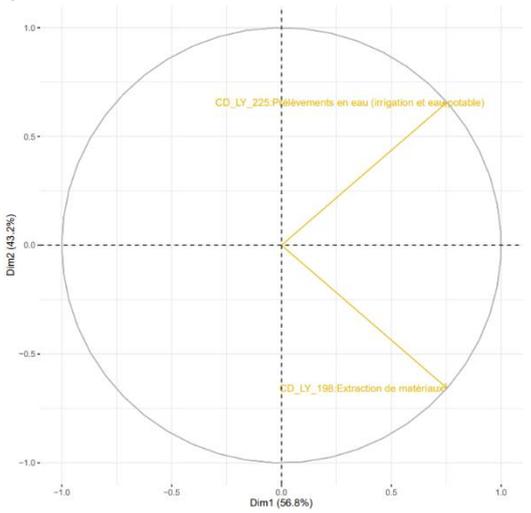
A.



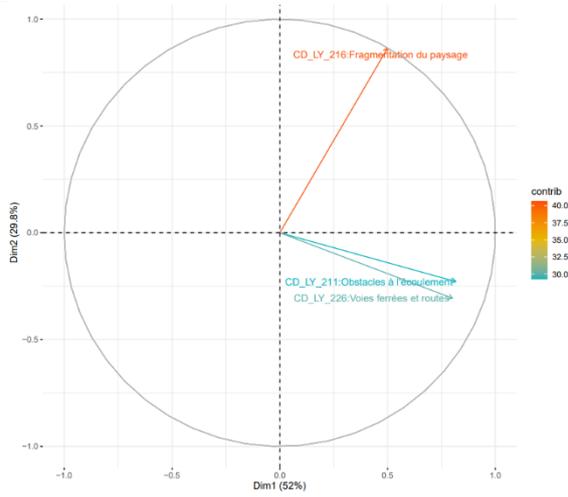
B.



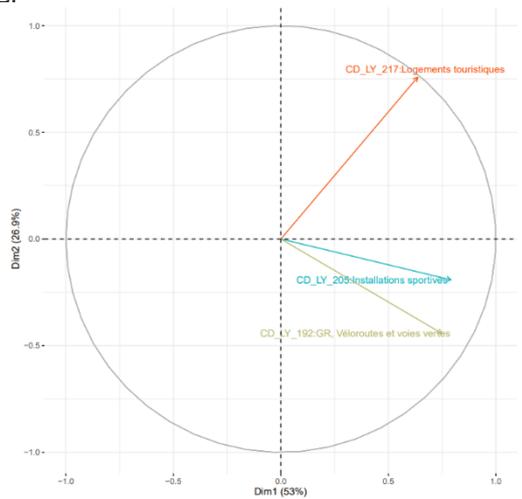
C.



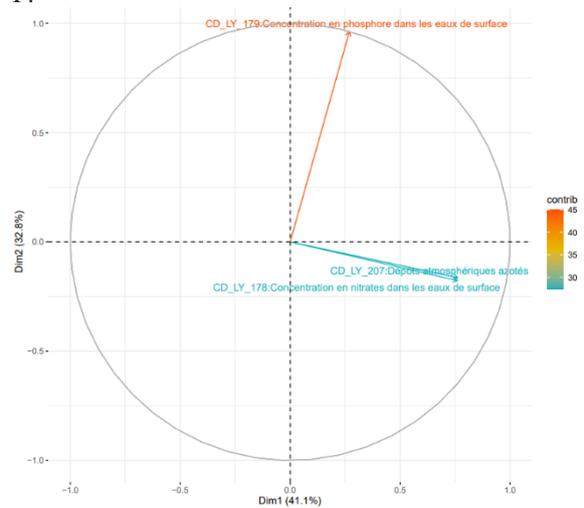
D.



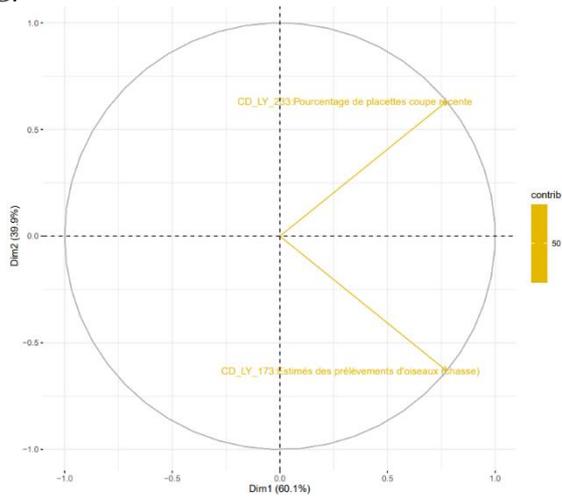
E.



F.



G.



H.

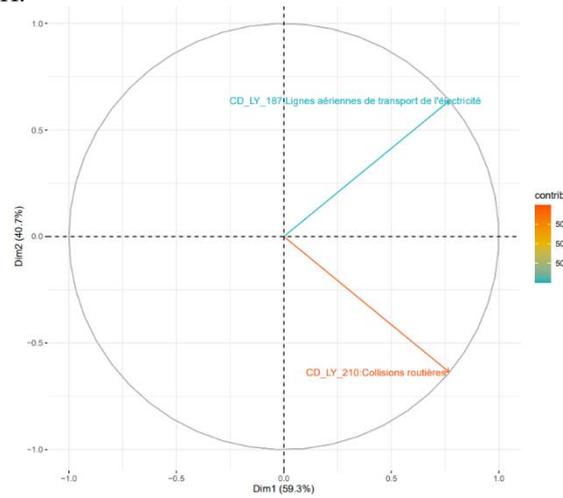


Figure 37 : Contribution de chaque variable (couches spatiales de pression) sur les deux premiers axes des analyses en composant principale, par catégorie de pression du diagnostic territorial. A. Perte physique de surfaces naturelles ; B. Changement anthropique d'écosystème ; C. Dommage à l'écosystème ; D. Obstacle ; E. Fréquentation, dérangement ; F. Pollution chimique organique ; G. Prélèvements et H. Mortalité accidentelle.

RÉSUMÉ

Le travail de cartographie des pressions anthropiques en France métropolitaine continental présenté ici, a été réalisé afin d'alimenter l'analyse des zones de vigilance au regard des enjeux nationaux de biodiversité dans le cadre de la Stratégie nationale pour les aires protégées (SNAP).

Une méthodologie d'identification des données spatiales de pressions anthropiques continentales et de mise en relation de celles-ci avec la typologie des diagnostics territoriaux mise en œuvre par l'OFB a été réalisée. Ce travail de standardisation permet de faciliter l'usage de ces données, mises à disposition sous un format unique.

Les cartes produites ont pour objectif de faciliter tout travail nécessitant des données spatialisées librement accessibles de pressions anthropiques présentant un impact significatif sur la biodiversité continentale au niveau métropolitain.

Par la suite, les indicateurs de pression développés ici pourront être croisés avec le niveau de représentativité du réseau d'aires protégées pour les espèces et les habitats à enjeux de conservation. L'objectif sera d'identifier les secteurs riches en espèces ou habitats patrimoniaux insuffisamment couverts par le réseau actuel d'aires protégées et confrontés à un niveau élevé de pression anthropique, et inversement, les zones à enjeux ne subissant pas de pression. Les résultats permettront d'identifier des secteurs stratégiques pour la création de nouvelles aires protégées ou le renforcement de la protection et de la gestion des espaces naturels.



UMS PatriNat
Muséum national d'Histoire naturelle
CP41 – 36 rue Geoffroy Saint-Hilaire
75005 Paris
www.patrinat.fr

