



Référentiel

Indicateurs de pression sur la biodiversité

JUIN 2023

INTRODUCTION

Les activités du secteur de l'immobilier entraînent des répercussions sur la biodiversité. Elles participent à la fragmentation et la dégradation des habitats naturels et semi-naturels ([Grimm et al. 2008](#)). Aussi, elles engendrent des impacts écologiques liés à l'extraction, au transport, à la transformation et au cycle de vie des matériaux de construction (Brachet, 2020). Ces observations soutiennent le constat faisant de l'artificialisation des sols l'une des premières causes du changement climatique et de l'érosion de la biodiversité (comme le précise le Ministère de la Transition écologique [sur son site](#)). Or, il est primordial de préserver les services écosystémiques associés à la composition, à la structure et à la fonction des écosystèmes ainsi que leur résilience pour qu'ils fournissent ces mêmes services dans le futur ([Failing and Gregory, 2003](#)). Aujourd'hui, l'engagement pro-environnemental des acteurs de l'immobilier et des collectivités peut se positionner sur deux enjeux de la biodiversité ; d'une part, en favorisant la reconquête par la biodiversité des milieux fortement anthropisés, d'autre part, en limitant voire évitant les effets négatifs de l'étalement urbain ([Walmsley, 2006](#)). Il est primordial d'accompagner l'engagement du secteur de l'immobilier en développant des outils de compréhension des enjeux écologiques.

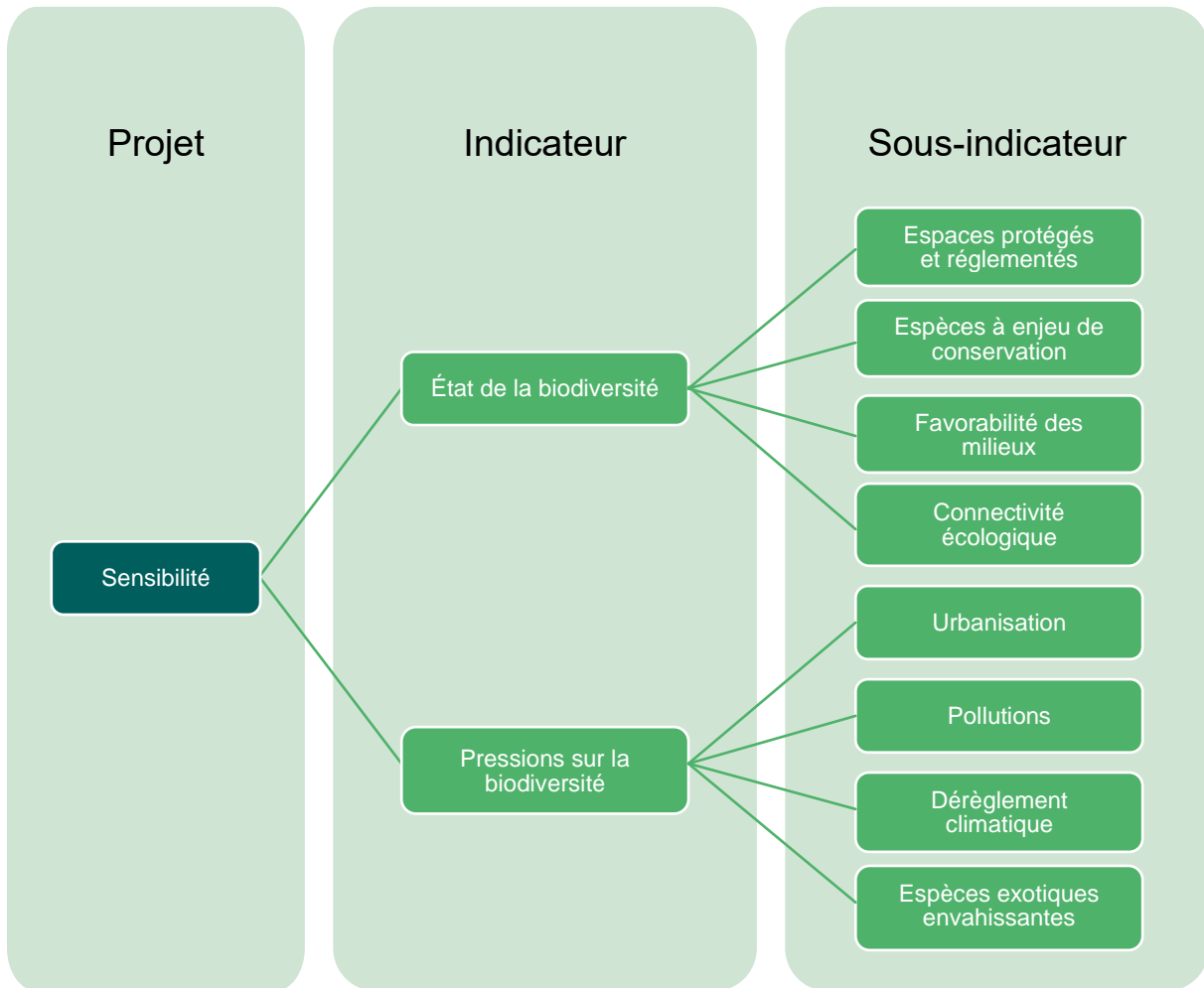
Pour agir favorablement sur la biodiversité, il est nécessaire de se reposer sur des connaissances et une méthodologie scientifique. Notre cadre de réflexion repose sur le modèle « Pression-Etat-Réponse » (PER), développé par l'OCDE, qui met en évidence la causalité entre les pressions anthropiques, l'état des écosystèmes et les réponses apportées par les sociétés ([OCDE 1993](#) ; [Delavaud et al. 2021](#)). Ainsi, les outils à développer pourraient mesurer l'état de la biodiversité - autrement dit la qualité écologique des milieux, les menaces que nos sociétés font peser sur l'environnement ainsi que les effets des actions publiques et privées.

L'évaluation croisée des pressions et de l'état de la biodiversité constitue une combinaison pertinente pour décrire les enjeux écologiques. L'indicateur d'état représente la distribution de la qualité des écosystèmes tandis que l'indicateur de pression évalue la répartition d'un ensemble de phénomènes qui ont des impacts directs dans l'effondrement de la biodiversité. La notion de sensibilité correspond à l'association de ces deux paramètres pour caractériser un territoire. Cette échelle géographique du territoire est intéressante car elle rejoint celle des schémas territoriaux et autres documents d'urbanisme. Aussi, elle permet aux acteurs de l'immobilier d'orienter leurs pratiques pour une cohérence écologique à une échelle plus large que celles de leurs bâtiments ou projets.

Les indicateurs proposés ici, et disponibles sur l'outil BIODI-Bat, permettront de formuler des recommandations en concordance avec les impératifs réglementaires auxquels le secteur de l'immobilier et de l'aménagement doit se conformer. On peut prendre pour exemple le projet de loi européen « Nature Restoration Law » qui vise un objectif de zéro perte nette d'espaces verts urbains d'ici 2030 et une augmentation de ces mêmes espaces d'ici 2050 ([European Commission](#)).

L'outil BIODI-Bat peut servir deux desseins. Le premier en priorisant les sites où il faudrait favoriser la reconquête de la biodiversité (dans le cadre de la gestion d'un parc immobilier existant). Le second en identifiant les enjeux de conservation et les pressions sur la biodiversité afin d'orienter les choix d'implantation et les moyens vers les actions les plus pertinentes (dans une démarche projet). Comme évoqué ci-haut, l'analyse de la sensibilité

d'un site combine les indicateurs d'état de la biodiversité et les pressions exercées sur la biodiversité. Le schéma ci-dessous révèle l'arborescence du projet. Chaque indicateur se décline en sous-indicateurs qui en couvrent différentes dimensions. La dernière division de cette arborescence est constituée par les facteurs qui sont les métriques (mesures directes) de biodiversité.



Arborescence de l'évaluation de la sensibilité, OID 2023

L'évaluation de la sensibilité est un projet cartographique d'appréciation des enjeux de biodiversité à proximité d'un bâtiment ou d'une parcelle. L'idée n'est pas de cartographier la biodiversité ou la naturalité à l'échelle de la parcelle, mais de fournir une information sur l'environnement autour du bâtiment ou du projet.

BIODIVERSITY IMPULSION GROUP – GO BIG FOR NATURE !



Le Biodiversity Impulsion group (BIG) est un programme de recherche appliquée fédérant un groupe d'entreprises du secteur de l'immobilier et de la ville, ainsi que de nombreux partenaires académiques, institutionnels et techniques. Il vise le développement de référentiels de mesure de la biodiversité à l'échelle du bâtiment et du territoire ainsi que la mise à disposition d'outils et de guides facilitant la transition des professionnels vers un modèle respectueux du vivant. Pour cela, le programme repose sur une démarche d'intelligence collective et d'amélioration continue.

Le présent référentiel est le fruit d'un travail collaboratif entre les entreprises partenaires, les équipes de l'OID ainsi que de nombreux échanges avec des scientifiques, experts et chercheurs sur les années 2022 et 2023.

Pour en savoir plus sur l'initiative BIG : <https://biodiversity-impulsion-group.fr/>

LES ENTREPRISES PARTENAIRES

TABLE DES MATIERES

Introduction	2
Biodiversity Impulsion Group – Go BIG for NATURE !.....	4
Les entreprises partenaires.....	4
Les indicateurs de pression sur la biodiversité	6
Interprétation.....	6
Urbanisation	7
Présentation	7
Méthodologie	8
• Consommation des espaces naturels et semi-naturels.....	8
• Fragmentation	10
• Indicateur d'Urbanisation.....	11
Dérèglement climatique.....	14
Présentation	14
Méthodologie	15
• Evolution globale des températures (EGT).....	15
• Fortes chaleur (FC)	17
• Gel tardif (GT)	20
• Indicateur dérèglement climatique final	22
Espèces exotiques envahissantes.....	24
Présentation	24
Méthodologie	24
Discussion.....	27
Conclusion	28
Bibliographie	29
Remerciements	33
A propos.....	33

LES INDICATEURS DE PRESSION SUR LA BIODIVERSITE

Les pressions anthropiques et l'état de la biodiversité sont liés par une relation causale. L'état de biodiversité décrit les caractéristiques écologiques d'un territoire tandis que les pressions sont les phénomènes susceptibles d'affecter ou d'expliquer cet état ([Maxim et al. 2009](#)).

Le terme « pression » revêt plusieurs acceptions. La définition retenue dans ce cadre est celle de [Judd et al. 2015](#) qui définit une pression comme étant un « événement ou un 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 ». Ainsi, une pression peut intervenir à différentes échelles de temps et d'espace, elle peut être constante ou permanente, temporaire ou intermittente. Elle est causée par les activités humaines et implique des effets négatifs sur l'environnement ([Kristensen, 2004](#)). L'[IPBES](#) définit cinq grandes catégories de pressions dont le rôle dans l'effondrement de la biodiversité est avéré : changements des écosystèmes, pollutions, changements climatiques, espèces exotiques envahissantes et surexploitation des ressources.

L'évaluation et la cartographie des pressions anthropiques est indispensable pour permettre d'appréhender l'étendue et le degré de ces phénomènes ([Wu et al 2016](#)). Cette information est fournie par BIODI-Bat pour qualifier le contexte environnemental des bâtiments à travers ces quatre indicateurs :

- Urbanisation
- Pollutions
- Dérèglement climatique
- Espèces exotiques envahissantes

Chaque pression est associée à son propre indicateur. L'indicateur de pollutions est en cours de développement ; il n'est donc pas présenté dans la présente version du référentiel.

INTERPRETATION

Les indicateurs ont pour objectif de décrire la répartition des pressions ainsi que leur intensité en France métropolitaine. Les indicateurs varient entre 0 et 1. Ils permettent de caractériser le territoire national en décrivant le degré de pressions anthropiques mesurable.

Le gradient commence donc de '0' qui indique une faible voire une absence de la pression. Puis, il augmente jusqu'à atteindre '1', ce qui décrit la pression maximale relevée dans l'Hexagone. En effet, les bornes inférieures et supérieures de chaque indicateur retranscrivent le minimum et le maximum des pressions mesurables en France métropolitaine.

L'observation des différentes intensités de pression sur le territoire permet de tenir compte de ces enjeux dans les actions mises en place à l'échelle d'un projet. Un territoire avec une forte

dynamique d'urbanisation signifie par exemple que les écosystèmes en place, même s'ils sont en bon état, sont susceptibles de souffrir d'un processus de destruction. Voir le *Tableau 1* ci-dessous.

	Faible	Moyen	Fort
Urbanisation	0 – 0,06	0,06 – 0,19	0,19 – 1
Dérèglement climatique	0 – 0,44	0,44 – 0,61	0,61 - 1
Espèces exotiques envahissantes	0 – 0,24	0,24 – 0,44	0,44 - 1

Tableau 1 : Seuils nationaux pour les indicateurs de Pressions sur la biodiversité
Source : OID, 2023

URBANISATION

PRESENTATION

L'urbanisation affecte la biodiversité et les fonctionnements écologiques. D'abord, cela consiste à la disparition et au morcellement les habitats écologiques en créant des habitats plus petits et potentiellement isolés les uns des autres ([Liu et al 2018](#)). Les sols étant imperméabilisés, ils ne peuvent plus remplir leur fonction d'épuration/ infiltration des eaux, ni stocker le CO₂ et encore moins accueillir la biodiversité souterraine qui est elle-même indispensable à toute la biodiversité terrestre ([Bonthoux et Gaudin, 2021](#)). Par ailleurs, ces changements brutaux des paysages réduisent de manière significative l'abondance et la diversité des espèces ([Pearse et al, 2018](#) ; [Kondratyeva et al 2020](#)).

On peut distinguer deux impacts de l'urbanisation : la destruction d'habitats écologiques d'une part, et le processus de fragmentation d'autre part. Ce sont deux phénomènes corrélés qui peuvent intervenir simultanément, augmentant de fait les effets délétères sur les milieux naturels. Les évaluations de l'urbanisation combinent souvent ces deux aspects ([Cherrier, Prima et Rouveyrol, 2021](#)) ce qui permet de représenter des changements qualitatifs et quantitatifs dans les paysages à travers l'étude de l'occupation des sols ([Izakovicova et al, 2022](#)).

L'indicateur d'urbanisation estime la perte d'habitats écologiques grâce à une métrique dite de « Consommation des espaces naturels et semi-naturels¹ ». Il s'agit d'illustrer le caractère dynamique de l'urbanisation en faisant apparaître l'évolution récente de l'artificialisation qui génèrent des perturbations fortes et brutales sur les milieux. La métrique identifie et quantifie l'évolution de l'urbanisation à travers la conversion d'habitats qui étaient naturels ou semi-

¹ Les habitats semi-naturels sont façonnés par l'Homme (terres agricoles ou en déprise, prairies pâturées). A contrario, les structures et fonctionnements des habitats naturels se perpétuent gestion humaines (ce qui ne signifie pas qu'ils sont exemptés de pressions anthropiques).

naturels en 2006 et qui sont devenus des surfaces urbanisées au cours de la période 2006-2018. Pour enrichir l'indicateur d'urbanisation, la quantité de surfaces urbanisées est associée à un degré d'importance de la conversion.

La seconde métrique, fragmentation, décrit l'état de fait de l'urbanisation qui crée du morcellement des écosystèmes. Elle aborde alors les conséquences de la perte de fonctionnalités des écosystèmes. La métrique « Fragmentation » informe quant à elle sur la continuité écologique.

METHODOLOGIE

Deux métriques ont été intégrées dans l'indicateur d'urbanisation :

- ✓ Consommation des espaces naturels et semi-naturels
- ✓ Fragmentation

• Consommation des espaces naturels et semi-naturels

☰ Données utilisées

Les bases de données utilisées sont les inventaires biophysiques d'occupation des sols du [Corine Land Cover](#). Ces sources cartographient les habitats présents en Europe grâce à l'analyse d'images satellitaires. La conversion d'espaces naturels et semi-naturels a été mesurée entre 2006 et 2018 ; ce sont donc les millésimes 2006 et 2018 qui ont servi pour la métrique.

☰ Traitement

L'hémérobie a été calculée à partir des données de Corine Land Cover 2006 et 2018. L'hémérobie est une classification des typologies d'occupation des sols qui compte sept rangs depuis les milieux naturels - avec des écosystèmes largement constitués d'espèces indigènes et où l'activité anthropique n'a pas fondamentalement altéré les structures et fonctions écologiques - jusqu'aux milieux urbanisés où la biocénose a été totalement détruite ([Guetté 2018](#)). La méthodologie de calcul de l'hémérobie est précisée dans le [Référentiel de l'indicateur d'état](#). Ci-dessous la classification hémérobique :

Degré	Impact anthropique	Corine Land Cover
1	Excessivement fort, Biocénose détruite	Tissu urbain continu, Zones industrielles ou commerciales, Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés, Zones portuaires, Aéroports
2	Très fort	Tissu urbain discontinu, Extraction de matériaux, Décharges, Chantiers

3	Fort	Equipements sportifs et de loisirs, Vignobles, Vergers et petits fruits, Oliveraies, Terres arables hors périmètres d'irrigation, Irrigation, Rizières, Cultures annuelles et cultures permanentes, Systèmes cultureux et parcellaires complexes
4	Modéré-fort	Espaces verts urbains, Prairies, Surfaces essentiellement agricoles interrompues par espaces naturels importants, Territoires agro-forestiers, Marais salants, Cours et voies d'eau, Plans d'eau, Espaces ouverts urbains (jardins, squares, cimetières)
5	Modéré	Forêts de conifères, Forêts mélangées, Pelouses et pâturages naturels, Landes et broussailles, Végétation sclérophylle, Forêts et végétation arbustive en mutation, Végétation clairsemée, Zones incendiées
6	Faible	Forêts de feuillus, Plages, dunes et sables, Marais intérieurs, Tourbières, Marais maritimes, Zones intertidales, Lagunes littorales, Estuaires
7	Presque aucun	Roches nues, Glaciers et neiges éternelles

Classement des typologies d'occupation des sols selon leur degré d'hémérobie, OID 2023

L'évolution négative de l'hémérobie est un proxy du processus d'urbanisation. Les zones répertoriées en espaces urbains en 2018 et qui ne l'étaient pas en 2006 ont été isolées et leurs aires sont calculées. On définit alors le « saut hémérobique » comme étant le passage d'une classe hémérobique à une autre. Seuls les sauts hémérobiques depuis les classes 3, 4, 5, 6 ou 7 (classées naturelles et semi-naturelles) vers les classes 1 et 2 (classées comme urbaines) ont été pris en compte dans la méthode.

Hémérobie 2006	Hémérobie 2018	Saut hémérobique
3	1 & 2	1
4		2
5		3
6		4
7		5

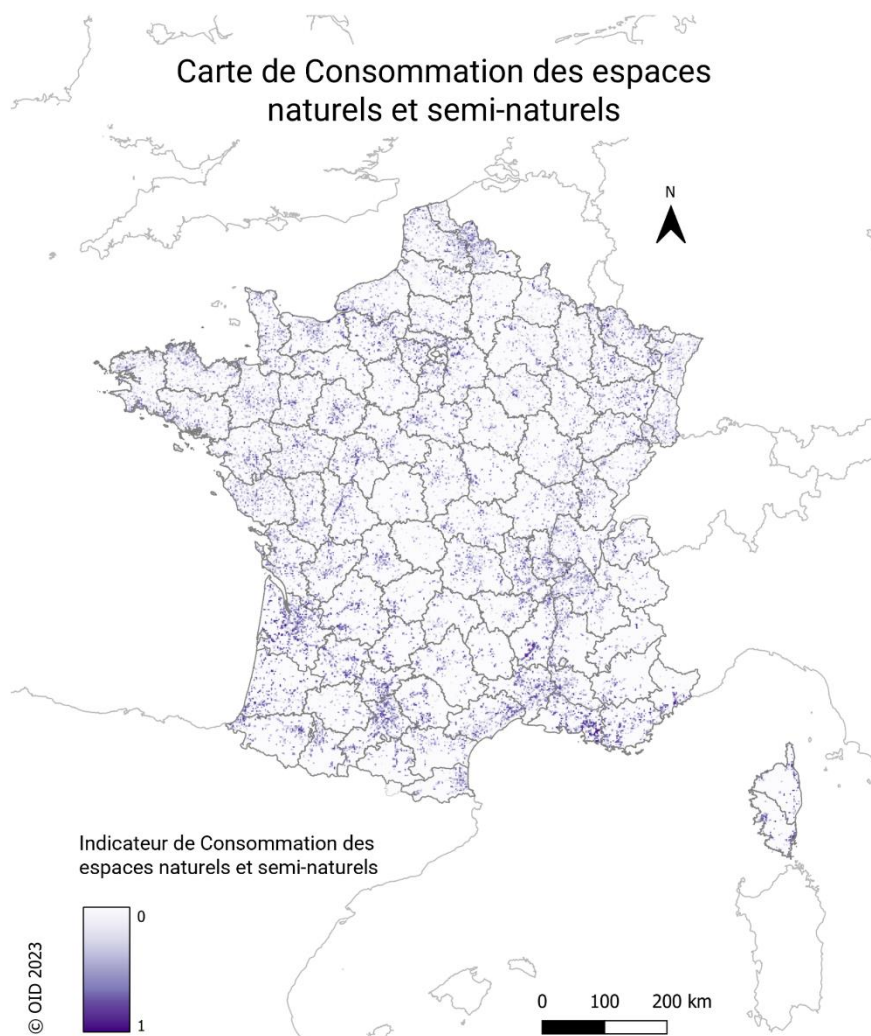
Saut hémérobique entre 2006 et 2018 selon l'hémérobie de l'occupation des sols, OID 2023

La Métrique « Consommation des espaces naturels et semi-naturels » prend en compte la surface consommée en la pondérant avec le saut hémérobique. Le saut hémérobique symbolise l'étendue de la conversion : plus le saut hémérobique est important, plus le territoire perd en naturalité, ce qui renforce la gravité de la pression d'urbanisation. La formule suivante est appliquée :

$$\text{Consommation Espaces Naturels \& Seminaturels} = \sum \text{Surface convertie} \times \text{Saut hémérobique}$$

≡ Maillage

Toute la France métropolitaine bénéficie du même maillage : 2kmx2km.

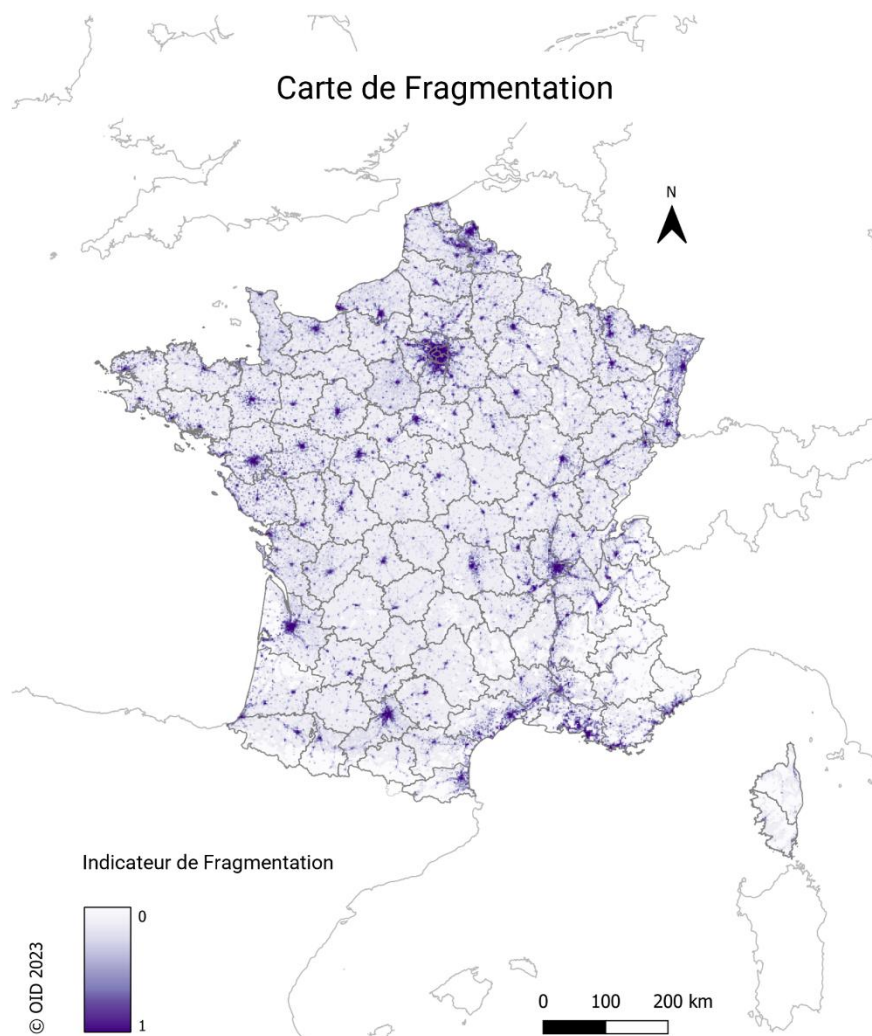


● Fragmentation

≡ Données

L'Union européenne produit une carte de Fragmentation basée sur la méthode dite m_{eff} pour « Effective Mesh Density ». La méthodologie de production de cette carte de fragmentation est basée sur la probabilité que deux points choisis au hasard dans une région soient connectés, c'est-à-dire qu'ils ne sont séparés ni par des voies de transport ni par des aménagements urbains ([Jaegen et al, 2006](#)).

Plus il y a de barrières dans le paysage, plus la probabilité que les deux points soient connectés diminue ([Méthodologie ici](#)). La valeur de m_{eff} varie entre la valeur 0 - entièrement fragmenté - et la valeur 1 pour un territoire non fragmenté. Cette valeur peut être interprétée comme la capacité de deux animaux de la même espèce placés au hasard dans une région à se retrouver l'un l'autre. La [dernière version de la carte](#) européenne « Effective Mesh Density » a été produite en 2018 et possède des mailles de 100m x 100m.



≡ Maillage

Après extraction des données de l'Hexagone, les valeurs sont moyennées dans des mailles de 2km x 2km.

● Indicateur d'Urbanisation

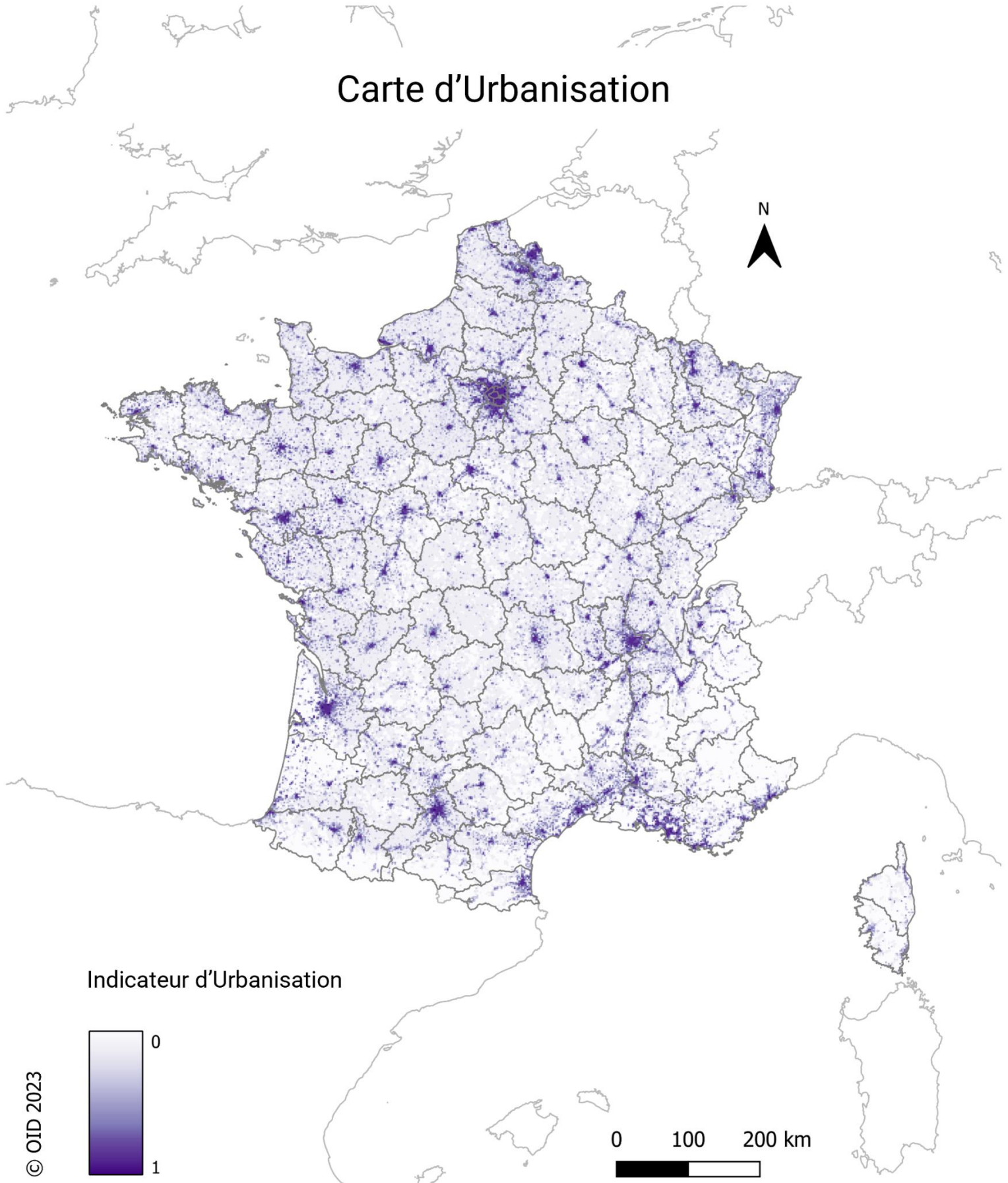
Les territoires urbanisés comptent pour près d'1/4 du territoire métropolitain (Insee). Les deux métriques de Consommation des ENSN et Fragmentation retranscrivent cet état de fait avec

des valeurs d'urbanisation relativement faibles pour une grande partie du territoire métropolitain, rendant la lecture de l'indicateur compliquée. Une transformation carrée des données permet de révéler les différents niveaux de pression.

L'indicateur final correspond à l'addition des deux métriques développées précédemment :

$$\text{Urbanisation}(x) = \text{Consommation ENSN}(x) + \text{Fragmentation}(x)$$

Carte d'Urbanisation



DEREGLEMENT CLIMATIQUE

PRESENTATION

Il est désormais établi, sans équivoque, que les températures et le climat se réchauffent du fait des activités humaines depuis 1850-1900 ([IPCC, AR6, 2023](#)). Ce réchauffement impacte déjà les écosystèmes et des conséquences négatives sont prévues à mesure que le phénomène s'intensifie.

Le dérèglement climatique se caractérise par des modifications thermiques (évolution globale des températures, épisodes caniculaires, etc.) et des effets indirects (inondation, feux de forêt, sécheresses, etc.). Par conséquent, les impacts des vagues de chaleur, par exemple, ne sont pas isolés mais interagissent avec d'autres événements, en particulier sécheresse et feux de forêt ([Breshears et al., 2021](#)). Les effets indirects des phénomènes climatiques extrêmes sont eux aussi une pression pour la biodiversité puisqu'ils peuvent entraîner des modifications de l'habitat comme par exemple, la stabilité du sol, la composition de la végétation, les flux d'eau modifiés par les sécheresses, les inondations ou les ouragans, etc. ([Jiquet et al., 2011](#))

A ce stade, il est difficile d'estimer avec précision ces impacts futurs du dérèglement climatique ([Cherrier, Prima et Rouveyrol, 2021](#)). Les conséquences du changement climatique seront différentes d'une espèce à l'autre selon leur niche écologique, leur capacité de dispersion et d'adaptation. Les indicateurs développés ici reflètent donc un risque climatique pour la biodiversité. Pour un même phénomène climatique, les impacts pour chaque espèce seront différents (conquête du territoire ou perte du territoire). Ainsi, un espace ayant un indicateur fort a plus de risque que la biodiversité actuellement présente soit modifiée qu'un espace dont l'indicateur est faible. C'est le caractère évolutif du dérèglement climatique qui est étudié car c'est le changement de température qui induit des conséquences sur la biodiversité. Toutes les données utilisées dans ses indicateurs prennent donc en compte l'évolution selon une période de référence ou selon une référence spatiale.

L'outil BIODI-Bat évaluent dans un premier temps les conséquences thermiques directes sur la biodiversité. Ainsi trois métriques ont été prises en compte :

- ✓ Evolution globale des températures
- ✓ Fortes chaleurs
- ✓ Gel tardif

L'évolution globale des températures permet de donner une vision générale de l'évolution du climat par rapport à la période de référence. C'est un indicateur qui décrit la modification systémique en profondeur du phénomène. Il permet d'avoir une vision du climat futur. Les événements extrêmes quant à eux, induisent des impacts généralisés sur la biodiversité tels que la mortalité et le changement d'état de l'écosystème ([Breshears et al., 2021](#)). Selon une revue sur les interactions entre les effets du climat et la perte d'habitat sur la biodiversité ([Olivier et Morrcroft, 2014](#)) ce sont dans les zones où les températures maximales sont élevées

que les effets de la perte et de la fragmentation de l'habitat sont les plus importants. Les fortes chaleurs peuvent entraîner des effets sublétaux et létaux sur la flore par exemple, qui entraînent des effets secondaires sur les écosystèmes associés ([Breshears et al., 2021](#)). De plus, dans les régions tempérées, la modification des températures de saison plus douces avec des automnes plus tardifs et des printemps plus tôt modifient le calendrier des événements biologiques de nombreux groupes. De tels changements peuvent entraîner des décalages temporels entre les espèces qui interagissent, et peuvent potentiellement conduire à des déclin de population et finalement à des extinctions ([Mantyka-Pringle et al., 2011](#)). Ces perturbations sont d'autant plus dangereuses lorsque des espèces sensibles aux variations de température avancent leur phénologie et qu'un événement de froid survient. C'est par exemple le cas des abeilles qui, face à la douceur des températures, peuvent sortir trop tôt de leur hibernation et se faire surprendre par une vague de froid qui entraîne maladies, décès, ou manque de nourriture. Les gelées printanières tardives sont une menace pour de multiples espèces végétales (en particulier dans les forêts de montagne) d'autant plus lorsqu'elles sont précédées d'hivers doux, provoquant une forte réduction de la période photosynthétique en raison de la mort des fleurs et du feuillage frais ([Greco et al., 2018](#)).

METHODOLOGIE

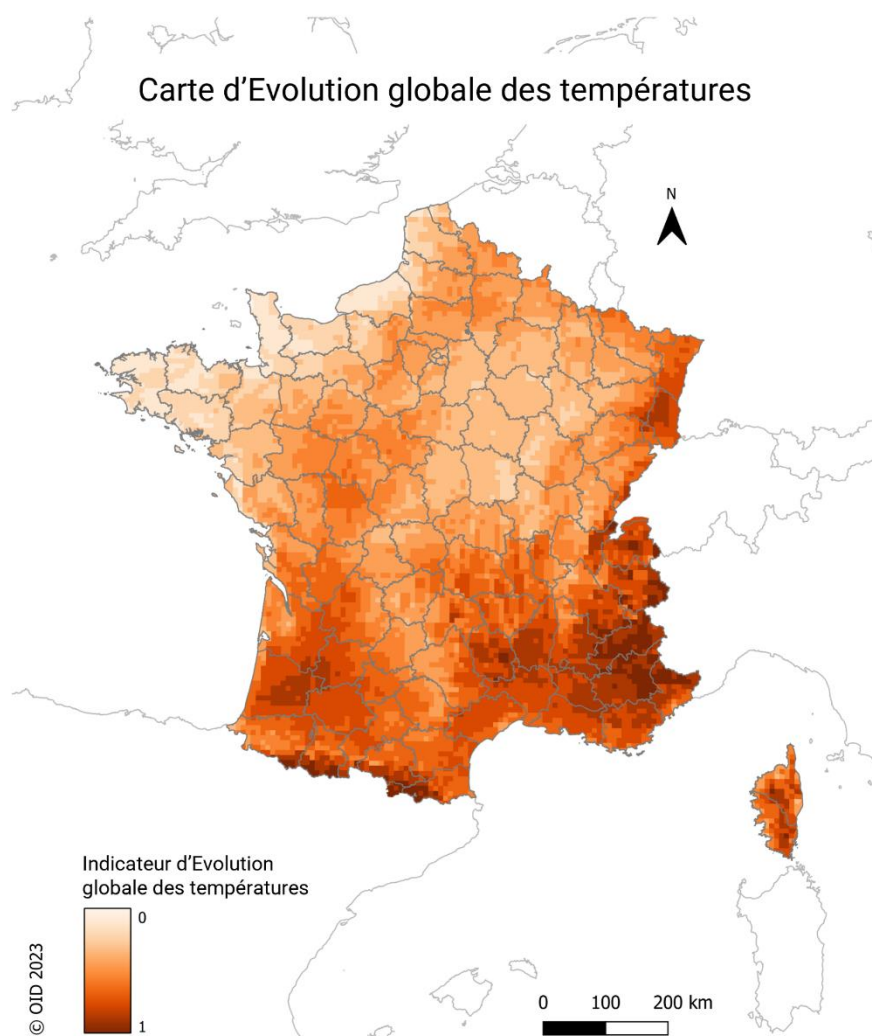
La problématique du changement climatique sur la biodiversité est bien son évolution puisque les espèces ne sont plus adaptées aux conditions biotiques et abiotiques locales. L'évaluation des impacts du changement climatique sur la biodiversité utilise donc des données relatives par rapport à une période de référence entre 1951 et 2005. Cette période de référence décrit la période passée la plus récente dans les simulations historiques Euro-Cordex ([Drias, 2020](#)).

Exceptées les données sur les îlots de chaleur urbains (métrique des fortes chaleurs), les données climatiques utilisées dans la méthodologie BIODI-Bat se basent sur les projections 2050 suivant le scénario climatique RCP8.5 (business-as-usual) qui décrit un futur à environ 5 °C de réchauffement global d'ici 2100. L'horizon 2050 est obtenu en réalisant une médiane des projections sur un échantillon de 20 années afin de lisser la variabilité climatique des modèles.

- **Evolution globale des températures (EGT)**

- ≡ Données utilisées

Les données décrivent l'écart entre les températures moyennes quotidiennes sur la période 2040-2060 par rapport à la température quotidienne moyenne de référence (1951-2005). Ces données sont mises à disposition par Météo-France et le Centre National de Recherches Météorologiques sur la plateforme Drias de projection climatique ([Données Drias](#)). Il s'agit d'une carte de points espacés de 8km auxquels sont attribués l'écart des températures moyennes annuelles par rapport à la période de référence.



Traitement

Afin d'avoir une unique valeur par point, la médiane sur la période de 20 ans est calculée, ce qui permet de lisser la variabilité climatique. Par ailleurs, afin de reconstituer une carte complète sans « trou » entre les points, un maillage de la France est reconstruit selon la méthode du diagramme de Voronoï. Cela permet de reconstituer autour de chaque point un polygone dont chaque arrête est à égale distance du point voisin.

Afin d'obtenir un indicateur compris entre 0 et 1 qui ait la même étendue que les autres indicateurs de BIODI-Bat, il est nécessaire de normaliser l'ensemble des données en divisant chaque valeur de la maille par le maximum de l'échantillon selon le modèle suivant :

$$EGT(x) = \frac{ECARTTAV(x)}{\max(n)}$$

Avec :

- ✓ $EGT(x)$: L'indicateur d'évolution globale des températures à horizon 2050 au point x .

- ✓ $ECARTTAV(x)$: L'écart de températures moyennes quotidiennes sur la période 2040-2060 par rapport à la température quotidienne moyenne de référence (1951-2005) au point x .
- ✓ $\max(n)$: La valeur n de l'échantillon dont l'écart de températures moyennes quotidiennes sur la période 2040-2060 par rapport à la température quotidienne moyenne de référence (1951-2005) est la maximale sur le territoire national. Cela permet d'obtenir un indicateur inférieur à 1.

≡ Maillage

La France métropolitaine est recouverte d'un maillage de 8km par 8km.

● Fortes chaleur (FC)

≡ Données

Les modèles climatiques mondiaux prévoient une augmentation de la fréquence, de l'intensité et de la durée des vagues de chaleur dans le futur ([GIEC, 2018](#)). L'augmentation de la fréquence des vagues de chaleur est perceptible à toutes les saisons ([Breshears et al., 2021](#)). La pression des fortes chaleurs sur la biodiversité est principalement documentée durant la période estivale durant laquelle les impacts sur la biodiversité sont directs. Néanmoins, les vagues de chaleurs en hiver contribuent aussi à la pression estivale puisque cela crée un emballement du système entier et rend les vagues de chaleurs encore plus fortes en été ([Allen et al., 2010](#)). Ce sont les données qui sont utilisés et pas seulement sur la période estivale.

Plusieurs types de données issues de la plateforme de la Drias ont permis de développer cette métrique sur les fortes chaleurs.

- ✓ Le modèle climatique ALADIN63 projette l'écart du nombre de jours de vague de chaleur par rapport à la période de référence. Une vague de chaleur est définie comme le nombre de jours où la température maximale quotidienne est supérieure de 5°C par rapport à la température quotidienne maximale de référence (1951-2005) dans une séquence de plus de 5 jours consécutifs. Ces données permettent d'évaluer l'augmentation de la fréquence et de la durée des vagues de chaleurs mais pas leur intensité puisque aucune information sur la température n'est transmise ([Données Drias](#)).
Maillage de 8km x 8m. La donnée est notée : $ECARTTXQ90$.
- ✓ Ce premier jeu de données est complété par des données sur l'écart des températures maximales journalières par rapport à la période de référence. Ces données restituent l'écart entre le 90^{ème} centile des températures moyennes quotidiennes entre 2040 et 2060 et le 90^{ème} centile des températures moyennes quotidiennes de la période de référence (1951-2005) ([Données Drias](#)).
Maillage de 8km x 8m. La donnée est notée : $ECARTTXHWD$.
- ✓ L'effet amplificateur de l'îlot de chaleur urbain (ICU) a été pris en compte grâce aux données du projet [MApUCE](#) du CNRM. Ces données rendent compte des degrés supplémentaires (°C) liés aux ICU. La donnée est disponible pour 50 agglomérations

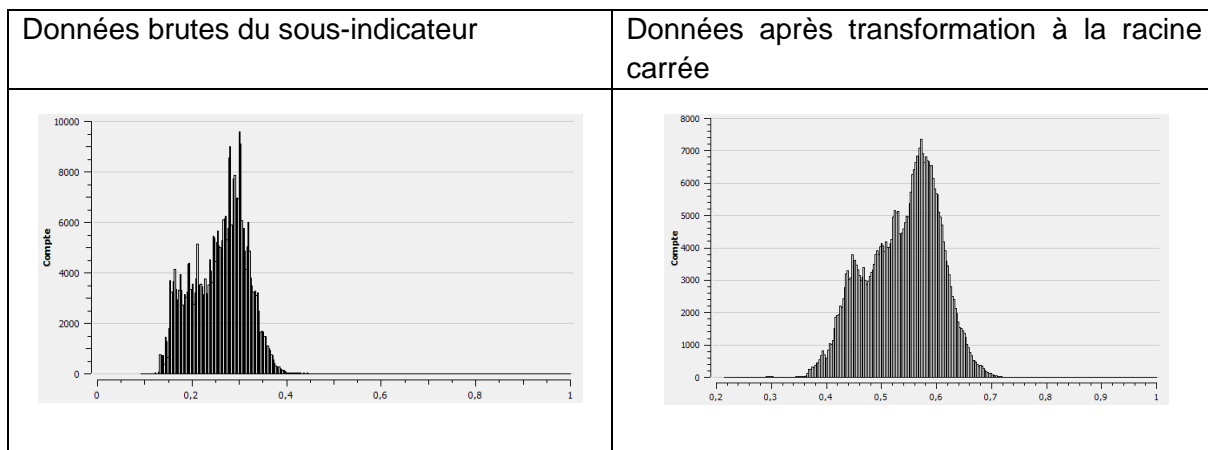
du territoire national². Toutes les métropoles et villes moyennes n’ont pas de données sur les degrés supplémentaires liés aux îlots de chaleur urbain. Dans ces villes l’indicateur de « Fortes chaleurs » est donc sous-estimé.

Maillage de 250m x 250m. La donnée est notée : ICU.

Traitement

Afin d’attribuer un poids équivalent à chaque jeu de données, chacun est normalisé par rapport à sa valeur maximale dans l’échantillon. Une transformation des données par la racine carré a été appliquée afin de recentrer la distribution de l’échantillon. En effet, les valeurs extrêmes étant fortes mais peu nombreuses sur l’échantillon cela avait pour effet de réduire le poids de la majorité du territoire puisqu’il s’agit d’une représentation relative sur le territoire national. La transformation des données par la racine carré permet de recentrer une distribution à biais modéré dont les données sont asymétriques positives. Une fois ce traitement effectué, les données résultantes du nombre de vagues de chaleurs et les écarts de températures extrêmes ont été sommées. A cette somme a été ajoutée comme facteur d’aggravation l’écart de température induit par l’effet d’ICU. Nous avons arbitrairement attribué un poids de 0,3 aux ICU. Afin d’obtenir un indicateur final inférieur à 1, l’indicateur est normalisé par la valeur maximale de l’échantillon.

Voici les effets sur l’échantillon après transformation par la racine.



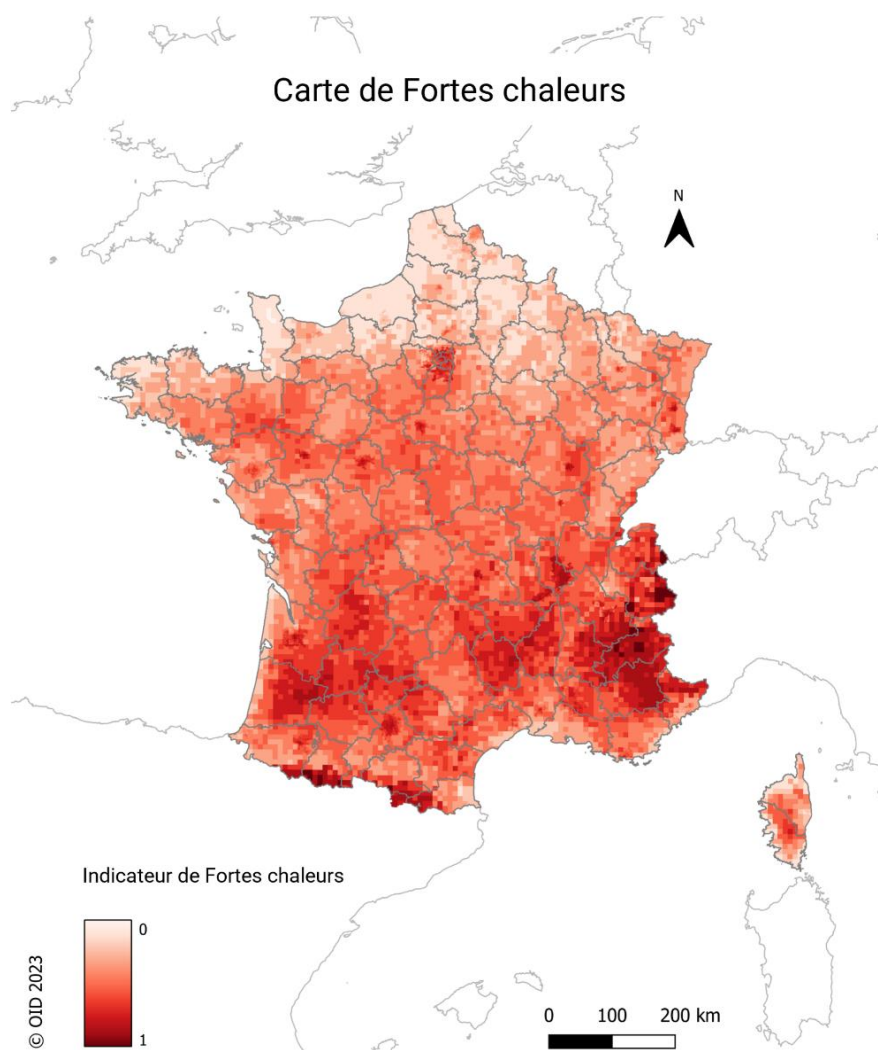
Les données ont été agrégés à l’aide d’un logiciel de SIG selon le modèle mathématique suivant :

$$FC(x) = \frac{\left(\sqrt{\frac{ECARTTXQ90(x)}{\max(ECARTTXQ90(n))}} + \sqrt{\frac{ECARTTXHWD(x)}{\max(ECARTTXHWD(n))}} \right) \cdot \left(1 + 0,3 \sqrt{\frac{ICU(x)}{\max(ICU(n))}} \right)}{\max(n)}$$

² Amiens, Angers, Arras, Avignon, Bayonne, Beauvais, Belfort, Besançon, Béthune, Bordeaux, Boulogne sur mer, Caen, Calais, Chalon sur Saône, Clermont-Ferrand, Colmar, Compiègne, Creil, Dijon, Douai-Lens, Dunkerque, Grenoble, La Rochelle, Le Havre, Lens-Liévin, Lille, Lorient, Limoges, Lyon, Marseille, Metz, Montbéliard, Montpellier, Mulhouse, Nancy, Nantes, Nice, Nîmes, Orléans, Paris, Pau, Reims, Rouen, Saint-Etienne, Saint-Nazaire, Thionville, Toulon, Toulouse, Tours, Valenciennes

Avec

- ✓ $\max(n)$ La valeur de la maille dont le résultat de l'équation $(\sqrt{TXQ90} + \sqrt{TXHWD}) \cdot (1 + 0,3\sqrt{ICU})$ est la maximale sur le territoire national. Cela permet d'obtenir un indicateur compris entre 0 et 1.
- ✓ $\max ECARTTXQ90(n)$ La valeur maximale sur le territoire national de l'écart du nombre de jours de vague de chaleur par rapport à la période de référence
- ✓ $\max ECARTXHWD(n)$ La valeur maximale sur le territoire national de l'écart des températures extrêmes chaudes
- ✓ $\max ICU(n)$ La valeur maximale sur le territoire national de l'écart de température maximale en hiver



• Gel tardif (GT)

☰ Données

La métrique « Gel tardif » projette, sur la période 2040-2060, le risque d'exposition à une gelée tardive (durant la période printanière : mars, avril, mai) et ce, au regard du risque qu'elle soit précédée d'un hiver doux (décembre, janvier, février).

Il est possible de caractériser un hiver doux selon la moyenne saisonnière de l'année par rapport à la période de référence, ainsi que l'écart moyen à la normale des températures minimum et maximale ([Copernicus](#)).

La plateforme DRIAS fournit les données du modèle ALADIN63 suivantes :

- ✓ Ecart de température moyenne hiver (en °C) : Ecart entre les températures moyennes quotidiennes entre 2040 et 2060 par rapport à la température quotidienne moyenne de référence (1951-2005).
La donnée est notée : ECARTTAV
- ✓ Ecart température max hiver (en °C) : Ecart entre les températures maximales quotidiennes entre 2040 et 2060 par rapport à la température quotidienne maximale de référence (1951-2005).
La donnée est notée : ECARTTXAV
- ✓ Ecart température min hiver (en °C) : Ecart entre les températures minimales quotidiennes entre 2040 et 2060 par rapport à la température quotidienne minimale de référence (1951-2005).
La donnée est notée : ECARTTNAV
- ✓ Ecart nombre de jours de gel printemps (en jours) : Ecart du nombre de jours pour lesquels la température minimale quotidienne est inférieure à 0°C entre 2040 et 2060 par rapport à la période de référence (1951-2005).
La donnée est notée : ECARTTNFD

☰ Traitement

Pour construire un indicateur de risque d'un hiver doux, il a fallu normaliser les 3 jeux de données (température moyenne, minimale et maximale) selon leur maximum respectif. La normalisation permet d'attribuer un poids équivalent à jeu de données. Comme expliqué précédemment, une transformation à la racine sur l'ensemble des données normalisées a permis de corriger la distribution de l'échantillon dont les données extrêmes tirent l'indicateur à la baisse. L'hiver doux est alors déterminé en moyennant les 3 jeux de données résultants de la transformation.

Afin de caractériser l'indicateur final, une transformation à la racine du nombre de jours de gel sur la période printanière a été appliquée. Le résultat de cette transformation est mis au regard d'un hiver doux dont l'indicateur a été ajouté à la puissance. Afin d'obtenir un indicateur final inférieur à 1, l'indicateur est normalisé par la valeur maximale de l'échantillon.

Le sous-indicateur est construit selon le modèle suivant :

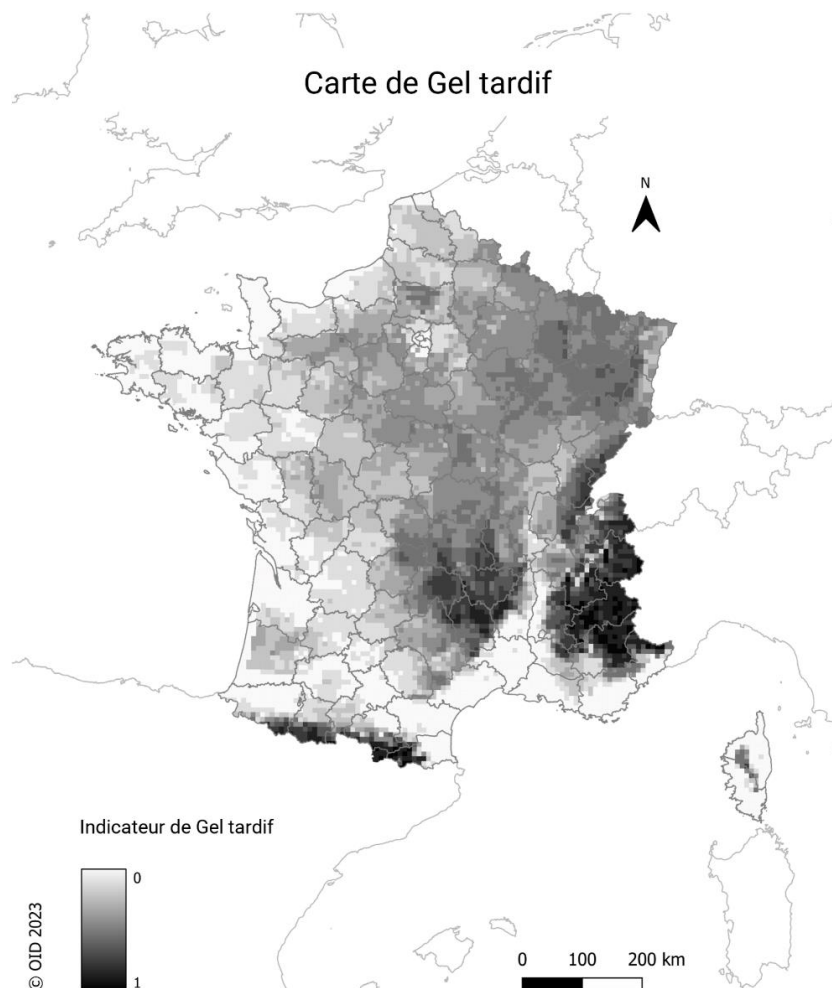
$$HD(x) = \frac{1}{3} \left(\sqrt{\frac{ECARTTAV(x)}{\max ECARTTAV(n)}} + \sqrt{\frac{ECARTTNAV(x)}{\max ECARTTNAV(n)}} + \sqrt{\frac{ECARTTXAV(x)}{\max ECARTTXAV(n)}} \right)$$

$$GT(x) = \frac{\sqrt{ECARTTNFD(x)}^{HD(x)}}{\max(n)}$$

Avec :

- ✓ $HD(x)$ risque d'un hiver doux à la localisation x
- ✓ $GT(x)$ indicateur de gel tardif au regard d'un hiver doux à la localisation x
- ✓ $\max ECARTTAV(n)$ La valeur maximale sur le territoire national de l'écart de température moyenne en hiver
- ✓ $\max ECARTTNAV(n)$ La valeur maximale sur le territoire national de l'écart de température minimale en hiver
- ✓ $\max ECARTTXAV(n)$ La valeur maximale sur le territoire national de l'écart de température maximale en hiver
- ✓ $\max(n)$ la valeur maximale sur le territoire national de gel tardif

Cette formule permet d'apprécier le risque d'apparition d'un gel tardif dont la valeur se trouve augmentée selon la douceur de l'hiver précédent. La variable HD agit ainsi comme un facteur d'aggravation du risque.



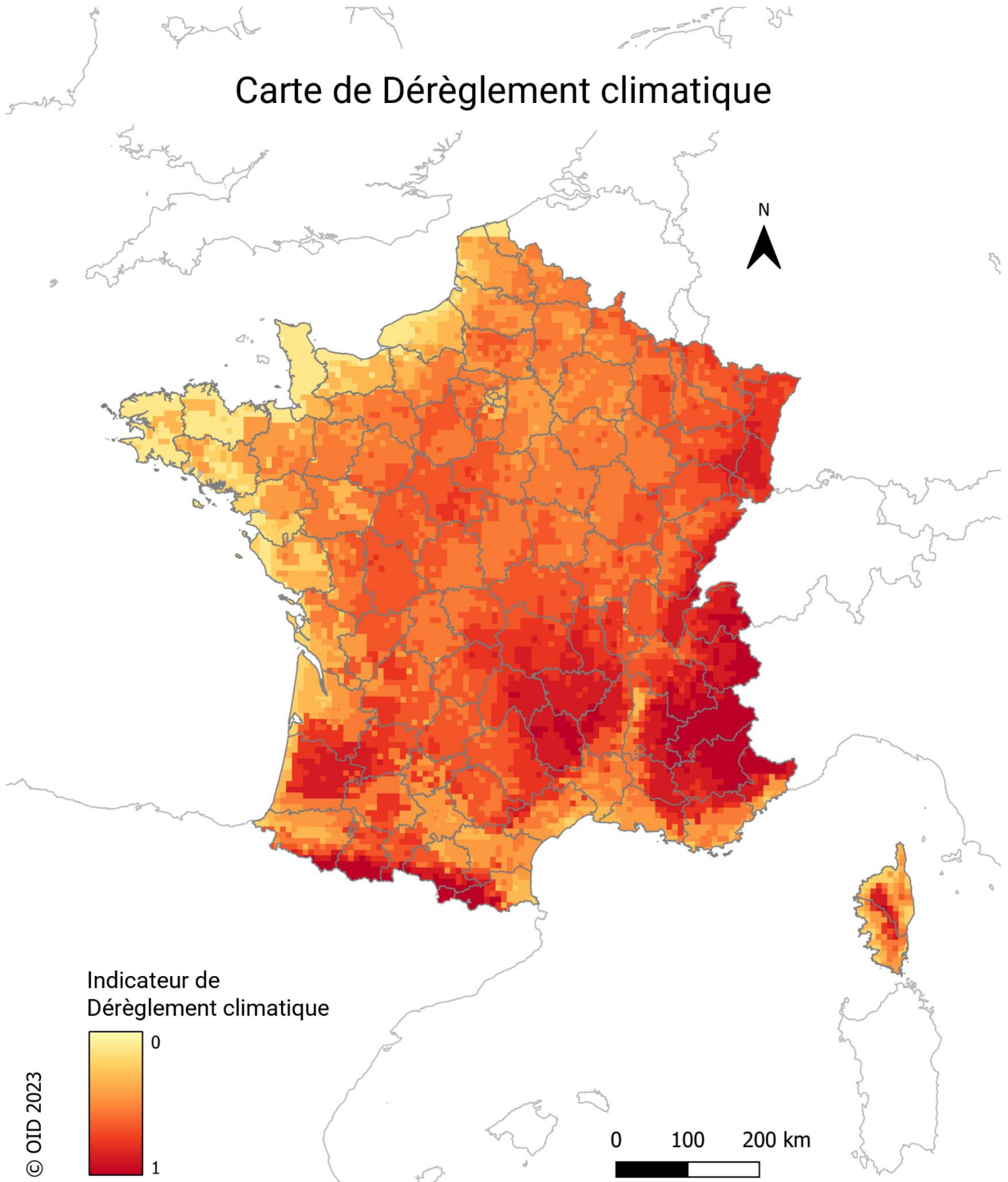
- **Indicateur dérèglement climatique final**

L'indicateur final dérèglement climatique est une combinaison des 3 métriques décrites ci-haut. Elles ont été sommées de telle manière à ce que l'évolution globale des températures, qui rend compte de la modification systémique du phénomène de dérèglement climatique, ait un poids supérieur aux indicateurs de fortes chaleurs et de gel tardif. Le choix a été fait d'attribuer la moitié de la note à l'évolution globale des températures, et un quart de la note pour les indicateurs de fortes chaleurs et gel tardif.

L'indicateur est construit selon le modèle suivant :

$$DC(x) = \frac{1}{2}EGT(x) + \frac{1}{4}(FC(x) + GT(x))$$

Carte de Dérèglement climatique



Indicateur de
Dérèglement climatique



© OID 2023

ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

PRESENTATION

Les activités humaines entraînent des déplacements d'espèces (animaux, végétaux, autres organismes) depuis leurs environnements naturels (leurs niches écologiques natives) vers des zones géographiques où elles n'existeraient pas si elles n'avaient été importées ([CDB](#)). Ces espèces sont dites « exotiques » là où elles n'étaient pas présentes jusqu'alors. Elles n'ont pas toutes un caractère invasif. Certaines espèces exotiques envahissantes ont même des impacts positifs. Dans l'Union européenne, c'est 10 à 15 % des 12 000 espèces exotiques présentes qui possèdent un caractère invasif et la capacité de nuisance de ces dernières est conséquente ([Règlement européen](#)). Les espèces envahissantes sont celles qui entrent en compétition biologique avec les espèces natives vis-à-vis de la nourriture et de l'habitat tout en se propageant abondamment dans leur nouvel environnement ([INPN](#)). Les espèces exotiques envahissantes (abrégé EEE) modifient donc la biodiversité en participant au déclin d'espèces natives et la perturbation des écosystèmes locaux. Elles ont aussi des impacts sur la sécurité alimentaire, et de la santé humaine ([CDB](#)).

Pour ces raisons, les chercheurs et experts ainsi que les pouvoirs publics considèrent les EEE comme des apports indésirables aux écosystèmes. En France, 66 espèces sont répertoriées comme telles ([OFB](#)) et font l'objet d'une [Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes](#) élaborée en 2017.

Il faut également préciser que les dommages causés par les EEE sont aggravés par le dérèglement climatique, les pollutions, la perte d'habitats naturels ([Guillerme et al, 2020](#)). Le dérèglement climatique et les aléas qu'il entraîne sont des aggravateurs particulièrement efficaces de l'impact des EEE : les inondations peuvent transporter les EEE vers de nouvelles zones tout en diminuant la résistance des habitats aux invasions ; les EEE capables de se propager rapidement pourraient étendre leurs aires de répartition vers les latitudes et altitudes plus élevées, devançant ainsi les espèces indigènes ([UICN](#)).

L'indicateur ne prend en compte que la présence et la richesse spécifique des EEE. Les travaux relatifs aux EEE montrent leur occurrence dans les zones urbanisées, touristiques, sur le littoral, sur les vallées alluviales. Les chantiers par exemple peuvent perturber les milieux et contribuer à la propagation d'espèces végétales exotiques envahissantes ([Guide FNTF](#)). Aussi, 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 espèces ([Cherrier, Prima et Rouveyrol, 2021](#)).

METHODOLOGIE

☰ Données

La pression relative aux Espèces exotiques envahissantes est représentée par la richesse en espèces exotiques envahissantes, soit le nombre d'espèces différentes présentes dans un espace donné. L'unité mixte Patrimoine Naturel du MNHN (PatriNat) a développé une telle carte en 2020. Pour identifier les occurrences d'EEE, les experts scientifiques de PatriNat

utilisent les sources suivantes :

- des jeux de données INPN qui sont des données d'observations et de suivi des espèces et des habitats en France.
- des données du rapportage européen 2019 au titre Directive Habitats qui permet d'évaluer l'état de conservation de la faune, la flore et les habitats d'intérêt communautaires.

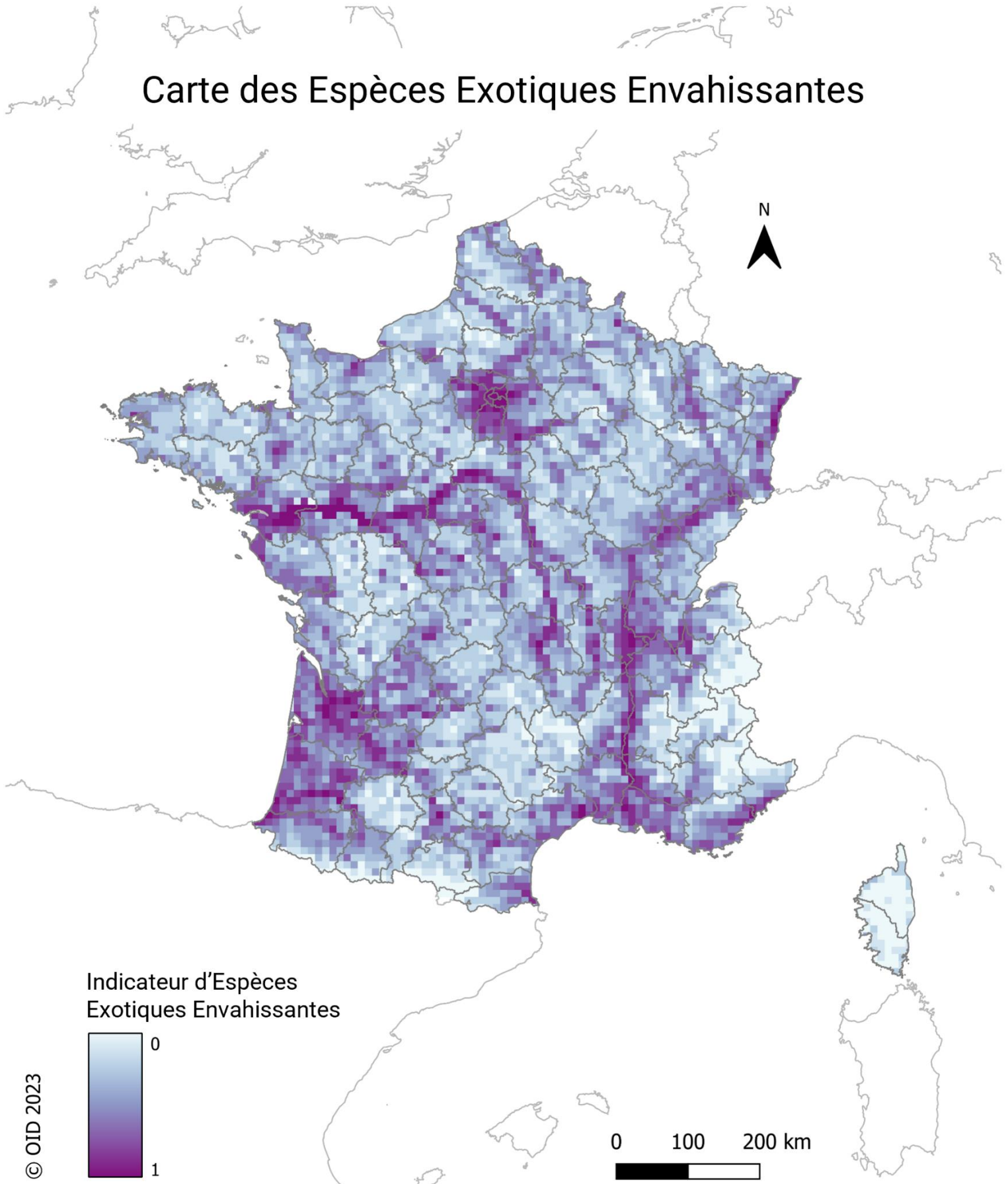
≡ Traitement

La carte montre donc la répartition spatiale des espèces exotiques envahissantes. La richesse minimum s'élève à 1 espèce et la richesse maximum à 55 espèces au sein des mailles. Les valeurs sont discrétisées entre 0 et 1.

≡ Maillage

La résolution des cartographies issues de ces rapports européens est de 10 km x 10 km. C'est la résolution la plus fine qui existe lorsque l'on cartographie la distribution des observations d'espèces.

Carte des Espèces Exotiques Envahissantes



DISCUSSION

Ce travail s'inscrit dans un objectif d'évaluation des pressions anthropiques en France métropolitaine. Dans cette optique, les indicateurs de pression cherchent à rendre compte des pressions anthropiques qui sont pertinentes dans l'interaction entre Biodiversité & Immobilier. L'objectif est alors de permettre aux acteurs de l'immobilier de mieux cerner les dynamiques écologiques en cours sur le territoire sur lequel s'implante leur site.

Une évaluation précise à l'échelle nationale est impossible ([EASAC, 2005](#)). Le travail de cartographie mené ici permet de décrire certaines caractéristiques en s'appuyant sur des bases de données disponibles à l'échelle nationale ; il ne peut se substituer à un travail d'inventaire écologique de terrain. C'est tout particulièrement vrai avec l'indicateur d'espèces exotiques envahissantes qui n'informe pas sur l'abondance des espèces ou leur capacité de prolifération. Dans tous les cas, les indicateurs doivent être interprétés en connaissance de cause : ils donnent une bonne idée de l'intensité relative des pressions anthropiques tout en possédant des limites dues aux données utilisées ou à la méthodologie développée.

Les défauts des cartes Corine Land Cover utilisées dans l'indicateur d'urbanisation sont connus : la granulométrie des cartes n'est pas fine et leur délai de mise à jour est de 6 ans ([CEREMA](#)). Ces limites n'entravent pas leur utilisation dans les travaux scientifiques. La première raison est qu'il s'agit de données officielles avec une méthodologie harmonisée à l'échelle européenne alors que les autres données envisagées ne fournissaient que des données communales. La seconde est que la plupart des alternatives ne fournissent pas de données à une échelle plus fine que la commune.

L'indicateur d'EEE quant à lui repose sur des données de présence/absence des espèces envahissantes, ce qui fait que l'indicateur est dépendant du niveau de connaissances et de l'observations de ces espèces (les taxons ne bénéficient pas du même effort de recensement car les compétences sont plus ou moins répandues). De ce fait, une espèce qui n'aurait pas été observée est considérée comme absente ([Cherrier, Prima et Rouveyrol, 2021](#)). Par ailleurs, la résolution de la carte 10km x 10km autrement dit 100km² ne fournit pas une information précise sur la parcelle. L'indicateur correspond donc davantage à un risque de présence d'une EEE qu'à une pression effective.

Les pressions anthropiques sont des phénomènes complexes dont les interactions sont susceptibles de produire des effets difficilement prédictibles. La combinaison de facteurs climatiques avec les pressions relatives aux espèces exotiques envahissantes et à l'urbanisation peuvent créer des interactions antagonistes ou des synergies. BIODI-Bat n'est pas un outil qui permet de répondre à des systèmes aussi complexes et les données disponibles ne le permettent pas, cependant de telles interactions pourraient avoir un impact considérable sur la biodiversité et des implications importantes pour la gestion des habitats et des paysages ([Olivier et Morrcroft, 2014](#)). Les effets sur les écosystèmes sont d'autant plus imprévisibles qu'il faut aussi considérer la dette d'extinction qui implique que l'extinction des espèces peut s'opérer avec un décalage par rapport la pression qui est subie par les écosystèmes. Les populations persistent alors temporairement dans des conditions inadaptées jusqu'à 500 ans ([Claudino et al, 2016](#) ; [Boulangeat et al, 2017](#)). Cela signifie que certaines espèces observables de nos jours sont probablement en dette d'extinction compte tenu les pressions que les activités humaines imposent aux écosystèmes depuis l'ère industrielle notamment.

Les indicateurs de pressions mettent à jour la difficulté d'une évaluation exhaustive de la biodiversité à l'échelle nationale. Toutefois, des pistes d'améliorations sont envisagées pour rendre les indicateurs plus précis. Ainsi, l'indicateur d'urbanisation pourrait intégrer des métriques liées à la pression touristique, l'indicateur de dérèglement climatique pourrait se complexifier en combinant les forts épisodes de chaleur avec les épisodes de sécheresses. Enfin, l'indicateur d'espèces exotiques envahissantes pourrait devenir davantage pertinent avec la prise en compte de la magnitude d'impact des EEE.

CONCLUSION

En développant ces indicateurs territoriaux de biodiversité, les travaux menés ici doivent permettre aux entreprises de l'immobilier et acteurs de la ville d'intégrer de manière simple et systématique ces paramètres dans la conduite de leurs activités. Loin de remplacer une analyse du terrain et de son contexte sur site, les indicateurs ont vocation à être utilisés en amont de la phase de terrain, afin d'influencer le processus de prise de décision. L'utilisation peut ainsi s'appliquer pour la phase projet dans le cadre du choix d'un site à (re-)construire, comme outil de sensibilisation aux enjeux locaux pour les équipes en charge de la réalisation des projets, ou encore pour le suivi des impacts à l'échelle de l'ensemble des projets immobiliers d'une entreprise. Pour des acteurs ayant en charge la gestion ou l'exploitation de bâtiments existants, les indicateurs permettent d'avoir une première analyse globale des principaux défis écologiques d'un patrimoine immobilier, afin de prioriser l'action et identifier les sites à améliorer en premier lieu. Ces indicateurs cartographiques de contexte s'articulent avec les autres indicateurs présents ou à venir de l'outil BIODI-Bat plus centrés sur les caractéristiques des bâtiments ou des projets.

L'accès aux résultats en accès libre sur la plateforme Resilience for Real Estate de l'Observatoire de l'immobilier durable doit permettre aux différents acteurs de s'appuyer sur des méthodologies uniformisées afin de rendre leurs résultats comparables dans une démarche de reporting sur les enjeux de biodiversité. Ce travail d'harmonisation des pratiques est nécessaire au regard d'un cadre réglementaire qui contraint les acteurs économiques et financiers à évaluer l'impact de leurs activités sur la biodiversité et mettre en place des stratégies de réduction de ces impacts. Les acteurs du territoire, collectivités territoriales notamment, peuvent également s'appuyer sur ces résultats dans leurs stratégies de planification territoriales.

BIBLIOGRAPHIE

ADDISON, P. F. E., CARBONE, G., et MCCORMICK, N. The development and use of biodiversity indicators. *IUCN, Gland, Switzerland*, 2018. [Disponible ici](#).

ALEXANDER, Lisa et PERKINS, Sarah. Debate heating up over changes in climate variability. *Environmental Research Letters*, 2013, vol. 8, no 4, p. 041001. [Disponible ici](#).

ALLEN, Craig D., MACALADY, Alison K., CHENCHOUNI, Haroun, *et al.* A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest ecology and management*, 2010, vol. 259, no 4, p. 660-684. [Disponible ici](#).

BLACKBURN, Tim M., ESSL, Franz, EVANS, Thomas, *et al.* A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS biology*, 2014, vol. 12, no 5, p. e1001850. [Disponible ici](#).

BRESHEARS, David D., FONTAINE, Joseph B., RUTHROF, Katinka X., *et al.* Underappreciated plant vulnerabilities to heat waves. *New Phytologist*, 2021, vol. 231, no 1, p. 32-39. [Disponible ici](#).

BONTHOUX, Sébastien et GAUDIN, Olivier. L'urbanisme écologique : un nouvel impératif ? [Disponible ici](#).

CEREMA. Mesure de l'artificialisation à l'aide des Fichiers fonciers : Définition, limites et comparaison avec d'autres sources, 2019. [Disponible ici](#).

CHERRIER, O., PRIMA, M. C., et ROUYEYROL, P. Cartographie des pressions anthropiques en France continentale métropolitaine-Catalogue pour un diagnostic du réseau d'espaces protégés. *UMS PatriNat (OFB/CNRS/MNHN), Paris, 110p*, 2021. [Disponible ici](#).

CLAUDINO, Elder S., GOMES, M. A. F., et CAMPOS, Paulo RA. Extinction debt and the role of static and dynamical fragmentation on biodiversity. *Ecological Complexity*, 2015, vol. 21, p. 150-155. [Disponible ici](#).

DELAUVAUD, Aurélie, MILLERET, Elodie, WROZA, Stanislas, *et al.* Indicateurs et outils de mesure—Évaluer l'impact des activités humaines Sur la biodiversité ? Coll. Expertise et synthèse. 2021. FRB. [Disponible ici](#).

DRIAS, Les nouvelles projections climatiques de référence pour la métropole, 2020. [Disponible ici](#).

EASAC (European Academies' Science Advisory Council). A user's guide to biodiversity indicators, 2005. [Disponible ici](#).

EUROPEAN COMMISSION. Nature Restoration [Disponible ici](#).

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Landscape fragmentation pressure in Europe, 2022. [Disponible ici](#).

FAILING, Lee et GREGORY, Robin. Ten common mistakes in designing biodiversity indicators for forest policy. *Journal of environmental management*, 2003, vol. 68, no 2, p. 121-132. [Disponible ici](#).

FEDERATION NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS. Guide d'identification et de gestion des espèces végétales exotiques envahissantes sur les chantiers de travaux publics, 2017. [Disponible ici](#).

GRECO, Silvia, INFUSINO, Marco, DE DONATO, Carlo, *et al.* Late spring frost in Mediterranean beech forests: extended crown dieback and short-term effects on moth communities. *Forests*, 2018, vol. 9, no 7, p. 388. [Disponible ici](#).

GRIMM, Nancy B., FAETH, Stanley H., GOLUBIEWSKI, Nancy E., *et al.* Global change and the ecology of cities. *Science*, 2008, vol. 319, no 5864, p. 756-760. [Disponible ici](#).

GUETTÉ, Adrien. *Contribution à l'analyse multiscalaire de l'anthropisation et de la naturalité en géographie de la conservation*. 2018. Thèse de doctorat : Géographie physique, humaine, économique et régionale, Nantes, Université Bretagne Loire, soutenue le 8 juin. [Disponible ici](#).

GUILLERME, Sylvie, BARCET, Hugues, DE MUNNIK, Nicolas, *et al.* Evolution of traditional agroforestry landscapes and development of invasive species : lessons from the Pyrenees (France). *Sustainability Science*, 2020, vol. 15, no 5, p. 1285-1299. [Disponible ici](#).

HAWKINS, Charlotte L., BACHER, Sven, ESSL, Franz, *et al.* Framework and guidelines for implementing the proposed IUCN Environmental Impact Classification for Alien Taxa (EICAT). *Diversity and Distributions*, 2015, vol. 21, no 11, p. 1360-1363. [Disponible ici](#).

INPN. Invasive Alien Species. [Disponible ici](#).

IPCC, 2023 : Summary for Policymakers. In : *Climate Change 2023 : Synthesis Report*. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 36 pages. [Disponible ici](#).

IPBES. Models of drivers of Biodiversity and Ecosystem change. [Disponible ici](#).

IUCN. 2020. Guidelines for using the IUCN Environmental Impact Classification for Alien Taxa (EICAT) Categories and Criteria. Version 1.1. IUCN, Gland Switzerland, Cambridge, UK. [Disponible ici](#).

IUCN. Invasive alien species and Climate change, 2021. [Disponible ici](#).

IZAKOVIČOVÁ, Zita, PETROVIČ, František, et PAUDITŠOVÁ, Eva. The Impacts of Urbanisation on Landscape and Environment : The Case of Slovakia. *Sustainability*, 2022, vol. 14, no 1, p. 60. [Disponible ici](#).

JAEGER, J. A. G., ESSWEIN, H., et SCHWARZ-VON RAUMER, H. G. Measuring Landscape Fragmentation with the Effective Mesh Size meff, Zurich. 2006. [Disponible ici](#).

JIGUET, Frédéric, BROTONS, Lluís, et DEVICTOR, Vincent. Community responses to extreme climatic conditions. *Current Zoology*, 2011, vol. 57, no 3, p. 406-413. [Disponible ici](#).

JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPEENNE. Règlement (UE) No 1143/2014 du parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 relatif à la prévention et à la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes. [Disponible ici](#).

JUDD, A. D., BACKHAUS, T., et GOODSIR, F. An effective set of principles for practical implementation of marine cumulative effects assessment. *Environmental Science & Policy*, 2015, vol. 54, p. 254-262. [Disponible ici](#).

KONDRATYEVA, Anna, KNAPP, Sonja, DURKA, Walter, *et al.* Urbanization effects on biodiversity revealed by a two-scale analysis of species functional uniqueness vs. redundancy. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2020, vol. 8, p. 73. [Disponible ici](#).

KRISTENSEN, Peter. The DPSIR Framework—Paper presented at the 27–29 September 2004 workshop on a comprehensive/detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin approach. *UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya* http://water.Eionet.Europa.eu/internal_reports/DPSIR_water.doc. Accessed, 2004, vol. 19, no 07. [Disponible ici](#).

LIU, Jiajia, WILSON, Maxwell, HU, Guang, *et al.* How does habitat fragmentation affect the biodiversity and ecosystem functioning relationship? *Landscape ecology*, 2018, vol. 33, p. 341-352. [Disponible ici](#).

MANTYKA-PRINGLE, Chrystal S., MARTIN, Tara G., et RHODES, Jonathan R. Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity : a systematic review and meta-analysis. *Global Change Biology*, 2012, vol. 18, no 4, p. 1239-1252. [Disponible ici](#).

MAXIM, Laura, SPANGENBERG, Joachim H., et O'CONNOR, Martin. An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework. *Ecological economics*, 2009, vol. 69, no 1, p. 12-23. [Disponible ici](#).

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT. Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes, 2017. [Disponible ici](#).

MOULIN, Nicolas. When Citizen Science highlights alien invasive species in France : the case of Indochina mantis, *Hierodula patellifera* (Insecta, Mantodea, Mantidae). *Biodiversity Data Journal*, 2020, vol. 8. [Disponible ici](#).

NIKOLIĆ, Toni, MITIĆ, Božena, MILAŠINOVIĆ, Boris, *et al.* Invasive alien plants in Croatia as a threat to biodiversity of South-Eastern Europe : Distributional patterns and range size. *Comptes Rendus Biologies*, 2013, vol. 336, no 2, p. 109-121. [Disponible ici](#).

OCDE. Corps central d'indicateurs de l'OCDE pour les examens des performances environnementales (1993) [Disponible ici](#).

PEARSE, William D., CAVENDER-BARES, Jeannine, HOBBIÉ, Sarah E., *et al.* Homogenization of plant diversity, composition, and structure in North American urban yards. *Ecosphere*, 2018, vol. 9, no 2, p. e02105. [Disponible ici](#).

TALLUTO, Matthew V., BOULANGEAT, Isabelle, VISSAULT, Steve, *et al.* Extinction debt and colonization credit delay range shifts of eastern North American trees. *Nature ecology & evolution*, 2017, vol. 1, no 7, p. 0182. [Disponible ici](#).

WALMSLEY, Anthony. Greenways : multiplying and diversifying in the 21st century. *Landscape and urban planning*, 2006, vol. 76, no 1-4, p. 252-290. [Disponible ici](#).

WU, Zaixing, YU, Zhiming, SONG, Xiuxian, *et al.* A methodology for assessing and mapping pressure of human activities on coastal region based on stepwise logic decision process and GIS technology. *Ocean & Coastal Management*, 2016, vol. 120, p. 80-87. [Disponible ici](#).

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé par Aminetou Ciré, chargée de projet – OID, Armelle Lajeunesse, chargée de projet – OID, et Philomène Pagès, chargée de projet – OID, sous la responsabilité de Delphine Mourot, responsable de programme – OID.

L'équipe du projet remercie chaleureusement l'ensemble des personnes qui ont contribué à ce référentiel, scientifiques, professionnels de l'immobilier, experts, associations, en particulier :

- Marie Andrieux – OID
- Isabelle Baldo – Gecina
- Anne-Claire Barberi – Perial Asset Management
- Benjamin Bergerot – EcoBio
- Chloé Chary – GreenAffair
- Erwan Chérel – UICN
- Guillaume Dagan – Groupama immobilier
- Catherine De Roince – Terroïko
- Maëva Felten – LPO France
- Ulysse Gaignard – Amundi immobilier
- Frédéric Gosselin – INRAE
- Philippe Jacob – Ville de Paris
- Victor Lavisce – ARP Astrance
- Amélie Le Mieux - OFB
- Lilian Léonard – PatriNat
- Jean Nabucet - LETG/CNRS
- Sakina Pen Point – OID
- Christophe Piscart – EcoBio
- Karine Princé – MNHN
- Marie-Eve Raux – Essor Développement
- Yorick Reyjol - PatriNat
- Paul Rouveyrol – PatriNat
- Maria Tapia Vargas – Wild Trees
- Yannick Tchana – Perial Asset Management
- Marie Verrot – Nexity
- Sebastien Vauclair – Dark Sky Lab
- Isabelle Witté – PatriNat

A PROPOS



L'Observatoire de l'Immobilier Durable – OID – est l'espace d'échange indépendant du secteur immobilier sur le développement durable et l'innovation. Penser l'immobilier responsable est la raison d'être de l'OID qui rassemble plus de cent membres et partenaires parmi lesquels les leaders de l'immobilier en France sur toute sa chaîne de valeur. L'OID est une association qui participe activement à la montée en puissance des thématiques ESG en France et à l'international.

<https://o-immobilierdurable.fr/>



Biodiversity Impulsion group (BIG) est un programme de recherche appliquée et d'action collective lancé par l'OID afin d'approfondir les thématiques de biodiversité via le développement d'outils d'aide à la décision et de pilotage pour les acteurs de l'immobilier et de la ville. BIG met à disposition des guides et des supports pédagogiques facilitant la transition de ces entreprises vers un modèle respectueux du vivant. Le programme est composé de vingt entreprises partenaires, issues du monde de l'immobilier et de la ville.

<https://biodiversity-impulsion-group.fr/>

NOUS CONTACTER

Observatoire de
l'Immobilier Durable
12 rue Vivienne
75002 Paris
Tél +33 (0)7 69 78 01 10

r4re@o-immobilierdurable.fr

**o-immobilierdurable.fr
www.taloen.fr**