

A light gray outline map of Europe, showing the continent's borders and major islands. The map is centered on the continent and serves as a background for the text.

# Référentiel

Indicateur d'état de la biodiversité

MAI 2023

## INTRODUCTION

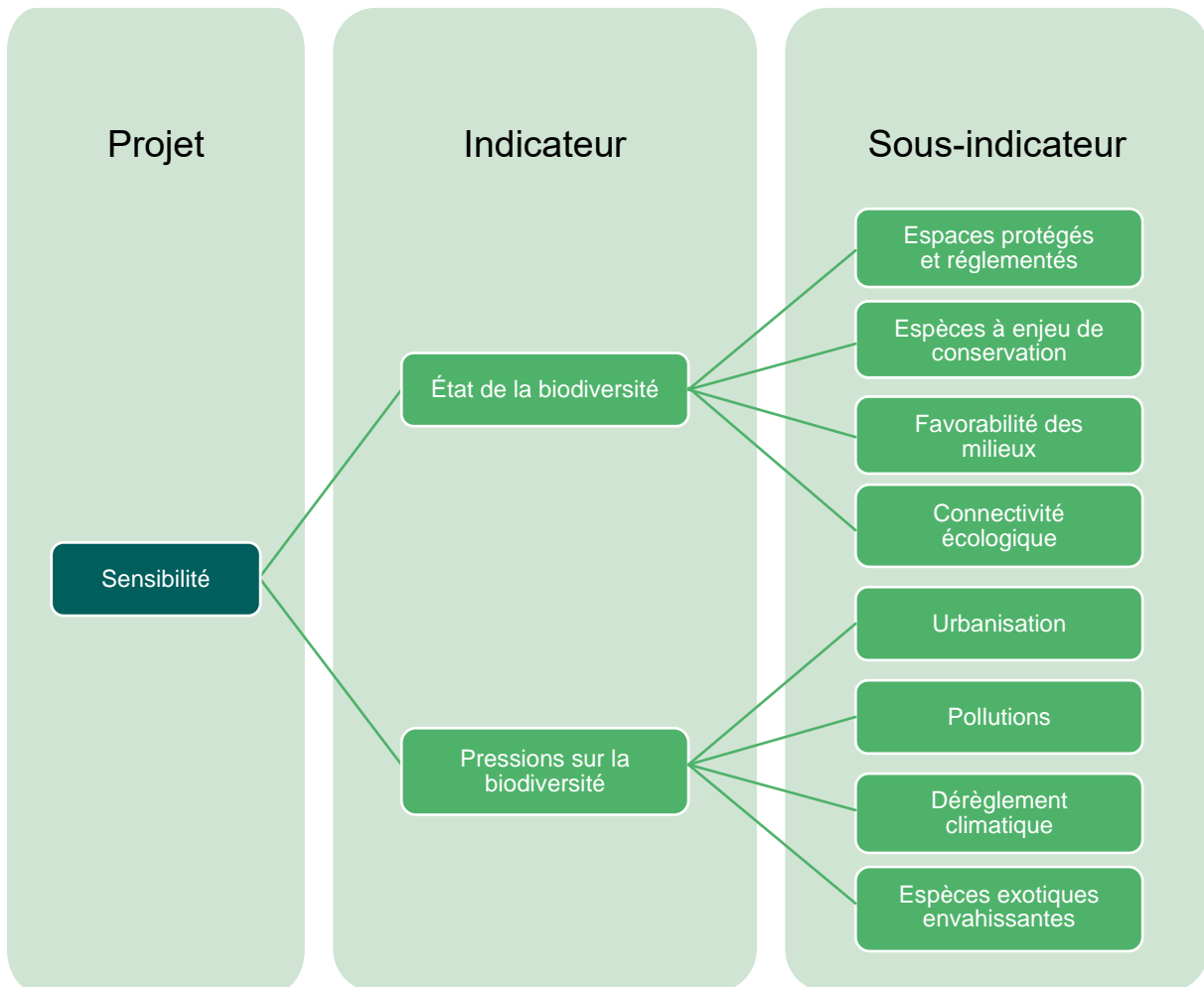
Les activités du secteur de l'immobilier entraînent des répercussions sur la biodiversité. Elles participent à la fragmentation et la dégradation des habitats naturels et semi-naturels ([Grimm et al. 2008](#)). Aussi, elles engendrent des impacts écologiques liés à l'extraction, au transport, à la transformation 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
L'indicateur d'état de la biodiversité.....	6
Interprétation sur BIODI-Bat .....	8
L'identification du défi du territoire.....	8
Présentation des sous-indicateurs.....	11
Espaces protégés et réglementés.....	11
Espèces à enjeu de conservation .....	13
Favorabilité des milieux et connectivité écologique.....	15
Méthodologie des sous-indicateurs .....	18
Espaces protégés et réglementés.....	18
• Données utilisées.....	18
• La superficie de l'espace protégé.....	19
• La distance du bâtiment à l'espace protégé .....	19
• Méthode mathématique par maximum .....	19
Espèces à enjeu de conservation .....	20
• Données utilisées.....	20
• Métrique d'intérêt .....	21
Favorabilité des milieux .....	21
• Données utilisées.....	21
• Deux zones d'étude.....	23
• Maillage.....	24
Connectivité écologique.....	24
• Données utilisées.....	24
• Deux zones d'étude.....	24
• Maillage.....	24
Note globale de l'indicateur d'état .....	24
Discussion.....	25
Conclusion .....	27
Bibliographie .....	28
Remerciements .....	32
A propos.....	32

## L'INDICATEUR D'ETAT DE LA BIODIVERSITE

Un indicateur d'état révèle le contexte environnemental d'un territoire, qu'il s'agisse d'un environnement relativement préservé ou bien soumis à des stress anthropiques ([Heink and Kowarik, 2009](#)). Il faut alors identifier les processus et les composantes pertinents dans le cadre de la problématique ([Burkhard et Müller, 2008](#)) puis en quantifier les caractéristiques ([Wicks et al, 2010](#)). L'objectif de l'indicateur d'état est de quantifier les caractéristiques écologiques du territoire national.

D'une manière générale, les indicateurs d'état de la biodiversité s'intéressent aux deux aspects de la biodiversité que sont les espèces – à travers leurs statuts de conservation - et les habitats – en examinant l'intégrité des écosystèmes ([Syrbe & Walz, 2012](#)). L'évaluation de l'état de la biodiversité reprend ce tandem dans quatre sous-indicateurs qui explorent chacun un enjeu écologique :

- Espaces protégés et réglementés
- Espèces à enjeu de conservation
- Favorabilité des milieux
- Connectivité écologique

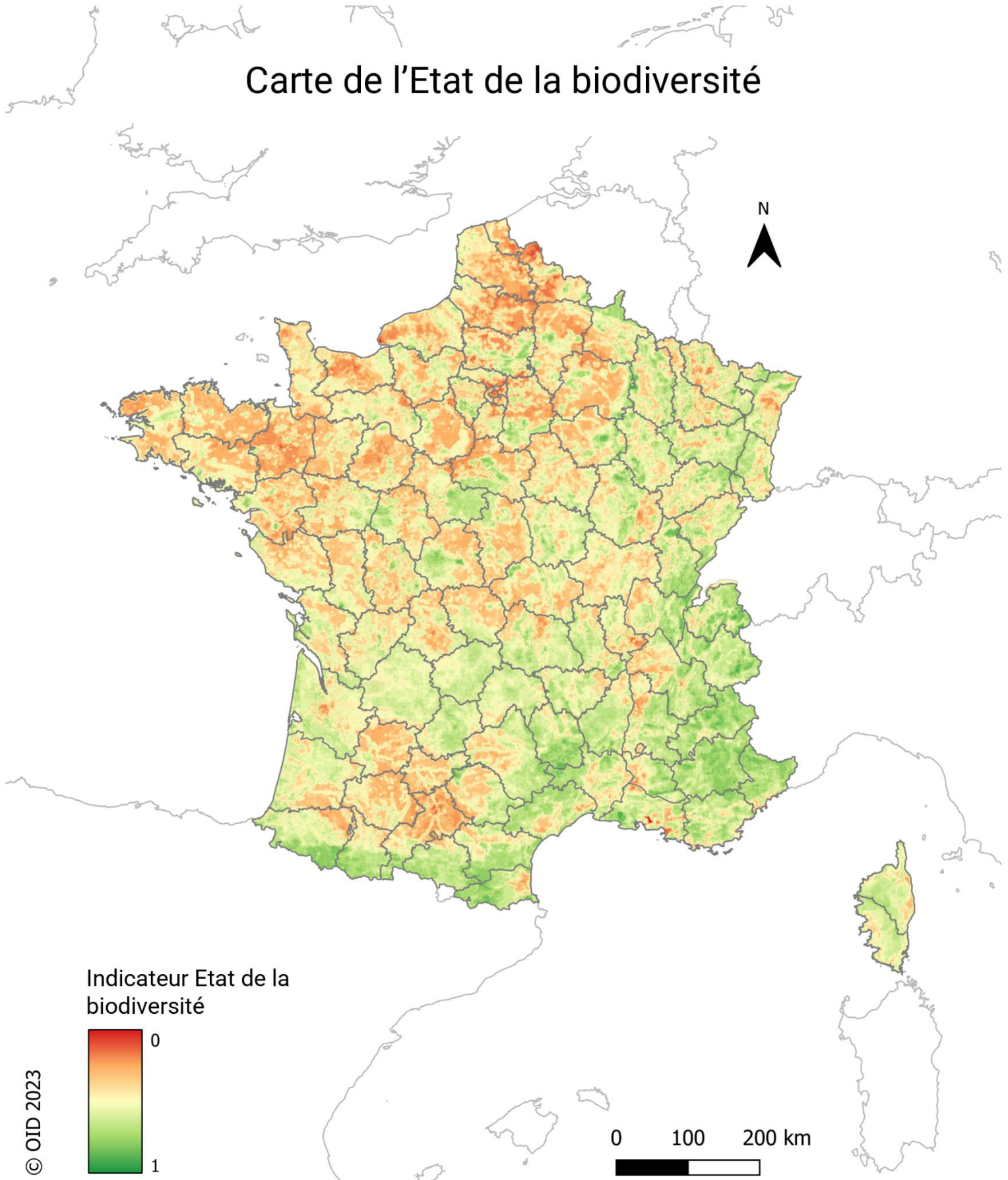
Pour chaque sous-indicateur, il faut composer mathématiquement avec différentes métriques. Au bout du compte, l'indicateur d'état de la biodiversité correspondra à la moyenne pondérée des sous-indicateurs comme suit :

$$Ce = \frac{\sum_{i=1}^n p_i f_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

Avec :

- $Ce$  : Indice de sensibilité – état de la biodiversité [0 ;1] (nombre réel)
- $p_i$  : Poids associé à chaque famille [1 ; plus l'infini] (nombre entier)
- $f_i$  : Indicateur associé à chaque famille [0 ;1] (nombre réel)

# Carte de l'Etat de la biodiversité



## INTERPRETATION SUR BIODI-BAT

L'état de la biodiversité sur BIODI-Bat est un indicateur cartographique révélant le caractère favorable ou non d'une adresse à la présence de biodiversité remarquable ou ordinaire. L'indicateur varie entre 0 (état très défavorable) à 1 (état favorable). Il permet de mieux caractériser un milieu et d'identifier le défi biodiversité du territoire sur lequel s'implante un bâtiment ou un projet parmi trois défis : la conservation des milieux favorables, l'amélioration / préservation des milieux existants, la reconquête de la biodiversité dans des milieux particulièrement dégradés.



### Conservation

Les territoires avec de forts enjeux de conservation sont de réels réservoirs de biodiversité. Ces espaces doivent être protégés de perturbations majeures par des interventions lourdes sur les bâtiments, même existants.



### Amélioration

Dans ces espaces intermédiaires, l'action consiste à maintenir les milieux favorables en place et à les renforcer. L'observation des espèces présentes peut orienter l'adaptation des modes de gestion ou des choix de conception.



### Reconquête

Il s'agit de territoires fortement dégradés, avec peu d'espaces favorables à la biodiversité. L'enjeu ici est de recréer des espaces favorables au vivant, tout en veillant à assurer la capacité aux espèces de se déplacer.

A noter : Le défi du territoire correspond à la dynamique globale à l'échelle d'un territoire, et ne reflète pas nécessairement les leviers actionnables à l'échelle d'une parcelle. Il est ainsi possible qu'un site localisé sur un territoire « Reconquête de la biodiversité » n'ait pas la possibilité d'engager les actions associées.

## L'IDENTIFICATION DU DEFI DU TERRITOIRE

Le défi du territoire dépend de la valeur de l'indicateur à une adresse donnée relativement à l'indicateur à l'échelle territoriale (département). Cette approche territorialisée permet de ne pas mettre en comparaison des territoires à très forte naturalité avec des territoires particulièrement dégradés. Cette analyse réalisée à grande échelle ne permet toutefois en aucun cas de renseigner sur les caractéristiques intrinsèques de la parcelle, raison pour laquelle il est question de « défi du territoire » et non de la parcelle.

Compte-tenu de la pertinence de l'échelle et de la finesse des données utilisées dans l'indicateur, l'échelle départementale a été retenue pour identifier les défis. Le seuil de 30% du territoire a été retenu, en conformité avec les orientations internationales en matière de protection des espaces (objectif de 30% d'espaces protégés au niveau international afin d'inverser l'érosion de la biodiversité dans le cadre du cadre mondial de la biodiversité pour l'après-2020 adopté lors de la COP15 sur la diversité biologique en 2022). De manière analogique, un seuil de 30% d'espaces à enjeu de reconquête a été calculé. Des seuils intermédiaires ont également été calculés pour les niveaux moyens et faibles.

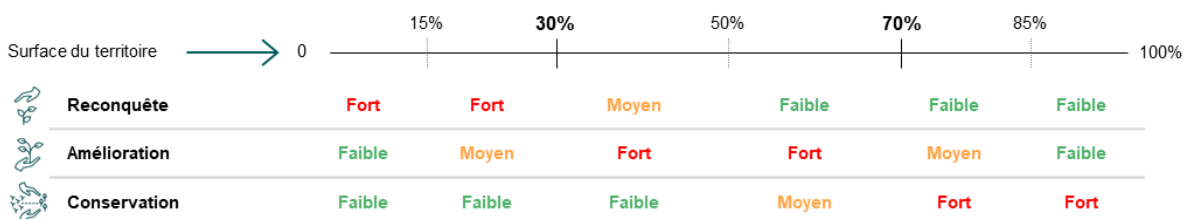


Tableau des seuils de détermination des défis biodiversité du territoire, OID 2023



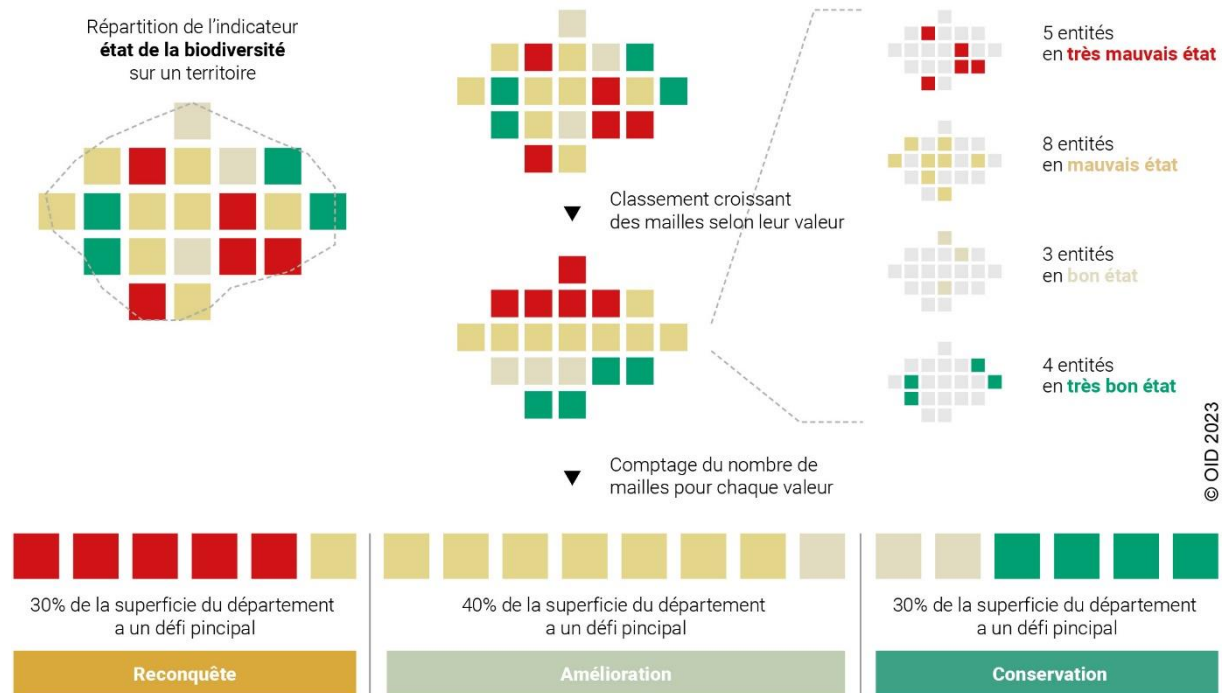


Schéma descriptif de la méthodologie BIODI-Bat d'attribution des défis biodiversité, OID 2023

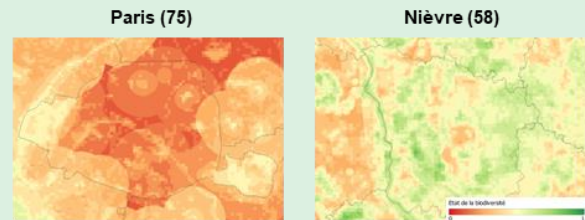
## L'analyse de l'état de la biodiversité sur les départements 75 et 58

Sur le département 75 (Paris), les espaces sont fortement anthropisés. Il en ressort que les seuils sont relativement bas par rapport au reste du territoire national. Ainsi, 70% du territoire parisien possède un état de la biodiversité inférieur à 0,3, ce qui est très faible. Pour les sites avec un état de 0,3 ou plus, le défi prioritaire est donc la Conservation de la biodiversité. Le département de la Nièvre (58) est plus riche en milieux naturels et semi-naturels, avec donc un état de la biodiversité en moyenne plus élevé. Ce faisant, le défi Reconquête de la biodiversité est attribué jusqu'à une valeur de l'état de la biodiversité de 0,5.

### Comparaison des défis – Paris (75) et Nièvre (58)

Valeurs de l'état de la biodiversité par surface couverte

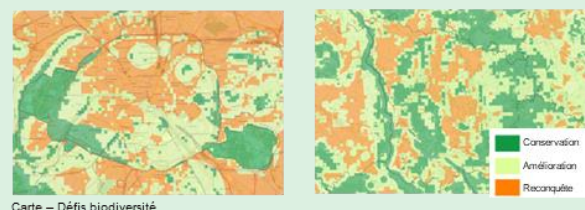
<b>75</b>	0,13 – 0,18	0,18 – 0,2	0,2 – 0,23	0,23 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,53
<b>58</b>	0,28 – 0,45	0,45 – 0,5	0,5 – 0,55	0,55 – 0,58	0,59 – 0,63	0,63 – 0,81



Application des seuils

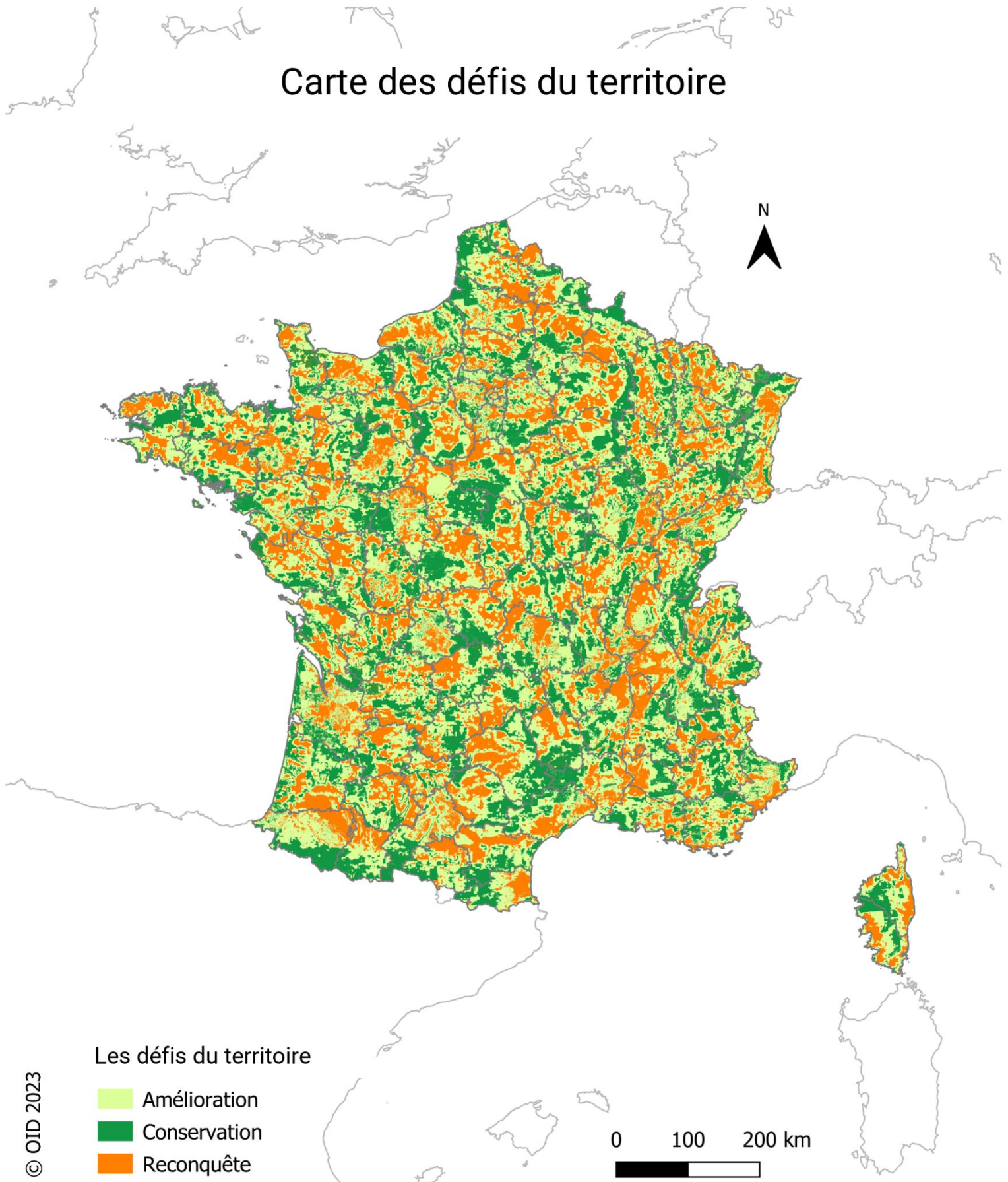
Défis biodiversité associés

	Fort	Fort	Moyen	Faible	Faible	Faible
	Faible	Moyen	Fort	Fort	Moyen	Faible
	Faible	Faible	Faible	Moyen	Fort	Fort



Minimum      Seuil 30%      Seuil 70%      Maximum

## Carte des défis du territoire



### Les défis du territoire

- Amélioration
- Conservation
- Reconquête

# PRESENTATION DES SOUS-INDICATEURS

## ESPACES PROTEGES ET REGLEMENTES

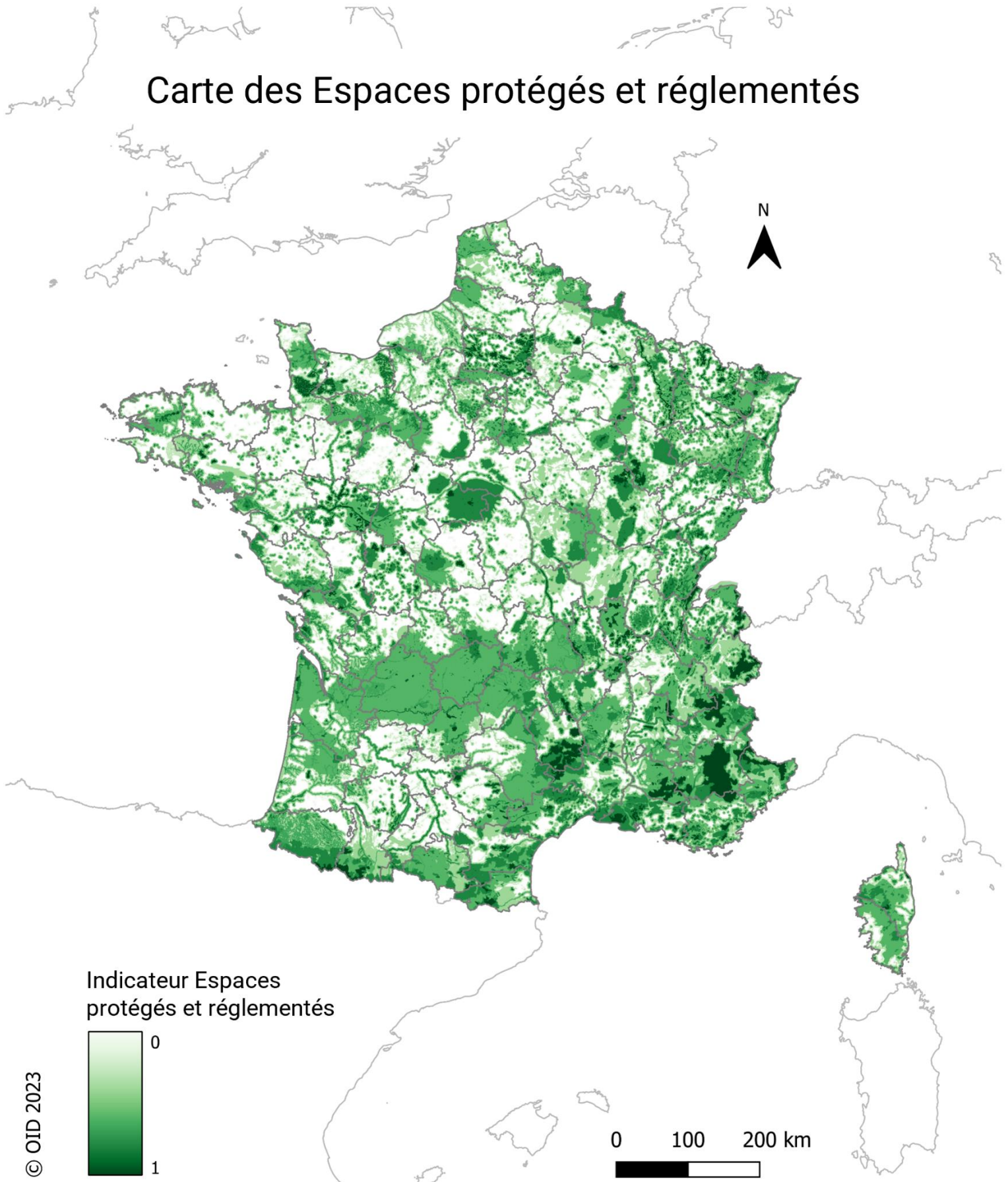
Les espaces protégés sont un outil important de conservation de la nature et des services écosystémiques ([Geldmann et al. 2013](#)). Ils se présentent comme l'un des remparts aux pressions anthropiques que sont l'urbanisation, les activités agricoles intensives, la pollution, la modification et la surexploitation des écosystèmes ([Godet et Devictor 2018](#)). On leur reconnaît des effets sur différents éléments de la biodiversité tels que les espèces menacées ou encore les points chauds de biodiversité ([Maxwell et al. 2020](#)), notamment lorsqu'ils minimisent l'influence anthropique et préservent la végétation primaire ou secondaire mature ([Gray et al. 2016](#)).

27,3% du territoire métropolitain est couvert par des espaces protégés qui encadrent la conservation du patrimoine naturel et mondial. Précisons que l'Hexagone abrite 40% des populations végétales européennes et plus de la moitié des habitats d'intérêt communautaire ([UICN France, 2016](#)). Les études montrent les effets positifs des mesures de protection d'espaces sur les espèces et habitats forestiers ([Geldmann et al. 2013](#)). Aussi, la richesse et l'abondance des espèces est plus importante en leur sein ([Coetzee et al. 2014](#) ; [Geldmann et al. 2013](#) ; [Gray et al. 2016](#)).

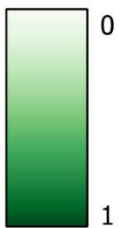
En France, les espaces protégés et réglementés concourent à l'amélioration de l'état de la biodiversité. Leur prise en compte dans l'indicateur « Etat » permet d'identifier les zones où les enjeux de conservation d'espèces et d'habitats sont importants. Pour les promoteurs immobiliers, il convient de situer ces espaces en amont du choix des sites de construction afin d'anticiper les mesures réglementaires (évaluations environnementales ou d'incidence Natura 2000). Pour les gestionnaires immobiliers, la proximité de leurs bâtiments avec un espace réglementé devrait influencer sur la mise en place d'actions de conservation afin d'accompagner l'efficacité du réseau d'espaces protégés.

Bien que les aires protégées révèlent une distribution des enjeux écologiques, elles ne suffisent pas à caractériser la biodiversité. La littérature scientifique soulève la nécessité de considérer les critères relatifs aux espèces et aux habitats écologiques ([Léonard et al. 2020](#) ; [Rodrigues et al. 2004](#) ; [Scott et al. 1993](#)). Les sous-indicateurs qui suivent s'y intéressent.

## Carte des Espaces protégés et réglementés



Indicateur Espaces protégés et réglementés



© OID 2023

## ESPECES A ENJEU DE CONSERVATION

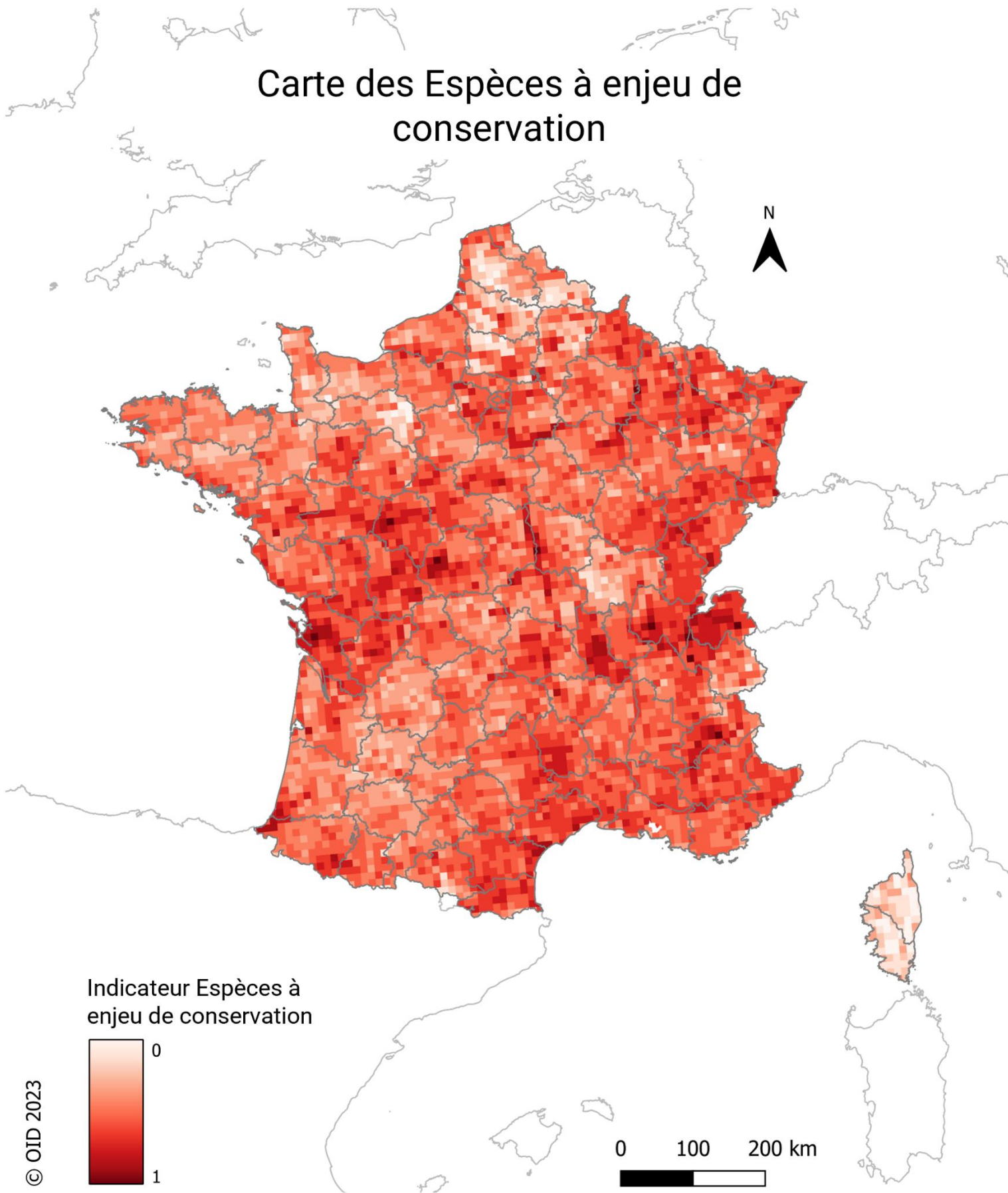
Les espèces en danger, vulnérables, rares ou endémiques sont regroupées sous les termes « espèces à enjeu de conservation ». Leur conservation est considérée comme prioritaire. Dès lors, les politiques de conservation leur apportent une attention particulière ([Rodrigues et al. 2004](#)). En France, elles font l'objet de protection grâce à des plans nationaux, des arrêtés préfectoraux ou bien des dispositifs contractuels. Par ailleurs, les efforts de conservation dont bénéficient ces espèces à enjeu peuvent exercer un effet parapluie - un effet positif élargi - sur d'autres espèces non-visées par les mesures de conservation ([Roberge & Angelstam 2004](#)). C'est le cas des espèces d'oiseaux communs - « espèces qui ne sont ni menacées, ni domestiquées, ni exploitées » ([Couvet et Vandeveld, 2014](#)) - qui ont pu bénéficier de la désignation du réseau N2000 ([Pellissier et al, 2013](#)).

D'un point de vue réglementaire, l'article [L411-1 du Code de l'environnement](#) interdit de porter atteinte aux espèces protégées mentionnées dans les différents arrêtés ministériels de la législation française (listes [ici](#)). L'article L411-1 s'applique en toute circonstance, que les projets aient donné lieu à des études d'impact ou non. Il évoque l'interdiction de perturber intentionnellement le milieu naturel des espèces protégés, de dégrader l'habitat qui accueille leurs cycles de vie mais également de les capturer/transporter/commercialiser ([DDTM d'Ille-et-Vilaine](#)). Des dérogations peuvent être accordées lorsque les projets d'aménagement suivent la séquence ERC – Eviter, Réduire, Compenser.

Le sous-indicateur « Espèces à enjeu de conservation » intègre les espèces dites d'intérêt communautaire de la politique européenne Natura 2000. Les listes d'espèces utilisées sont disponibles dans les annexes de la directive [Oiseaux](#) et de la directive [Habitat Faune Flore](#). Toutefois, il convient de préciser que la liste d'espèces issue des directives ne couvre pas entièrement les listes d'espèces protégées. Les données d'espèces Natura 2000 permettent une approximation de la richesse totale.

Le score du sous-indicateur « Espèces à enjeu de conservation » varie selon le nombre d'espèces à enjeu différentes comptabilisées à proximité d'un bâtiment ou d'un site. En revanche, il ne peut se substituer à un inventaire de terrain.

# Carte des Espèces à enjeu de conservation



## FAVORABILITE DES MILIEUX ET CONNECTIVITE ECOLOGIQUE

La qualité d'un écosystème passe aussi par l'état de ses habitats ([Fehrenbach et al. 2015](#) ; [McGarigal, 2002](#)). Par conséquent, la connaissance des habitats est une dimension importante pour le secteur de l'immobilier. Le domaine d'étude de l'écologie des paysages s'intéresse à la structure du paysage. La structure du paysage décrit les éléments spatiaux et les connexions entre eux ([Ercan Gökyer, 2012](#)) autrement dit la composition et la configuration des paysages ([Clark, 2010](#)). La composition est un proxy de la favorabilité des milieux pour les espèces ([Ercan Gökyer, 2012](#)) tandis que la configuration s'intéresse à l'unicité et la connectivité des écosystèmes ([McGarigal, 2014](#) ; El-Shaarawi et al, 2006).

Deux métriques permettent à l'indicateur d'estimer la qualité d'un habitat. La première métrique est intitulée « Favorabilité des milieux » et repose sur la mesure de l'hémérobie. La deuxième métrique est la connectivité écologique.

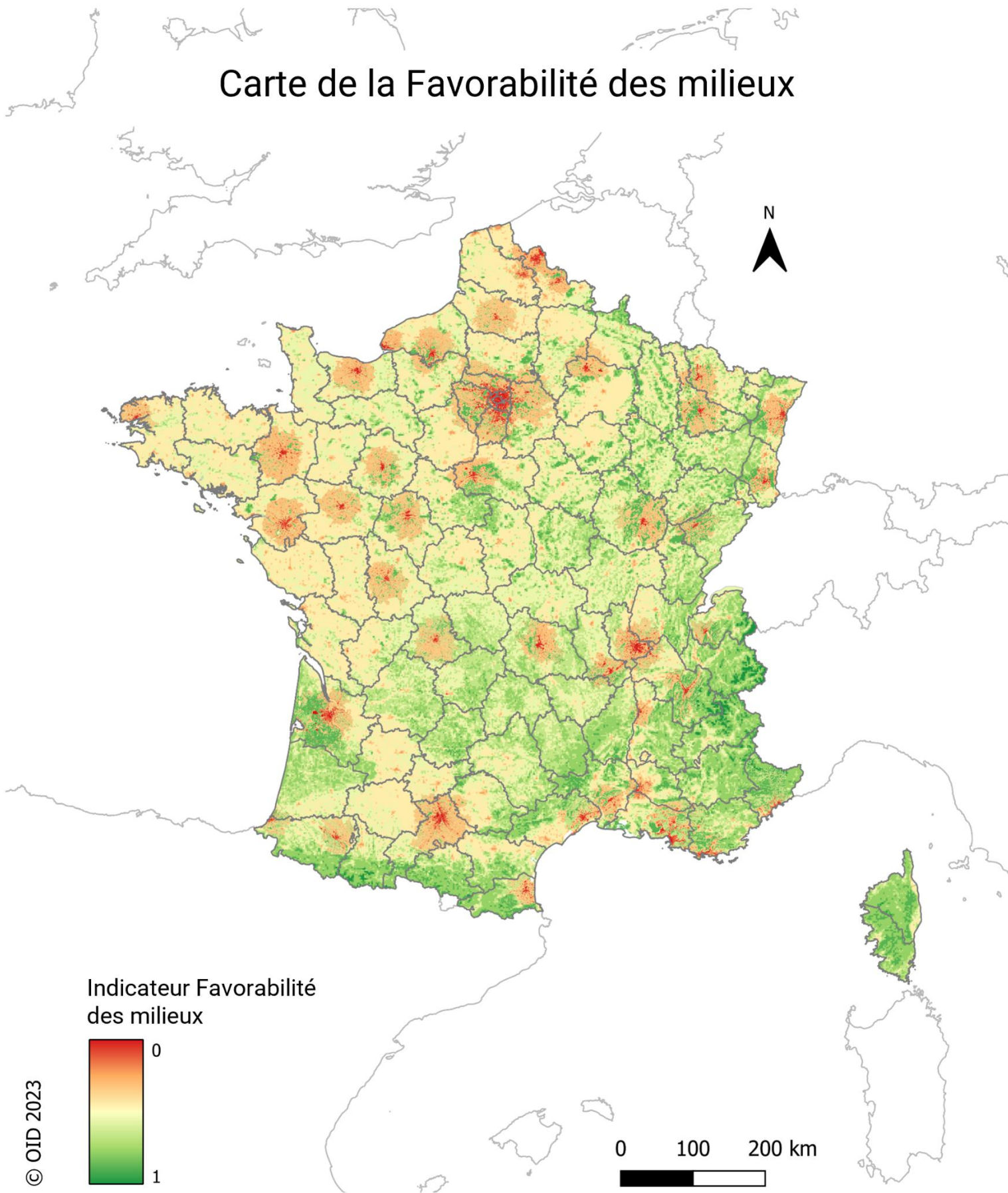
L'hémérobie est une « mesure intégrative des impacts des interventions humaines sur les écosystèmes » ([Waltz and Stein 2014](#) ; [Fehrenbach et al 2015](#)). Elle informe sur l'intégrité biophysique des écosystèmes, avec les bornes « habitat artificiel » et « habitat originel » ([Guetté 2021](#)). L'évolution du gradient d'hémérobie correspond à un gain/perte de la capacité des écosystèmes à perpétuer les fonctions et structures écologiques. On associe l'évolution positive de l'hémérobie avec la favorabilité d'un milieu.

Les continuités spatiales permettent le « mouvement sans entrave des espèces et le flux des processus naturels qui soutiennent la vie sur terre » (Convention sur la conservation des espèces migratrices COP13 2020). Elles sont indispensables au maintien des populations ([Santini et al. 2016](#) ; [Crooks & Sanjayan 2006](#), [Hanski 1998](#)). Ce paramètre est d'autant plus crucial dans un contexte de changement climatique où les espèces vont devoir se déplacer à la recherche de conditions de vie favorables ([Krosby et al. 2010](#) ; [Pearson 2006](#)).

L'hémérobie/favorabilité des milieux, ainsi que la connectivité écologique, forment les faces deux faces d'une même pièce. L'hémérobie pointe les zones les plus accueillantes pour la biodiversité ; ces mêmes zones peuvent être considérées comme « à protéger » tandis qu'il est important d'identifier les (dis)continuités spatiales pour que les bâtiments participent, dans une certaine mesure, à la consolidation des corridors écologiques au sein des matrices urbaines ([Beninde et al. 2015](#)).

Prendre en compte ces facteurs est d'autant plus important que les documents de planification territoriale et d'urbanisme (SRCE, PLU) traitent de cette problématique. Ces documents sont l'un des principaux moteurs pour le choix des sites qui accueilleront de futurs projets immobiliers et concernent particulièrement les promoteurs immobiliers.

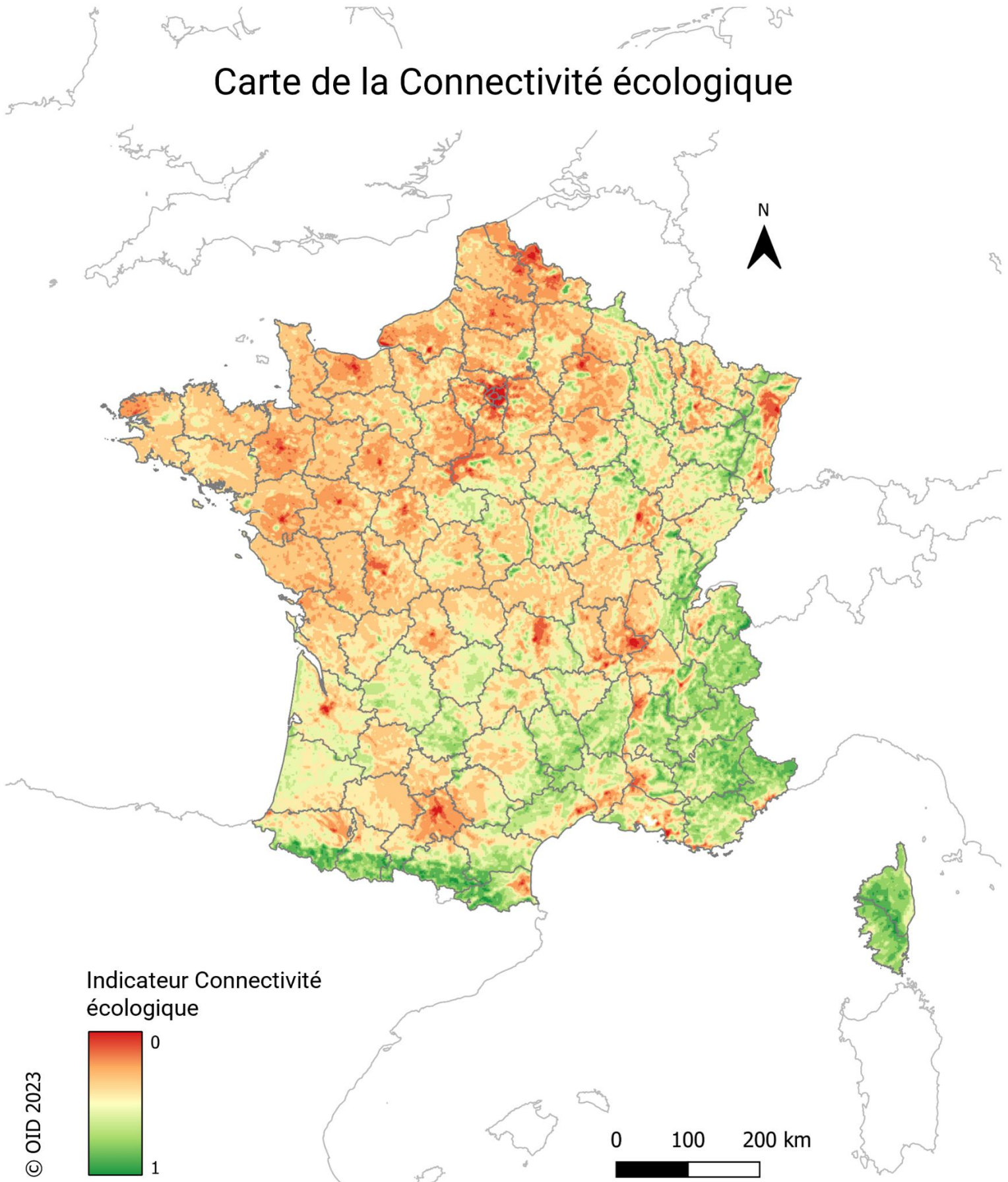
# Carte de la Favorabilité des milieux



© OID 2023



# Carte de la Connectivité écologique



# METHODOLOGIE DES SOUS-INDICATEURS

## ESPACES PROTEGES ET REGLEMENTES

Trois dimensions ont été prises en compte pour classer la sensibilité liée à la proximité d'un espace protégé :

- Le niveau de protection de l'espace protégé
- La superficie de l'espace protégé
- La distance du bâtiment à l'espace protégé

### • Données utilisées

Le sous-indicateur « Espaces protégés et réglementés » repose sur les cartographies nationales des espaces naturels réalisées par le Muséum National d'Histoire Naturelle. Les espaces protégés sont classés selon le degré de contrainte de la réglementation qui les régit. Le Service du Patrimoine Naturel du MNHN ([Witté et al. 2013](#)) a classé les espaces protégés en fonction de la nouvelle stratégie nationale pour la création d'aires protégées 2030. Elle est ici complétée avec les ZNIEFF et INPG ([INPN](#)).

Catégorie I : Protections réglementaires & par maîtrise foncière  Ces espaces protégés font partie du réseau de protection forte telle que définie par le décret <a href="#">n°2022-527</a> du 12 avril 2022	Arrêté de protection de biotope	APB
	Arrêté de protection d'habitat naturel	APHN
	Arrêté de protection de Géotope	APG
	Parc national (cœur)	PNc
	Parc national (réserve intégrale)	PNri
	Réserve biologique (dirigée et intégrale)	ResBiol
	Réserve naturelle nationale	RNN
	Périmètre de protection RNN	RNNpp
	Réserve naturelle régionale	RNR
	Périmètre de protection RNR	RNRpp
	Réserve naturelle de corse	RNC
	Réserve nationale de chasse et faune sauvage	RNCFS
	Terrain du conservatoire du littoral	TCL
	Site acquis des conservatoires d'espaces naturels	CENa
	Sites gérés des conservatoires d'espaces naturels	CENg
Espaces naturels sensibles	ENS	
Catégorie II : Sites Natura 2000	Zone de protection spéciale	ZPS
	Site d'intérêt communautaire	SIC
Catégorie III : Autres outils contractuels & Engagements internationaux	Parc national (aire d'adhésion)	PNaa
	Parc naturel régional	PNR
	Zone humide (Ramsar)	Ramsar
	Réserve de biosphère	ResBios
	Sites inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO	UNESCO
	Géoparc UNESCO	GP
Catégorie IV : espaces d'intérêt écologique	ZNIEFF type I	ZNIEFF1
	ZNIEFF type II	ZNIEFF2
	Inventaire National du Patrimoine Géologique	INPG

*Classification des espaces protégés et réglementés par catégorie, OID 2022*

- **La superficie de l'espace protégé**

En écologie, la taille des patches d'habitat est une dimension importante pour le soutien de la biodiversité. Selon la théorie de la biogéographie insulaire, développée par MacArthur et Wilson (1967), les îles isolées et de petite taille sont plus soumises à l'extinction des espèces et accueillent donc une diversité moins importante que les îles de grande taille connectées au continent. Cette théorie est reprise en écologie du paysage et appliquée à des patches d'habitats situés en zone continentale, notamment en milieu urbain (Davis & Glick 2009 ; Beninde *et al.* 2015). De plus, d'après Rodrigues *et al.* (2004), la taille d'une aire protégée influe sur sa capacité à maintenir la biodiversité. Dans le cadre de cette théorie, si l'on considère les espaces protégés comme des îles, leur surface influe sur la richesse en espèce. En effet, des aires protégées de moins de 1 000 ha sont moins efficaces à maintenir des populations d'espèces viables.

- **La distance du bâtiment à l'espace protégé**

La distance du bâtiment à l'espace protégé constitue également un indice important pour définir sa sensibilité vis-à-vis de la biodiversité. Il a été établi que le changement d'usage des sols à proximité des espaces protégés peut menacer les processus écologiques et la biodiversité à l'intérieur des aires protégées (Hansen & DeFries 2007). La taille et la forme de la zone tampon devraient varier en fonction de l'espace protégé considéré car les perturbations anthropiques seront spécifiques à l'écosystème dans lequel il se trouve et aux espèces présentes. Cependant, il est difficile de créer les zones tampons au cas par cas. Il a été décidé de considérer un périmètre suffisamment large autour des aires protégées pour s'assurer de prendre en compte les écosystèmes dans leur ensemble. De plus, pour la plupart des types d'aires protégées pris en compte dans l'indicateur, la probabilité de trouver un site constructible ou un bâtiment est faible. Ainsi, deux zones tampons sont créées, ce qui permet de mieux discriminer la sensibilité. La première est située à 500 mètres autour de l'espace protégé et la deuxième à 2000 m. La première zone tampon représente un périmètre restreint autour de l'espace dans lequel les perturbations anthropiques devraient fortement influencer les processus écologiques à l'intérieur de la zone protégée. La deuxième zone a été choisie bien plus large pour assurer d'englober un périmètre où les perturbations sont toujours susceptibles d'impacter la biodiversité des espaces protégés. Enfin, dans l'outil développé, seule l'adresse du bâtiment ou du site, un point spatial donc, sera connue. Les zones tampons ne doivent pas être trop petites pour ne pas minimiser l'influence de la taille de la parcelle cadastrale, pouvant atteindre parfois plusieurs centaines de mètres carrés.

- **Méthode mathématique par maximum**

Pour chaque espace protégé, une note est attribuée en fonction des trois paramètres décrits précédemment : niveau de protection de l'aire protégée, superficie de l'espace protégé, distance du bâtiment à l'espace protégé. Le tableau ci-dessous présente ladite notation.

Niveau de protection	Surface	Distance à l'espace protégé	Notation
Catégorie 1	S >> 1000 ha	Zone Cœur	1
		Zone tampon 500m	0,9
		Zone Tampon 2000m	0,7
	S << 1000 ha	Zone Cœur	0,95
		Zone tampon 500m	0,85
		Zone Tampon 2000m	0,65
Catégorie 2	S >> 1000 ha	Zone Cœur	0.85
		Zone tampon 500m	0.75
		Zone Tampon 2000m	0.55
	S << 1000 ha	Zone Cœur	0.8
		Zone tampon 500m	0.7
		Zone Tampon 2000m	0.5
Catégorie 3	S >> 1000 ha	Zone Cœur	0.7
		Zone tampon 500m	0.6
		Zone Tampon 2000m	0.4
	S << 1000 ha	Zone Cœur	0.65
		Zone tampon 500m	0.55
		Zone Tampon 2000m	0.35
Catégorie 4	S >> 1000 ha	Zone Cœur	0.55
		Zone tampon 500m	0.45
		Zone Tampon 2000m	0.25
	S << 1000 ha	Zone Cœur	0.5
		Zone tampon 500m	0.40
		Zone Tampon 2000m	0.2

*Notes de risque associées pour l'indicateur d'espaces protégés et réglementés, OID 2022*

Lors de la superposition de plusieurs espaces protégés et/ou zones tampons, la note maximale obtenue par les différents espaces est retenue. Cette méthode permet de ne pas sous-estimer la qualité de l'espace protégé (combinaison de la catégorie, surface et de la localisation en zone cœur ou tampons) au profit de la superposition de plusieurs zones. En effet, il paraît plus pertinent de concentrer les efforts de conservation en priorité sur un espace de qualité importante et donc à fort enjeu pour la biodiversité, par rapport à une situation où plusieurs espaces protégés de qualité moindre sont répertoriés.

## ESPECES A ENJEU DE CONSERVATION

- **Données utilisées**

Les données cartographiques issues des inventaires 2013-2018 des espèces visées par les directives Habitat Faune Flore (DHFF article 17) et oiseaux (DO article 12) ont été utilisées pour calculer la distribution de la richesse en espèces à enjeu sur le territoire français métropolitain. C'est une source de données fiable régulièrement mise à jour qui couvre l'ensemble des groupes taxonomiques des deux rapportages européens DHFF et DO. La résolution des cartographies issues de ces rapportages 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.

## ● Métrique d'intérêt

Les données brutes ont permis de déterminer la richesse spécifique sur le territoire de l'Hexagone, soit le nombre d'espèces différentes présentes dans un espace donné. C'est un indicateur communément utilisé en écologie ([Marcon 2015](#)). La distribution de la diversité biologique est difficile à évaluer avec les données d'observation d'espèces ou de répartition géographique. Un comptage du nombre d'espèces au sein de chaque maille de 100 km<sup>2</sup> (résolution de la cartographie rapportage) est réalisé. La richesse minimum s'élève à 1 espèce et la richesse maximum à 184 espèces. Les valeurs de nombre d'espèces ont été discrétisées en 10 classes par la méthode de rupture naturelle (Jenks). La méthode Jenks a été choisie car elle permet d'optimiser le regroupement de valeurs similaires et de maximiser la différence entre les catégories. Un coefficient est attribué à chacune des catégories obtenues.

## FAVORABILITE DES MILIEUX

### ● Données utilisées

Les bases de données utilisées sont les inventaires biophysiques d'occupation des sols que sont le [Corine Land Cover 2018](#), [l'Urban Atlas 2018](#) et [Street Tree Layer 2018](#). Ces sources cartographient les habitats présents en Europe grâce à l'analyse d'images satellitaires. La cartographie Urban Atlas (UA) est plus précise que le Corine Land Cover (CLC) mais elle ne concerne que les agglomérations urbaines. C'est ce qui justifie le développement de deux méthodologies (explication ci-après). Les cartes Corine Land Cover et Urban Atlas ont des catégories d'habitat fort semblables qui permettent de faire des correspondances entre les typologies. La carte Street Tree Layer (STL) permet quant à elle d'identifier les arbres d'alignement.

Les typologies d'occupation des sols du CLC et de l'UA peuvent être classées selon un gradient d'intégrité biophysique ([Fehrenbach et al 2015](#)). Le gradient compte sept rangs qui prennent en considération une grande diversité de milieux, 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](#)).

Une classification partielle des typologies d'occupation des sols de Corine Land Cover a été réalisée par [Waltz and Stein \(2014\)](#). Elle est ici complétée et enrichie avec les autres bases de données Urban Atlas et Street Tree Layer.

Degré	Impact anthropique	Corine Land Cover / Urban Atlas / Street Tree Layer
1	<u>Excessivement fort</u> , Biocénose détruite	<b>CLC</b> : Tissu urbain continu, Zones industrielles ou commerciales, Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés, Zones portuaires, Aéroports  <b>UA</b> : Tissu urbain continu (densité urbaine > 80 %) ; Unités industrielles, commerciales, publiques, militaires et privées ; Routes de transit rapide et terrains associés ; Autres routes et terrains associés ; Chemins de fer et terrains associés ; Zones portuaires ; Aéroports

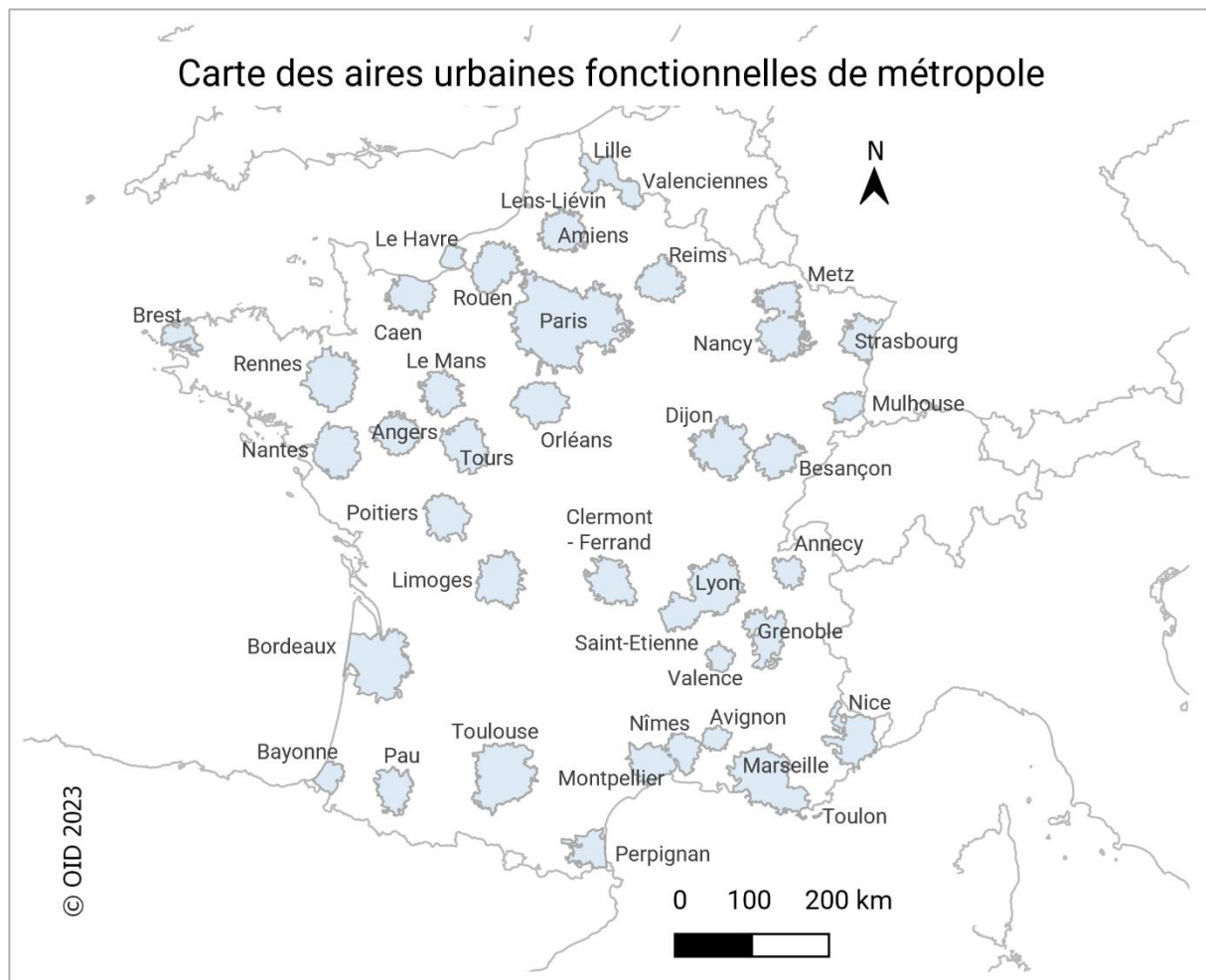
2	Très fort	<p><b>CLC</b> : Tissu urbain discontinu, Extraction de matériaux, Décharges, Chantiers</p> <p><b>UA</b> : Tissu urbain dense discontinu (50% - 80%) ; Tissu Urbain Discontinu de Moyenne Densité (30% - 50%) ; Extraction minière et dépotoirs ; Chantiers ; Terrain sans usage courant</p>
3	Fort	<p><b>CLC</b> : 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</p> <p><b>UA</b> : Tissu urbain discontinu à faible densité (10% - 30%) ; Tissu urbain discontinu à très faible densité (&lt; 10 %) ; Installations sportives et de loisirs ; Terres arables (cultures annuelles) ; Cultures permanentes (vignes, arbres fruitiers, oliveraies) ; Pâturages ; Ouvrages isolés ; Schémas de culture complexes et mixtes ; Vergers en marge des classes urbaines</p> <p><b>STL</b> : Arbres d'alignement urbains</p>
4	Modéré-fort	<p><b>CLC</b> : 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)</p> <p><b>UA</b> : Espaces verts urbains ; Milieux aquatiques</p>
5	Modéré	<p><b>CLC</b> : Forêts de conifères, Forêts mélangées, Pelouses et pâturages naturels, Landes et broussailles, Végétation sclérophylle, Forêts et végétation arbustive en mutation, Végétation clairsemée, Zones incendiées</p> <p><b>UA</b> : Associations végétales herbacées (prairies naturelles, landes...)</p>
6	Faible	<p><b>CLC</b> : Forêts de feuillus, Plages, dunes et sables, Marais intérieurs, Tourbières, Marais maritimes, Zones intertidales, Lagunes littorales, Estuaires</p> <p><b>UA</b> : Les forêts, les zones humides</p>
7	Presque aucun	<p><b>CLC</b> : Roches nues, Glaciers et neiges éternelles</p> <p><b>UA</b> : Milieux ouverts avec peu ou pas de végétation (plages, dunes, rochers, glaciers)</p>

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

- **Deux zones d'étude**

La zone d'étude couvre la France métropolitaine. Un traitement différencié est appliqué entre les aires urbaines et le reste de la France. Pour définir les aires urbaines, l'OCDE avance le concept d'Aires urbaines fonctionnelles (Functional Urban Area, FUA) développé par l'OCDE qui prend en compte les densités de population et les trajets domicile-travail. Les FUA sont constituées d'un cœur et d'une zone périphérique où le marché de l'emploi est interconnecté (Méthodo [version 2022](#)). Le protocole sélectionne les 41 plus grandes métropoles françaises (i.e. de plus de 250000 habitants à savoir : Amiens, Angers, Annecy, Avignon, Bayonne, Besançon, Bordeaux, Brest, Caen, Clermont-Ferrand, Dijon, Grenoble, Le Havre, Le Mans, Lens-Liévin, Lille, Limoges, Lyon, Marseille, Metz, Montpellier, Mulhouse, Nancy, Nantes, Nice, Nîmes, Orléans, Paris, Pau, Perpignan, Poitiers, Reims, Rennes, Rouen, Saint-Etienne, Strasbourg, Toulon, Toulouse, Tours, Valence, Valenciennes). (Données téléchargeables : [Shapefile](#) ; Visualisation : [ici](#)).

La différence entre les aires urbaines et le reste de la France relève du maillage (détail ci-dessous) et des données brutes utilisées. Les cartes d'occupation des sols utilisées pour les aires urbaines sont l'Urban Atlas et le Street Tree Layer qui possèdent des résolutions plus fines. Le reste du territoire est couvert par le Corine Land Cover.



- **Maillage**

Pour choisir le maillage, plusieurs critères ont été considérés. Le maillage doit être supérieur aux patchs d'habitats de Corine Land Cover (CLC) afin d'avoir des mailles hétérogènes. De plus, avoir une maille suffisamment grande permet de réduire le poids des données en sortie. Il n'est pas nécessaire d'avoir des mailles très fines car les typologies CLC vont se fondre dans les catégories définies ci-dessus. Nous choisissons des mailles pour lesquelles moins de 10% des patchs d'habitats sont plus larges que la taille des mailles. La maille pour les aires urbaines est donc de 200m par 200m et pour le reste de la France le maillage est de 2km par 2km.

## CONNECTIVITE ECOLOGIQUE

- **Données utilisées**

L'UICN a mis à disposition une cartographie des continuités spatiales réalisée dans le cadre du projet CARTNAT et découlant de la thèse d'Adrien Guetté. L'algorithme modélise les paysages tels des circuits électriques qui faciliteraient ou entraveraient la libre circulation des espèces ([McRae et al 2008](#)). La carte finale est produite d'une cartographie de l'intégrité biophysique réalisée par [Guetté et al. 2018](#). Ce travail permet de mesurer la connectivité fonctionnelle potentielle c'est-à-dire l'influence des structure paysagères sur les organismes à partir de simulation spatiales ([Bourgeois et al, 2017](#) ; [Avon et al, 2014](#)). La carte finale montre les zones importantes pour connecter les habitats avec une résolution de 20 mètres ([McRae et al 2016](#)).

- **Deux zones d'étude**

Là aussi, il y a une méthodologie différenciée entre les 41 plus grandes métropoles françaises et le reste de la France (voir liste ci-dessus).

- **Maillage**

Pour les aires urbaines = 200m x 200m  
Pour le reste de la France = 2kmx2km.

## NOTE GLOBALE DE L'INDICATEUR D'ETAT

Pour ce qui est de l'indicateur « Etat de la biodiversité », il correspond à la somme avec pondération égale des quatre sous-indicateurs :

$$\frac{1}{4} \text{Espaces protégés} + \frac{1}{4} \text{Espèces à enjeu} + \frac{1}{4} \text{Composition} + \frac{1}{4} \text{Configuration}$$



## DISCUSSION

Ce travail s'inscrit dans un objectif d'évaluation de l'état de la biodiversité à l'échelle nationale. Dans cette optique, l'indicateur d'état rassemble des métriques qui représentent les composantes de la biodiversité qu'il est pertinent d'examiner - à savoir les espèces, les habitats, et les paysages - en vue d'actions publiques ou privées pro-environnementales ([Addison et al, 2018](#)). Les actions de gestion de la biodiversité dont il serait question visent à préserver les fonctionnalités écologiques associées à la composition, à la structure et à la fonction des écosystèmes ainsi que leur résilience pour qu'ils fournissent de manière durable des services écosystémiques ([Failing and Gregory, 2003](#)). L'indicateur met donc en exergue les espaces du territoire métropolitain où, vraisemblablement, les conditions environnementales sont favorables à la biodiversité (espaces protégés, hémérobie faible, continuités spatiales). Ces espaces favorables à la biodiversité sont alors mis en contraste avec des espaces où l'activité anthropique entrave l'installation et le maintien de la biodiversité.

Une évaluation précise à l'échelle nationale est impossible compte tenu la complexité de la biodiversité ([EASAC, 2005](#)). Le travail de cartographique mené ici permet d'en 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. A ce propos, prenons pour exemple la métrique dite Hémérobie - qui qualifie les milieux/paysages le long d'un gradient dont les bornes seraient « artificielle » et « originelle ». La métrique hémérobique hiérarchise les habitats d'une manière qui peut être contestée. Dans cette classification, l'indice des forêts est meilleur que celui des milieux agricoles. Or, un espace agricole en agriculture biologique ou bien tout simplement avec une bonne gestion écologique des parcelles peut être plus favorable à la biodiversité qu'une forêt plantée en monoculture ([Kraus and Krumm, 2013](#)). Par conséquent, les résultats doivent être interprétés avec précaution. L'indicateur donne une bonne idée de la favorabilité de la biodiversité.

Par ailleurs, les sous-indicateurs ne retranscrivent pas l'intégralité des caractéristiques de la biodiversité ([Pereira et al, 2012](#)). On peut évoquer les exemples des sous-indicateurs de composition et de configuration qui, malgré une relativement bonne précision des données (maille de 2km x 2km hors grande métropole et 200m x 200m pour 41 métropoles), font fi des contextes locaux (écosystèmes ou zones biogéographiques) qui peuvent être pertinents, notamment lorsqu'il s'agira de mesurer les pressions anthropiques ([Bellard et al, 2022](#)). D'autre part, parmi les trois dimensions de la biodiversité (écosystèmes, espèces, génétique), la dimension génétique n'est pas prise en compte. La dimension écosystémique est quant à elle abordée dans les indicateurs d'espaces protégés, de composition, et de configuration tandis que la dimension spécifique est retranscrite dans l'indicateur d'espèces à enjeu de conservation. Les données sur les écosystèmes et les espèces font l'objet d'un recensement régulier. Malheureusement, le suivi de la diversité génétique est encore lacunaire dans un grand nombre de pays, y compris la France, du fait d'un faible intérêt de l'opinion publique et de financements insuffisants ([Ette and Guberek, 2021](#)).

Aussi, l'indicateur d'état est un outil cartographique qui agrège des cartes de résolutions différentes avec des pondérations égales. C'est une pratique commune dans la littérature. La carte de l'indicateur d'état qui additionne les sous-indicateurs cartographiques permet de distinguer, comme évoqué précédemment, les espaces où les conditions environnementales sont favorables à la biodiversité (espaces protégés, hémérobie, continuités spatiales). Elle

établit un résumé des sous-indicateurs mais l'information de ces derniers est aussi diluée. Il est donc nécessaire de consulter les résultats des sous-indicateurs ([Cherrier, Prima and Rouveyrol, 2021](#)).

Le choix des métriques qui composent les sous-indicateurs s'est fait en fonction de la direction pertinente à donner à l'indicateur d'état (dimension réglementaire par exemple) mais également des données disponibles. Les données qui servent à la production des sous-indicateurs sont disponibles en libre accès et proviennent de sources officielles : INPN (Inventaire national du patrimoine naturel), Corine Land Cover, CARTNAT. Il s'agit de données fiables qui font office de référence pour l'étude de la biodiversité. Toutefois, ces données ont des résolutions spatiales et temporelles différentes que l'on résumer comme suit :

Sous-indicateur	Données	Résolution spatiale	Dernière mise à jour
Espèces à enjeu de conservation	Carte INPN	Points	2019
Espaces protégés et réglementés	Cartes INPN	Au mètre près	2020
Favorabilité des milieux	Corine Land Cover	100m	2018
Connectivité écologique	CARTNAT (modélisation)	Pixels de 20m x 20m	2018

Nous partons du postulat qu'il n'y a pas d'erreurs dans les données : il n'est donc pas nécessaire de les réviser ni d'appliquer de méthode d'extrapolation car elles couvrent tout le territoire national. En revanche, un lissage est opéré pour harmoniser les mesures avec des valeurs entre 0 et 1 ([Kissling et al, 2018](#) ; [Köning et al, 2019](#)). La normalisation des données entre 0 et 1 et l'application d'une pondération égale occulte les biais de certaines données. D'une part, pour les espèces à enjeu de conservation, on peut estimer que les efforts de recensement ne sont pas les mêmes entre les régions. A ce propos, les données du rapportage sont agrégées avec la collaboration d'organismes qui gèrent la biodiversité et produisent une expertise scientifique (ONFCS, CBN, CEN, ONF, AFB, etc.) et les associations naturalistes nationales et locales ([DREAL Grand Est](#)). Certaines collectivités possèdent plus de réseaux de relais (Ile-de-France, PACA, Pays de la Loire par exemple) et ont donc un accès plus complet aux données environnementales. Aussi, les taxons ne bénéficient pas du même effort de recensement car les compétences en ornithologie - 22 700 contributeurs actifs sur l'[Observatoire des oiseaux des jardins](#) - sont plus répandues que celles en ichtyologie (étude des poissons) par exemple – 150 ichtyologistes regroupés au congrès français ichtyologiste.

Enfin, la mise en regard des indicateurs à une adresse donnée par rapport aux valeurs départementales doit permettre de resituer les enjeux par rapport au contexte local. Il est à noter que l'échelle retenue, le département, peut être débattue. Afin de laisser les utilisateurs choisir eux-mêmes leur échelle si celle-ci ne convenait pas, les seuils ont également été calculés aux échelles nationales et régionales, ainsi qu'à l'échelle des régions biogéographiques telles que définies par l'INPN, et mises à disposition dans les annexes. Tout autre renseignement peut être obtenu auprès des équipes ([r4re@o-immobilierdurable.fr](mailto:r4re@o-immobilierdurable.fr)).

## 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](#).
- ABC ATLAS DE LA BIODIVERSITE COMMUNALE. [Disponible ici](#).
- AVON, Catherine, BERGÈS, Laurent, et ROCHE, Philip. Comment analyser la connectivité écologique des trames vertes ? Cas d'étude en région méditerranéenne. *Sciences Eaux & Territoires pour tous*, 2014, no 2, p. 14-19. [Disponible ici](#).
- BAGUETTE, M. & VAN DYCK, H. (2007). Landscape connectivity and animal behavior: functional grain as a key determinant for dispersal. *Landscape Ecol*, 22, 1117–1129.
- BD TOPO. [Disponible ici](#).
- BELISLE, M. (2005). Measuring Landscape Connectivity: The Challenge of Behavioral Landscape Ecology. *Ecology*, 86, 1988–1995.
- BELLARD, Céline, MARINO, Clara, et COURCHAMP, Franck. Ranking threats to biodiversity and why it doesn't matter. *Nature Communications*, 2022, vol. 13, no 1, p. 2616. [Disponible ici](#).
- BENINDE, Joscha, VEITH, Michael, et HOCHKIRCH, Axel. Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology letters*, 2015, vol. 18, no 6, p. 581-592. [Disponible ici](#).
- BENNETT, A. F., CROOKS, K. R., et SANJAYAN, M. The future of connectivity conservation. *CONSERVATION BIOLOGY SERIES-CAMBRIDGE*, 2006, vol. 14, p. 676.
- BONN, A., RODRIGUES, A.S.L. & GASTON, K.J. (2002). Threatened and endemic species: are they good indicators of patterns of biodiversity on a national scale? *Ecology Letters*, 5, 733–741.
- BOURGEOIS, Marc, COSSART, Étienne, et FRESSARD, Mathieu. Mesurer et spatialiser la connectivité pour modéliser les changements des systèmes environnementaux. Approches comparées en écologie du paysage et en géomorphologie. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 2017, vol. 23, no 4, p. 289-308. [Disponible ici](#).
- BRACHET, Aline. Méthodologie d'évaluation hybride des interactions entre la biodiversité et les systèmes urbains: vers une synergie entre l'Analyse de Cycle de Vie, l'expertise écologie et la data science. 2020. Thèse de doctorat. Museum national d'histoire naturelle-MNHN PARIS. [Disponible ici](#).
- BURKHARD, Benjamin et MÜLLER, Felix. Driver–pressure–state–impact–response. 2008. [Disponible ici](#).
- CHERRIER, O., PRIMA, M. C., et ROUVEYROL, 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](#).
- CLARK, W. Principles of landscape ecology. *Nature Education Knowledge*, 2010, vol. 3, no 10, p. 34. [Disponible ici](#).
- COETZEE, Bernard WT, GASTON, Kevin J., et CHOWN, Steven L. Local scale comparisons of biodiversity as a test for global protected area ecological performance: a meta-analysis. *PloS one*, 2014, vol. 9, no 8, p. e105824. [Disponible ici](#).
- COMITE FRANÇAIS DE L'UICN. (2018). Tableau de bord des aires protégées.
- CONDE, Sophie, DELBAERE, Ben, BAILLY-MAITRE, Jérôme. EU 2010 biodiversity baseline—adapted to the MAES typology (2015). 2015. [Disponible ici](#).
- CORINE LAND COVER. [Disponible ici](#).
- COUVET, Denis, VANDEVELDE, Jean-Christophe, CASSETTA, E., et al. Biodiversité ordinaire : des enjeux écologiques au consensus social. *La biodiversité en question. Enjeux philosophiques, éthiques et scientifiques*, Paris, Éditions Matériologiques, 2014, p. 183-208. [Disponible ici](#).
- CROOKS, Kevin R. et SANJAYAN, M. (ed.). *Connectivity conservation*. Cambridge University Press, 2006.

- CROOKS, K. R. et SANJAYAN, M. Connectivity conservation : maintaining connections for nature. *Connect Conserv.* 2006. [Disponible ici.](#)
- DAVIS, Anthony M. et GLICK, Thomas F. Urban ecosystems and island biogeography. *Environmental Conservation*, 1978, vol. 5, no 4, p. 299-304.
- DDTM d'Ille-et-Vilaine. Prise en compte des enjeux espèces protégées dans les projets d'aménagements, 2012. [Disponible ici.](#)
- Delavaud, A., Milleret, E., Wroza, S., Soubelet, H., Deligny, A. & Silvain, J.-F. (2021). Indicateurs et outils de mesure - Evaluer l'impact des activités humaines sur la biodiversité. Expertise et synthèse. FRB. [Disponible ici.](#)
- DREAL Grand Est. Évaluation de l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaire, 2018. [Disponible ici.](#)
- EASAC (European Academies' Science Advisory Council). A user's guide to biodiversity indicators, 2005. [Disponible ici.](#)
- EL-SHAARAWI, Abdel H.; PIEGORSCH, Walter W. (2006). Encyclopedia of Environmetrics | Landscape Pattern Metrics Based in part on the article
- ETTE, Jana-Sophie et GEBUREK, Thomas. Why European biodiversity reporting is not reliable. *Ambio*, 2021, vol. 50, no 4, p. 929-941. [Disponible ici.](#)
- EUROPEAN COMMISSION. Nature Restoration [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.](#)
- FEHRENBACH, Horst, GRAHL, Birgit, GIEGRICH, Jürgen, *et al.* Hemeroby as an impact category indicator for the integration of land use into life cycle (impact) assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2015, vol. 20, p. 1511-1527. [Disponible ici.](#)
- FORMAN, R.T.T. & ALEXANDER, L.E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 29, 207–231.
- GELDMANN, Jonas, BARNES, Megan, COAD, Lauren, *et al.* Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation*, 2013, vol. 161, p. 230-238. [Disponible ici.](#)
- GODET, Laurent et DEVICTOR, Vincent. What conservation does. *Trends in ecology & evolution*, 2018, vol. 33, no 10, p. 720-730. [Disponible ici.](#)
- GÖKYER, Ercan. Understanding landscape structure using landscape metrics. In : *Advances in landscape architecture*. IntechOpen, 2013. [Disponible ici.](#)
- GRAY, Claudia L., HILL, Samantha LL, NEWBOLD, Tim, *et al.* Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications*, 2016, vol. 7, no 1, p. 12306. [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, CARRUTHERS-JONES, Jonathan, GODET, Laurent, *et al.* «Naturalité»: concepts et méthodes appliqués à la conservation de la nature. *Cybergeo: European Journal of Geography*, 2018. [Disponible ici.](#)
- GUETTÉ, Adrien, CARRUTHERS-JONES, Jonathan, CARVER, Stephen J. Projet CARTNAT : Cartographie de la Naturalité – Notice technique. UICN, 2021. [Disponible ici.](#)
- HANSEN, Andrew J. et DEFRIES, Ruth. Ecological mechanisms linking protected areas to surrounding lands. *Ecological applications*, 2007, vol. 17, no 4, p. 974-988. [Disponible ici.](#)
- HEINK, Ulrich et KOWARIK, Ingo. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological indicators*, 2010, vol. 10, no 3, p. 584-593. [Disponible ici.](#)
- INPN. Rapports communautaires sur les directives « Nature ». [Disponible ici.](#)
- INPN. Espaces protégés : Présentation. [Disponible ici.](#)
- INPN. Législation nationale de portée nationale : protection des espèces. [Disponible ici.](#)

- JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPEENNE. Directive 2009/147/CE du parlement européen et du conseil du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages. [Disponible ici](#).
- JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPEENNE. Directive 92/43/CEE du conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. [Disponible ici](#).
- KISSLING, W. Daniel, AHUMADA, Jorge A., BOWSER, Anne, et al. Building essential biodiversity variables (EBVs) of species distribution and abundance at a global scale. *Biological reviews*, 2018, vol. 93, no 1, p. 600-625. [Disponible ici](#).
- KÖNIG, Christian, WEIGELT, Patrick, SCHRADER, Julian, et al. Biodiversity data integration—the significance of data resolution and domain. *PLoS biology*, 2019, vol. 17, no 3, p. e3000183. [Disponible ici](#).
- KRAUS, Daniel, KRUMM, Frank, et INSTITUT EUROPÉEN DES FORÊTS. Les approches intégratives en tant qu'opportunité de conservation de la biodiversité forestière. 2013. [Disponible ici](#).
- KROSBY, Meade, TEWKSBURY, Joshua, HADDAD, Nick M., et al. Ecological connectivity for a changing climate. *Conservation Biology*, 2010, vol. 24, no 6, p. 1686-1689. [Disponible ici](#).
- HANSKI, Ilkka. Metapopulation dynamics. *Nature*, 1998, vol. 396, no 6706, p. 41-49. [Disponible ici](#).
- LÉONARD L., WITTÉ I., ROUVEYROL P., HÉRARD K., 2020 — Représentativité et lacunes du réseau d'aires protégées métropolitain terrestre au regard des enjeux de biodiversité. *Rapport PatriNat, dir. UMS PatriNat (OFB-CNRS-MNHN)*, 81 p. [Disponible ici](#).
- MCGARIGAL, Kevin et CUSHMAN, Samuel A. Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecological applications*, 2002, vol. 12, no 2, p. 335-345. [Disponible ici](#).
- MCGARIGAL, Kevin Landscape pattern metrics, 2014 [Disponible ici](#).
- MCRAE, B. H., POPPER, K., JONES, A., et al. Conserving nature's stage: mapping omnidirectional connectivity for resilient terrestrial landscapes in the pacific northwest. The Nature Conservancy, Portland, Oregon, 2016. [Disponible ici](#).
- MCRAE, Brad H., DICKSON, Brett G., KEITT, Timothy H., et al. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology*, 2008, vol. 89, no 10, p. 2712-2724. [Disponible ici](#).
- MARCON, Eric. *Mesures de la biodiversité*. 2015. Thèse de doctorat. AgroParisTech. [Disponible ici](#).
- MAXWELL, Sean L., CAZALIS, Victor, DUDLEY, Nigel, et al. Area-based conservation in the twenty-first century. *Nature*, 2020, vol. 586, no 7828, p. 217-227. [Disponible ici](#).
- NARDO, Michela, SAISANA, Michaela, SALTELLI, Andrea, et al. Tools for composite indicators building. European Commission, Ispra, 2005, vol. 15, no 1, p. 19-20. [Disponible ici](#).
- OCDE. Corps central d'indicateurs de l'OCDE pour les examens des performances environnementales (1993) [Disponible ici](#).
- OCDE. Functional Urban Areas. Méthodo [version 2022](#) ; [Shapefile](#) ; Visualisation : [ici](#)
- ONU. Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage. [Disponible ici](#).
- PEARSON, Richard G. Climate change and the migration capacity of species. *Trends in ecology & evolution*, 2006, vol. 21, no 3, p. 111-113. [Disponible ici](#).
- PELLISSIER, Vincent, TOUROULT, Julien, JULLIARD, Romain, et al. Assessing the Natura 2000 network with a common breeding birds survey. *Animal Conservation*, 2013, vol. 16, no 5, p. 566-574. [Disponible ici](#).
- PEREIRA, Henrique Miguel, NAVARRO, Laetitia Marie, et MARTINS, Inês Santos. Global biodiversity change: the bad, the good, and the unknown. *Annual Review of Environment and Resources*, 2012, vol. 37, p. 25-50. [Disponible ici](#).
- RODRIGUES, Ana SL, ANDELMAN, Sandy J., BAKARR, Mohamed I., et al. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, 2004, vol. 428, no 6983, p. 640-643. [Disponible ici](#).
- ROBERGE, Jean-Michel et ANGELSTAM, P. E. R. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Conservation biology*, 2004, vol. 18, no 1, p. 76-85. [Disponible ici](#).

- SAISANA, Michaela, SALTELLI, Andrea, et TARANTOLA, Stefano. Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 2005, vol. 168, no 2, p. 307-323. [Disponible ici](#).
- SANTINI, Luca, SAURA, Santiago, et RONDININI, Carlo. Connectivity of the global network of protected areas. *Diversity and Distributions*, 2016, vol. 22, no 2, p. 199-211. [Disponible ici](#).
- SCOTT, J. Michael, DAVIS, Frank, CSUTI, Blair, *et al.* Gap analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. *Wildlife monographs*, 1993, p. 3-41. [Disponible ici](#).
- SYRBE, R.-U., & WALZ, U. (2012). Spatial Indicators for the Assessment of Ecosystem Services: Providing, Benefiting and Connecting Areas and Landscape Metrics. *Ecological Indicators*, 21, 80-88. [Disponible ici](#).
- UICN. Protected areas in France: A diversity of tools for the conservation of biodiversity, 2013. [Disponible ici](#).
- URBAN ATLAS. [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](#).
- WALZ, Ulrich et STEIN, Christian. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, 2014, vol. 22, no 3, p. 279-289. [Disponible ici](#).
- WILSON, Edward O. et MACARTHUR, Robert H. The theory of island biogeography. Princeton University Press, 1967. [Disponible ici](#).
- WICKS, E. C., LONGSTAFF, B. J., FERTIG, B., *et al.* Chapter 5: ecological indicators. assessing ecosystem health using metrics. *Integrating and Applying Science: A Handbook for Effective Coastal Ecosystem Assessment*. IAN Press, Cambridge, maryland, 2010. [Disponible ici](#).
- WITTÉ, Isabelle, TOUROULT, Julien, et PONCET, Laurent. Distribution spatiale et complémentarité des «hotspots» de biodiversité en France métropolitaine. *Valorisation des données des Atlas. Rapport SPN*, 2013, vol. 6, p. 90. [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
- Lilian Léonard – Patrinat
- Sakina Pen Point – OID
- Christophe Piscart – EcoBio
- Karine Princé – MNHN
- Marie-Eve Raux – Essor Développement
- Paul Rouveyrol – PatriNat
- Maria Tapia Vargas – Wild Trees
- Yannick Tchana – Perial Asset Management
- Marie Verrot – Nexity
- 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](mailto:r4re@o-immobilierdurable.fr)**

**[o-immobilierdurable.fr](http://o-immobilierdurable.fr)  
[www.taloen.fr](http://www.taloen.fr)**