

DOCUMENT DE TRAVAIL

La fragmentation des milieux naturels terrestres en France

*Définitions, cadre conceptuel, méthodologie
et résultats détaillés*

JUILLET 2026

Résumé

Conséquence directe de la destruction des habitats naturels liés aux extensions urbaines, à la réalisation d'infrastructures de transport ou à certaines pratiques agricoles intensives, la fragmentation des milieux naturels terrestres est une des causes majeures de l'érosion de la biodiversité. Elle entrave le déplacement de la faune, affecte le déroulement du cycle de vie des espèces et provoque une mortalité directe par collision.

Avec 8,3 % de surface artificialisée¹ et plus de 5 000 km de réseaux routiers et ferroviaires à grande circulation², le territoire français est concerné par cette pression.

Cette publication présente une méthodologie permettant d'évaluer le niveau de fragmentation des milieux naturels d'un territoire et son évolution depuis 1990.

Après une présentation du contexte général et le rappel des différents enjeux écologiques liés à la fragmentation des milieux naturels, la présentation de la méthodologie est détaillée. Enfin, une description des différents résultats par territoire complète la méthodologie.

Mots clés : *biodiversité, milieux naturels, espaces naturels, pressions, artificialisation*

Auteurs

Anthony COULMIN (SDES)

Irénée JOASSARD (SDES)

¹ Source : Corine Land Cover, 2018.

² D'après la BD TOPO de 2024.

Sommaire

Partie 1 - Contexte et enjeux	6
I. Les cinq pressions responsables du déclin de la biodiversité.....	7
II. Les continuités écologiques, l'aménagement du territoire et la fragmentation des milieux naturels.....	9
III. Liens entre continuités écologiques et fragmentation des milieux naturels	15
IV. La nécessité écologique de lutter contre la fragmentation des milieux naturels.....	17
Partie 2 - Plusieurs initiatives pour mesurer la fragmentation des milieux naturels	21
I. Historique de la mesure de la fragmentation	22
II. Présentation de la méthodologie du SDES.....	26
Partie 3 - Calcul des indicateurs et déclinaisons territoriales et temporelles	44
I. La représentation par territoire	45
II. Le suivi temporel de la fragmentation.....	48
III. Plusieurs indicateurs disponibles issus de l'analyse de la fragmentation	58
Partie 4 - Suites à donner / Pistes d'amélioration.....	62
I. Mobilisation d'autres sources de données	63
II. Autres fragmentations.....	66
Annexes.....	68

Synthèse

La fragmentation des milieux naturels terrestres constitue aujourd'hui l'une des pressions majeures exercées par les activités humaines sur la biodiversité. Elle résulte principalement des dynamiques d'urbanisation, du développement des infrastructures de transport et de certaines pratiques agricoles et forestières, qui morcellent progressivement les habitats naturels et semi-naturels. Ce phénomène ne se confond pas avec l'artificialisation des sols : un territoire peut être peu artificialisé mais fortement fragmenté (par exemple du fait d'infrastructures linéaires), tandis qu'un territoire artificialisé de manière compacte peut présenter une fragmentation plus limitée.

Les conséquences écologiques de la fragmentation sont aujourd'hui bien connues. En entravant les continuités écologiques, elle limite les déplacements des espèces, perturbe leurs cycles de vie (alimentation, reproduction, dispersion), isole les populations et réduit leur diversité génétique. Ces effets contribuent, aux côtés d'autres pressions majeures identifiées par la plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) – (changement d'usage des terres, surexploitation, pollutions, changement climatique, espèces exotiques envahissantes), à l'érosion globale de la biodiversité.

Dans ce contexte, la mesure du niveau de fragmentation d'un territoire est un outil pour éclairer les politiques publiques d'aménagement, de conservation et de restauration des continuités écologiques. Si le suivi de l'artificialisation des sols est désormais bien documenté, notamment au travers de l'observatoire national de l'artificialisation, la quantification robuste et comparable de la fragmentation des milieux naturels demeure plus complexe et nécessite des approches statistiques et spatiales spécifiques. En effet, sa mesure repose sur une connaissance géographique fine et sur des hypothèses structurantes qui sont détaillées dans le document et mises en regard de celles des autres méthodes utilisées. La méthode présentée ici présente le double intérêt de couvrir tout le territoire et d'offrir des comparaisons dans le temps depuis 1990.

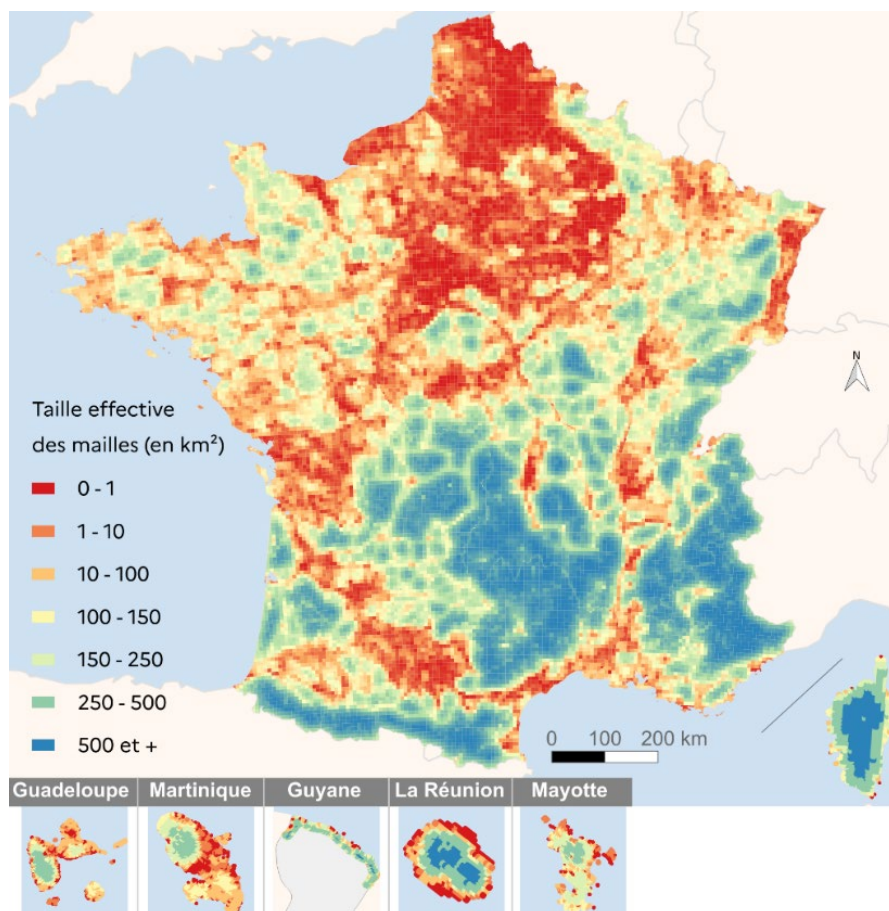
Entre 1990 et 2018, la diminution des surfaces des espaces naturels et semi-naturels (passant de 66 % à 60 % du territoire) cumulée à l'extension des réseaux routiers et ferroviaires à grande circulation a accentué le phénomène de fragmentation de ces espaces propices à la biodiversité. Durant cette période, la taille effective de maille de la France métropolitaine³ est passée de 212 km² à 164 km². L'analyse des résultats à la maille fait ressortir certains territoires fortement fragmentés (littoraux, grands pôles urbains et grandes régions agricoles) contrairement à d'autres territoires encore préservés comme les massifs montagneux (*figure 1*).

L'analyse temporelle du phénomène montre que la fragmentation des milieux naturels et semi-naturels s'est opérée de manière significative entre 1990 et 2000 avec la construction du réseau ferroviaire lié aux TGV et de nombreuses autoroutes. Depuis, même si la pression demeure (diminution en moyenne de la taille effective de maille de 2 km² tous les 6 ans entre 2000 et 2018), le niveau de fragmentation du territoire métropolitain semble avoir atteint un palier, notamment pour certaines régions (Île-de-France, Pays de la Loire). À l'inverse, d'autres régions semblent encore peu affectées par ce phénomène (Corse, Auvergne-Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur) malgré une baisse de la taille de maille observée. Ce constat est

³ Indicateur utilisé pour quantifier le niveau de fragmentation d'un territoire.

à relier avec la forte hétérogénéité des territoires qui les composent (secteurs fortement urbanisés versus grands espaces naturels).

Figure 1 : représentation de la taille effective de maille en 2018



Note : le réseau de carreaux diffère d'un territoire à l'autre :

Hexagone : carreaux de 5 km et tampon de 10 km ;

Guyane : carreaux de 2 km et tampon de 10 km ;

Martinique : carreaux de 1 km et tampon de 5 km ;

Guadeloupe : carreaux de 1 km et tampon de 5 km ;

Mayotte : carreaux de 1 km et tampon de 5 km ;

La Réunion : carreaux de 1 km et tampon de 5 km.

Source : SDES, 2025. Traitements : SDES, avril 2026

Partie 1

Contexte et enjeux

La fragmentation des milieux naturels terrestres est l'un des facteurs majeurs de l'érosion de la biodiversité, aux côtés du changement climatique. Elle résulte principalement de l'artificialisation des sols, du développement des infrastructures de transport et de l'intensification de certains usages des territoires, qui morcellent les habitats et entravent les déplacements des espèces. Ce cloisonnement des espaces naturels affecte la fonctionnalité écologique des milieux, la viabilité des populations et leur capacité d'adaptation. Dans un contexte de mise en œuvre des politiques de continuités écologiques, notamment au travers de la trame verte et bleue et des engagements nationaux et européens en faveur de la biodiversité, disposer d'outils permettant de caractériser et de suivre la fragmentation constitue un enjeu stratégique.

I. LES CINQ PRESSIONS RESPONSABLES DU DÉCLIN DE LA BIODIVERSITÉ

Les activités anthropiques interagissent fortement, indirectement ou directement, sur les milieux naturels. Elles exercent de fait de multiples pressions sur les habitats naturels et les espèces.

En 2019, le rapport de l'évaluation mondiale sur la biodiversité et les services écosystémiques de l'IPBES met en évidence les cinq grandes pressions qui atteignent la biodiversité (figure 2).

Figure 2 : exemples d'atteinte à la biodiversité en France



Champ : Hexagone, excepté pour les indicateurs d'artificialisation et de pollution qui intègrent une partie des DROM pour lesquels les données sont disponibles.

Sources : Observatoire de l'artificialisation pour destruction des milieux naturels ; Ifremer pour surexploitation des ressources ; CGDD pour les trois autres chiffres. Traitements : SDES, 2026

A. Le changement d'usage des terres et des mers

La croissance démographique et le développement des activités économiques conduisent la société à transformer son environnement, entraînant la destruction, la fragmentation et la perturbation des écosystèmes. L'urbanisation et le tourisme sont les principales causes de destruction des habitats marins et côtiers par exemple. Sur terre, l'artificialisation des sols et la destruction d'éléments du paysage (haies, bosquets, etc.) conduisent à **fragmenter les milieux naturels terrestres**. En ajoutant des obstacles artificiels aux milieux naturels, les activités anthropiques créent une rupture dans la continuité écologique nécessaire à la survie des espèces et contribuent significativement à l'érosion de la biodiversité.

B. La surexploitation des ressources naturelles

Au-delà de la diminution de l'abondance des espèces sauvages, l'exploitation des ressources à des taux supérieurs à la régénération naturelle constitue une pression majeure des écosystèmes.

C. Le changement climatique

En affectant l'équilibre naturel des écosystèmes et leurs chaînes alimentaires, le changement climatique impacte de façon significative les interactions qui lient la faune et la flore. Ces perturbations sur le vivant sont multiples : déplacement de l'aire de répartition des espèces, accélération des cycles saisonniers, extinction de populations locales, etc. Ces bouleversements biologiques sont provoqués notamment par la hausse des températures, l'acidification et l'élévation du niveau des océans, les inondations, etc. Ainsi, les habitats situés à l'interface terre-mer des littoraux se trouvent particulièrement impactés. Côté terre, les estuaires, les marais littoraux, les estrans ou encore les dunes, les dunes rocheuses ou sableuses offrent des conditions de vie (salinité, vent, marée, etc.) spécifiques mais favorables à de nombreuses espèces endémiques. Ils sont aujourd'hui menacés de disparition.

D. Les pollutions

L'activité humaine crée ou modifie certaines substances qui les rendent naturellement non ou peu dégradables et génère différents types de pollutions : chimiques (intrants en agriculture), physiques (pollution lumineuse), sonores (via les trafics routiers, ferroviaires ou marins) ou thermiques (rejets des centrales nucléaires).

Chacune de ses pollutions peut constituer des éléments fragmentant pour la biodiversité. C'est le cas de la pollution lumineuse. Ainsi, l'éclairage nocturne engendre une perte d'habitats naturels pour les espèces nocturnes et crée une fragmentation des milieux. 85 % du territoire métropolitain est ainsi exposé à un niveau élevé de pollution lumineuse qui constitue une menace pour de nombreuses espèces animales et végétales.

E. Les espèces exotiques envahissantes

Par son positionnement géographique et la diversité de ses climats et habitats naturels, la France est fortement exposée à l'implantation de nouvelles espèces. Les flux de marchandises et de personnes en constante progression facilitent leur accès sur le territoire. Certaines de ces espèces peuvent devenir envahissantes et nuire à la biodiversité locale. Qu'elle soit volontaire ou non, l'introduction d'espèces envahissantes peut avoir de graves répercussions sur la santé des végétaux cultivés, des animaux d'élevage, des milieux naturels ou encore celle de l'homme. Elle peut générer d'importants coûts économiques et des impacts sur les activités humaines : navigation fluviale, tourisme et productions agricoles.

II. LES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES, L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET LA FRAGMENTATION DES MILIEUX NATURELS

A. Qu'est-ce qu'une continuité écologique ?

La continuité écologique est définie comme la libre circulation des espèces terrestres et aquatiques et leur accès aux zones indispensables à leur cycle de vie (reproduction, croissance, alimentation et abri).

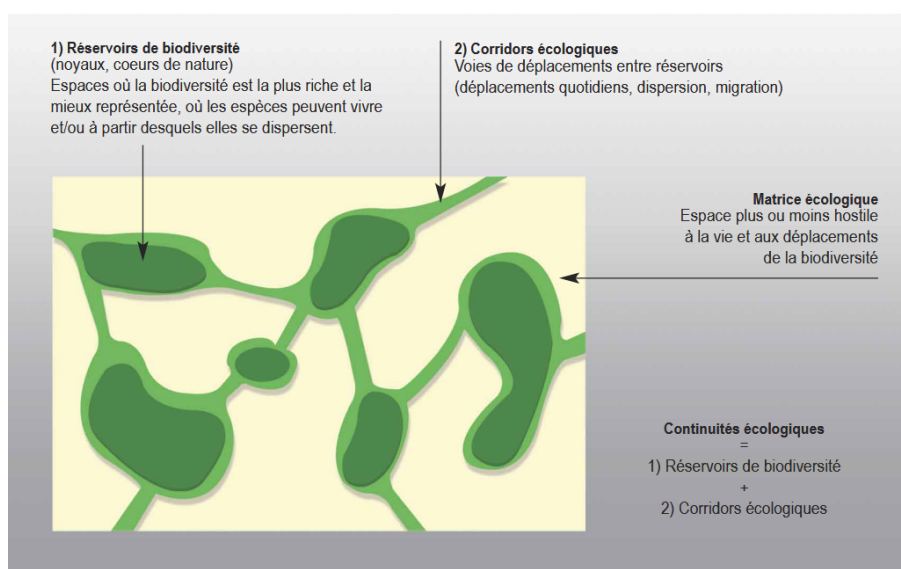
Introduites par les lois dites « Grenelle I et II » en 2009 puis 2010, les trames vertes et bleues (TVB) constituent l'outil d'aménagement durable d'un territoire garantissant la conservation de ces continuités écologiques.

Le réseau des TVB vise par ailleurs à :

- accompagner les évolutions du climat en permettant à une majorité d'espèces et d'habitats de s'adapter aux variations climatiques ;
- assurer la fourniture des services écologiques ;
- favoriser les activités durables, notamment agricoles et forestières ;
- maîtriser l'urbanisation, l'implantation des infrastructures et améliorer la perméabilité des infrastructures existantes.

Il comprend deux types d'éléments définis dans les articles L.371-1 et R.371-19 du Code de l'environnement : le réservoir de biodiversité et les corridors écologiques (*figure 3*).

Figure 3 : schéma théorique représentant les corridors, les réservoirs de biodiversité et les continuités écologiques



Source : PatriNat, d'après Sordello et al., Trame noire - méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre, mars 2021

B. Définition et exemples de la fragmentation des milieux naturels

Définition de la fragmentation des milieux naturels

La fragmentation des espaces naturels est une des conséquences directes des changements d'usage des terres et des mers.

Par fragmentation des milieux naturels (aussi appelée fragmentation des habitats naturels), on entend la division ou la séparation de certains milieux naturels liés aux activités anthropiques exercées au sein de ces milieux (artificialisation des sols, agriculture intensive, activités économiques et ludiques, etc.).

Le milieu naturel d'origine est alors divisé en plusieurs milieux plus petits séparés les uns des autres. Cette division peut être alors défavorable à de nombreuses espèces de par la faiblesse des surfaces accessibles ou encore par l'isolement ou le cloisonnement de leurs différents habitats de vie.

Source : Centre de ressources Trames vertes et bleues, OFB

Les exemples de fragmentation sont nombreux : elle peut être la conséquence du développement de grands espaces agricoles en culture conventionnelle au détriment de milieux forestiers ou de territoires bocagés ; elle peut également résulter de la création d'axes routiers comme les autoroutes, de la création d'un nouveau lotissement ou encore de nouvelles infrastructures.

La fragmentation se distingue donc de la simple réduction de surface des habitats : deux territoires de superficie naturelle équivalente peuvent présenter des niveaux de fragmentation très différents selon la configuration spatiale des milieux et la présence d'obstacles aux déplacements.

En résumé, toute activité anthropique au sein d'un milieu naturel peut potentiellement cloisonner un habitat naturel et bloquer les espèces sur des îlots séparés qui ne faisaient autrefois qu'un même lieu de vie.

C. Pourquoi mesurer la fragmentation des milieux naturels terrestres ?

La fragmentation des milieux naturels est aujourd'hui l'une des principales causes de l'érosion de la biodiversité avec le changement climatique. Tous les groupes taxonomiques ne sont pas autant concernés par la fragmentation terrestre. En effet, certaines espèces, telles que les oiseaux, peuvent facilement s'en accommoder. En revanche, c'est beaucoup plus problématique pour un mammifère tentant de rejoindre un habitat naturel en traversant un axe routier par exemple. Par ailleurs, la multiplication d'îlots de biodiversité non connectés entre eux modifie l'équilibre des espèces : certaines espèces peuvent disparaître par manque de nourriture, ou d'autres proliférer par l'absence de prédateurs. Les risques d'extinction ou de prolifération de certaines espèces sont ainsi amplifiés. Enfin, d'autres espèces peuvent présenter des états de conservation détériorés par manque de diversité génétique.

Textes réglementaires nationaux et internationaux

Adoptée le 27 novembre 2023, le deuxième objectif de la **stratégie nationale biodiversité 2030** prévoit « d'assurer la protection et la remise en bon état des continuités écologiques ». Pour poursuivre cet objectif, il est prévu de se doter d'ici à 2025 d'indicateurs permettant de suivre le niveau de fragmentation et les résultats de la restauration, aux échelles nationales et régionales, à travers la progression de la taille effective de maille par exemple.

Adopté le 17 juin 2024 par le Parlement européen, le **règlement sur la restauration de la nature** vise à « mettre en place des mesures en vue de restaurer, d'ici à 2030, au moins 20 % des zones terrestres et des zones marines de l'UE et, d'ici à 2050, l'ensemble des écosystèmes ayant besoin d'être restaurés ». Parmi les habitats jugés en mauvais état, les mesures de restauration devront prendre en compte l'amélioration de la fragmentation des habitats terrestres emblématiques via la remise en état des corridors écologiques.

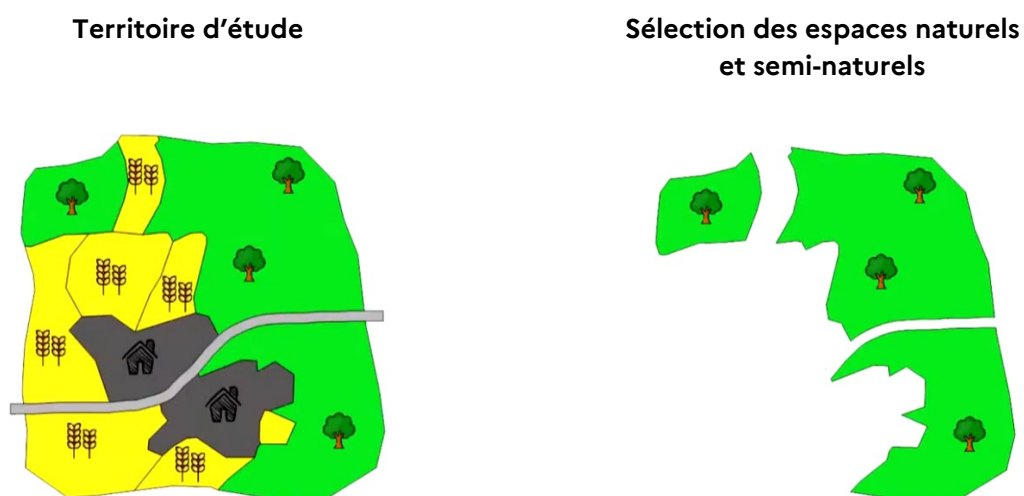
D. Les métriques permettant de mesurer la fragmentation

Un territoire peut être constitué d'espaces naturels ou semi-naturels propices à la biodiversité et/ou d'espaces peu ou pas favorables au développement de la biodiversité (espaces urbanisés, espaces agricoles en démarche conventionnelle).

Il peut également comprendre des infrastructures de transport. Selon leur niveau de trafic, ces infrastructures fragmentent ou scindent les espaces naturels ou semi-naturels en entités plus petites. C'est le cas des autoroutes, des lignes TGV, des canaux, des routes nationales et de certaines routes départementales.

La fragmentation des milieux naturels terrestres se mesure en s'appuyant sur le concept de « taille effective de maille », notion qui caractérise la pénétration anthropique des paysages d'un point de vue géométrique et qui est calculée à partir de la taille des fragments naturels de paysage (ou « patch »). Ainsi, pour un territoire donné, il s'agit d'extraire le nombre d'espaces naturels ou semi-naturels d'un seul tenant le constituant et d'analyser leur géométrie (figure 4).

Figure 4 : illustration d'un territoire d'étude et de la sélection de ses espaces naturels et semi-naturels associés



Source : UMR TETIS, Inrae, 2019

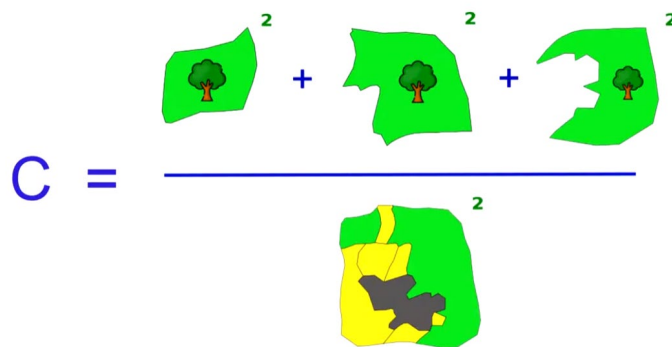
Le niveau de fragmentation d'un territoire est ainsi corrélé à la probabilité que deux individus d'une même espèce pris au hasard dans une zone d'étude soient connectés (c'est-à-dire qu'ils ne soient pas séparés par des routes par exemple). En 2000, Jaeger développa la méthode dite « *cutting-out* » (CUT) qui considère les frontières de territoires comme des éléments supplémentaires de fragmentation (2000, Jochen Jaeger. *Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation*).

Concrètement, pour un territoire d'études de superficie totale At constitué de n espaces naturels ou semi-naturels distincts de superficie Ai (de fait que $At \geq \sum Ai$), Jaeger définit une série d'indicateurs pour évaluer la fragmentation :

- Le degré de cohérence (noté C) – (figure 5) : probabilité que deux points choisis aléatoirement dans un territoire donné soient connectés (c'est-à-dire non séparés par des éléments fragmentant comme des routes, des zones urbaines...). Il est défini par :

$$C = \sum_1^n \left(\frac{Ai}{At} \cdot \frac{Ai}{At} \right) = \frac{\sum_{i=1}^n (Ai^2)}{At^2}$$

Figure 5 : illustration du degré de cohérence



Source : UMR TETIS, Inrae, 2019

- Le degré de fragmentation de ce territoire (D), à savoir la probabilité que deux points choisis aléatoirement dans un territoire donné ne soient pas connectés, vaut alors :
 $D = 1 - C$
- Il est alors possible de modéliser le territoire d'étude en le constituant uniquement d'espaces naturels ou semi-naturels distincts de même surface de façon à obtenir le même degré de fragmentation que la configuration initiale.
- Le nombre théorique de patchs (S) ainsi obtenu en découpant la superficie totale du territoire par une maille régulière est égal à :

$$C = \frac{1}{S}$$

d'où

$$S = \frac{At^2}{\sum_{i=1}^n (Ai^2)}$$

- La taille de ces mailles dit taille effective de maille (m) est alors défini comme la taille des patchs quand le territoire est divisé en S patchs avec le même degré de fragmentation que la configuration initiale (figure 6) :

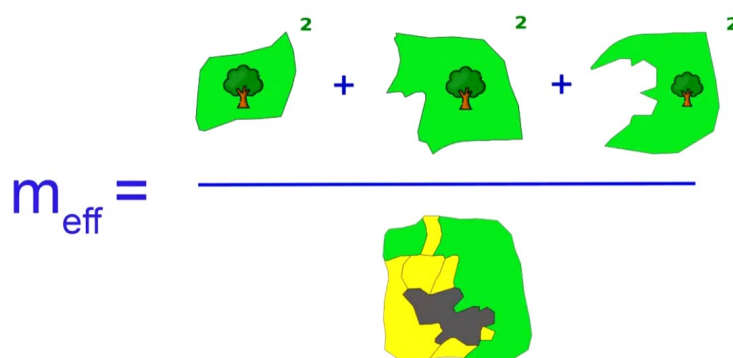
$$m = \frac{At}{S} = \frac{1}{At} \sum_{i=1}^n Ai^2$$

Avec : n = nombre de patchs sur le territoire d'étude ;

A_i = superficie des n patchs ($i = 1, \dots, n$);

A_t = superficie totale du territoire d'étude.

Figure 6 : illustration de la taille effective de maille



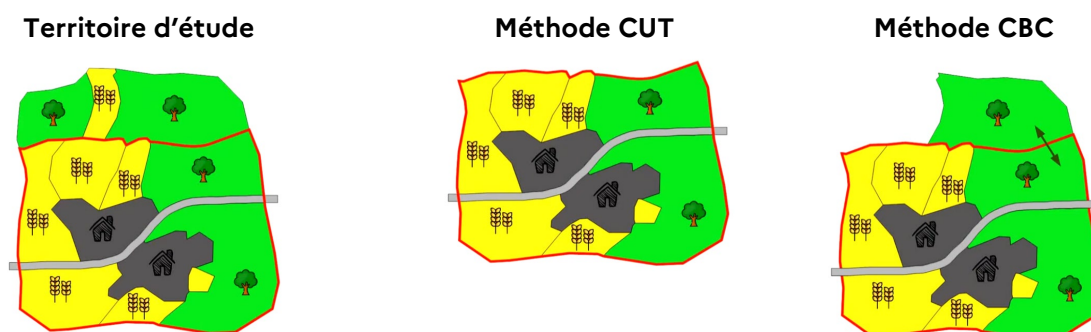
Source : UMR TETIS, Inrae, 2019

La taille effective de maille varie entre 0 (quand le territoire est totalement couvert par des infrastructures de transport et/ou des zones urbanisées et/ou d'espaces en agriculture intensives, c'est-à-dire entièrement fragmenté) et la superficie totale du territoire d'étude A_t . **Plus la taille de maille est faible, plus le paysage sera considéré comme étant fragmenté.**

La méthode CUT présente toutefois un biais dans la mesure où elle considère que les limites dudit territoire sont fragmentantes. Or il peut arriver qu'un espace naturel ou semi-naturel d'un seul tenant déborde sur le territoire adjacent. Cette méthode tend de fait à sous-estimer la valeur de la taille effective de maille lorsque le territoire d'étude est un sous-espace d'un territoire plus vaste.

En 2007, Moser développe une méthode alternative (méthode dite « *cross-boundary connections* » (CBC)). Elle s'appuie sur la probabilité que deux espèces prises au hasard, dont une sur le territoire d'étude, se trouvent sur le même espace naturel ou semi-naturel d'un seul tenant, y compris sur un territoire adjacent (figure 7).

Figure 7 : illustration de la différence entre les méthodes CUT et CBC



Source : UMR TETIS, Inrae, 2019

Prenons un territoire d'étude de superficie totale A_t et constitué de n espaces naturels ou semi-naturels de superficie totale A_{icompl} , dont A_i pour la partie comprise dans le territoire d'étude. En intégrant la totalité des espaces naturels et semi-naturels d'un seul tenant intersectant le territoire d'étude, on obtient un territoire d'étude révisé d'une surface totale A_{icompl} . A_{icompl} est la surface complète de l'espace naturel ou semi-naturel A_i , comprenant également la superficie au-delà des limites du territoire. Si l'entité i ne débord pas du territoire d'étude, $A_i = A_{icompl}$;

A_t est la superficie totale du territoire d'étude.

Le degré de cohérence du territoire s'établit alors comme suit :

$$C = \sum_1^n \left(\frac{A_i}{A_t} \cdot \frac{A_{i\text{compl}}}{A_{t\text{compl}}} \right)$$

La taille effective de maille modélisée est alors :

$$m = A_{t\text{compl}} \cdot \sum_1^n \left(\frac{A_i}{A_t} \cdot \frac{A_{i\text{compl}}}{A_{t\text{compl}}} \right) = \frac{1}{A_t} \sum (A_i \cdot A_{i\text{compl}})$$

Avec :

n = nombre de patches sur le territoire d'étude ;

A_i = superficie de chaque patch i dans les limites de la zone de calcul ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) ;

$A_{i\text{compl}}$ = superficie complète du patch dont A_i est une partie, c'est-à-dire incluant la superficie au-delà des limites du territoire d'étude ;

A_t = superficie totale du territoire d'étude.

C'est la méthode CBC qui sera utilisée pour évaluer le degré de fragmentation des espaces naturels et semi-naturels de la France.

III. LIENS ENTRE CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES ET FRAGMENTATION DES MILIEUX NATURELS

A. Le réseau des trames vertes et bleues

Définition de la trame verte et bleue

Pour lutter contre la fragmentation des habitats naturels, le ministère chargé de l'Écologie a mis en place une politique publique la « trame verte et bleue ». Elle vise à mieux prendre en compte la biodiversité dans l'aménagement du territoire via les continuités écologiques. Ces dernières sont constituées de réservoirs de biodiversité, noyaux les plus riches et de corridors écologiques qui les relient.

Source : Centre de ressources Trames vertes et bleues, OFB

La trame verte et bleue (TVB) est déclinée en sous-trames correspondant aux principaux types de milieux naturels.

Le Code de l'environnement en prévoit cinq (article R371-27) : milieux boisés, milieux ouverts, milieux humides, cours d'eau et milieux littoraux, pour les régions concernées.

Ces sous-trames sont toutes constituées de réservoirs de biodiversité reliés par des corridors, et leur superposition constitue la trame verte et bleue dans son ensemble. Ce dispositif permet de tenir compte des besoins des espèces en termes de milieux de vie et de déplacement.

La TVB est mise en œuvre à trois échelles :

- 1- L'échelle nationale, par l'intermédiaire d'un document-cadre *Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques* (ONTVB). Elles définissent les grands objectifs de la politique TVB et comportent en particulier des enjeux écologiques destinés à assurer une cohérence nationale de la TVB.
- 2- L'échelle régionale, avec initialement la mise en place de documents élaborés conjointement par l'État et la Région : les schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE). Un nouveau schéma régional de planification, intégrateur de plusieurs schémas existants dont le SRCE, a été instauré par la loi NOTRe 2. L'élaboration de ce schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) est pilotée par le Conseil régional. Les SRADDET intégrant les SRCE, ces derniers n'ont plus d'existence propre dès l'entrée en vigueur des SRADDET. Quelques exceptions sont à noter : en Île-de-France le SRCE est maintenu ; dans les régions et départements d'outre-mer (DROM), le schéma d'aménagement régional (SAR) a vocation à inclure un volet TVB ; en Corse, c'est le plan d'aménagement et de développement durable de la Corse (PADDUC) qui comprend un volet relatif à la TVB.
- 3- L'échelle locale, sur la base des projets des communes ou des intercommunalités, dont les documents d'urbanisme : plans locaux d'urbanisme (PLU), PLU intercommunaux (PLUi) et schémas de cohérence territoriale (SCoT). Ceux-ci doivent intégrer les enjeux de continuités écologiques. Dans son article L101-2, le Code de l'urbanisme précise que les collectivités publiques, dans leur action en matière d'urbanisme, doivent

atteindre l'objectif de préservation et de remise en bon état des continuités écologiques.

B. Le réseau des trames noires

Compte tenu de la dégradation, de la disparition et de la fragmentation des habitats naturels causés par la lumière artificielle, il est apparu indispensable de préserver et restaurer un réseau écologique propice à la vie nocturne : la trame noire.

Définition de la trame noire

La trame noire est un ensemble connecté de réservoirs de biodiversité et de corridors écologiques pour différents milieux (sous-trames) dont l'identification tient compte d'un niveau d'obscurité suffisant pour la biodiversité nocturne.

Source : Centre de ressources Trames vertes et bleues, OFB

C. Les autres trames

Compte tenu d'autres dégradations, de la disparition et de la fragmentation des habitats naturels causés par des pressions anthropiques diverses, il est apparu indispensable de préserver et restaurer d'autres réseaux écologiques :

- Les trames blanches : il s'agit de préserver les continuités écologiques « silencieuses » (c'est-à-dire, non perturbées par les pollutions sonores induites par l'homme). Pour ce faire, un travail d'identification de zones silencieuses doit être réalisé. La principale difficulté étant que les animaux n'entendent pas les mêmes sons que les humains ;
- Les trames brunes visant à préserver les sols ;
- Les trames turquoises, au croisement des trames vertes et bleues, visant à préserver les milieux humides. Ces trames désignent l'espace fonctionnel nécessaire au développement de la biodiversité en milieux aquatiques et humides. Elles sont composées d'espaces naturels aquatiques, humides et secs, ainsi que de formations végétales linéaires ou ponctuelles (haies, ripisylves, bosquets).

IV. LA NÉCESSITÉ ÉCOLOGIQUE DE LUTTER CONTRE LA FRAGMENTATION DES MILIEUX NATURELS

A. Des déplacements liés au rythme comportemental des espèces

La recherche d'eau et de nourriture est une des causes principales de déplacement des espèces. Les besoins variants d'une espèce à l'autre, les choix d'habitats sont très différents et les distances entre les différentes ressources très variables en fonction des espèces, de la disponibilité alimentaire, etc.

Il est estimé que les distances de déplacement sont en moyenne quatre fois plus élevées chez les carnivores que chez les autres espèces. Généralement, les distances de déplacement liées à la recherche d'eau et de nourriture restent toutefois assez limitées.

La reproduction est également un besoin fondamental partagé par toutes les espèces vivantes. Toute espèce doit posséder un système de reproduction efficace, sans quoi elle serait menacée d'extinction. Cette efficacité passe notamment par la possibilité de rencontrer des espèces aux origines génétiques diversifiées, d'où la nécessité de déplacement durant la période de reproduction.

Enfin, toutes les espèces ont besoin de trouver des zones refuges où se reposer et où se cacher des éventuels prédateurs.

Quelques exemples de distance de déplacement selon les espèces

La loutre d'Europe : le domaine vital des mâles adultes peut atteindre 20 à 50 km de linéaire de rivière. Celui des femelles n'excède guère 5 à 20 km, en fonction de la taille des cours d'eau et de leur potentiel alimentaire. Il semblerait que plus le cours d'eau est étroit, plus la longueur du domaine vital soit importante, car la loutre a besoin de parcourir plus de distance, afin de couvrir une surface suffisante pour assouvir ses besoins trophiques.

Le sanglier : entre ses zones refuges (milieu boisé fermé) et ses zones de gagnage (cultures, prairies, etc.), le sanglier peut parcourir plus de 10 km.

Le cerf : il parcourt jusqu'à 15 km pour rejoindre les biches sur les places de brame. Le reste du temps, les deux sexes utilisent différemment le milieu et occupent des territoires de tailles différentes.

Le blaireau : espèce essentiellement nocturne, le blaireau vit la journée dans un terrier qu'il quitte chaque jour au crépuscule pour aller s'alimenter et qu'il rejoint avant le lever du jour (déplacement quotidien d'environ 2 km). Le terrier aura le plus souvent été creusé et entretenu par ses soins à proximité d'eau et de zones d'alimentation.

Le loup : espèce qui a tendance à coloniser de nouveaux territoires par sauts de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de kilomètres de distance. Si les dispersions s'inscrivent souvent dans un rayon inférieur à 150 km, les maximales connues ont été réalisées sur des distances de 1 000 km à 1 500 km.

Le lynx : il colonise l'espace de proche en proche, au contact des territoires déjà occupés. Ses déplacements quotidiens sont proches du km.

Le crapaud commun : en période de migration nuptiale, il peut parcourir jusqu'à 3 km entre son milieu de vie (forêt) et son site de reproduction (étang, mare, etc.).

Le coléoptère osmoderne (appelé aussi pique-prune) : il ne quitte quasiment pas son habitat endémique, sa distance maximale de dispersion sur une vie est estimée à quelques centaines de mètres.

Sources : OGE, 2007 ; Vignon, 2017

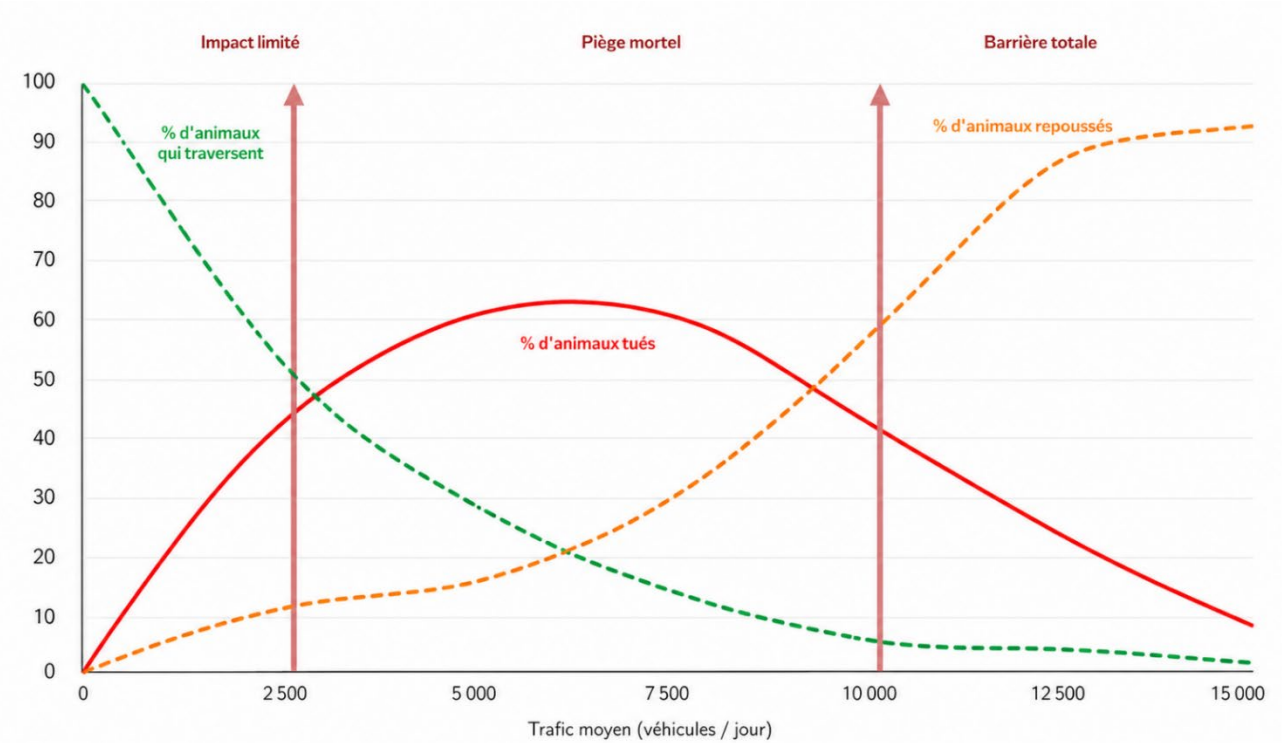
Postulat : ces différentes distances de déplacement ont permis de déterminer le périmètre du carreau d'étude et son tampon d'attribution. La méthodologie présentée par la suite a donc retenu un réseau de carreaux de 5 km pour l'Hexagone auquel un tampon de 10 km a été retenu autour. Ce choix correspond à la simulation de la distance maximale pouvant être parcourue en moyenne par toutes les espèces confondues.

B. Les collisions

La fragmentation est un processus dynamique de réduction de la superficie d'un habitat et sa séparation en plusieurs fragments. Pour les infrastructures de transport, elle est induite par l'effet de coupure créé par la destruction des habitats au droit des emprises (défrichement, terrassement). Elle se traduit également par la présence de la barrière physique créée par l'infrastructure elle-même (chaussée, plateforme ferroviaire, installation électrique ou de signalisation, terrassement) dont l'effet est renforcé par la présence d'éventuelles clôtures. Enfin, elle est accentuée par les dérangements provoqués par le trafic, le bruit, l'éclairage, les vibrations (figure 8). Ces barrières ont pour principale conséquence d'interrompre les continuités écologiques et tous les processus écologiques inhérents à ces continuités.

Figure 8 : effet de la fragmentation des infrastructures routières en fonction du trafic moyen journalier

En % d'animaux tentant de traverser une barrière routière



Source : rapport COST 341 adapté de Seiler, 2003. Traitements : SDES, 2026

Depuis les Trente Glorieuses, le nombre d'infrastructures de grand gabarit (autoroutes, lignes à grande vitesse – LGV) n'a cessé d'augmenter sur le territoire français. Dans ce contexte, les habitats naturels sont de plus en plus enclavés et de nombreuses espèces sont amenées à franchir ces obstacles pour leurs besoins biologiques.

En fonction du trafic, de nombreux animaux se retrouvent victimes de collisions avec des véhicules routiers comme ferroviaires. Cette mortalité reste toutefois variable en fonction des espèces (et de leur taille) et des rythmes saisonniers (collisions plus fréquentes lors du printemps), les caractéristiques de l'infrastructure et du trafic et de la vitesse en vigueur sur cette dernière.

Selon le réseau Vinci Autoroutes, environ 37 000 effraies des clochers sont tuées annuellement sur les autoroutes. En 2019, la direction interrégionale des routes a enregistré 43 000 collisions avec de grands mammifères sur l'ensemble de son réseau.

Selon la SNCF, en 2023, le réseau des TGV a été perturbé par 112 collisions avec de grands cervidés ou mammifères, tandis que le réseau régional a comptabilisé sur la même année 2 562 collisions.

Impact du trafic sur les populations d'amphibiens

Sur une population de crapauds communs devant franchir une infrastructure, un trafic de 10 véhicules/heure élimine 30 % des individus en migration, 60 véhicules/heure en suppriment 90 % et 120 véhicules/heure tuent 99 % de la population. Pour la grenouille rousse qui se déplace plus rapidement, le taux de mortalité atteint 50 % pour un trafic de 90 véhicules/heure.

Source : J.J. Van Gelder, 1973

Postulat : au vu de ces études, les éléments linéaires fragmentants retenus dans la méthode se limitent aux grandes infrastructures routières (autoroutes et nationales) et aux principaux axes ferroviaires (LGV et principales voies de circulation).

Partie 2

Plusieurs initiatives pour mesurer la fragmentation des milieux naturels

La mesure de la fragmentation des milieux naturels repose sur des choix méthodologiques structurants, qui conditionnent la lecture et l'interprétation des résultats. Plusieurs initiatives ont été développées au fil du temps, mobilisant des indicateurs et des sources de données variés, à différentes échelles territoriales. Cette partie présente les principaux travaux existants, depuis les travaux de l'Observatoire national de la biodiversité (OFB) jusqu'aux méthodes plus récentes portées par le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) et le service des données et études statistiques (SDES). Elle décrit les données mobilisées et les hypothèses retenues, tout en mettant en évidence les apports et les limites de chaque approche. L'objectif est de clarifier les choix opérés pour l'analyse présentée dans ce document.

I. HISTORIQUE DE LA MESURE DE LA FRAGMENTATION

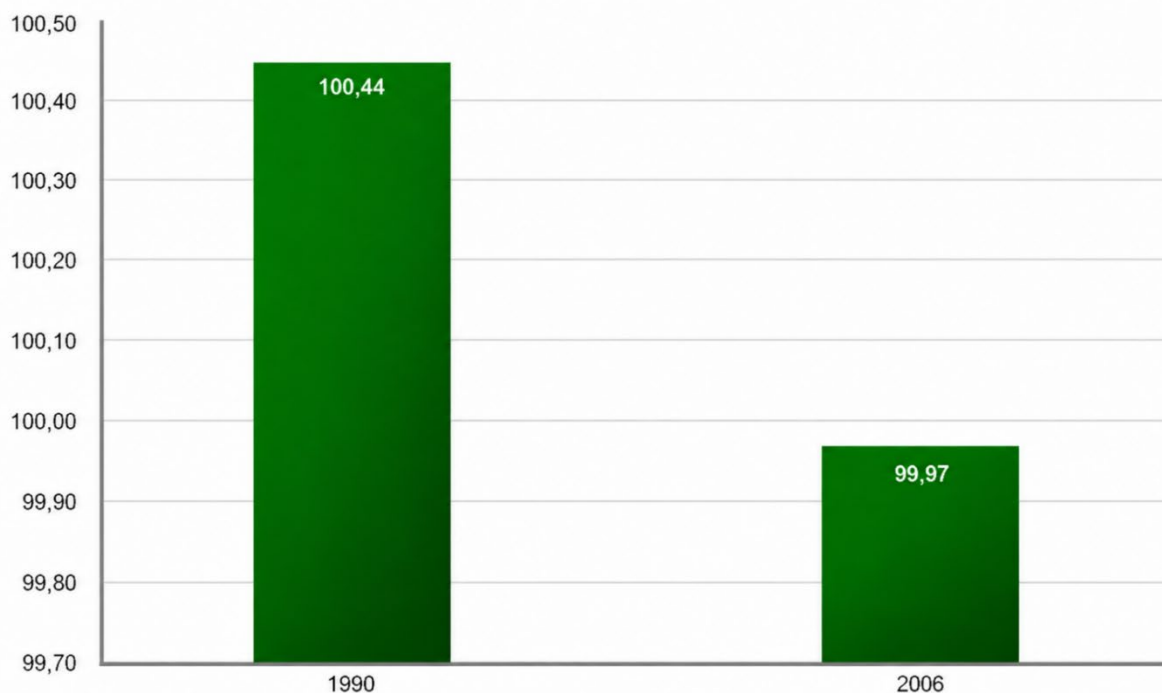
Depuis 2015, plusieurs travaux ont été menés pour évaluer la fragmentation des milieux naturels terrestres.

A. Travaux de l'Observatoire national de la biodiversité

Développé dès 2015 en régie par le comité éditorial de l'Observatoire national de la biodiversité (ONB), l'indicateur « Fragmentation des milieux naturels » ne couvre que la France métropolitaine et dispose de valeurs pour les années 1990 et 2006.

Il est évalué par la taille effective de maille (exprimée en km²), c'est-à-dire la taille qu'auraient les fragments d'espaces naturels s'ils avaient tous la même surface, au sein du territoire étudié. L'indicateur reflète à la fois la surface des espaces naturels dans le territoire et leur degré de découpage.

Figure 9 : représentation de la taille effective de maille en France métropolitaine
En km²



Source : ONB

Définitions

La taille effective de maille est calculée selon la méthode proposée initialement par Jaeger (2000) puis par Moser *et al.* (2007) – (voir partie 1 chapitre II.D).

La méthode de calcul nécessite l'emploi d'un système d'information géographique avec une couche d'information des espaces naturels et une couche d'information sur les obstacles fragmentant les milieux. L'intersection entre les deux couches et le calcul des surfaces des

éléments découpés permettent d'utiliser les valeurs produites dans la formule de la taille effective de maille établie par Moser *et al.*

Sources mobilisées

Pour arriver au calcul de la taille effective, le Cerema, pour le compte de l'ONB, a mobilisé plusieurs sources de données :

- pour l'occupation des sols : Corine Land Cover (CLC) 1990 et 2006, afin d'identifier les habitats naturels ;
- pour les éléments fragmentants : la BD Carto® de l'Institut national de l'information géographique et forestière ;
- pour l'analyse par territoire : l'inventaire forestier national (IFN), pour déterminer les régions forestières départementales.

Méthodologie

Dans un premier temps, les espaces naturels ont été définis à partir de CLC : Prairies, Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants, Territoires agroforestiers, Forêts de feuillus, Forêts de conifères, Forêts mélangées, Pelouses et pâturages naturels, Landes et broussailles, Végétation sclérophylle, Forêt et végétation arbustive en mutation, Plages, dunes et sable, Roches nues, Végétation clairsemée, Zones incendiées, Glaciers et neiges éternelles, Marais intérieurs, Tourbières, Marais maritimes, Marais salants et Zones intertidales.

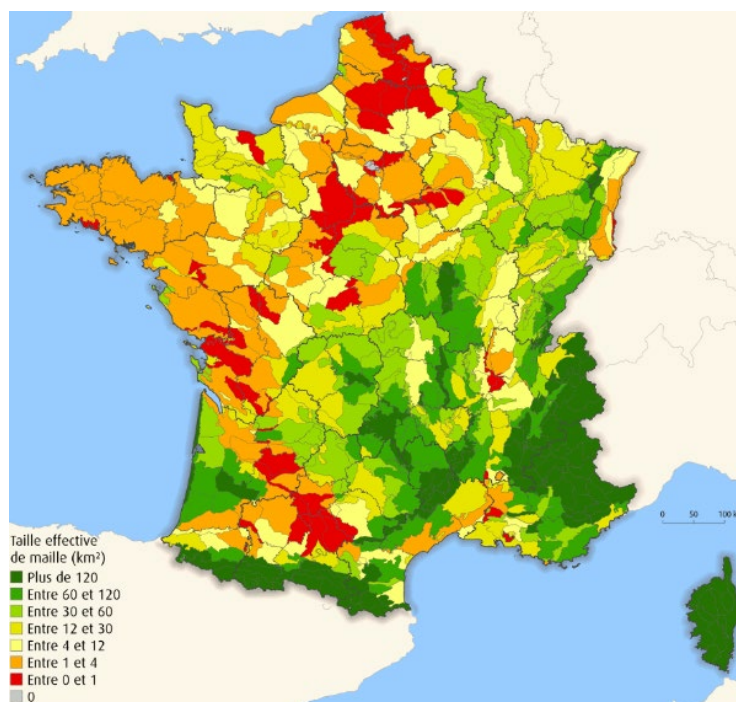
Ensuite, tous les éléments constituant une barrière anthropique ont été retenus. L'analyse des données CLC s'est donc opérée par une exclusion des milieux artificialisés issus de la base CLC et une sélection des routes, des voies ferrées et autres infrastructures linéaires issues de la BD Carto®.

Puis la méthode CBC a été appliquée et le calcul de la taille effective de maille a été réalisé à partir du plugin FragScape développé par l'Inrae.

Résultats

Outre la valeur hexagonale, la taille effective de maille est présentée par région forestière (*figure 10*). Les régions forestières départementales sont un découpage de l'IFN, correspondant aux limites des régions forestières croisées avec celles des départements. Elles établissent un découpage fin du territoire, stable et adapté au suivi de l'état des espaces naturels marqués par les contraintes physiques.

Figure 10 : représentation de la taille effective de maille en France métropolitaine



Source : ONB

Limites

Les résultats obtenus présentent quelques limites :

- La nomenclature d'occupation du sol proposée est peu précise pour distinguer certains milieux semi-naturels ou agricoles qui peuvent jouer un rôle de connectivité ou de fragmentation (les milieux bocagers par exemple). De plus, le traitement des milieux aquatiques n'est pas toujours très clair dans cette méthode : s'agissant d'une méthode de la fragmentation des milieux terrestres, tous les milieux aquatiques devraient être exclus. Or le choix des classes d'espaces naturels (quels usages du sol à inclure ou pas) influence fortement le résultat.
- L'indicateur est sensible à la résolution / granularité des données : si les données locales plus fines sont disponibles, le recalcul pourrait produire des valeurs non comparables à la version nationale homogène.
- Le trafic routier ou l'usage effectif des infrastructures n'est pas toujours pris en compte : sachant que ce sont les usages (volume de trafic, type de route) qui conditionnent l'intensité de la barrière pour les espèces. De plus, l'analyse est basée sur un classement administratif des différents réseaux : une modification de ce classement provoque immédiatement une rupture de série. Enfin, ce choix conduit à des tailles de mailles plus petites par rapport aux modèles qui limitent la prise en compte aux routes plus fréquentées.
- L'indicateur est très sensible aux grands patchs : une infrastructure qui traverse un grand espace naturel diminue fortement la valeur. Inversement, reconnecter deux grands espaces naturels (par exemple via un tunnel, la suppression d'une route) peut augmenter fortement la valeur.
- Il s'agit d'un indicateur « macro » : une bonne valeur ne garantit pas qu'il n'y ait pas de ruptures locales (petits obstacles, clôtures, murs, etc.) : il demeure cependant efficace pour des territoires allant du département à l'échelle nationale.
- L'indicateur ne distingue pas les types d'espèces, leurs capacités de franchissement, leurs besoins spécifiques de connectivité.

B. Travaux du Cerema

En 2021, le Cerema a repris les calculs de l'indicateur ONB en France métropolitaine, l'objectif étant de :

- le rendre plus représentatif de la réalité du terrain, grâce à un apport de nouvelles données géographiques (Occupation du sol à grande échelle – OCSGE de l'IGN) ;
- suivre plus finement et plus régulièrement les évolutions de la fragmentation des espaces naturels dans les territoires ;
- mesurer les réponses apportées par les aménageurs.

En 2021, le Cerema a ainsi calculé un nouvel indicateur à partir du millésime 2018 pour chaque contrat de relance et de transition écologique (périmètres au 5 septembre 2021) de France métropolitaine. Étant donné la nature et la précision des couches géographiques disponibles et utilisées pour la définition des espaces naturels, cet indicateur ne pouvait alors pas rendre compte des actions liées aux pratiques agricoles (bocage) ou aux restaurations de continuité écologique (passage à faune), pourtant essentielles pour améliorer la connexion et la fonctionnalité des espaces naturels. Par ailleurs, les calculs tenaient compte du nouveau classement administratif des routes et de fait entraînaient une rupture de série par rapport aux données historiques.

Le Cerema a ainsi retenu l'OCSGE pour :

- son échelle d'utilisation (1/2 500) de précision métrique et compatible avec le référentiel à grande échelle de l'IGN ;
- sa double nomenclature qui permet par croisement entre la couverture et l'usage du sol de sélectionner les espaces naturels et supprimer ceux strictement fragmentants ;
- le repérage des réseaux de transport routier et ferré principaux fragmentants constituant « l'Ossature nationale ».

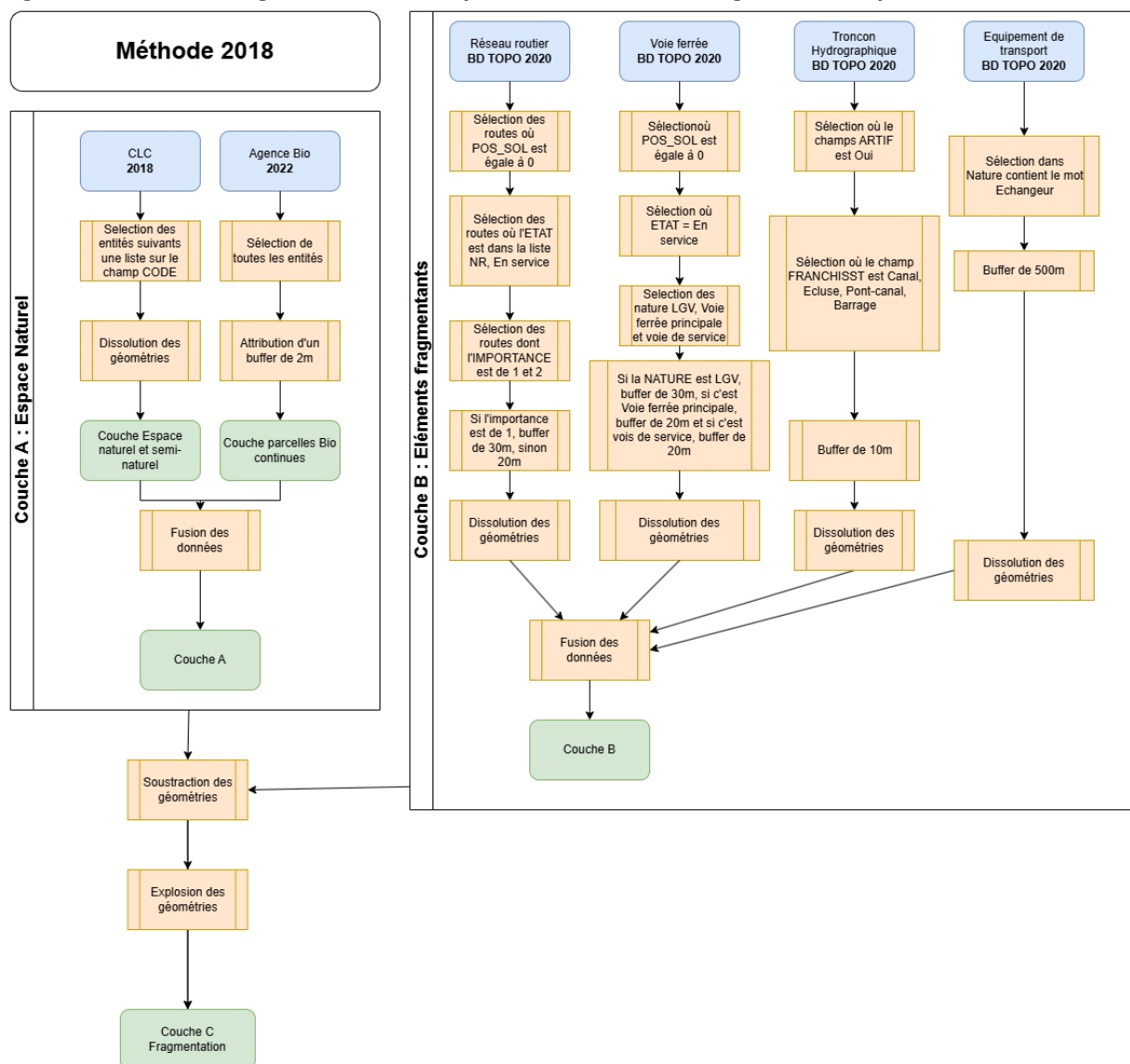
Cependant au 1^{er} janvier 2025, seuls 38 départements étaient couverts par l'OCSGE. Aussi, tous les tests effectués ont été réalisés sur les départements du Gers et de l'Ille-et-Vilaine.

Fin 2025, le Cerema a réalisé une étude de la fragmentation terrestre à partir de l'OCSGE pour les départements d'Ille-et-Vilaine, du Gers, ainsi que la région Pays de la Loire. Les données sont disponibles pour les millésimes 2021 et 2024 sur ces territoires.

II. PRÉSENTATION DE LA MÉTHODOLOGIE DU SDES

L'impossibilité de mettre à jour l'indicateur initial développé par l'ONB et le développement d'un indicateur par le Cerema basé sur une source de données (OCSGE) non disponible sur l'ensemble du territoire en 2024 ont conduit le service des données et études statistiques (SDES) du ministère chargé de l'Environnement à proposer un nouveau processus de calcul fondé sur le concept Moser (figure 11). Il permet notamment de calculer le niveau de fragmentation de la France métropolitaine pour plusieurs millésimes (1990, 2000, 2006, 2012 et 2018) et un état zéro pour les cinq DROM.

Figure 11 : méthodologie UML* utilisée pour le calcul de la fragmentation pour 2018



* Unified Modeling Language.

Source : Antea, SDES, 2026

A. Les sources de données mobilisées

Trois principales sources de données ont été mobilisées pour le calcul de la fragmentation des milieux naturels terrestres : Corine Land Cover (millésimes 1990, 2000, 2006, 2012 et 2018), les

parcelles agricoles biologiques (millésime 2023), la BD TOPO® de l'IGN (millésimes 2008, 2014 et 2020).

Corine Land Cover

La base de données géographique **Corine Land Cover** (CLC) est produite dans le cadre du programme européen d'observation de la terre Copernicus. Cet inventaire biophysique de l'occupation des terres fournit une information géographique de référence pour 39 États européens. La continuité du programme et la diffusion des données CLC sont pilotées par l'Agence européenne pour l'environnement. Cette base de données est mise à jour tous les 3 à 6 ans.

Les producteurs pour la France sont le SDES, jusqu'au millésime 2012, et l'IGN, pour le millésime 2018.

CLC est issue de l'interprétation visuelle d'images satellitaires, avec des données complémentaires d'appui. L'échelle de production est le 1/100 000. Sa fréquence de mise à jour a lieu en moyenne tous les six ans : les données CLC sont à ce jour disponibles pour 1990, 2000, 2006, 2012 et 2018.

Il est à noter que pour le suivi temporel de l'occupation des sols, les données révisées ont été utilisées pour les millésimes suivants : 2012, 2006, 2000 et 1990.

Ces millésimes comprennent 44 classes d'occupation des sols pour la France métropolitaine (*figure 12*).

Figure 12 : classes d'occupation du sol en France métropolitaine

Code CLC	Libellé	Couleur
111	Tissu urbain continu	
112	Tissu urbain discontinu	
121	Zones industrielles ou commerciales et installations publiques	
122	Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés	
123	Zones portuaires	
124	Aéroports	
131	Extraction de matériaux	
132	Décharges	
133	Chantiers	
141	Espaces verts urbains	
142	Equipements sportifs et de loisirs	
211	Terres arables hors périmètres d'irrigation	
212	Périmètres irrigués en permanence	
213	Rizières	
221	Vignobles	
222	Vergers et petits fruits	
223	Oliveraies	
231	Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole	
241	Cultures annuelles associées à des cultures permanentes	
242	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	
243	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	
244	Territoires agroforestiers	
311	Forêts de feuillus	
312	Forêts de conifères	
313	Forêts mélangées	
321	Pelouses et pâturages naturels	
322	Landes et broussailles	
323	Végétation sclérophylle	
324	Forêt et végétation arbustive en mutation	
331	Plages, dunes et sable	
332	Roches nues	
333	Végétation clairsemée	
334	Zones incendiées	
335	Glaciers et neiges éternelles	
411	Marais intérieurs	
412	Tourbières	
421	Marais maritimes	
422	Marais salants	
423	Zones intertidales	
511	Cours et voies d'eau	
512	Plans d'eau	
521	Lagunes littorales	
522	Estuaires	
523	Mers et océans	

Source : Corine Land Cover

Ils comprennent 50 classes pour les départements et régions d'outre-mer (figure 13).

Figure 13 : classes d'occupation du sol pour les départements et régions d'outre-mer

Code CLC	Libellé	Couleur
1110	Tissu urbain continu	
1120	Tissu urbain discontinu	
1210	Zones industrielles ou commerciales et installations publiques	
1220	Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés	
1230	Zones portuaires	
1240	Aéroports	
1310	Extraction de matériaux	
1320	Décharges	
1330	Chantiers	
1410	Espaces verts urbains	
1420	Equipements sportifs et de loisirs	
2111	Terres arables hors périmètres d'irrigation	
2112	Canne à sucre	
2120	Périmètres irrigués en permanence	
2130	Rizières	
2210	Vignobles	
2221	Vergers et petits fruits	
2222	Bananaies	
2223	Palmeraies	
2224	Caféiers	
2230	Oliveraies	
2310	Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole	
2410	Cultures annuelles associées à des cultures permanentes	
2420	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	
2430	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	
2440	Territoires agroforestiers	
3111	Forêts de feuillus	
3112	Mangroves	
3120	Forêts de conifères	
3130	Forêts mélangées	
3210	Pelouses et pâturages naturels	
3220	Landes et broussailles	
3230	Végétation sclérophylle	
3240	Forêt et végétation arbustive en mutation	
3310	Plages, dunes et sable	
3320	Roches nues	
3330	Végétation clairsemée	
3340	Zones incendiées	
3350	Glaciers et neiges éternelles	
4110	Marais intérieurs	
4120	Tourbières	
4210	Marais maritimes	
4220	Marais salants	
4230	Zones intertidales	
5111	Cours et voies d'eau	
5112	Cours et voies d'eau temporaires	
5120	Plans d'eau	
5210	Lagunes littorales	
5220	Estuaires	
5230	Mers et océans	

Source : Corine Land Cover

Les parcelles agricoles biologiques

Produites par l'Agence Bio, les données relatives aux parcelles agricoles biologiques correspondent aux parcelles déclarées en agriculture biologique et en conversion lors des demandes d'aides de la Politique agricole commune (PAC) au titre des campagnes de 2019 à 2023, dans leur situation connue et arrêtée par l'administration en fin d'instruction, après le 30 juin de l'année N+1.

Ces données comprennent 80 à 85 % du total des parcelles conduites selon le mode de production biologique, toutes les parcelles conduites en bio ne faisant pas l'objet d'une demande d'aide PAC. Ces données couvrent la France métropolitaine et les DOM.

Ces données sont mises à jour tous les ans.

Postulat : dans cette méthodologie, il est considéré que les mesures prises pour obtenir le label « agriculture biologique » ont un impact positif sur la biodiversité terrestre (non-utilisation de pesticides de synthèse ou d'engrais chimiques). En conséquence, les parcelles agricoles labellisées « agriculture biologique » ont été incluses dans les espaces semi-naturels.

BD TOPO®

La BD TOPO® est l'une des grandes bases de données produites forestières par l'IGN. Les premiers travaux concernant la BD TOPO® date de 1994 mais il faut attendre 2017 pour avoir une disponibilité sur la France entière.

Elle contient une description des éléments du paysage sous forme de vecteurs de précision métrique, classés selon une thématique adaptée. Elle constitue la composante topographique du référentiel à grande échelle (RGE®). Elle couvre de manière cohérente l'ensemble des entités géographiques et administratives du territoire national. Elle permet la visualisation, le positionnement, la simulation au service de l'analyse et de la gestion opérationnelle du territoire.

La description de la plupart des objets en trois dimensions résulte d'un processus de production photogrammétrique, à partir de photographies aériennes. Le processus de production 3D permet de fournir l'altimétrie des objets, ainsi que la hauteur des bâtiments.

Suivant les thèmes, la méthodologie et les rythmes de production varient. L'exhaustivité et l'enrichissement des données sont consolidés lors de processus cycliques variant selon les thèmes : outre la restitution photogrammétrique, des visites de terrains et des données partenariales (MNHN, ONF, OFB, Insee...) sont exploitées. Par ailleurs, l'IGN a mis en place des mécanismes collaboratifs permettant à des communautés métier de signaler des évolutions dans la donnée, permettant sa fiabilisation en continu.

Elle a été constituée à partir d'une numérisation des cartes au 1/50 000 de l'IGN et de l'imagerie satellite HR. La précision de localisation, de l'ordre d'une vingtaine de mètres, lui confère le rôle de référentiel national allant du 1/2.000 au 1/50 000.

Les objets de la BD TOPO® sont regroupés par thèmes selon le référentiel INSPIRE :

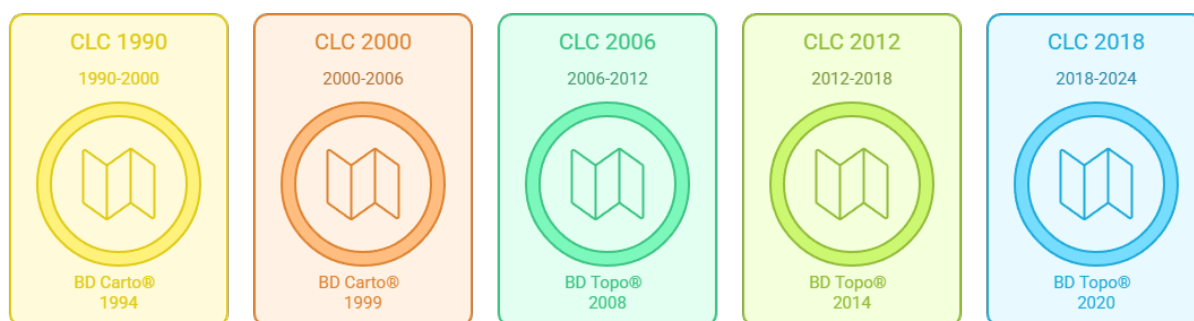
- administratif (limites et unités administratives) ;
- adresses (adresses postales) ;
- bâti (constructions) ;
- hydrographie (éléments ayant trait à l'eau) ;
- lieux nommés (lieu ou lieu-dit possédant un toponyme et décrivant un espace naturel ou un lieu habité) ;
- occupation du sol (végétation, estran) ;

- services et activités (services publics, stockage et transport des sources d'énergie, lieux et sites industriels) ;
- transport (infrastructures du réseau routier, ferré ou aérien) ;
- zones réglementées (la plupart des zonages faisant l'objet de réglementations spécifiques).

La BD TOPO® évolue régulièrement à la marge sur certains attributs, en particulier, potentiellement, à chaque échéance trimestrielle. Depuis avril 2019, une version annuelle de la BD TOPO® est mise à disposition.

Postulat : dans notre étude, seuls les thèmes administratif, hydrographie et transport sont retenus. Afin de prendre en considération la photographie de l'occupation des sols obtenue grâce à CLC et la mise en fonctionnement des différents réseaux, un décalage de deux ans est opéré entre les données CLC et celles de la BD TOPO® (figure 14).

Figure 14 : correspondance entre les données CLC et les bases de données IGN par millésime



Source : SDES

B. Conception de la couche des espaces naturels et semi-naturels

Les espaces naturels et semi-naturels sont identifiés à partir des classes CLC considérées comme favorables ou peu anthropisées (forêts, prairies, landes, zones humides, milieux littoraux, certains espaces agricoles extensifs). À partir de 2018, les parcelles en agriculture biologique sont intégrées, sur l'hypothèse d'un impact réduit sur la biodiversité terrestre, sans préjuger de leur perméabilité pour l'ensemble des espèces.

Concernant les données CLC 2018, une sélection est opérée selon le code_champ : les codes suivants ont été retenus⁴ : 141, 231, 241, 242, 243, 244, 311, 312, 313, 321, 322, 323, 324, 331, 332, 333, 334, 335, 411, 412, 421, 422 et 423.

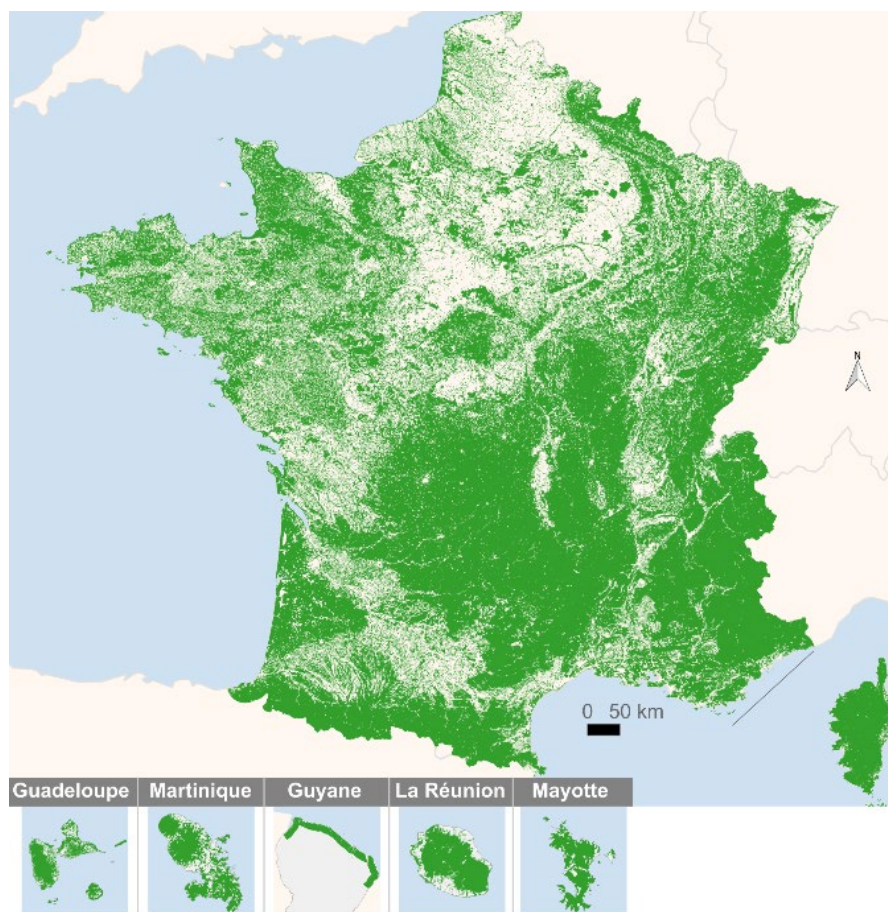
N.B. : les codes relatifs aux grands éléments aquatiques (codes 500 et suivants) ont été exclus de la sélection, considérant que de nombreuses espèces terrestres (exemple des canidés ou grands cervidés) bien qu'étant nageurs, préféreront contourner les éléments aquatiques plutôt que de nager.

Concernant les parcelles agricoles déclarées en agriculture biologique en 2022 (Agence Bio – version août 2024), toutes les parcelles sont sélectionnées. Chaque parcelle identifiée en agriculture se voit attribuer un tampon de 2 m autour de son périmètre afin d'y intégrer les éventuels chemins agricoles séparant des parcelles adjacentes et ne former qu'un seul et unique objet géographique.

⁴ Voir partie A pour la correspondance des codes.

Enfin, les éléments issus de CLC 2018 et de l'agriculture biologique sont fusionnés pour former la couche des éléments naturels et semi-naturels en 2018 (figure 15).

Figure 15 : couches naturels et semi-naturels en France en 2018



Notes : 65 % du territoire hexagonal en espaces naturels et semi-naturels (avec prise en compte des parcelles en agriculture biologique). Sur la bande littorale de la Guyane, 64 % du territoire est occupé par des espaces naturels, 71 % pour La Réunion, 73 % pour la Martinique et 84 % pour Mayotte.

Sources : CLC 2018 et parcelles agricoles biologiques de l'année 2022 ; Agence Bio, août 2025. Traitements : SDES, 2026

N.B. : ces données pourront faire l'objet d'un sous-indicateur reflétant l'évolution de la part des espaces naturels et semi-naturels par territoire depuis 1990.

C. Conception de la couche des obstacles terrestres

La méthodologie étant axée sur la biodiversité terrestre, quatre catégories d'obstacles ont été prises en compte :

- les grands éléments aquatiques naturels (principaux cours d'eau et lacs) : ces éléments ont été de *facto* éliminés dans la sélection des éléments naturels (voir partie B) ;
- les grands axes routiers et leurs échangeurs ;
- les grands axes ferroviaires ;
- les éléments aquatiques artificiels (canaux, barrages, écluses, etc.).

Les grands axes routiers et leurs échangeurs

À partir de la BD TOPO® 2020, une analyse a été effectuée sur les fichiers TRONCON_DE_ROUTE et EQUIPEMENT_DE_TRANSPORT situés dans le dossier TRANSPORT.

Plusieurs sélections sont réalisées sur TRONCON_DE_ROUTE :

- **Les ponts et tunnels sont exclus** des éléments dits « fragmentants ». Pour ce faire, à partir des données de TRONCON_DE_ROUTE, seuls les éléments ayant pour champs « **POS_SOL = 0** » sont retenus ;

Précisions sur les attributs liés à la position au sol⁵ :

L'attribut 'Position par rapport au sol' donne le niveau de l'objet par rapport à la surface du sol (valeur négative pour un objet souterrain, nulle pour un objet au sol et positive pour un objet en sursol).

Si l'objet en sursol passe au-dessus d'autres objets en sursol, sa valeur 'Position par rapport au sol' est égale à "1 + le nombre d'objets intercalés". De la même façon, un souterrain peut prendre une valeur 'Position par rapport au sol' égale à "-1 – le nombre d'objets souterrains intercalés".

Tout changement de niveau d'un tronçon est matérialisé dans la base, quelle que soit sa longueur. Dans le cas général, on matérialise des tronçons de la longueur des ouvrages d'art (pont, viaduc, tunnel, passage en souterrain ou semi-couvert, ...) : le tronçon est découpé à chaque extrémité de l'ouvrage.

- **Seules les routes principales sont prises en considération** : seuls les éléments ayant pour champs « **IMPORTANTANCE = 1 ou 2** » sont retenus. Ce champ assure un classement des routes de la manière suivante :

Le classement réalisé par le SDES matérialise une hiérarchisation du réseau routier, non pas sur un classement administratif, mais sur l'importance de la fréquentation des tronçons de route du point de vue du trafic routier. Cette classification permet de distinguer six catégories de liaisons, qui tissent un maillage toujours plus dense du territoire. Le graphe des éléments appartenant à un degré (autre que le plus bas) et aux niveaux supérieurs est connexe.

Si valeur = 1, il s'agit de liaisons entre métropoles composant l'essentiel du réseau européen. Ce réseau inclut généralement des tronçons de route très fréquentés de type autoroutier et des routes nationales.

Si valeur = 2, il s'agit de liaisons représentant une densification du maillage routier défini par les tronçons du groupe précédent. Les liaisons classées au niveau "2" ont pour fonction :

- *d'assurer les liaisons à fort trafic et à caractère prioritaire entre agglomérations importantes ;*
- *d'assurer les liaisons des agglomérations importantes au réseau d'Importance = "1" ;*
- *d'offrir une alternative à une autoroute si celle-ci est payante ;*
- *de proposer des itinéraires de contournement des agglomérations ;*
- *d'assurer la continuité, en agglomération, des liaisons interurbaines à fort trafic quand il n'y a pas de contournement possible.*

Si valeur = 3, il s'agit de liaisons entre villes à l'intérieur d'un département. Ce niveau est majoritairement représenté par le réseau départemental avec niveau de fréquentation intermédiaire

Si valeur = 4, il s'agit de voies peu fréquentées permettant de se déplacer rapidement à l'intérieur d'une commune et, dans les zones rurales, de relier le bourg aux hameaux proches.

⁵ Issues du catalogue IGN décrivant la BD TOPO®.

Si valeur = 5, il s'agit de voies circulables permettant de desservir l'intérieur d'une commune, avec une fréquentation limitée.

Si valeur = 6, il s'agit de tronçons sur lesquels la circulation automobile n'est pas possible : escaliers, sentiers, pistes cyclables, bacs et liaisons maritimes réservés aux piétons, tronçons dont l'accès est impossible aux véhicules légers.

Une fois les sélections réalisées, toutes les routes appartenant aux espaces non sélectionnés dans les éléments naturels et semi-naturels sont éliminées.

Plus la valeur liée au champ « IMPORTANCE » est élevée, plus le territoire sera fragmenté. Il est considéré dans notre étude que les routes d'importance 3 et plus ont un trafic routier dont l'importance impacte peu la biodiversité

En fonction de l'importance de la route, un tampon est attribué au tronçon afin de prendre en compte les effets du trafic sur les espaces environnants :

- pour le réseau d'importance égal à 1, un tampon de 30 mètres est attribué ;
- pour le réseau d'importance égal à 2, un tampon de 20 mètres est attribué.

Ces tampons différenciés (20 à 30 m) sont appliqués afin d'intégrer non seulement l'emprise physique mais également les effets indirects (bruit, dérangement, mortalité).

Avec ce traitement de données, les ponts et tunnels dont la longueur est inférieure à 60 m pour les routes d'importance 1 ou inférieure à 40 m pour les routes d'importance 2 ne sont plus pris en compte.

- Les **échangeurs**⁶ **constituent un obstacle** : à partir du fichier EQUIPEMENT_DE_TRANSPORT, les éléments dont le champ « **ECHANGEUR** » est renseigné dans NATURE_DETAILLEE sont sélectionnés. Un **tampon circulaire de 500 m** autour de l'échangeur est attribué.

Précisions sur les attributs liés à la nature détaillée et son attribut « échangeur »⁷ :

Le champ 'Echangeur' est utilisé pour décrire un nœud du réseau routier à chaussées séparées, permettant la communication entre deux axes routiers, sans aucun croisement à niveau.

L'ensemble (réseau routier et échangeur) est alors fusionné et regroupé dans un fichier réseau routier fragmentant (figure 16).

N.B. : pour le tampon, la valeur de 500 m a été choisie pour prendre en compte l'effet de flux routier plus important aux abords des échangeurs, générant une gêne pour la biodiversité

- Les **bretelles d'accès** **constituent un obstacle** : à partir du fichier EQUIPEMENT_DE_TRANSPORT, les éléments dont le champ « **BRETELLE** » est renseigné dans NATURE_DETAILLEE sont sélectionnés. Un **tampon circulaire de 500 m** autour de la bretelle est attribué.

Précisions sur les attributs liés à la nature détaillée et son attribut « bretelle »⁸ :

Le champ 'Bretelle' est utilisé pour décrire une voie d'entrée ou de sortie permettant la communication entre 2 routes qui sont le plus souvent de niveaux différents : bretelles de liaison ou d'échangeur ou une voie d'accès à une aire de repos ou de service. ».

⁶ Comprend les grands carrefours giratoires.

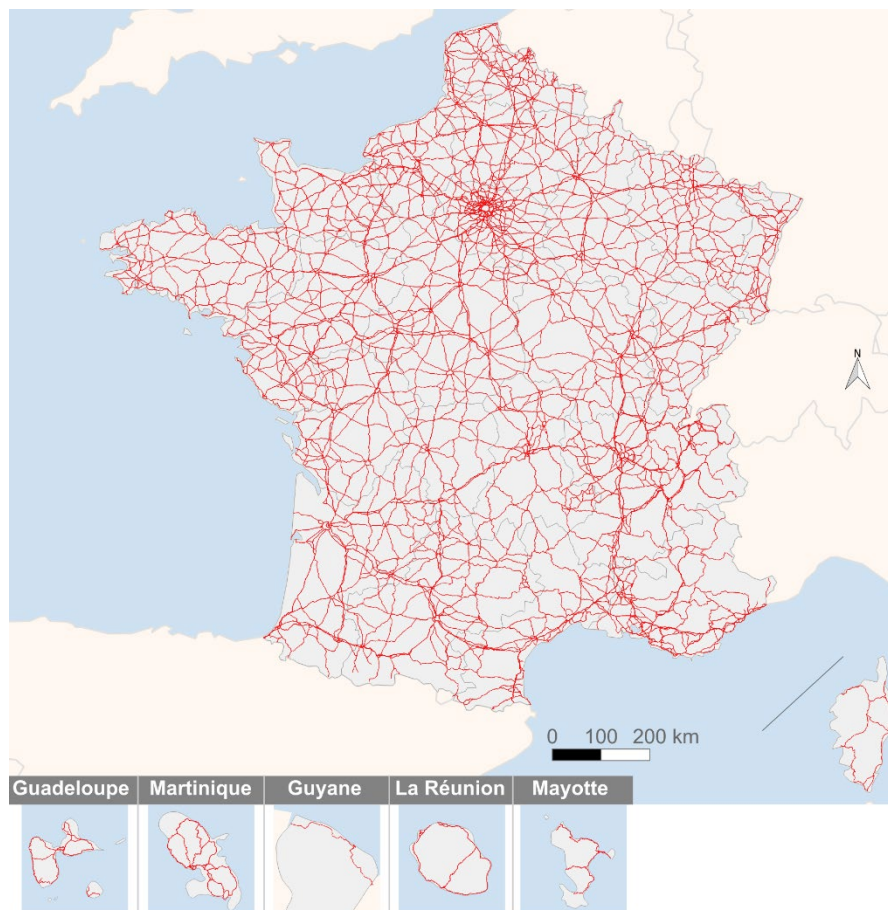
⁷ Issues du catalogue IGN décrivant la BD TOPO®.

⁸ Issues du catalogue IGN décrivant la BD TOPO®.

L'ensemble (réseau routier, bretelle et échangeur) est alors fusionné et regroupé dans un fichier réseau routier fragmentant (*figure 17*).

N.B. : pour le tampon, la valeur de 500 m a été choisie pour prendre en compte l'effet de flux routier plus important aux abords des bretelles d'accès, générant une gêne pour la biodiversité

Figure 16 : réseau routier fragmentant en France en 2020



Source : IGN, BD TOPO® 2020. Traitements : SDES, 2026

Figure 17 : équipements de transport routier en France en 2020



Note : les éléments retenus sont les bretelles d'accès aux autoroutes, les échangeurs et les carrefours giratoires. Ils sont également pris en compte pour les DROM mais pas visualisable sur une carte globale Hexagone-DROM.

Source : IGN, BD TOPO® 2020. Traitements : SDES, 2026

Les grands axes ferroviaires

À partir de la BD TOPO® 2020, une analyse a été portée sur les fichiers TRONCON_DE_VOIE_FERREE :

- Les **ponts et tunnels seront exclus** des éléments dits « fragmentants ». Pour ce faire, à partir des données de TRONCON_DE_VOIE_FERREE, seuls les éléments ayant pour champ « **POS_SOL = 0** » sont retenus ;
- Les **voies ferroviaires uniquement en service sont prises en considération**. Pour ce faire, à partir des données de TRONCON_DE_VOIE_FERREE, seuls les éléments ayant pour champ « **ETAT = En service** » sont retenus ;

Précisions sur les attributs liés à état⁹ :

L'objet géographique est en service. Les autres valeurs non prises en compte ici sont « En construction », « En projet » ou « Non exploitée ».

- **Seules les voies ferroviaires principales sont prises en considération** : seuls les éléments ayant pour champs « **NATURE = LGV ou VOIE FERREE PRINCIPALE ou VOIE DE SERVICE** » sont retenus ;

⁹ Issues du catalogue IGN décrivant la BD TOPO®.

Précisions sur les attributs liés à nature¹⁰ :

L'attribut permet de distinguer plusieurs types de voies ferrées.

Si valeur = LGV, il s'agit de ligne ferroviaire réservée aux trains à grande vitesse. On ne retient que les lignes LGV en site propre.

Si valeur = VOIE FERREE PRINCIPALE, il s'agit de voie ferrée en exploitation servant au transport des voyageurs ou des marchandises.

Si valeur = VOIE DE SERVICE, il s'agit de voie utilisée principalement pour la gestion, le triage ou le stationnement des trains.

D'autres valeurs sont également possibles : Funiculaire ou crémaillère, Métro, Sans objet ou encore Tramway.

Par la suite, en fonction de l'importance de la voie ferrée, un tampon est attribué au tronçon afin de prendre en compte les effets du trafic sur les espaces environnants :

- pour les LGV, un tampon de 30 mètres est attribué ;
- pour les voies principales ferrées et les voies de service, un tampon de 20 m est attribué.

Ces tampons différenciés (20 à 30 m) sont appliqués afin d'intégrer non seulement l'emprise physique mais également les effets indirects (bruit, dérangement, mortalité).

Avec ce traitement de données, les ponts et tunnels dont la longueur est inférieure à 60 m pour les LGV ou inférieure à 40 m pour les voies principales ou voies de service ne sont plus pris en compte.

Par la suite, l'ensemble est alors fusionné dans un fichier réseau ferroviaire fragmentant (*figure 18*).

¹⁰ Issues du catalogue IGN décrivant la BD TOPO®.

Figure 18 : réseau ferroviaire fragmentant en France en 2020



Note : en Martinique, 2,5 km de réseau ferré en service sont recensés. Il n'existe aucun réseau ferré dans les autres DROM.

Source : IGN, BD TOPO® 2020. Traitements : SDES, 2026

Les éléments aquatiques artificiels

À partir de la BD TOPO® 2020, une analyse a été portée sur les fichiers TRONCON_HYDROGRAPHIQUE situés dans le dossier HYDROGRAPHIE :

- Les **canaux, écluses et barrages sont retenus**. Pour ce faire, à partir des données de TRONCON_HYDROGRAPHIQUE, seuls les éléments ayant pour champ « **NATURE = CANAL ou RETENUE_BARRAGE ou ECLUSE** » seront retenus ;

Précisions sur les attributs liés à la nature¹¹ :

L'attribut 'Nature' précise le type de tronçon hydrographique avec

Si valeur = Canal, il s'agit de voie d'eau artificielle essentiellement à l'air libre, à très faible déclivité.

Si valeur = Retenue_barrage, il s'agit d'un axe fictif traversant une retenue de barrage (également les retenues formées par les écluses).

Si valeur = Ecluse, il s'agit de toutes les écluses situées sur un cours d'eau de plus de 7,5 m de large.

- Une autre sélection est effectuée à partir de la largeur du réseau. Pour ce faire, à partir des données de TRONCON_HYDROGRAPHIQUE, seuls les éléments ayant pour champ « **CLASSE_DE_LARGEUR = Entre 15 et 50 m ou Plus de 50 m** » sont retenus ;

¹¹ Issues du catalogue IGN décrivant la BD TOPO®.

Précisions sur les attributs liés à classe de largeur¹² :

La « Classe de largeur » est donnée en référence à la largeur de plein bord (« LPB ») du tronçon hydrographique. Le lit de plein bord est la limite au-delà de laquelle l'eau se répand dans la plaine d'inondation.

Ensuite, l'ensemble est alors fusionné dans un fichier élément aquatique artificiel (figure 19).

Figure 19 : éléments aquatiques artificiels en France en 2020



Note : les éléments retenus sont les canaux artificiels, les écluses et les barrages. L'échelle retenue pour les DROM ne permet pas une bonne lisibilité des éléments.

Source : IGN, BD TOPO® 2020. Traitements : SDES, 2026

L'ensemble des réseaux routiers, ferroviaires et éléments aquatiques artificiels est regroupé dans un fichier « obstacles terrestres ».

N.B. : ces données pourront faire l'objet d'un sous indicateur reflétant l'évolution des éléments fragmentants par territoire depuis 1990.

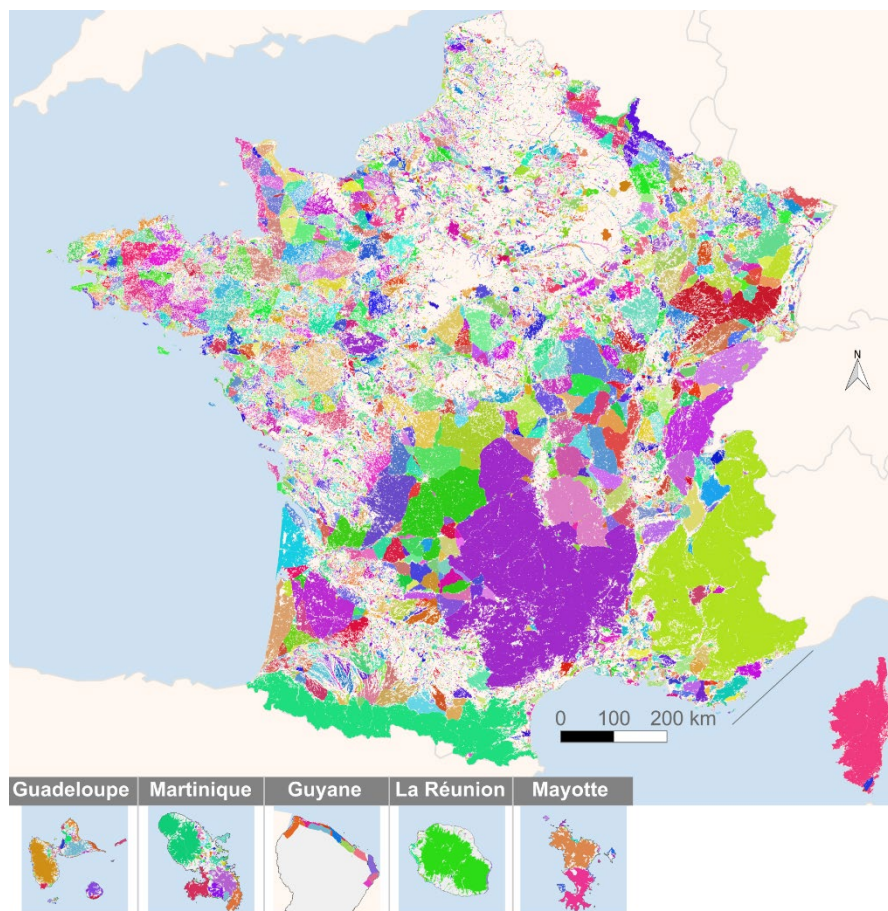
D. Conception de la couche des continuités écologiques

La couche des continuités écologiques (espaces naturels ou semi-naturels d'un seul tenant) est obtenue par soustraction de la couche des éléments naturels et semi-naturels terrestres par la couche des obstacles terrestres. Le résultat de ce traitement géomatique fournit la mosaïque

¹² Issues du catalogue IGN décrivant la BD TOPO®.

des espaces naturels et semi-naturels propices à la biodiversité terrestre d'un seul tenant, données d'entrée des méthodes CUT et CBC (figure 20).

Figure 20 : continuités écologiques en France en 2018



Note : l'échelle de représentation de la carte ne permet pas de se rendre compte du nombre réel de patches sur les différents territoires : 131 370 pour l'Hexagone, 484 pour la Guadeloupe, 351 pour La Réunion, 104 pour la Guyane et 38 pour Mayotte.

Sources : CLC, 2018 ; IGN, BD TOPO® 2020. Traitements : SDES, 2026

E. Calcul de la taille effective de maille

Le processus de calcul est fondé sur un script R développé par le SDES disponible en annexe de ce document. Il utilise deux données d'entrée :

- la couche géographique des continuités écologiques définie précédemment constituant le grand territoire d'étude (France hexagonale, Corse, Martinique, Guadeloupe, Guyane, Mayotte, La Réunion) ;
- la couche des territoires d'étude : pour l'Hexagone, les territoires d'étude sont un réseau de carreaux de 5 km de côté (*figure 21*) et pour les DROM des carreaux de 1 km à 3,5 km de côté selon le territoire.

Figure 21 : espaces naturels présents dans un carreau de 5x5



Source : SDES, 2026

Pour chaque carreau, le calcul des descripteurs est obtenu par croisement géographique du carreau avec la couche des continuités écologiques du grand territoire correspondant. Le processus de calcul se décline comme suit :

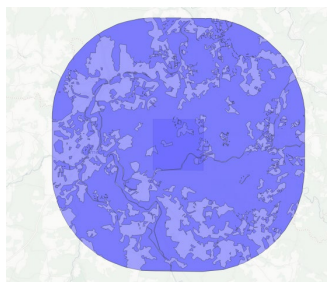
1. Afin d'éviter d'avoir de trop vastes espaces naturels et semi-naturels qui interceptent le carreau, un territoire d'étude fictif constitué du carreau entouré d'une zone tampon de 10 km de large autour du carreau a été retenu (*figure 22*). L'ensemble des espaces naturels ou semi-naturels de ce territoire interceptant le carreau est retenu. Ainsi, des parties d'espaces naturels qui pourraient intercepter le carreau sont exclues lorsque ceux-ci s'éloignent fortement du carreau avant de revenir dans la zone tampon (*figure 23*). Ces situations peuvent intervenir compte tenu de la présence d'un pont par exemple.

Figure 22 : carreau de 5 km de côté et son tampon de 10 km



Source : SDES, 2026

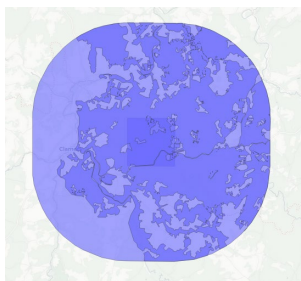
Figure 23 : espaces naturels présents dans le tampon



Source : SDES, 2026

2. Pour chaque carreau, les continuités écologiques présentes dans le carreau fictif sont intersectées. Du fait des limites du carreau fictif, certaines continuités écologiques peuvent donc être à leur tour fragmentées (figure 24).

Figure 24 : espaces naturels interceptant un carreau de 5 km



Source : SDES, 2026

3. Pour chaque carreau, calcul du nombre d'espaces naturels et semi-naturels issus de la phase précédentes et qui interceptent le carreau.
4. Pour chaque espace naturel ou semi-naturel interceptant le carreau, calcul de sa surface A_i et de sa surface $A_{i\text{compl}}$.
5. Pour chaque carreau, calcul de ses surfaces totales A_t (figure 25) et $A_{t\text{compl}}$.

Figure 25 : exemple de résultats obtenus

id	nb	MCBC	mCut	At	S	C	D	region	code_region
19	5	154,579814	17,0683839	24,5105273	1,43601922	0,69636951	0,30363049	Auvergne-Rhone-Alpes	84
20	3	378,499976	17,9509045	25	1,39268748	0,71803618	0,28196382	Auvergne-Rhone-Alpes	84
21	1	491,733267	24,4489309	25	1,0225396	0,97795724	0,02204276	Auvergne-Rhone-Alpes	84
22	1	502,538701	23,2123431	25	1,0770132	0,92849372	0,07150628	Auvergne-Rhone-Alpes	84
23	3	482,677931	21,8902721	25	1,14205981	0,87561088	0,12438912	Auvergne-Rhone-Alpes	84
24	4	495,574514	23,1173337	25	1,08143959	0,92469335	0,07530665	Auvergne-Rhone-Alpes	84
25	2	453,357575	19,1550953	25	1,30513576	0,76620381	0,23379619	Auvergne-Rhone-Alpes	84
26	1	502,158858	23,178297	25	1,0785952	0,92713188	0,07286812	Auvergne-Rhone-Alpes	84
27	1	524,676009	25	25	1	1	0	Auvergne-Rhone-Alpes	84
28	1	486,275701	20,9464581	24,4105776	1,16537973	0,85808941	0,14191059	Auvergne-Rhone-Alpes	84
29	1	477,322422	17,0604622	19,3796231	1,13593776	0,88032992	0,11967008	Auvergne-Rhone-Alpes	84
30	1	459,649126	8,98500452	8,98500452	1	1	0	Auvergne-Rhone-Alpes	84
31	1	457,336246	13,6631509	14,3381426	1,04940235	0,95292335	0,04707665	Auvergne-Rhone-Alpes	84
32	1	278,325021	0,62881016	0,95761717	1,52290346	0,65664044	0,34335956	Auvergne-Rhone-Alpes	84
33	2	381,34125	18,2271186	19,9867384	1,09653856	0,91196063	0,08803937	Auvergne-Rhone-Alpes	84
34	1	464,371861	24,9911099	25	1,00035573	0,9996444	0,0003556	Auvergne-Rhone-Alpes	84
35	3	488,875188	23,6712729	25	1,05613247	0,94685092	0,05314908	Auvergne-Rhone-Alpes	84

Note : où nb est le nombre d'éléments d'un seul tenant situé dans le carreau, mCBC est la taille effective de maille avec la méthode CBC, mCUT est la taille effective de maille avec la méthode CUT, At est la surface totale de la maille, S est le nombre théorique de patches, C'est le degré de cohérence et D est le degré de fragmentation (voir figures 5 à 7 pour définitions complètes des termes).

Source : méthode SDES « fragmentation des espaces naturels terrestres ». Traitements : SDES, 2026

Une restitution cartographique des résultats au carreau peut ainsi être ainsi produite. Elle peut l'être également à d'autres échelles (entités administratives, espaces protégés, etc.) – (voir partie 3).

Partie 3

Calcul des indicateurs et déclinaisons territoriales et temporelles

Cette partie présente la méthodologie et les choix faits pour obtenir une analyse de la fragmentation des milieux naturels terrestres à différentes échelles territoriales pour le millésime 2018 (départements ultramarins, échelles administratives et espaces protégés). La méthodologie retenue pour le suivi temporel de la fragmentation depuis 1990 avec les données le permettant (CLC et bases IGN) est également présentée. L'ensemble vise à fournir des éléments objectivés pour éclairer les dynamiques territoriales et les enjeux d'aménagement.

I. LA REPRÉSENTATION PAR TERRITOIRE

Les principaux résultats seront représentés à partir de la taille effective de mailles exprimée en km². La méthode CBC a été retenue ici. Les calculs qui suivent ont été obtenus à partir de scripts R.

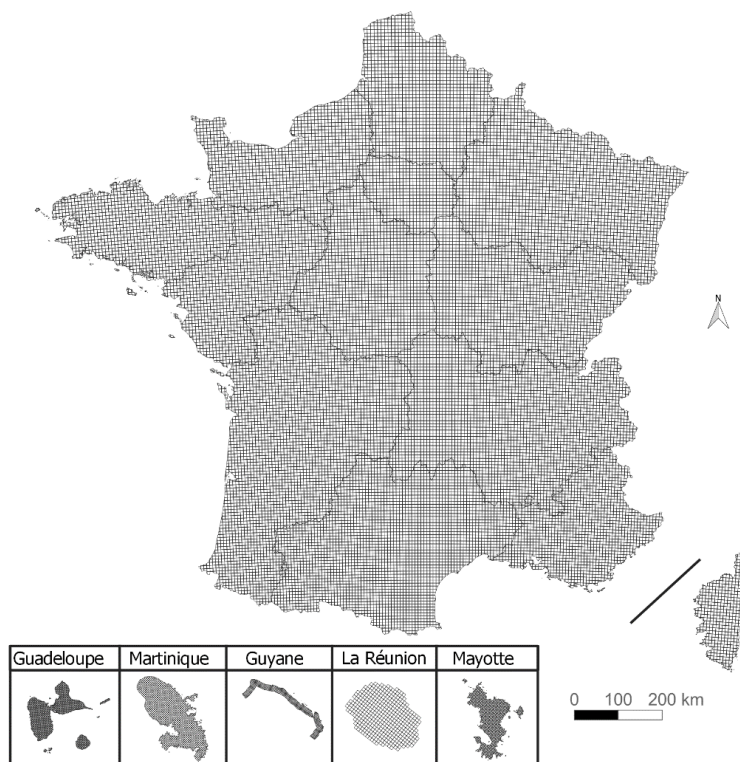
Afin de traiter les territoires équitablement sans prendre en compte les superficies de références de chacun d'entre eux (un grand territoire aura forcément une taille effective de maille plus grande qu'un petit territoire), la représentation par carreau a été retenue (figure 26).

Pour la France métropolitaine, le réseau de carreaux retenu est composé de carrés de 5 km sur lesquels est attribué un tampon de 10 km pour limiter l'effet des espaces immenses et aux formes aberrantes du fait de la prise en compte de certaines infrastructures routières ou ferroviaires.

Pour les DROM, la taille des carreaux et la largeur du tampon qui leur sont appliquées varient selon le territoire :

- Guyane : carreau de 2 km et tampon de 10 km ;
- Martinique : carreau de 1 km et tampon de 5 km ;
- Guadeloupe : carreau de 1 km et tampon de 5 km ;
- Mayotte : carreau de 1 km et tampon de 5 km ;
- La Réunion : carreau de 1 km et tampon de 5 km.

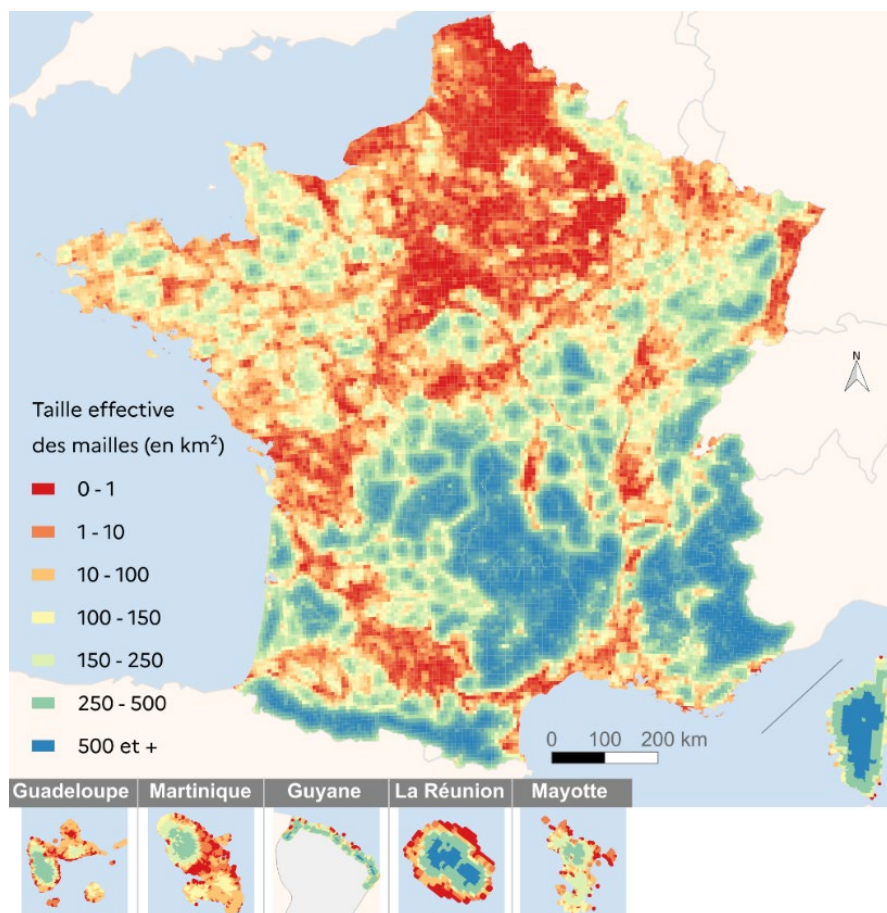
Figure 26 : représentation du réseau de carreaux sur le territoire français



Source : SDES, 2026. Traitements : SDES, 2026

Ce réseau de carreaux sert de territoires d'étude de référence pour aboutir à une carte nationale de la répartition de la taille effective de maille (figure 27).

Figure 27 : représentation de la taille effective de maille en 2018



Note : le réseau de carreaux diffère d'un territoire à l'autre :

- Hexagone : carreau de 5 km et tampon de 10 km ;
- Guyane : carreau de 2 km et tampon de 10 km ;
- Martinique : carreau de 1 km et tampon de 5 km ;
- Guadeloupe : carreau de 1 km et tampon de 5 km ;
- Mayotte : carreau de 1 km et tampon de 5 km ;
- La Réunion : carreau de 1 km et tampon de 5 km.

Source : SDES, 2025. Traitements : SDES, septembre 2025

L'analyse réalisée à partir des données 2018 montre que sur le territoire hexagonal les secteurs situés dans ou à proximité des grands pôles urbains sont fortement fragmentés. Il en est de même pour les territoires concernés par des pratiques agricoles intensives (région du Nord et plaine de Beauce). Les grands couloirs fragmentants sont également bien identifiés comme l'axe rhodanien ou encore les infrastructures autour des grands fleuves (Loire, Seine et Garonne). *A contrario*, les milieux montagnards et les grands massifs forestiers (Landes, Sologne, etc.) semblent préservés de la fragmentation des milieux naturels terrestres. Ce résultat ne tient pas compte de l'engrillagement ou de la nature des forêts (boisement régulier et monospécifique) qui peuvent faire obstacle à certaines espèces.

Dans les DROM, les grands pôles urbains sont également très impactés par la fragmentation. De par leur attrait touristique, les littoraux subissent également cette pression. Les massifs volcanaux-montagnards sont préservés de cette pression.

Chaque résultat est ensuite associé à sa liste d'attributs (figure 28) :

Figure 28 : liste des attributs par carreau

id	nb	MCBC	mCut	At	S	C	D	region	code_region
19	5	154,579814	17,0683839	24,5105273	1,43601922	0,69636951	0,30363049	Auvergne-Rhone-Alpes	84
20	3	378,499976	17,9509045	25	1,39268748	0,71803618	0,28196382	Auvergne-Rhone-Alpes	84
21	1	491,733267	24,4489309	25	1,0225396	0,97795724	0,02204276	Auvergne-Rhone-Alpes	84
22	1	502,538701	23,2123431	25	1,0770132	0,92849372	0,07150628	Auvergne-Rhone-Alpes	84
23	3	482,677931	21,8902721	25	1,14205981	0,87561088	0,12438912	Auvergne-Rhone-Alpes	84
24	4	495,574514	23,1173337	25	1,08143959	0,92469335	0,07530665	Auvergne-Rhone-Alpes	84
25	2	453,357575	19,1550953	25	1,30513576	0,76620381	0,23379619	Auvergne-Rhone-Alpes	84
26	1	502,158858	23,178297	25	1,0785952	0,92713188	0,07286812	Auvergne-Rhone-Alpes	84
27	1	524,676009	25	25	1	1	0	Auvergne-Rhone-Alpes	84
28	1	486,275701	20,9464581	24,4105776	1,16537973	0,85808941	0,14191059	Auvergne-Rhone-Alpes	84
29	1	477,322422	17,0604622	19,3796231	1,13593776	0,88032992	0,11967008	Auvergne-Rhone-Alpes	84
30	1	459,649126	8,98500452	8,98500452	1	1	0	Auvergne-Rhone-Alpes	84
31	1	457,336246	13,6631509	14,3381426	1,04940235	0,95292335	0,04707665	Auvergne-Rhone-Alpes	84
32	1	278,325021	0,62881016	0,95761717	1,52290346	0,65664044	0,34335956	Auvergne-Rhone-Alpes	84
33	2	381,34125	18,2271186	19,9867384	1,09653856	0,91196063	0,08803937	Auvergne-Rhone-Alpes	84
34	1	464,371861	24,9911099	25	1,00035573	0,9996444	0,0003556	Auvergne-Rhone-Alpes	84
35	3	488,875188	23,6712729	25	1,05613247	0,94685092	0,05314908	Auvergne-Rhone-Alpes	84

Note : où nb est le nombre d'éléments d'un seul tenant situé dans le carreau, mCBC est la taille effective de maille avec la méthode CBC, mCUT est la taille effective de maille avec la méthode CUT, At est la surface totale de la maille, S est le nombre théorique de patches, C'est le degré de cohérence et D est le degré de fragmentation (voir figures 5 à 7 pour définitions complètes des termes).

Sources : CLC 2018, FranceAgri, 2023, IGN, BD TOPO®, 2020 PatriNat, 2025. Traitements : SDES, 2026

Accès aux résultats à d'autres échelles territoriales

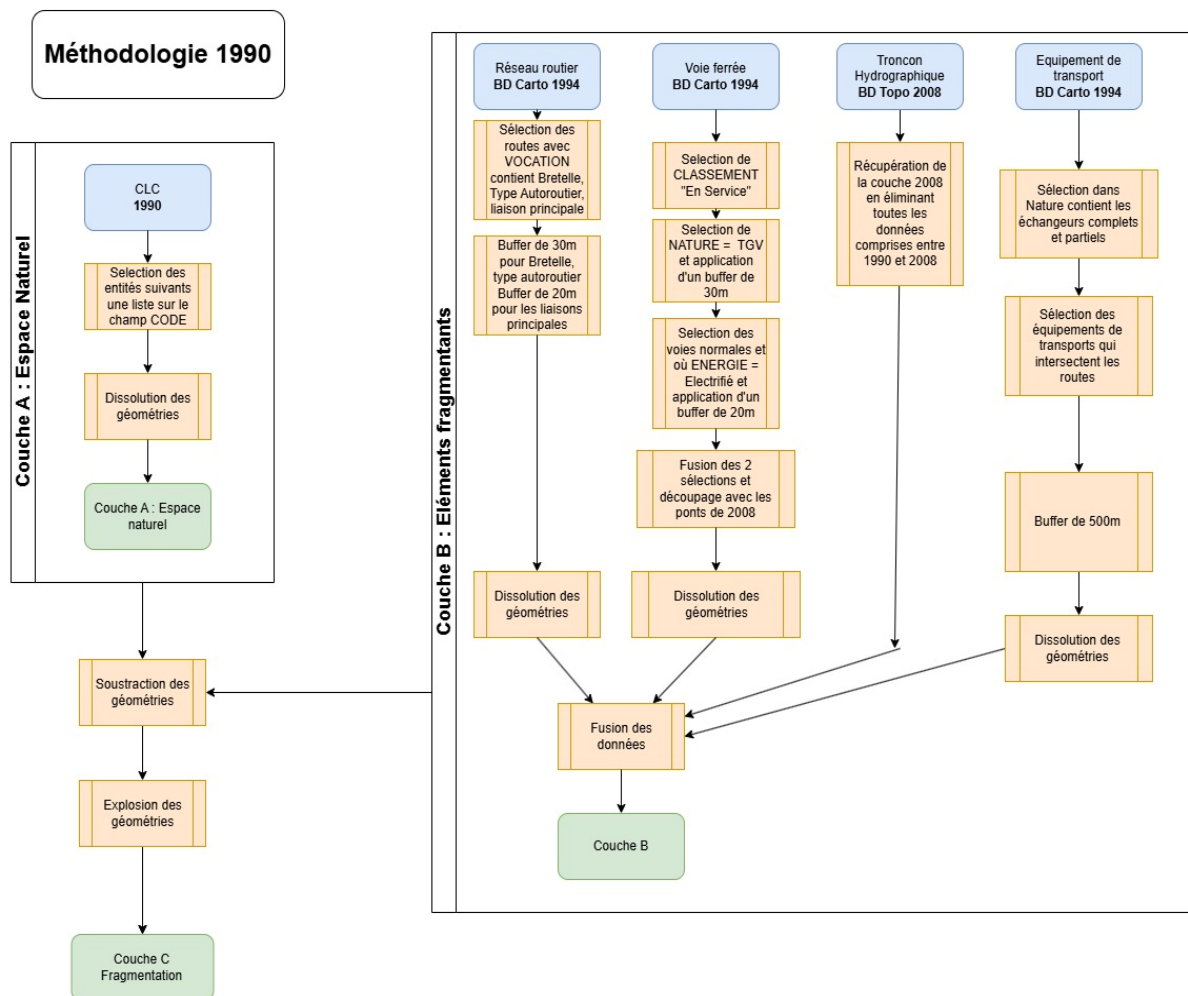
Les résultats par taille effective de maille à d'autres échelles territoriales (entités administratives ou par espaces protégés) sont accessibles sur le site du SDES.

Voir l'article web [Fragmentation des milieux naturels terrestres : quels constats pour les territoires français.](#)

II. LE SUIVI TEMPOREL DE LA FRAGMENTATION

Dans la partie 2, la présentation méthodologique s'est limitée à 2018, correspondant aux dernières données disponibles. L'intérêt de la méthode est de s'appliquer à différentes périodes en fonction des données disponibles. Cela permet ensuite d'étudier l'évolution de la fragmentation des milieux naturels. Ce travail a été réalisé à partir des millésimes 1990, 2000, 2006 et 2012, avec quelques adaptations car les informations disponibles ne sont pas identiques au fil des millésimes (figures 29, 30, 31 et 32).

Figure 29 : méthodologie UML* utilisée pour le calcul de la fragmentation pour 1990

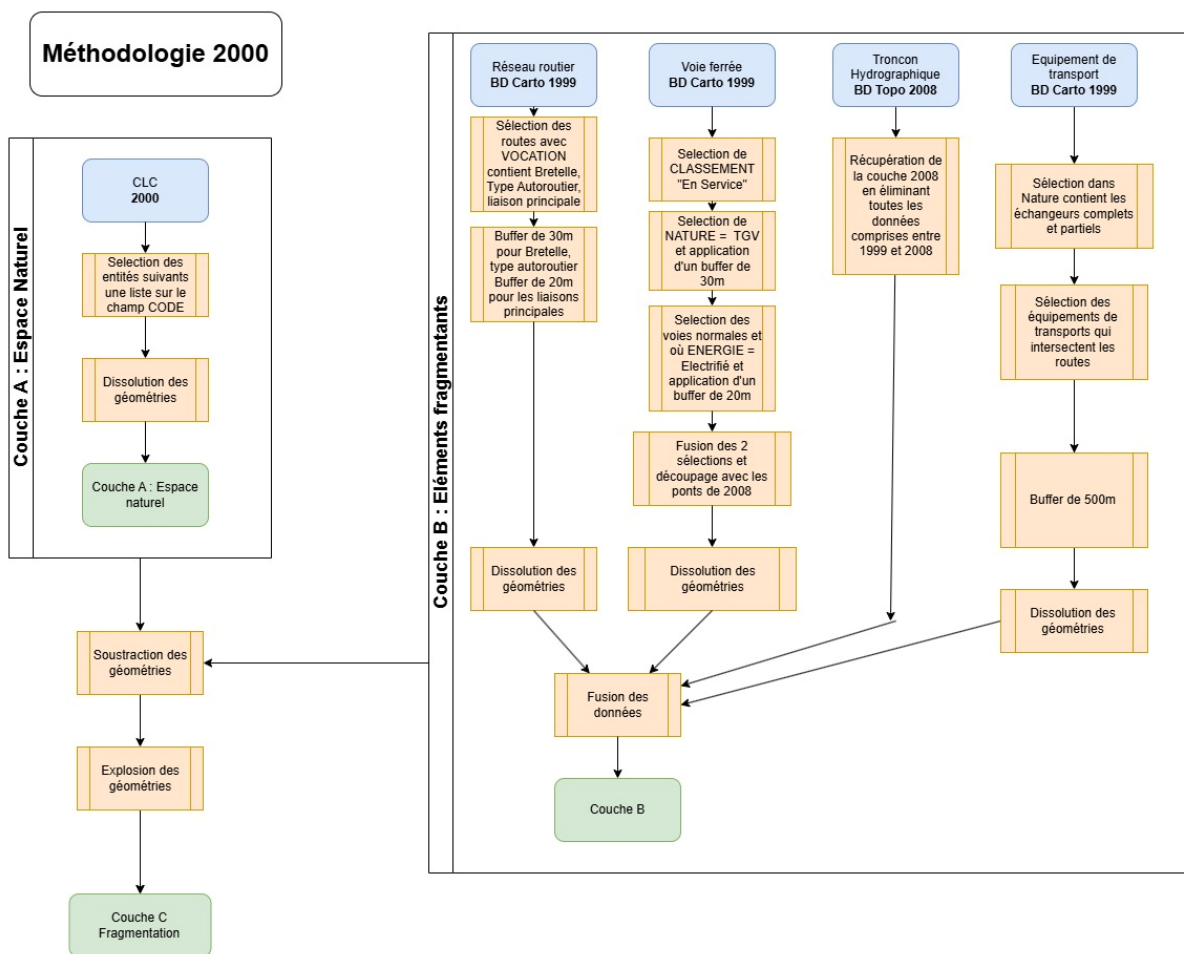


* Unified Modeling Language.

Note : les données issues de l'agriculture biologique ne sont pas prises en compte pour les millésimes 1990 et 2000.

Source : Antea, SDES, 2025

Figure 30 : méthodologie UML* utilisée pour le calcul de la fragmentation pour 2000

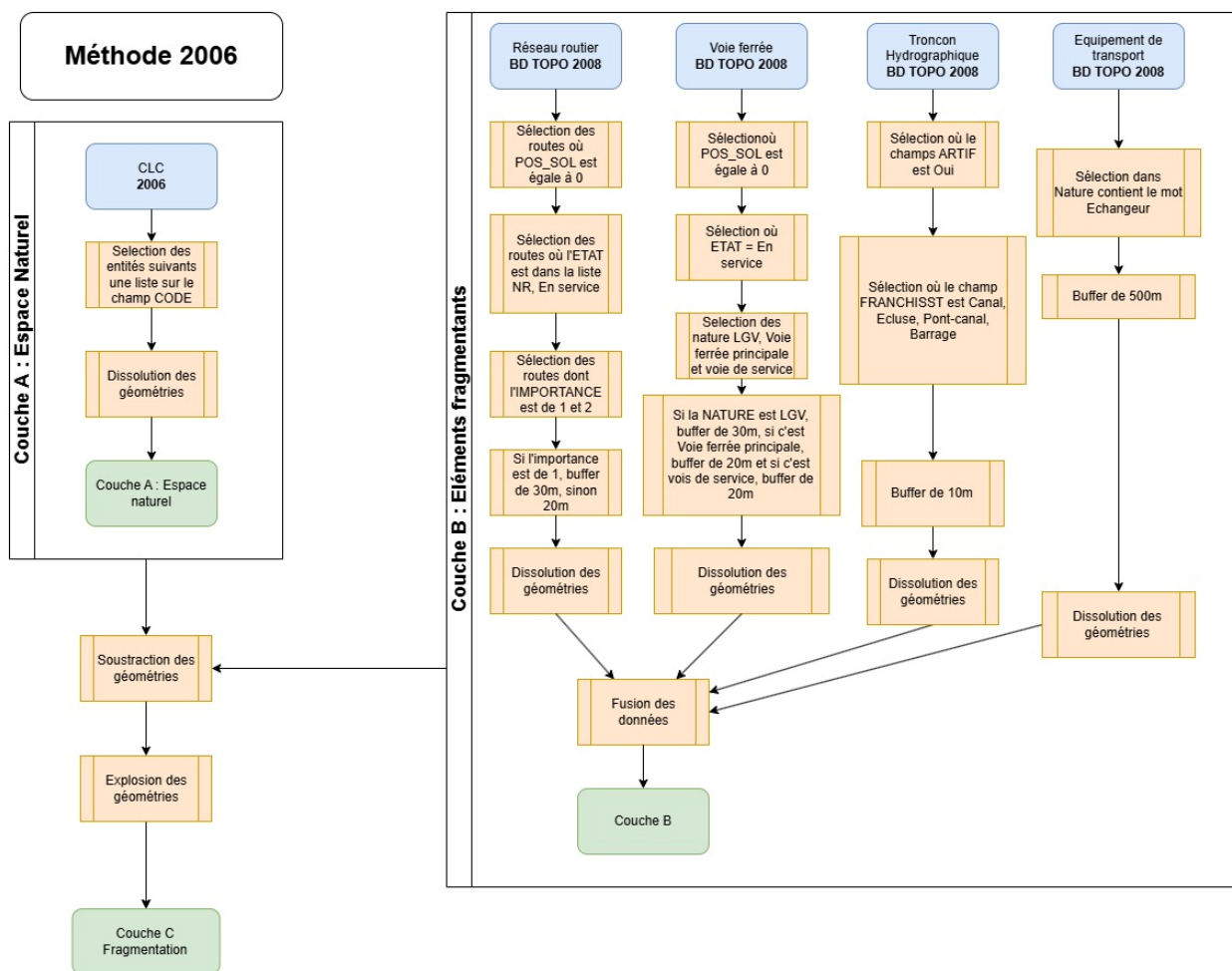


* Unified Modeling Language.

Note : les données issues de l'agriculture biologique ne sont pas prises en compte pour les millésimes 1990 et 2000.

Source : Antea, SDES, 2025

Figure 31 : méthodologie UML* utilisée pour le calcul de la fragmentation pour 2006

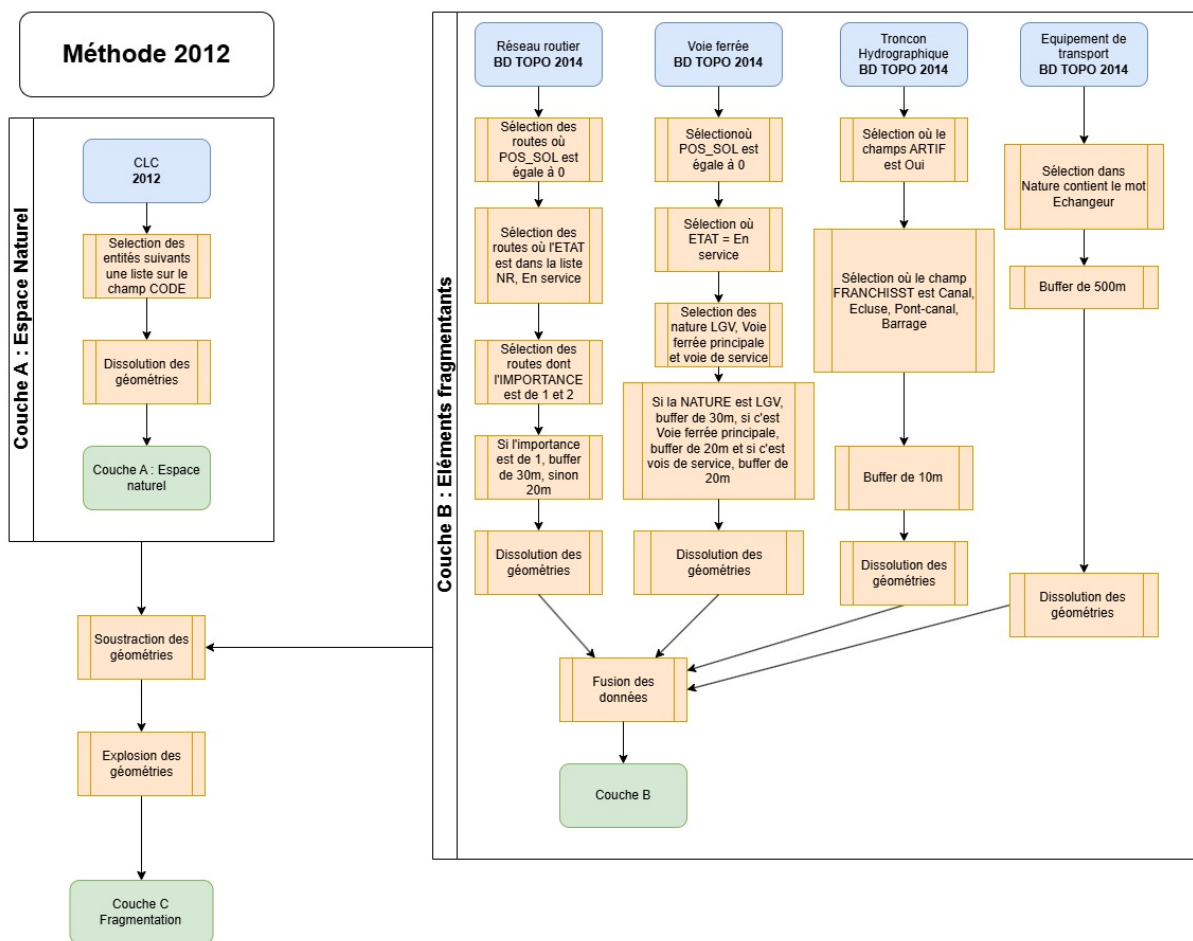


* Unified Modeling Language.

Note : les données issues de l'agriculture biologique ne sont pas prises en compte pour les millésimes 2006 et 2012.

Source : SDES, 2026

Figure 32 : méthodologie UML* utilisée pour le calcul de la fragmentation pour 2012



* Unified Modeling Language.

Note : les données issues de l'agriculture biologique ne sont pas prises en compte pour les millésimes 2006 et 2012.

Source : SDES, 2026

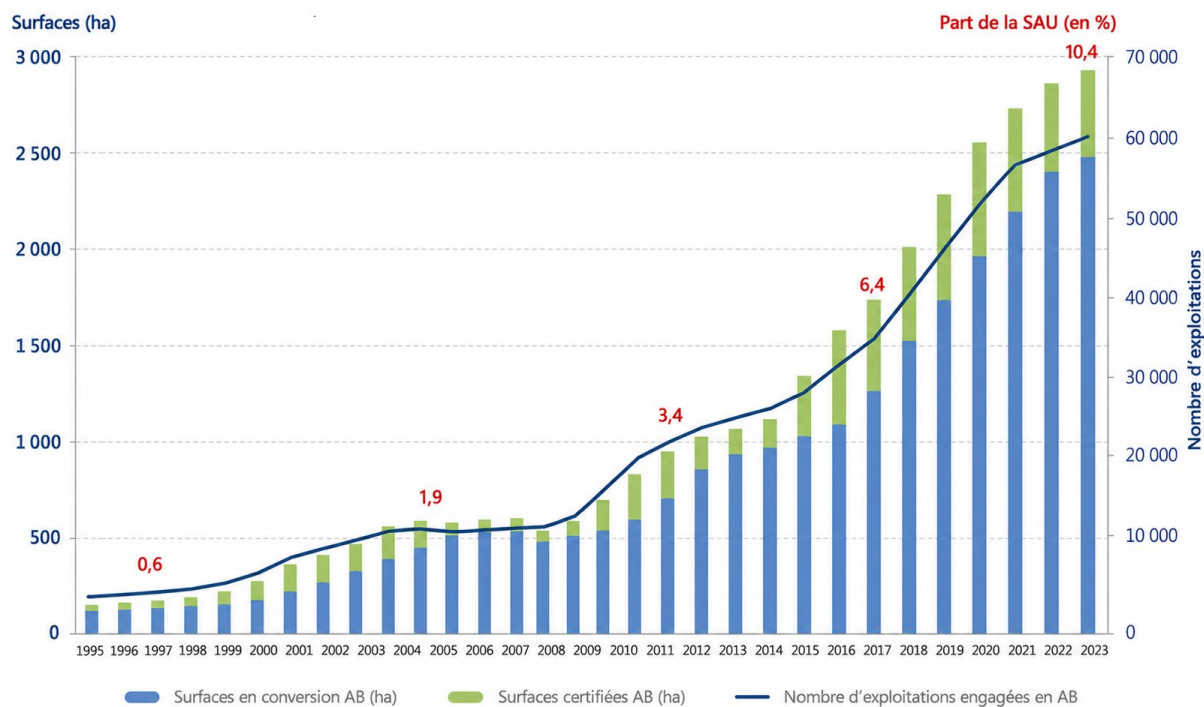
A. Conception de la couche des espaces naturels et semi-naturels de 1990, 2000, 2006 et 2012

Non prise en compte de l'agriculture biologique

Les données sur l'agriculture biologique référencées aux parcelles agricoles ne sont disponibles qu'à partir de 2019. Ce point n'est pas gênant car les analyses des données nationales disponibles depuis 1995 montrent que l'Hexagone ne disposait pas encore d'une couverture conséquente en agriculture biologique pour les années 2000, 2006 et 2012 (figure 33). Aussi, les données issues de l'agriculture biologique ne sont pas prises en compte pour 1990, 2000, 2006 et 2012.

Figure 33 : évolution des surfaces agricoles certifiées en agriculture depuis 1995

En milliers d'ha (axe de gauche) et en nombre d'exploitations (axe de droite)



Note : AB = agriculture biologique ; SAU = surface agricole utile. Depuis 2024, un changement de méthode dans le relevé de l'ensemble des données bio sur une année civile a été appliqué entraînant la rétropolation de la série à partir de 2008.

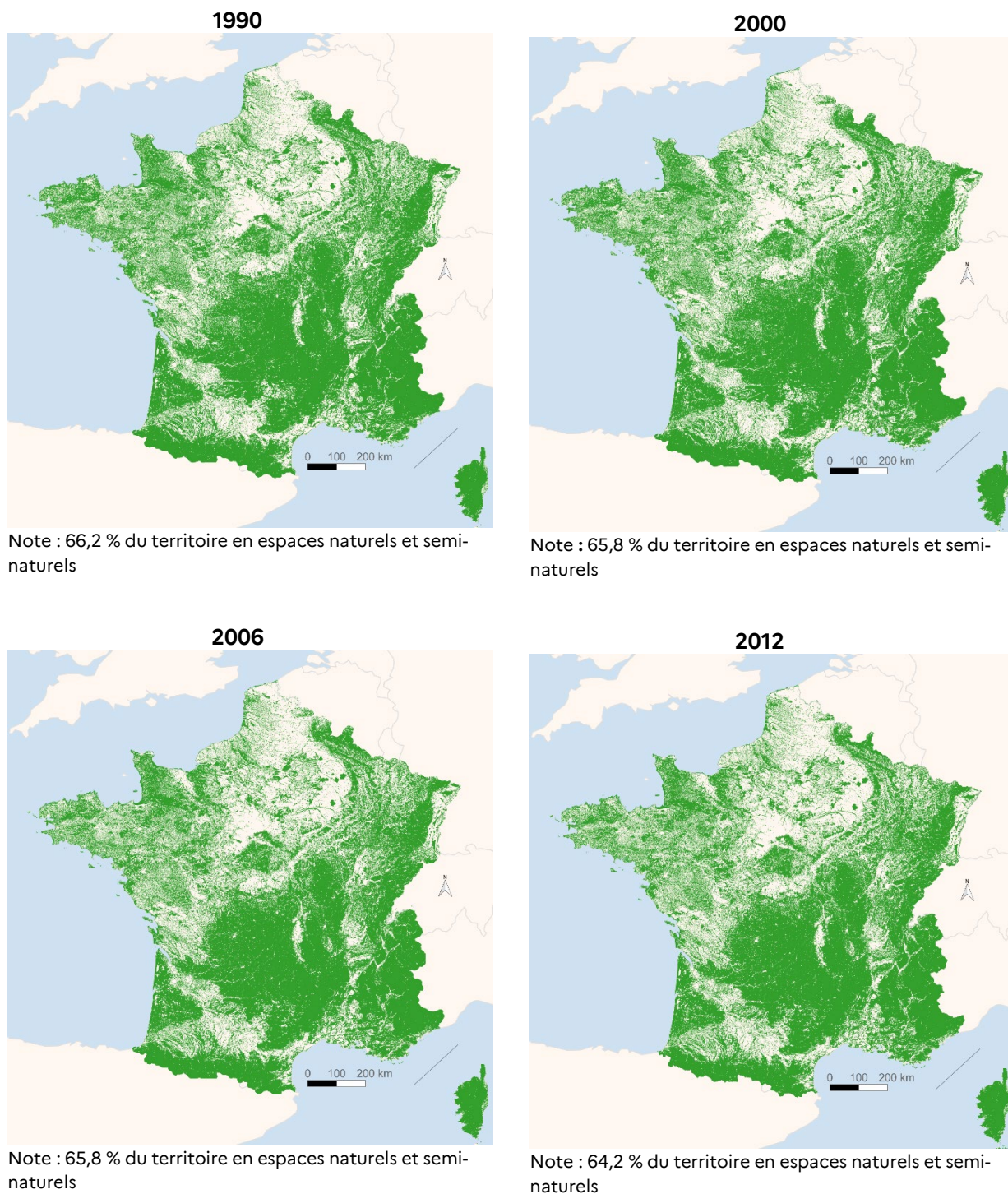
Source : ONB

Éléments retenus

Concernant la sélection des espaces naturels depuis CLC, après s'être assuré que les entités ciblées étaient identiques d'un millésime à l'autre, la sélection des éléments naturels terrestres s'est opérée comme pour le millésime 2018 (figure 34). Les codes suivants ont été retenus¹³ : 141, 231, 241, 242, 243, 244, 311, 312, 313, 321, 322, 323, 324, 331, 332, 333, 334, 335, 411, 412, 421, 422 et 423.

¹³ Voir partie A pour la correspondance des codes.

Figure 34 : évolution des espaces naturels et semi-naturels en France métropolitaine de 1990 à 2012



Sources : Corine Land Cover 1990, 2000, 2006 et 2012. Traitements : SDES, 2026

B. Conception de la couche des obstacles terrestres de 1990 à 2012

La couche des obstacles 2018 était basée sur le millésime de la BD TOPO 2020. Les millésimes précédents n'étant pas aussi précis, il a fallu adapter les sélections et les millésimes :

- Pour l'année 2012, la BD TOPO® 2012 a été utilisée.

- Pour l'année 2006, la BD TOPO® 2008, premier millésime de cette source de données, a été utilisée.
- Pour l'année 2000, la BD TOPO® a été remplacée par la BD Carto® millésime 1999.
- Pour l'année 1990, la BD Carto®, millésime 1994 basée sur les données de 1990 a été utilisée.

Cas particuliers de 2006 et 2012

- Réseau routier

Les données issues de la BD TOPO® 2008 et 2012 sont utilisées. Cependant, ces données ne sont pas aussi bien renseignées que pour les données 2024 et quelques ajustements sont nécessaires.

Dans ces millésimes, le fichier à étudier se nomme ROUTE à l'intérieur de celui-ci, nous retrouvons les attributs « **POS_SOL = 0** » et « **IMPORTANCE = 1 ou 2** » sur lesquels les mêmes sélections que pour 2018 sont effectuées. Les tampons réalisés restent également les mêmes.

- Échangeurs :

Les échangeurs sont renseignés en tant que « ECHANGEUR » dans NATURE du fichier TOPONYME_COMMUNICATION.

- Bretelles :

Les échangeurs sont renseignés en tant que « BRETELLE » dans NATURE du fichier TOPONYME_COMMUNICATION.

- Grands axes ferroviaires

Aucun changement entre les millésimes 2008, 2012 et 2018.

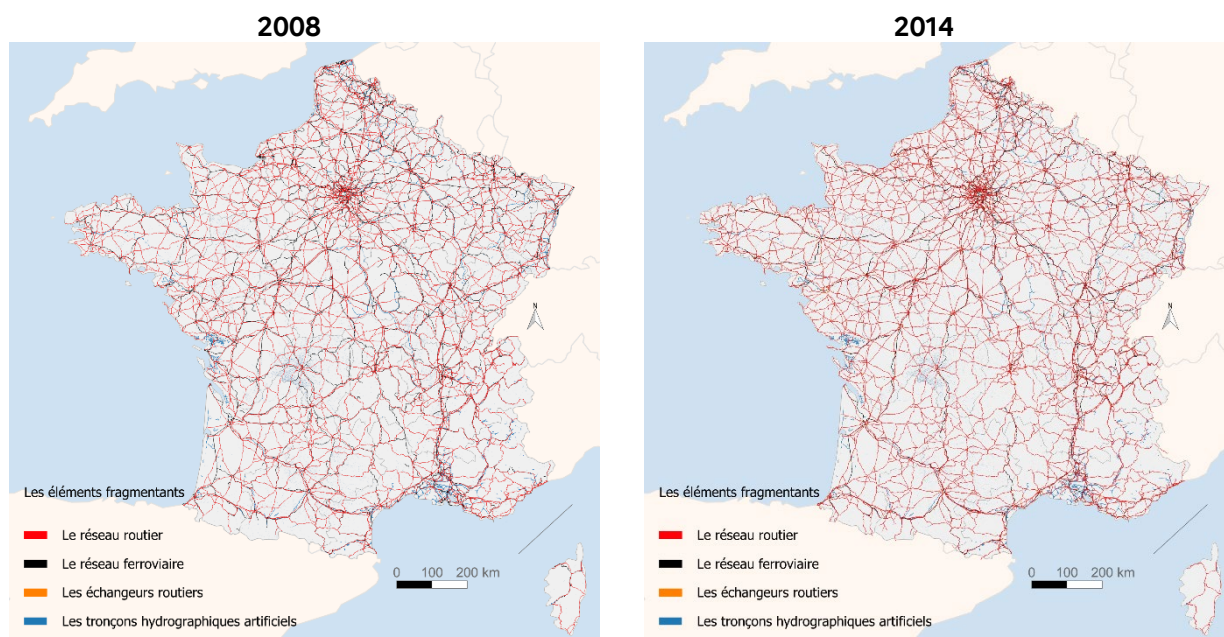
- Éléments aquatiques artificiels

Les fichiers étant différents pour cette partie, il est procédé aux sélections suivantes :

- récupération des tronçons artificiels = OUI ;
- récupération des tronçons où le champ FRANCHISST contient "Canal", "Ecluse", "Pont-canal", "Barrage" ;
- récupération des tronçons où le champ Nom contient en début de phrase Canal, canal, Canaux, canaux ;
- suppression des doublons.

L'ensemble des éléments fragmentants est fusionné en un fichier pour les années 2006 et 2012 (*figure 35*)

Figures 35 : éléments fragmentants de 2008 et 2014



Sources : BD TOPO® 2008 et 2014. Traitements : SDES, 2026

Cas particuliers de 1990 et 2000

- Réseau routier

Les données issues de la BD Carto® 1994 et 1999 sont utilisées. Cependant, ces données ne sont pas aussi bien renseignées que pour les données BD TOPO®. Dans ces millésimes, le fichier à étudier se nomme TRONCON_ROUTE. À l'intérieur de celui-ci, nous retrouvons les attributs « **VOCATION = Bretelles** », « **VOCATION = Type autoroutiers** », et « **VOCATION = liaison principale** » sur lesquels les mêmes sélections que pour 2018 sont effectuées.

- Ponts

Les bases de données antérieures à 2000 ne permettent pas de renseigner la localisation exacte des ponts et tunnels. Il a donc été décidé de reprendre la localisation des points et tunnels de 2008 et de supprimer ceux qui ne se trouvaient pas dans l'axe d'une route.

- Échangeurs :

Même principe que pour les ponts et tunnels.

- Grands axes ferroviaires

Les données issues de la BD Carto® 1994 et 1999 sont utilisées. Cependant, ces données ne sont pas aussi bien renseignées que pour les données BD TOPO®. Dans ces millésimes, le fichier à étudier se nomme TRONCON_FERRE. À l'intérieur de celui-ci, nous retrouvons les attributs « **CLASSEMENT = En service** ».

- Ponts ferroviaires

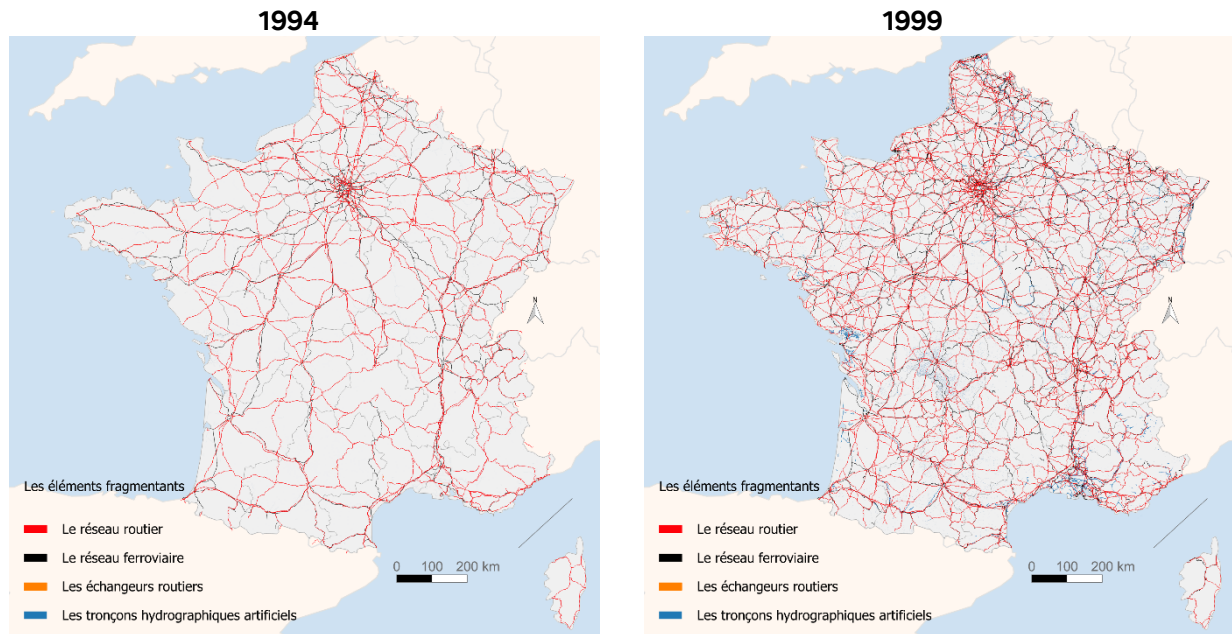
Même principe que pour le réseau routier.

- Éléments aquatiques artificiels

Il n'existe pas de géolocalisation propre aux éléments aquatiques artificiels pour 1990 et 2000. Ainsi, la couche de 2008 est utilisée par défaut pour les années 1990 et 2000.

L'ensemble des éléments fragmentants est fusionné en un seul fichier pour les années 1990 et 2000 (figure 36)

Figure 36 : éléments fragmentants de 1994 et 1999



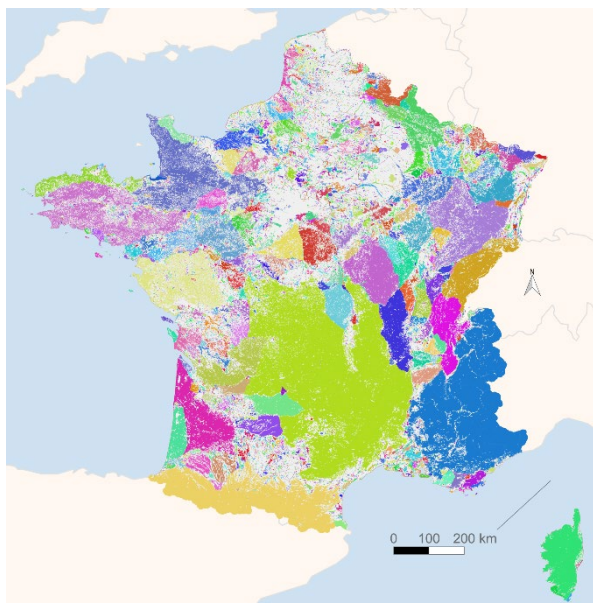
Sources : BD Carto® 1994 et 1999. Traitements : SDES, 2026

C. Conception de la couche des continuités écologiques de 1990, 2000, 2006 et 2012

Comme pour la méthode 2018, la couche des continuités écologiques est obtenue par soustraction de la couche des obstacles terrestres à la couche naturels et semi-naturels (figure 37).

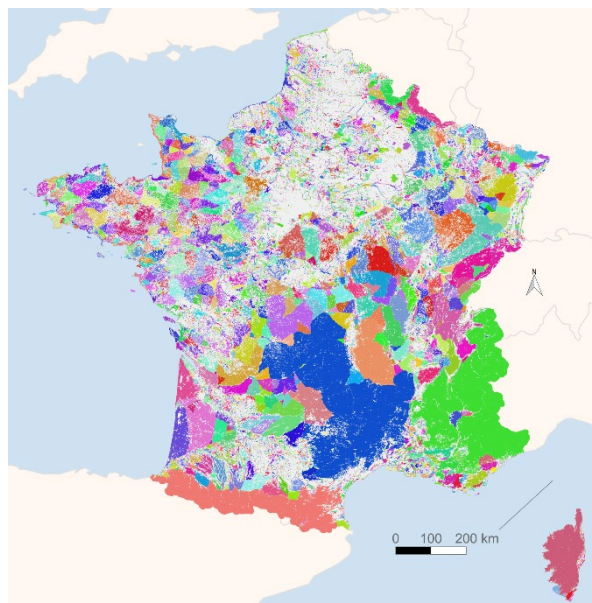
Figure 37 : continuités écologiques en France métropolitaine de 1990 à 2012

1990



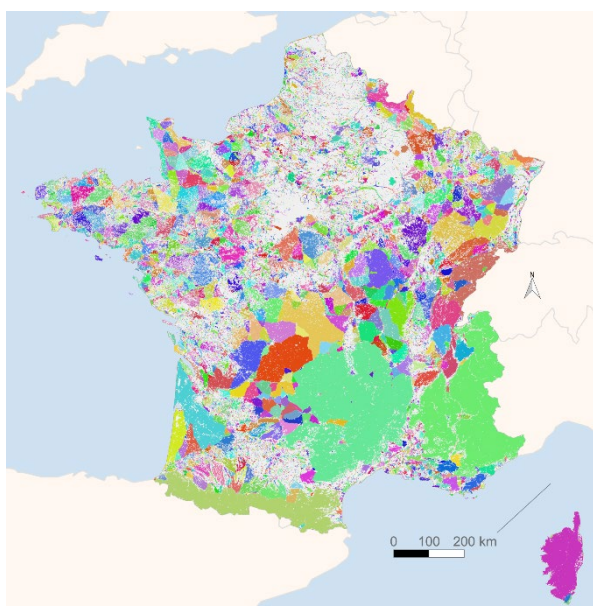
Note : l'échelle de représentation de la carte ne permet pas de se rendre compte du nombre réel de patches sur les différents territoires : 32 533 pour l'Hexagone.

2000



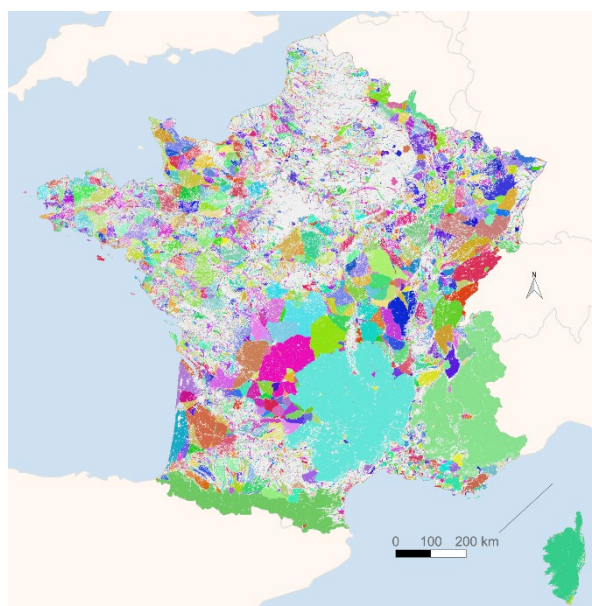
Note : l'échelle de représentation de la carte ne permet pas de se rendre compte du nombre réel de patches sur les différents territoires : 44 075 pour l'Hexagone.

2006



Note : l'échelle de représentation de la carte ne permet pas de se rendre compte du nombre réel de patches sur les différents territoires : 52 126 pour l'Hexagone.

2012



Note : l'échelle de représentation de la carte ne permet pas de se rendre compte du nombre réel de patches sur les différents territoires : 81 777 pour l'Hexagone.

Sources : CLC 1990, 2000, 2006 et 2012 ; BDTopo® 2008 et 2014 pour les années 2006 et 2012 ; BDCarto® 1994 et 1999 pour les années 1990 et 2000. Traitements : SDES, 2026

III. PLUSIEURS INDICATEURS DISPONIBLES ISSUS DE L'ANALYSE DE LA FRAGMENTATION

Le processus d'analyses permet de produire plusieurs indicateurs utiles pour quantifier le niveau de « fragmentation des milieux naturels »

A. La taille effective de maille

Pour mesurer la fragmentation des milieux naturels, l'indicateur agrégateur utilisé en écologie du paysage et en aménagement du territoire est la taille effective de maille. Il est exprimé en km².

Définition de la taille effective de maille

La taille effective de maille correspond à la taille moyenne des zones de nature encore accessibles sans être coupées par des routes, voies ferrées ou zones artificialisées.

Source : SDES

Cet indicateur combine deux dimensions :

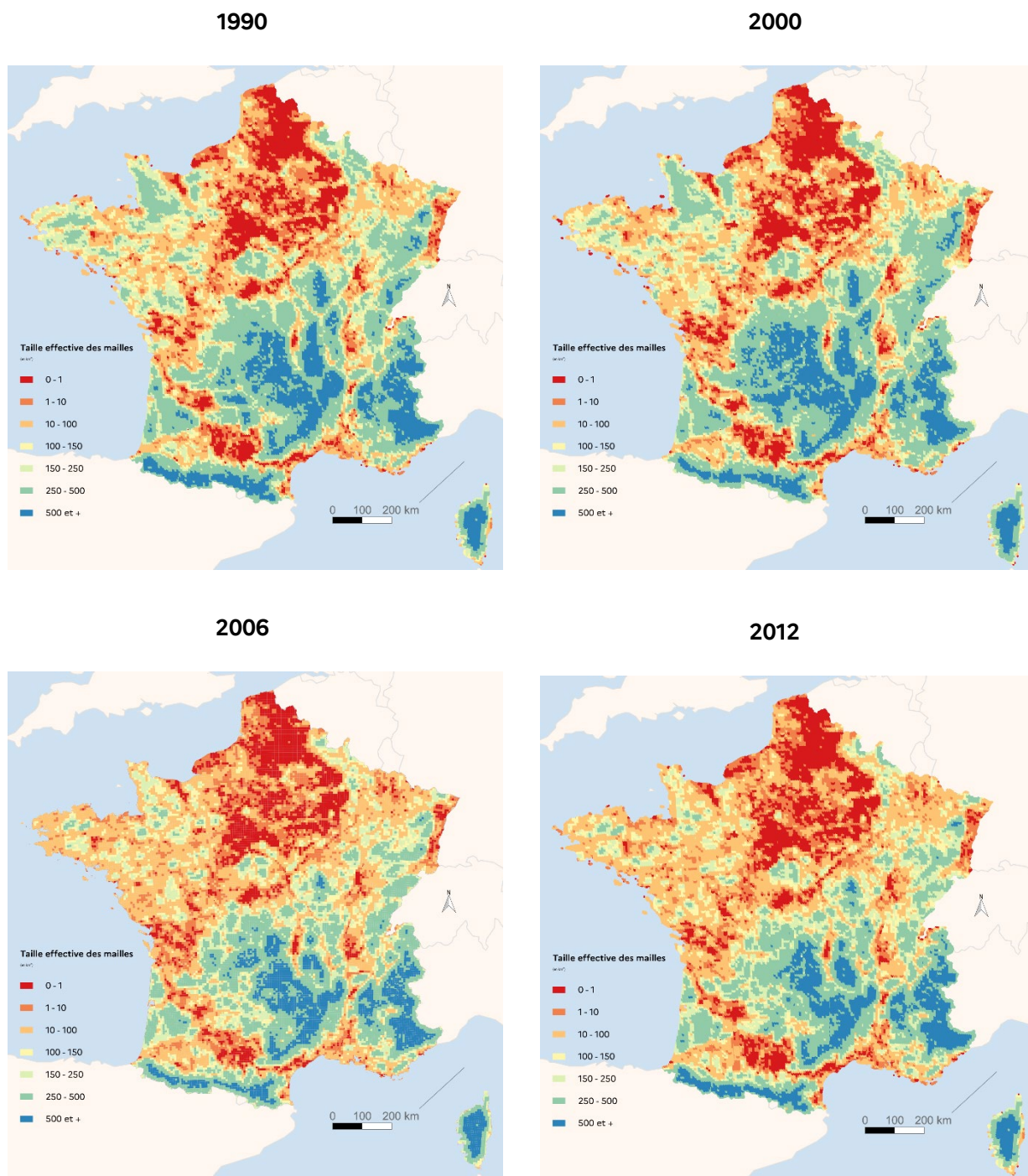
- la surface des espaces naturels dans un territoire donné ;
- leur degré de découpage (morcellement), c'est-à-dire dans quelle mesure ces espaces naturels sont séparés par des obstacles anthropiques (routes, voies ferrées, zones artificialisées, etc.).

Cet indicateur permet de quantifier les espaces naturels d'un point de vue animal en répondant à la question suivante : quelle est la surface moyenne continue dont il dispose sans avoir à franchir un obstacle majeur ?

En conséquence, plus la taille est grande, plus le milieu naturel concerné forme un grand espace connecté. À l'inverse, le milieu naturel est très morcelé.

Plusieurs représentations demeurent possibles. Une représentation cartographique par classe de surface de taille de mailles semble la plus adaptée (*figure 38*).

Figure 38 : évolution de la taille effective de maille en France métropolitaine par carreau de 5 km x 5 km de 1990 à 2012



Sources : CLC 1990, 2000, 2006 et 2012 ; BD TOPO® 2008 et 2014 ; BD Carto® 1994 et 1999. **Traitements :** SDES, 2026

L'analyse par carreau de 5 km x 5 km permet de mettre en avant certains territoires. Ainsi, la forêt de Sologne semble conserver ses continuités écologiques depuis plus de 30 ans¹⁴. A *contrario*, les grands espaces naturels du bocage normand ont été réduits de manière significative entre 2000 et 2006 en lien notamment avec la construction ou l'élargissement de grands axes de communication (inauguration de l'A84, élargissement de l'axe Caen-Rennes ou encore mise en conformité TGV de la ligne ferroviaire Paris-Caen-Cherbourg). Sur la même

¹⁴ Il est à noter que l'étude de l'enrillagement des parcelles forestières n'a pas été réalisée ici.

période, une altération des espaces naturels en périphérie des massifs montagneux est observée.

Accès à d'autres résultats détaillés pour la période 1990 à 2018

Des analyses aux échelles régionales et départementales ainsi que sur certains dispositifs de protection (parcs nationaux, parcs naturels régionaux et sites d'intérêt communautaire) sont disponibles sur le site du SDES.

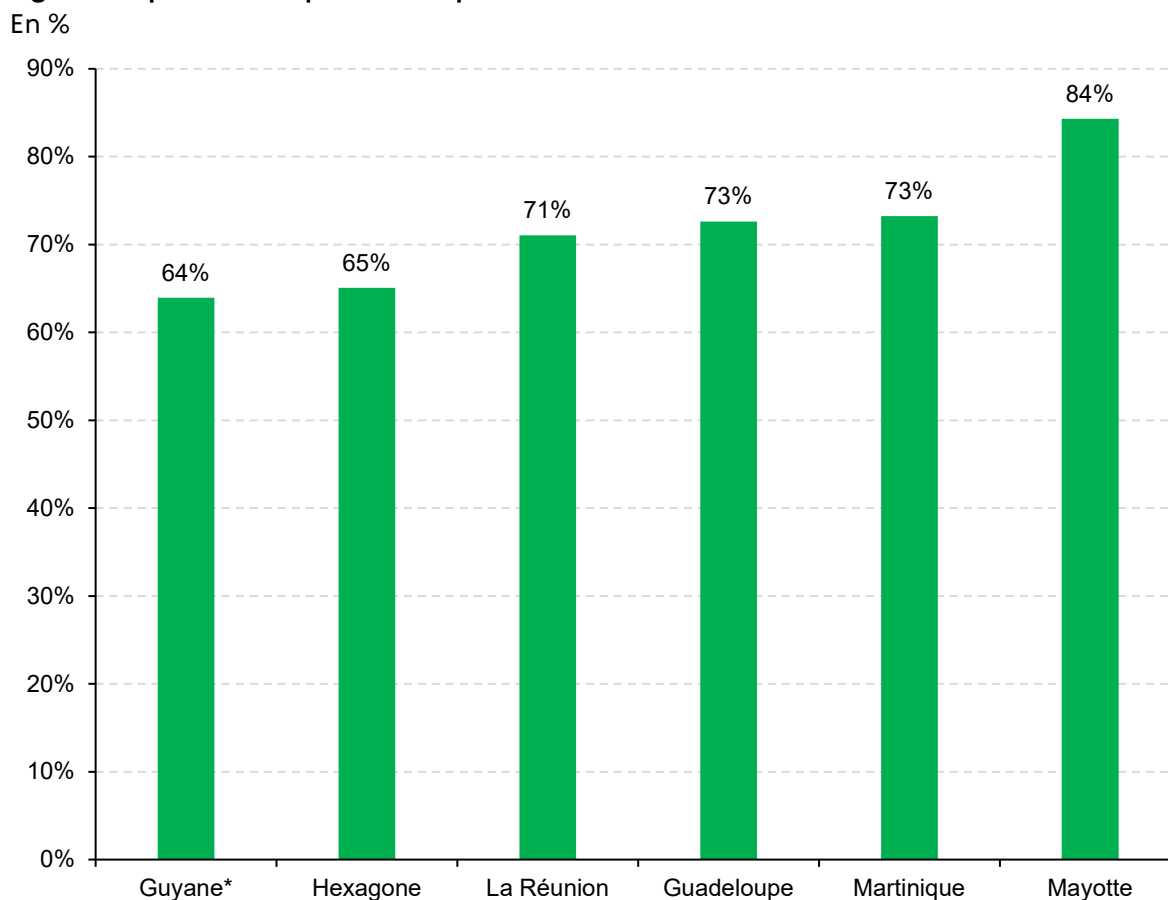
Voir l'article web [Fragmentation des milieux naturels terrestres : quels constats pour les territoires français.](#)

B. La part de territoires couverts par des espaces naturels ou semi-naturels

La part des territoires couverts par des espaces naturels et semi-naturels à différentes échelles territoriales et à différentes périodes permet de comparer les territoires et d'analyser l'évolution temporelle (figure 39).

N.B. : le choix a été fait de suivre la part de territoire, mais un indicateur par surface peut aussi être envisagé. De plus, ces éléments peuvent également être disponibles à d'autres échelles (régions, départements, EPCI, etc.).

Figure 39 : part de l'emprise des espaces naturels et semi-naturels en France en 2018



* Pour la Guyane, seule la surface de la frange littorale est comptabilisée.

Source : BD TOPO, IGN, avril 2025 pour le calcul des superficies des territoires ; Corine Land Cover 2018 pour le calcul des espaces naturels et semi-naturels. Traitements : SDES, 2026

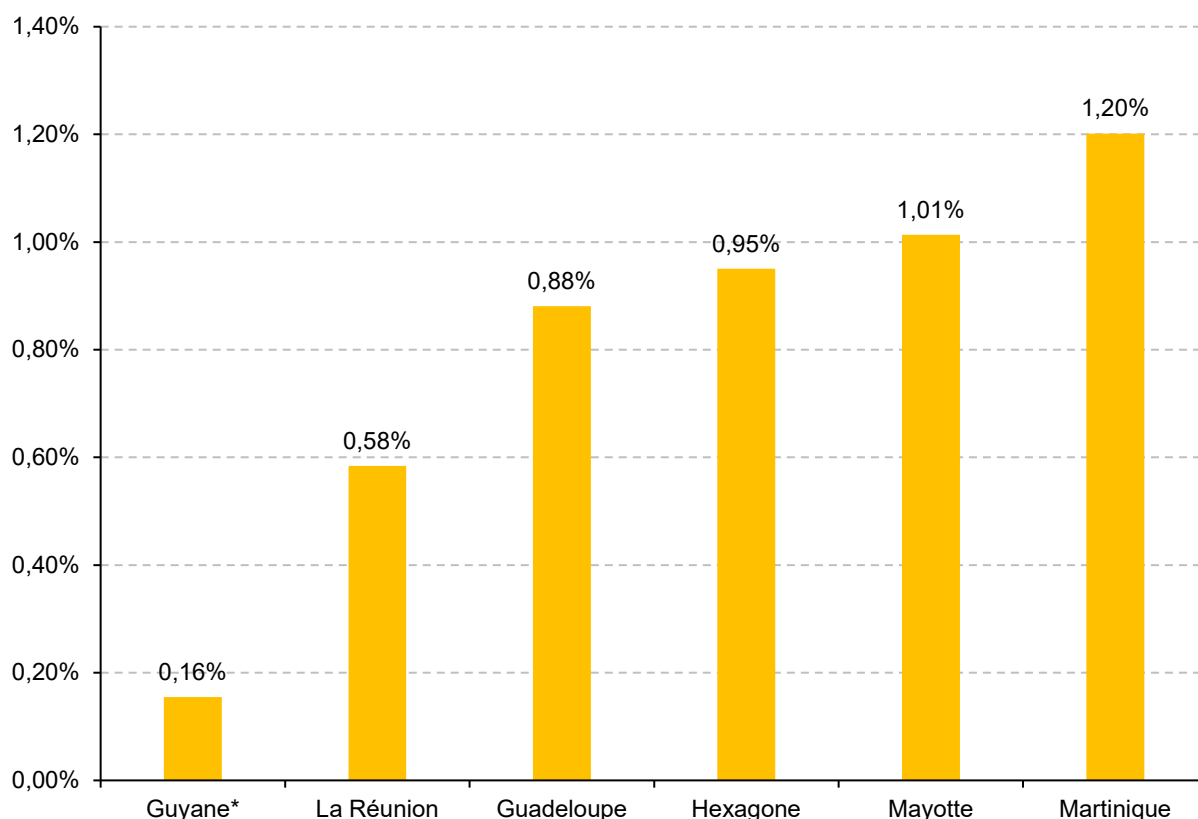
Pour un suivi plus fin, cet indicateur pourra être décliné en plusieurs niveaux :

- Artificialisation nette (exclusivement liée aux bâtis et à l'imperméabilisation des sols) : ces données pourraient être obtenues à partir de l'observatoire de l'artificialisation et des données mises à disposition par l'IGN¹⁵.
- Les cultures agricoles intensives : informations disponibles soit par CLC, soit par le RPG.
- Les cultures sylvicoles intensives.

Certains éléments artificialisés peuvent également faire l'objet d'une analyse à part (figure 40)

Figure 40 : emprise des réseaux par territoire en France en 2018

En %



* Pour la Guyane, seule la surface de la frange littorale est comptabilisée.

Source : .BD TOPO, IGN, avril 2025 pour le calcul des superficies des territoires ; BD TOPO, IGN, avril 2020 pour le réseau routier et ferroviaire Traitements : SDES, 2026

¹⁵ Portail de l'artificialisation des sols / mesurer la consommation d'espaces.

Partie 4

Suites à donner / Pistes d'amélioration

Au-delà du diagnostic, cette dernière partie ouvre des perspectives pour renforcer le suivi et l'analyse de la fragmentation des milieux naturels terrestres. Elle identifie des pistes d'amélioration méthodologique, notamment par l'intégration de nouvelles sources de données ou la prise en compte d'autres formes de fragmentation, comme la fragmentation nocturne ou aérienne. Elle aborde également les usages possibles de ces travaux pour l'évaluation des politiques publiques, l'aide à la décision territoriale et le suivi des objectifs nationaux et européens. Cette partie vise ainsi à inscrire l'indicateur dans une dynamique d'amélioration continue et de réponse opérationnelle aux enjeux de biodiversité.

I. MOBILISATION D'AUTRES SOURCES DE DONNÉES

Afin d'enrichir l'analyse et la précision des résultats, d'autres sources de données peuvent être mobilisées :

A. Le réseau Carhab

Le programme **Carhab** a pour objectif de réaliser à l'horizon 2026 une cartographie nationale des habitats naturels et semi-naturels terrestres de France métropolitaine et des DROM, à l'échelle du 1/25 000.

Un essai a consisté à remplacer les données issues de CLC par celles disponibles et issues du programme Carhab. Si la déclinaison des habitats naturels est plus précise par rapport à CLC, il s'avère que les cartographies réalisées sont proches lorsqu'on agrège ces différents habitats dans l'ensemble « espace naturel ».

Toutefois, de par sa précision, l'exploitation de CarHab impose de mettre des tampons autour de chaque entité pour faire disparaître les éventuelles voies ou chemin entre les entités. Cette dégradation de données aboutit in fine à la même précision que celle proposée par CLC.

B. Les bandes enherbées

Une source de données (**BCAE4**) référence l'ensemble des cours d'eau (y compris les petits ruisseaux) concernés par la mesure des bandes enherbées. Ainsi, si on prend en considération ces réseaux, l'ensemble du territoire français est connecté sans aucune discontinuité. La réalité du terrain n'est donc pas avérée.

Dès qu'une nouvelle source de données plus robuste sera disponible, il faudra étudier les données pour les inclure dans la couche des espaces naturels et semi-naturels.

C. Prise en compte des milieux bocagers

Dans le cadre de l'instruction du 24 mars 2026 sur le « régime unique de la haie », l'**Observatoire national de la haie** a officiellement été instauré.

Son rôle est d'améliorer le suivi du linéaire de haies en France, renforcer les contrôles liés aux projets de destruction ou de gestion et appuyer la mise en œuvre du nouveau cadre réglementaire.

D'ici à fin 2026, l'observatoire devrait fournir une cartographie du linéaire des haies en France. Ces données pourront être intégrées dans la présente méthode comme élément connectant des milieux naturels.

Une autre source de données à exploiter dans le cadre des milieux bocagers est le grain bocager : il s'agit d'un indicateur paysager développé par l'Inrae qui sera repris notamment

dans l'OCSGE. Cet indicateur prend en considération l'ouverture du paysage bocager avec une valeur comprise entre 0 et 1 :

- 0 : paysage très fermé avec un grain fin ;
- 1 : paysage très ouvert avec un grain grossier.

La reprise des seuls grains fins pourrait être intégrée comme élément connectant entre deux milieux naturels.

À ce jour, les données sont disponibles uniquement pour la Bretagne.

D. Les cultures sylvicoles intensives

Les peuplements mono-spécifiques de conifères à croissance rapide tels que le douglas relèvent de modes de gestion sylvicole intensifs caractérisés par une homogénéité structurelle et une simplification des habitats. Ces pratiques conduisent à une réduction de la diversité des niches écologiques disponibles, notamment en raison d'un sous-bois peu couvert au sol, d'une faible diversité floristique et d'un déficit en micro-habitats (bois mort, cavités, strates variées).

Dans ces conditions, ces systèmes forestiers offrent des ressources limitées pour de nombreuses espèces (alimentation, reproduction, abri), ce qui peut restreindre leur capacité à accomplir l'ensemble de leur cycle biologique. Les communautés biologiques qui s'y développent sont généralement moins diversifiées et dominées par des espèces généralistes ou tolérantes aux perturbations.

Si les cultures agricoles intensives sont relativement bien identifiées dans les bases de données d'occupation du sol, notamment via CLC, la détection des formes de sylviculture intensive demeure plus complexe. En effet, les classes forestières y sont souvent agrégées sans distinction fine des modes de gestion. Le recours à des sources complémentaires, telles que celles de l'IFN, permettrait d'affiner l'identification de ces systèmes et d'améliorer la caractérisation de leurs effets sur la biodiversité.

E. Les reconnections artificielles (passages à faune)

Les infrastructures linéaires de transport contribuent à la fragmentation des espaces naturels ou semi-naturels et donc au déclin de la biodiversité. En réponse, la politique de la trame verte et bleue a pour objectif de préserver et rétablir les continuités écologiques.

Le **système d'information recensant les passages à faune** (SIPAF) est piloté par le ministère chargé de l'Environnement (Direction des mobilités routières et Direction de l'eau et de la biodiversité) et développé par le Parc national des Cévennes et le Parc national des Écrins en partenariat avec le Cerema. Il permet de recueillir les données relatives aux passages à faune gérées par les acteurs et gestionnaires des infrastructures de transport terrestres.

Les données contenues dans le SIPAF concernent les caractéristiques de l'ouvrage (emplacement, dimensions), sa fonctionnalité (éléments favorisant son efficacité) ou encore les espèces animales observées sur le passage ou aux abords de celui-ci.

L'intégration de ces données ne met pas en évidence d'effet de ces ouvrages sur la fragmentation à l'échelle de la présente étude (nationale, régionale et départementale). Une mobilisation de ces données à des échelles plus petites (comme la méthode développée par le Cerema) peut en revanche donner des résultats plus précis utiles pour l'aide à la décision à une échelle de territoire plus fine.

F. Lien direct avec la biodiversité terrestre

À partir des données disponibles dans l'inventaire national du patrimoine naturel, il est possible de spatialiser finement la répartition des espèces et de caractériser leurs dynamiques écologiques. Ces données, issues de multiples sources (programmes d'inventaires, suivis naturalistes, sciences participatives), offrent une base robuste pour croiser la présence des espèces avec les caractéristiques des paysages et des habitats.

Dans le cadre de l'analyse de la fragmentation des milieux naturels, il s'agirait d'adapter la présente méthodologie de fragmentation en fonction des exigences écologiques propres aux groupes d'espèces étudiés (mobilité, taille de domaine vital, sensibilité aux discontinuités).

Le croisement des données d'occurrence issues d'**OpenObs** avec les indicateurs de fragmentation permettrait d'affiner l'analyse des continuités écologiques, en identifiant non seulement les zones fragmentées, mais aussi leur impact différencié sur les espèces selon leurs traits biologiques et leurs capacités de dispersion.

II. AUTRES FRAGMENTATIONS

La méthode détaillée dans ce document s'intéresse uniquement à la faune terrestre. D'autres types de fragmentation pourraient être étudiés, nécessitant la mobilisation d'autres données.

A. La fragmentation aérienne

Définition de la fragmentation aérienne

Conséquence directe de l'artificialisation, les infrastructures en hauteur ou qui agissent depuis le ciel (lignes et pylônes électriques, câbles aériens, parcs éoliens, remontées mécaniques, etc.) constituent une barrière infranchissable pour les espèces animales volantes.

Ces éléments créent des ruptures de continuité, des zones évitées, des zones de mortalité directe, ou des perturbations comportementales.

Source : Centre de ressources Trames vertes et bleues, OFB

Conséquences pour la biodiversité

L'impact de la fragmentation aérienne pour la biodiversité volante est divers :

- La mortalité directe par collision ou électrocution : les lignes électriques provoquent des collisions et surtout de l'électrocution chez de nombreux oiseaux (rapaces, cigognes, grands échassiers).
- La perte de connectivité génétique ou l'isolement des populations : la fragmentation augmente les distances entre habitats favorables : moins de déplacements, moins d'échanges génétiques, risque d'effet îlot et d'appauvrissement génétique, accroissant le risque d'extinction locale.
- L'évitement (effet barrière non-mortel) : les éoliennes et lignes peuvent provoquer l'évitement d'aires de nourrissage ou de reproduction (oiseaux, chauves-souris).
- Les effets de bordure et modifications d'habitat : les coupes pour lignes, pistes d'accès et zones techniques modifient la structure des milieux (exposition, microclimat, invasion d'espèces exotiques), augmentent la surface d'effet de bordure et diminuent la qualité des habitats résiduels.
- Les effets indirects sur les chaînes trophiques et services écosystémiques : la perte ou le déplacement d'espèces clés (prédateurs, pollinisateurs) modifie la dynamique des communautés, la pollinisation, la régulation des ravageurs, etc.

L'étude de la fragmentation aérienne nécessite des données sur le réseau électrique aérien, les parcs éoliens ou encore les différentes remontées mécaniques.

B. La fragmentation nocturne

Définition de la fragmentation nocturne

La fragmentation nocturne désigne la rupture de la continuité des habitats et des paysages écologiques liée à l'éclairage artificiel nocturne. Conséquence directe de l'artificialisation, l'installation de sources lumineuses crée des barrières lumineuses dans un environnement normalement obscur, perturbant les déplacements, les cycles vitaux et les interactions entre espèces.

Source : Centre de ressources Trames vertes et bleues, OFB

Conséquences pour la biodiversité

L'impact de la pollution lumineuse pour la biodiversité nocturne est divers :

- *L'altération des déplacements et migrations : de nombreuses espèces nocturnes (chauves-souris, papillons de nuit, amphibiens, oiseaux migrateurs) dépendent de l'obscurité pour se déplacer. Les couloirs lumineux forment des obstacles (effet barrière) ou au contraire des pièges attirant les individus vers la lumière, avec un risque accru de mortalité (collision, épuisement, prédation).*
- *La perturbation des cycles biologiques : la lumière artificielle modifie les rythmes circadiens (jour/nuit), ce qui influence la reproduction, l'alimentation et les comportements sociaux. En conséquence, certaines espèces retardent ou avancent leur chant, leur floraison ou leur ponte sous l'effet d'un éclairage artificiel.*
- *La modification des relations proie-prédateur : l'éclairage favorise certaines espèces (prédateurs visuels comme les araignées ou les oiseaux insectivores) au détriment d'autres (insectes attirés par la lumière, chauves-souris évitant les zones éclairées). Cela entraîne une déséquilibration des réseaux trophiques.*
- *Le cas particulier des insectes : attirés massivement par la lumière (phototaxie positive), ils y meurent ou sont prédatés, contribuant au déclin global des populations d'insectes. Cette baisse affecte ensuite les pollinisateurs et l'ensemble de la chaîne alimentaire. La lumière artificielle constitue la 2^e cause d'extinction des insectes après les pesticides.*
- *La fragmentation des habitats fonctionnels : les trames noires sont morcelées : parcs nationaux, forêts ou zones humides peuvent être isolés par des ceintures lumineuses, limitant la dispersion des espèces. Cela réduit la connectivité écologique indispensable à la survie des populations sur le long terme.*

Depuis 2021, l'ONB a développé un indicateur sur la pollution lumineuse. Ce dernier reflète la part de territoire exposé à la pollution lumineuse. À partir de ces données auxquelles il faudrait ajouter les données sur les points lumineux en France, l'étude de la fragmentation nocturne pourrait être envisagée.

Annexes

SCRIPT

Pour faciliter la reprise des différents traitements, les codes de traitements ont été découpés en plusieurs parties entre les traitements géomatiques (code Python) et les traitements statistiques (code R).

A. Traitements géomatiques

Plusieurs traitements géomatiques sont réalisés via Python.

Éléments naturels :

```
import os
import geopandas as gpd
from tqdm import tqdm
import glob

if __name__ == "__main__":

    # Pour chaque année : 1990 2006 et 2012
    dict_config: dict[int:str] = {
        # 1990: r"X:\CORINE_LAND_COVER\CLC90_FR_RGF_SHP\CLC90_FR_RGF.shp",
        # 2000: r"X:\CORINE_LAND_COVER\CLC00_FR_RGF_SHP\CLC00_FR_RGF.shp",
        # 2006: r"X:\CORINE_LAND_COVER\CLC06_FR_RGF_SHP\CLC06_FR_RGF.shp",
        # 2012: r"X:\CORINE_LAND_COVER\CLC12_FR_RGF_SHP\CLC12_FR_RGF.shp",
        2018 : r"X:\CORINE_LAND_COVER\CLC18_SHP__FRA_2019-08-21\1_DONNEES_LIVRAISON_2019-08-21\CLC2018_FR\CLC18_FR.shp"
    }

    list_classes_clc: list[str] = [
        "141",
        "231",
        "241",
        "242",
        "243",
        "244",
        "311",
```

```

"312",
"313",
"321",
"322",
"323",
"324",
"331",
"332",
"333",
"334",
"335",
"411",
"412",
"421",
"422",
"423",
]

# for annee in tqdm(dict_config, total=len(dict_config)):
# # Charger le fichier
# gdf = gpd.read_file(dict_config[annee])
# # mise en forme des colonnes
# gdf["CODE"] = gdf["CODE_{}".format(str(annee)[2:])]
# gdf = gdf.drop(columns=["CODE_{}".format(str(annee)[2:])])
# # Filtre sur les classes clc sélectionnées
# gdf = gdf[gdf["CODE"].isin(list_classes_clc)]
# # Dissolve
# gdf["diss"] = 1
# gdf = gdf.dissolve(by="diss").reset_index()
# # Suppression des colonnes inutiles
# gdf = (
#     gdf.drop(columns=["diss", "ID", "CODE", "AREA_HA"])
#     .reset_index()
#     .rename(columns={"index": "id"})
# )
# gdf["area_m2"] = gdf.geometry.area

```

```

# gdf.to_feather(rf".\TRAITEMENTS\DATA\01_elements_naturels\A_{annee}.feather")

list_drom = glob.glob(r".\TRAITEMENTS\DATA\DROM\clc\*.feather")
annee = 2018
for drom in list_drom:
    drom_name = os.path.basename(drom).split(".")[0]
    gdf = gpd.read_feather(drom)
    # mise en forme des colonnes
    gdf["CODE"] = gdf["CODE_{}".format(str(annee)[2:])]
    gdf = gdf.drop(columns=["CODE_{}".format(str(annee)[2:])])
    # Filtre sur les classes clc sélectionnées
    gdf = gdf[gdf["CODE"].isin(list_classes_clc)]
    # Dissolve
    gdf["diss"] = 1
    gdf = gdf.dissolve(by="diss").reset_index()
    # Suppression des colonnes inutiles
    gdf = (
        gdf.drop(columns=["diss", "ID", "CODE", "AREA_HA"])
        .reset_index()
        .rename(columns={"index": "id"})
    )
    gdf["area_m2"] = gdf.geometry.area

gdf.to_feather(rf".\TRAITEMENTS\DATA\01_elements_naturels\A_{annee}_{drom_name}.feather")

```

Éléments routiers :

```

import os
import geopandas as gpd
import glob
import tqdm
import pandas as pd

```

```

def calcul_reseau_routier(gdf: gpd.GeoDataFrame, year: int) -> gpd.GeoDataFrame:

```

```

    """

```

Filtre le GeoDataFrame en fonction de la position, de l'état et de l'importance des routes.
Affecte un buffer puis agrège les entités en un seul objet géographique.

:param gdf: Réseau routier initial.

:return: GeoDataFrame fusionné et bufferisé.

"""

```
# Sélection des entités où la position au niveau du sol est de 0
gdf = gdf.loc[gdf["POS_SOL"] == 0]
# Sélection des entités où l'état est NR, En service
gdf = gdf.loc[gdf["ETAT"].isin(["NR", "En service"])]
# Sélection des entités où l'importance est 1 ou 2
gdf = gdf.loc[gdf["IMPORTANCE"].isin(["1", "2"])]
gdf = gdf.loc[
    (gdf["MISE_SERV"] == "NR") | (gdf["MISE_SERV"].str.slice(0, 4) == str(year))
]
if gdf.empty:
    pass
else:
    # Ajout d'un buffer de 30 m pour les routes d'importance 1, et pour les autres de 20 m
    gdf["buffer_dist"] = gdf["IMPORTANCE"].apply(lambda x: 30 if x == "1" else 20)
    gdf["geometry"] = gdf.buffer(gdf["buffer_dist"])
    gdf = gdf.drop(columns=["buffer_dist"])
    return gdf
```

for year in [2018]: # 2012, 2008

```
list_path_route: list[str] = glob.glob(rf".\TEMP\bdtopo_{year}\*_ROUTE.feather")
```

```
list_df = []
```

```
pbar = tqdm.tqdm(list_path_route, total=len(list_path_route))
```

```
for path_route in pbar:
```

```
    gdf_route = gpd.read_feather(path_route)
```

```
    pbar.set_description(
```

```
        f"{os.path.basename(path_route)} - mise_en_service  
        {len(gdf_route['MISE_SERV'].unique())}"
```

```
    )
```

```
    list_df.append(calcul_reseau_routier(gdf_route, year))
```

```

gdf_fusion = gpd.GeoDataFrame(pd.concat(list_df, ignore_index=True))
gdf_fusion.to_file(
    rf".\TRAITEMENTS\DATA\02a_reseau_routier\{year}_02a_reseau_routier.gpkg",
    driver="GPKG",
)

## 2000
# year = 2000
# route_path = r".\COLLECTE\DONNEES_RECUES\ROUTE500_1-0__SHP_LAMB93_FXX_2000-
01-01\ROUTE500\1_DONNEES_LIVRAISON_2022-12-00028\R500_1-0_SHP_LAMB93_FXX-
ED001\RESEAU_ROUTIER\TRONCON_ROUTE.shp"
# gdf = gpd.read_file(route_path)
## Pour les routes sélectionner dans vocation type autoroute et bretelle et attribuer même
tampon que les routes à vocation 1
# gdf_voc_1 = gdf[gdf["VOCATION"].isin(["Bretelle", "Type autoroutier"])].copy()
# gdf_voc_1["geometry"] = gdf_voc_1["geometry"].buffer(30)
##
# gdf_voc_2 = gdf[gdf["VOCATION"].isin(["Liaison principale"])].copy()
# gdf_voc_2["geometry"] = gdf_voc_2["geometry"].buffer(20)
# gdf_route = pd.concat([gdf_voc_1, gdf_voc_2], ignore_index=True)
# gdf_route["diss"] = 1
# gdf_route = gdf_route.dissolve("diss").reset_index()
# gdf_route = gdf_route[["geometry"]].reset_index().rename(columns={"index": "id"})

## Découper avec BD TOPO 2008, les routes ou POS != 0, buffer de 30m et découpage avec
route 2008
# gdf_ponts = gpd.read_file(r".\TRAITEMENTS\DATA\x_ponts\2008_ROUTE.gpkg")
# gdf_route_clip = gpd.overlay(gdf_route, gdf_ponts, how="difference")
# gdf_route_clip.to_file(
#     rf".\TRAITEMENTS\DATA\02a_reseau_routier\{year}_02a_reseau_routier.gpkg",
#     driver="GPKG",
# )

## 1990
# year = 1990
# route_path = r".\TEMP\1990_shp\TRONCON_ROUTE_1990.shp"
# gdf = gpd.read_file(route_path)
# gdf_voc_1 = gdf[gdf["VOCATION"].isin(["Bretelle", "Type autoroutier"])].copy()

```

```

# gdf_voc_1["geometry"] = gdf_voc_1["geometry"].buffer(30)
# #
# gdf_voc_2 = gdf[gdf["VOCACTION"].isin(["Liaison principale"])].copy()
# gdf_voc_2["geometry"] = gdf_voc_2["geometry"].buffer(20)
# gdf_route = pd.concat([gdf_voc_1, gdf_voc_2], ignore_index=True)
# gdf_route["diss"] = 1
# gdf_route = gdf_route.dissolve("diss").reset_index()
# gdf_route = gdf_route[["geometry"]].reset_index().rename(columns={"index": "id"})
# # Découper avec BD TOPO 2008, les routes ou POS != 0, buffer de 30m et découpage avec
route 2008
# gdf_ponts = gpd.read_file(r".\TRAITEMENTS\DATA\x_ponts\2008_ROUTE.gpkg")
# gdf_route_clip = gpd.overlay(gdf_route, gdf_ponts, how="difference")
# gdf_route_clip.to_file(
#   rf".\TRAITEMENTS\DATA\02a_reseau_routier\{year}_02a_reseau_routier.gpkg",
#   driver="GPKG",
# )

# drom
list_drom = glob.glob(r".\TRAITEMENTS\DATA\DROM\route\*.feather")
annee = 2018
for drom in list_drom:
    drom_name = os.path.basename(drom).split(".")[0]
    gdf = gpd.read_feather(drom)
    gdf = gdf.rename(columns={
        "position_par_rapport_au_sol": "POS_SOL",
        "etat_de_l_objet": "ETAT",
        'importance': 'IMPORTANCE',
    })
    gdf['MISE_SERV'] = 'NR'
    gdf["POS_SOL"] = gdf["POS_SOL"].astype(int)
    gdf_calcul = calcul_reseau_routier(gdf, annee)

gdf_calcul.to_file(rf".\TRAITEMENTS\DATA\02a_reseau_routier\{annee}_{drom_name}_02a_r
eseau_routier.gpkg", driver="GPKG")

```

Éléments ferroviaires

```
import geopandas as gpd
import glob
import tqdm
import pandas as pd

def calcul_reseau_ferree(
    gdf: gpd.GeoDataFrame,
    buffer_mapping={
        "LGV": 30,
        "Principale": 20,
        "Voie de service": 10,
    },
):
    # Sélection des entités où la position au niveau du sol est de 0
    gdf = gdf.loc[gdf["POS_SOL"] == 0]
    # Sélection des entités où l'état est En Service
    gdf = gdf.loc[gdf["ETAT"].isin(["En service", "NR"])]
    # Sélection des natures de voies ferrées: LGV, Voie ferrée principale, Voie de service
    gdf = gdf.loc[gdf["NATURE"].isin(["LGV", "Principale", "Voie de service"])]
    if gdf.empty:
        pass
    else:
        # Buffer de 30 m pour les LGV, 20 m pour les principales et 10 m pour les voies de service
        gdf["buffer_dist"] = gdf["NATURE"].map(buffer_mapping)
        gdf["geometry"] = gdf.buffer(gdf["buffer_dist"])
        # # Dissolution des entités
        # gdf["diss"] = 1
        # gdf = gdf.dissolve("diss").reset_index()
        # # Conservation de la colonne geometry
        # gdf = gdf[["geometry"]].reset_index().rename(columns={"index": "id"})
    return gdf

for year in [2018, ]: # 2012, 2008
    list_path_voie_ferre: list[str] = glob.glob(
```

```

    rf".\TEMP\bdtopo_{year}*_TRONCON_VOIE_FERREE.feather"
)
list_df = []

for path_route in tqdm.tqdm(list_path_voie_ferre, total=len(list_path_voie_ferre)):
    gdf_voie_ferree = gpd.read_feather(path_route).to_crs(2154)
    list_df.append(calcul_reseau_ferree(gdf_voie_ferree))

gdf_fusion = gpd.GeoDataFrame(pd.concat(list_df, ignore_index=True))
gdf_fusion.to_file(
    rf".\TRAITEMENTS\DATA\02b_reseau_ferree\{year}_02b_reseau_ferree.gpkg",
    driver="GPKG",
)

## 2000
# year = 2000
# path_ferre = r".\COLLECTE\DONNEES_RECUES\ROUTE500_1-0__SHP_LAMB93_FXX_2000-
01-01\ROUTE500\1_DONNEES_LIVRAISON_2022-12-00028\R500_1-0_SHP_LAMB93_FXX-
ED001\RESEAU_FERRE\TRONCON_VOIE_FERREE.shp"
# gdf = gpd.read_file(path_ferre)
# gdf = gdf.loc[gdf["CLASSEMENT"].isin(["En service"])]
## TGV et buffer de 30m
# gdf_tgv = gdf.loc[gdf["NATURE"].isin(["TGV"])].copy()
# gdf_tgv["geometry"] = gdf_tgv["geometry"].buffer(30)

## autre
# gdf_autre = gdf.loc[
# (gdf["NATURE"].isin(["Voie normale"])) & (gdf["ENERGIE"].isin(["Electrifié"]))
# ].copy()
# gdf_autre["geometry"] = gdf_autre["geometry"].buffer(20)

## Découper avec BD TOPO 2008, les voies ferrees ou POS != 0, buffer de 30m et découpage
avec route 2008
# gdf_fusion = pd.concat([gdf_tgv, gdf_autre], ignore_index=True)
# gdf_fusion["diss"] = 1
# gdf_fusion = gdf_fusion.dissolve("diss").reset_index()
# gdf_fusion = gdf_fusion[["geometry"]].reset_index().rename(columns={"index": "id"})

```

```

#                                     gdf_ponts                                     =
gpd.read_file(r".\TRAITEMENTS\DATA\x_ponts\2008_TRONCON_VOIE_FERREE.gpkg")
# gdf_fusion_clip = gpd.overlay(gdf_fusion, gdf_ponts, how="difference")
# gdf_fusion_clip.to_file(
#   rf".\TRAITEMENTS\DATA\02b_reseau_ferree\2000_02b_reseau_ferree.gpkg",
#   driver="GPKG",
# )

## 1990
# year = 1990
# path_ferre = r".\TEMP\1990_shp\TRONCON_VOIE_FERREE_1990.shp"
# gdf = gpd.read_file(path_ferre)
# gdf = gdf.loc[gdf["CLASSEMENT"].isin(["En service"])]
## TGV et buffer de 30m
# gdf_tgv = gdf.loc[gdf["NATURE"].isin(["TGV"])]
# gdf_tgv["geometry"] = gdf_tgv["geometry"].buffer(30)

## autre
# gdf_autre = gdf.loc[
#   (gdf["NATURE"].isin(["Voie normale"])) & (gdf["ENERGIE"].isin(["Electrifié"]))
# ].copy()
# gdf_autre["geometry"] = gdf_autre["geometry"].buffer(20)
## Découper avec BD TOPO 2008, les voies ferrees ou POS != 0, buffer de 30m et découpage
avec route 2008
# gdf_fusion = pd.concat([gdf_tgv, gdf_autre], ignore_index=True)
# gdf_fusion["diss"] = 1
# gdf_fusion = gdf_fusion.dissolve("diss").reset_index()
# gdf_fusion = gdf_fusion[["geometry"]].reset_index().rename(columns={"index": "id"})
#                                     gdf_ponts                                     =
gpd.read_file(r".\TRAITEMENTS\DATA\x_ponts\2008_TRONCON_VOIE_FERREE.gpkg")
# gdf_fusion_clip = gpd.overlay(gdf_fusion, gdf_ponts, how="difference")
# gdf_fusion_clip.to_file(
#   rf".\TRAITEMENTS\DATA\02b_reseau_ferree\1990_02b_reseau_ferree.gpkg",
#   driver="GPKG",
# )

```

Éléments hydrographiques

```
# Selection des canaux
# Sélection des éléments où CLASSE_DE_LARGEUR
# est dans la liste "Entre 15 et 50 m", "Plus de 50 m"
# Buffer de 10 m
# Dissolution des géométries
import geopandas as gpd
import glob
import os
import tqdm
import pandas as pd

def calcul_troncon_hydro(gdf_troncon: gpd.GeoDataFrame):
    """
    Sélectionne et traite les tronçons artificialisés afin de créer un buffer
    et de dissoudre les entités en un unique GeoDataFrame.

    Args:
        gdf_troncon (gpd.GeoDataFrame): Données géospatiales des tronçons.

    Returns:
        gpd.GeoDataFrame: Tronçons traités avec buffer et dissous.
    """
    # Selection des artif OUI
    if "artificiel" in gdf_troncon["ARTIF"].unique():
        gdf_troncon = gdf_troncon.loc[gdf_troncon["ARTIF"] == "Artificiel"].copy()
    else:
        gdf_troncon = gdf_troncon.loc[gdf_troncon["ARTIF"] == "Oui"].copy()
    # Sélection des tronçons qui contient en début de chaîne "CANAL" ou "CANAUX"
    gdf_troncon_nom = gdf_troncon.loc[
        gdf_troncon["NOM"].str.upper().str.startswith(("CANAL", "CANAUX"))
    ]

    # Sélections des types de franchissement
    gdf_troncon_franc = gdf_troncon.loc[
        gdf_troncon["FRANCHISST"].isin(["Canal", "Ecluse", "Pont-canal", "Barrage"])
    ]
```

```

]
#
gdf_troncon = pd.concat(
    [gdf_troncon_nom, gdf_troncon_franc], ignore_index=True
).drop_duplicates(subset="ID")
# Sélection des lignes qui ont une longueur supérieure à X m
gdf_troncon["longueur"] = gdf_troncon.geometry.length
gdf_troncon = gdf_troncon.loc[gdf_troncon["longueur"] > 25].copy()

# Buffer de 10 m
gdf_troncon["geometry"] = gdf_troncon.buffer(10)
# # Dissolution des entités
# gdf_troncon["diss"] = 1
# gdf_troncon = gdf_troncon.dissolve("diss").reset_index()
# # Conservation de la colonne geometry
# gdf_troncon = (
#     gdf_troncon[["geometry"]].reset_index().rename(columns={"index": "id"})
# )
return gdf_troncon

if not os.path.exists(r".\TRAITEMENTS\DATA\02c_troncon_hydrographique"):
    os.makedirs(r".\TRAITEMENTS\DATA\02c_troncon_hydrographique")

for year in [2018, ]: #2012, 2008
    list_path_troncon: list[str] = glob.glob(
        rf".\TEMP\bdtopo_{year}*_TRONCON_COURS_EAU.feather"
    )
    list_gdf = []

    for path in list_path_troncon:
        gdf = gpd.read_feather(path).to_crs(2154)
        gdf_tr = calcul_troncon_hydro(gdf)
        list_gdf.append(gdf_tr)
    gdf_fusion = gpd.GeoDataFrame(pd.concat(list_gdf, ignore_index=True))
    gdf_fusion.to_file(
        rf".\TRAITEMENTS\DATA\02c_troncon_hydrographique\{year}_02c_troncon_hydrographiqu
        e.gpkg",

```

```

        driver="GPKG",
    )

# drom
list_drom = glob.glob(r".\TRAITEMENTS\DATA\DROM\troncon_hydro\*.gpkg")
annee = 2018
for drom in list_drom:
    drom_name = os.path.basename(drom).split(".")[0]
    gdf = gpd.read_file(drom)
    gdf = gdf.rename(columns={
        'NATURE': 'FRANCHISST',
    })
    calcul_troncon_hydro(gdf)
    break

```

Équipements de transport

```

import geopandas as gpd
import glob
from tqdm import tqdm
import pandas as pd
import os

def calcul_equipement_transport(gdf equip_trans: gpd.GeoDataFrame):
    # Selection des échangeurs dans NATURE
    gdf equip_trans = gdf equip_trans[
        gdf equip_trans["NATURE"].str.contains("changeur", case=False, na=False)
    ].copy()
    # Buffer de 500 m
    gdf equip_trans["geometry"] = gdf equip_trans["geometry"].buffer(500)
    # Dissolution des entités
    # gdf equip_trans["diss"] = 1
    # gdf equip_trans = gdf equip_trans.dissolve("diss").reset_index()
    # # Conservation de la colonne geometry
    # gdf equip_trans = (
    #     gdf equip_trans[["geometry"]].reset_index().rename(columns={"index": "id"})
    # )

```

```

return gdf_equip_trans

if not os.path.exists(r".\TRAITEMENTS\DATA\02d_equipement_transport"):
    os.makedirs(r".\TRAITEMENTS\DATA\02d_equipement_transport")

for year in [2018, ]: #2012, 2008
    list_path_troncon: list[str] = glob.glob(
        rf".\TEMP\bdtopo_{year}\*_TOPONYME_COMMUNICATION.feather"
    )
    list_gdf = []
    for path in tqdm(list_path_troncon, total=len(list_path_troncon)):
        gdf = gpd.read_feather(path).to_crs(2154)
        res = calcul_equipement_transport(gdf)
        list_gdf.append(res)
    gdf_fusion = gpd.GeoDataFrame(pd.concat(list_gdf, ignore_index=True))
    gdf_fusion.to_file(
        rf".\TRAITEMENTS\DATA\02d_equipement_transport\{year}_02d_equipement_transport.gp
        kg",
        driver="GPKG",
    )

## 2000
# year = 2000
# path_2000 = r".\COLLECTE\DONNEES_RECUES\ROUTE500_1-0__SHP_LAMB93_FXX_2000-
01-01\ROUTE500\1_DONNEES_LIVRAISON_2022-12-00028\R500_1-0_SHP_LAMB93_FXX-
ED001\RESEAU_ROUTIER\NOEUD_ROUTIER.shp"
# gdf = gpd.read_file(path_2000)
# gdf.NATURE.value_counts()

# gdf = gdf.loc[gdf["NATURE"].isin(["Echangeur complet", "Echangeur partiel"])].copy()
# gdf["geometry"] = gdf["geometry"].buffer(500)
# gdf["diss"] = 1
# gdf = gdf.dissolve("diss").reset_index()
# gdf = gdf[["geometry"]].reset_index().rename(columns={"index": "id"})
# gdf.to_file(

```

```

#
rf".\TRAITEMENTS\DATA\02d_equipement_transport\{year}_02d_equipement_transport.gp
kg",
# driver="GPKG",
# )

## 1990
## Prendre 2000, et supprimer les échangeurs qui ne touchent pas les routes
# gdf_et = gpd.read_file(path_2000)
# gdf_et = gdf_et.loc[
# gdf_et["NATURE"].isin(["Echangeur complet", "Echangeur partiel"])
# ].copy()

# gdf_route = gpd.read_file(
# rf".\TRAITEMENTS\DATA\02a_reseau_routier\1990_02a_reseau_routier.gpkg",
# )

## selection des échangeurs qui touchent les routes
# gdf_et = gdf_et[gdf_et.intersects(gdf_route.unary_union)].copy()
# gdf_et["geometry"] = gdf_et["geometry"].buffer(500)
# gdf_et["diss"] = 1
# gdf_et = gdf_et.dissolve("diss").reset_index()
# gdf_et = gdf_et[["geometry"]].reset_index().rename(columns={"index": "id"})
# gdf_et.to_file(
#
# rf".\TRAITEMENTS\DATA\02d_equipement_transport\1990_02d_equipement_transport.gpk
g",
# driver="GPKG",
# )

```

Constitution de la couche « éléments fragmentants »

```

import geopandas as gpd
from tqdm import tqdm
import pandas as pd
import os

def dissolve_gdf(gdf: gpd.GeoDataFrame) -> gpd.GeoDataFrame:
    gdf = gdf.copy()

```

```

# Dissolution des entités
gdf["diss"] = 1
gdf = gdf.dissolve("diss").reset_index()
# Conservation de la colonne geometry
gdf = gdf[["geometry"]].reset_index().rename(columns={"index": "id"})
return gdf

years: list[int] = [2018] # 2012, 2008, 2000 1990

if not os.path.exists(r".\TRAITEMENTS\DATA\02e_elements_fragmentants"):
    os.makedirs(r".\TRAITEMENTS\DATA\02e_elements_fragmentants")

pbar = tqdm(years, total=len(years))
for year in pbar:
    pbar.set_description(f"Année {year} - Loading data")
    # Lecture des fichiers de données
    gdf_route = gpd.read_file(
        rf".\TRAITEMENTS\DATA\02a_reseau_routier\{year}_02a_reseau_routier.gpkg"
    )
    gdf_voie_ferree = gpd.read_file(
        rf".\TRAITEMENTS\DATA\02b_reseau_ferree\{year}_02b_reseau_ferree.gpkg"
    )
    gdf_troncon_hydro = gpd.read_file(
        rf".\TRAITEMENTS\DATA\02c_troncon_hydrographique\{year}_02c_troncon_hydrographique.gpkg"
    )
    gdf_equipement_transport = gpd.read_file(
        rf".\TRAITEMENTS\DATA\02d_equipement_transport\{year}_02d_equipement_transport.gpkg"
    )
    # Pour chaque variable, faire la fonction de dissolution
    pbar.set_description(f"Année {year} - Dissolution data")
    gdf_route_dissolved = dissolve_gdf(gdf_route)
    gdf_voie_ferree_dissolved = dissolve_gdf(gdf_voie_ferree)
    gdf_troncon_hydro_dissolved = dissolve_gdf(gdf_troncon_hydro)
    gdf_equipement_transport_dissolved = dissolve_gdf(gdf_equipement_transport)

```

```

# Fusion des GeoDataFrames
pbar.set_description(f"Année {year} - fusion data")
gdf_elements_fragmentants = pd.concat(
    [
        gdf_route_dissolved,
        gdf_voie_ferree_dissolved,
        gdf_troncon_hydro_dissolved,
        gdf_equipement_transport_dissolved,
    ],
    ignore_index=True,
)
# Export
gdf_elements_fragmentants.to_file(
    rf".\TRAITEMENTS\DATA\02e_elements_fragmentants\B_{year}.gpkg",
    driver="GPKG",
)

def get_data(path):
    if not os.path.exists(path):
        return pd.DataFrame()
    if path.endswith(".gpkg"):
        gdf = gpd.read_file(path)
    elif path.endswith(".feather"):
        gdf = gpd.read_feather(path)
    if gdf.empty:
        return pd.DataFrame()
    else:
        return dissolve_gdf(gdf)

list_drom = ['guadeloupe', 'martinique', 'guyane', 'reunion', 'mayotte']
year = 2018
for drom in list_drom:
    drom_name = os.path.basename(drom).split(".")[0]
    print(drom_name)
    gdf_route = get_data(

```

```

rf".\TRAITEMENTS\DATA\02a_reseau_routier\{year}_{drom_name}_02a_reseau_routier.gpkg
"
)

gdf_voie_ferree = get_data(

rf".\TRAITEMENTS\DATA\02b_reseau_ferree\{year}_{drom_name}_02b_reseau_ferree.feather"
)

gdf_troncon_hydro = get_data(

rf".\TRAITEMENTS\DATA\02c_troncon_hydrographique\{year}_{drom_name}_02c_troncon_
hydrographique.feather"
)

# Pour chaque variable, faire la fonction de dissolution
# pbar.set_description(f"Année {year} - Dissolution data")
# gdf_route_dissolved = dissolve_gdf(gdf_route)
# gdf_voie_ferree_dissolved = dissolve_gdf(gdf_voie_ferree)
# gdf_troncon_hydro_dissolved = dissolve_gdf(gdf_troncon_hydro)
# Fusion des GeoDataFrames
# pbar.set_description(f"Année {year} - fusion data")
gdf_elements_fragmentants = pd.concat(
    [
        gdf_route,
        gdf_voie_ferree,
        gdf_troncon_hydro,
    ],
    ignore_index=True,
)

# Export
gdf_elements_fragmentants.to_file(
    rf".\TRAITEMENTS\DATA\02e_elements_fragmentants\B_{year}_{drom_name}.gpkg",
    driver="GPKG",
)

```

Constitution de la couche « continuités écologiques »

```
import geopandas as gpd
from tqdm import tqdm
import pandas as pd
import os

years: list[int] = [2018] # 2012, 2006, 2000, 1990
if not os.path.exists(r".\TRAITEMENTS\DATA\03_fragmentation"):
    os.makedirs(r".\TRAITEMENTS\DATA\03_fragmentation")

pbar = tqdm(years, total=len(years))
for year in pbar:
    pbar.set_description(f"Année {year} - Loading Elements naturels")

    # Lecture des fichiers de données
    gdf_elements_naturels = gpd.read_feather(
        rf".\TRAITEMENTS\DATA\01_elements_naturels\A_{year}.feather"
    ).to_crs(2154)
    pbar.set_description(f"Année {year} - Loading Elements fragmentants")

    if year == 2006:
        gdf_elements_fragmentants = gpd.read_file(
            rf".\TRAITEMENTS\DATA\02e_elements_fragmentants\B_2008.gpkg"
        ).to_crs(2154)
    else:
        gdf_elements_fragmentants = gpd.read_file(
            rf".\TRAITEMENTS\DATA\02e_elements_fragmentants\B_{year}.gpkg"
        ).to_crs(2154)

    pbar.set_description(f"Année {year} - Difference")

    gdf_fragmentation = gpd.overlay(
        gdf_elements_naturels,
        gdf_elements_fragmentants,
        how="difference",
    )
```

```

# Export
# Explodes des géométries
pbar.set_description(f"Année {year} - Explosion des géométries")

gdf_fragmentation = gdf_fragmentation.explode()
gdf_fragmentation = gdf_fragmentation.reset_index(drop=True)
gdf_fragmentation = gdf_fragmentation.drop(columns=["area_m2"])
pbar.set_description(f"Année {year} - Export")

gdf_fragmentation.to_file(
    rf".\TRAITEMENTS\DATA\03_fragmentation\C_{year}.gpkg",
    driver="GPKG",
)

list_drom = ['guadeloupe', 'martinique', 'guyane', 'reunion', 'mayotte']
year = 2018
for drom in list_drom:
    drom_name = os.path.basename(drom).split(".")[0]
    print(drom_name)
    # Lecture des fichiers de données
    gdf_elements_naturels = gpd.read_feather(
        rf".\TRAITEMENTS\DATA\01_elements_naturels\A_{year}_{drom_name}.feather"
    )
    gdf_elements_fragmentants = gpd.read_file(
        rf".\TRAITEMENTS\DATA\02e_elements_fragmentants\B_{year}_{drom_name}.gpkg"
    )
    gdf_fragmentation = gpd.overlay(
        gdf_elements_naturels,
        gdf_elements_fragmentants,
        how="difference",
    )
    gdf_fragmentation = gdf_fragmentation.explode()
    gdf_fragmentation = gdf_fragmentation.reset_index(drop=True)
    gdf_fragmentation = gdf_fragmentation.drop(columns=["area_m2"])
    gdf_fragmentation.to_file(
        rf".\TRAITEMENTS\DATA\03_fragmentation\C_{year}_{drom_name}.gpkg",

```

```
driver="GPKG",
)
```

B. Traitements statistiques

Il s'agit du code pour générer le réseau de carreaux puis d'y calculer toutes les métriques associées à la fragmentation (A_i , A_t , $mCBC$, $mCUT$).

Packages R mobilisés

```
library(sf)
library(tidyverse)
library(maps)
library(dplyr)
library(mapview)
library(readxl)
library(tictoc)
library(plotly)
library(ggplot2)
library(PBSmapping)
```

Carroyage 5 km x 5 km de la couche des continuités écologiques par région

(Exemple [Region1 – code_Insee](#))

```
# couche France avec régions
France <- sf::st_read("./fichiers/REGION.shp")
# couche maille 5 km
maille5 <- sf::st_read("./fichiers/maillage_5x5/L93_5K.shp") %>% select(-CD_SIG)

# sélection de la région
France_bis <- France %>% filter (INSEE_REG %in% c("code_Insee")) %>% select(-ID,-NOM_M)
France_union <- st_union(France_bis)
France_U <- sf::st_transform(France_union, crs = sf::st_crs(2154)) # conversion des
coordonnées de communes metropole en RGF93

# sélection des mailles situées dans la région
maille5_France <- maille5 %>% #Récupère les mailles dans le territoire terrestre de la France
  filter(apply(st_intersects(., France_U, sparse = FALSE), 1, any))
```

```

maille5_France <- maille5_France %>% mutate(CODE5KM=as.character(CODE5KM))
maille5_France <- st_intersection(maille5_France,France_U)
maille5_France <- maille5_France %>%
  mutate(id=row_number(),superficie=as.numeric(st_area(geometry)))
st_write(maille5_France,"./fichiers/maille_5x5/maille5_Region1.gpkg",append = FALSE)

```

Calcul des tailles de mailles

(Exemple [Region1 – code_Insee](#))

```

# Chargement de la couche géomatique des continuités écologiques de la France
métropolitaine

```

```

frag1_France <-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/C_2018_clip.gpkg")

```

```

# Chargement du maillage pour la région 1

```

```

maille5_France <-sf::st_read("./fichiers/maille_5x5/maille5_Region1.gpkg")

```

```

code_maille5_France <- st_drop_geometry(maille5_France)
code_maille5_France <- code_maille5_France %>% select(-superficie)
code_maille5_France <- as.list(code_maille5_France)
nb_maille <- length(code_maille5_France[[1]])

```

```

#analyse fragmentation à la maille (méthode CUT et CBC)

```

```

#1 – Initialisation du processus avec le premier carreau

```

```

maille1 <- maille5_France%>% dplyr::filter(CODE5KM %in% code_maille5_France[[1]][1]) |>
  st_as_sf() |>
  dplyr::select(CODE5KM, geom)%>%
  mutate(SUPERFICIE=as.numeric(st_area(geom))/1000000)

```

```

frag1_2_1 <- st_buffer(maille1, dist=10000)
frag1_2_1 <- st_centroid(maille1) %>% st_buffer(15000)
frag1_3_1 <- st_intersection(frag1_France,frag1_2_1)
frag1_4_1 <- st_filter(x = st_as_sf(frag1_3_1),
  y = maille1,
  .predicate = st_intersects)
frag1_5_1 <- frag1_4_1 %>%

```

```

mutate(ACompl=as.numeric(st_area(geom)/1000000))

frag1_1_ecart_maille <- st_intersection(frag1_5_1,maille1) %>%
mutate(Ai=as.numeric(st_area(geom)/1000000),
      At=SUPERFICIE,
      ecart=ifelse(Ai!=ACompl, "efal","diff"))%>%
select(CODE5KM,At,ACompl,Ai)%>%
mutate(carreaiat=Ai*Ai/(At*At),
      carreaicomp=Ai*ACompl/(At*At)) %>%
group_by(CODE5KM) %>%
summarize(nb=n(),At=mean(At),
          C=sum(carreaiat,na.rm=TRUE),
          CCompl=sum(carreaicomp,na.rm=TRUE)) %>%
mutate(D=1-C,S=1/C,mCut=At/S, SComp=1/CCompl,MCBC=At/SComp)

```

#2 – Lancement du processus sur les autres carreaux

```
Data<-frag1_1_ecart_maille%>%st_drop_geometry(frag1_1_ecart_maille)
```

```
nb_tours <- nb_maille
```

```
i<-0
```

```
p_b <- txtProgressBar(min = 1, max = nb_tours, style = 3)
```

```
tic()
```

```
for (code_maille in code_maille5_France[[1]][1:nb_maille]) {
```

```
  Sys.sleep(0.1)
```

```
  i<-i+1
```

```
  setTxtProgressBar(p_b, i)
```

```
  maille<-maille5_France%>%
```

```
    dplyr::filter(CODE5KM == code_maille) |>
```

```
    st_as_sf() |>
```

```
    dplyr::select(CODE5KM, geom)%>%
```

```
    mutate(SUPERFICIE=as.numeric(st_area(geom)/1000000))
```

```
  frag1_2_1<-st_buffer(maille,dist=10000)
```

```
  frag1_3_1<-st_intersection(frag1_France,frag1_2_1)
```

```
  frag1_4_1<-st_filter(x = st_as_sf(frag1_3_1),
```

```
    y = maille,
```

```

      .predicate = st_intersects)
frag1_5_1<-frag1_4_1%>%
  mutate(ACompl=as.numeric(st_area(geom)/1000000))
frag1_maille_ecart_maille<-st_intersection(frag1_5_1,maille)%>%
  mutate(
    Ai=as.numeric(st_area(geom)/1000000),
    At=SUPERFICIE,
    ecart=ifelse(Ai!=ACompl, "efal", "diff"))%>%
  select(CODE5KM,SUPERFICIE,At,ACompl,Ai)%>%
  mutate(carreaiat=Ai*Ai/(At*At),
         carreaicomp=Ai*ACompl/(At*At))%>%
  group_by(CODE5KM)%>%
  summarize(nb=n(),At=mean(At),
           C=sum(carreaiat,na.rm=TRUE),
           CComp=sum(carreaicomp,na.rm=TRUE))%>%
  mutate(D=1-C,S=1/C,mCut=At/S, SComp=1/CComp,MCBC=At/SComp)
frag1_maille_ecart_maille<-st_drop_geometry(frag1_maille_ecart_maille)
Data <- rbind(Data,frag1_maille_ecart_maille)
}
toc()

```

```
DataRegion1<-Data%>%
```

```
unique()
```

```
write.xlsx(DataCorse,"./
```

```
fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/fragmentation_Region1_maille_5_ameliore_b
uffer_2018.xlsx")
```

```
Resultat_maille5_France<-maille5_France %>%
```

```
left_join(DataRegion1) %>%
```

```
select("id","nb","MCBC","mCut",
```

```
"At", "S", "C", "D", "geom")%>%
```

```
mutate(At=ifelse(is.na(At),1,At),
```

```
nb=ifelse(is.na(nb),0,nb),
```

```
C=ifelse(is.na(C),0,C),
```

```
D=ifelse(is.na(D),1,D),
```

```
S=ifelse(is.na(S),10000,S),
mCut=ifelse(is.na(mCut),1,mCut),
MCBC=ifelse(is.na(MCBC),1,MCBC))
```

```
st_write(Resultat_maille5_France, "./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_Region1_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg", append = FALSE)
```

Agrégation France entière

```
DataAURA<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_AURA_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
mutate(region="Auvergne-Rhone-Alpes",
code_region="84")
```

```
DataBFC<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_BFC_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
mutate(region="Bourgogne-Franche-Comté",
code_region="27")
```

```
DataIDF<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_IDF_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
mutate(region="Ile-de-France", code_region="11")
```

```
DataCorse<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_Corse_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
mutate(region="Corse", code_region="94")
```

```
DataNormandie<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_Normandie_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
mutate(region="Normandie", code_region="28")
```

```
DataCDVL<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_CDVL_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
mutate(region="Centre-Val-de-Loire",
code_region="24")
```

```
DataHDF<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_HDF_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
mutate(region="Hauts-de-France", code_region="32")
```

```
DataPACA<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_PACA_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
mutate(region="Provence-Alpes-Cotes-d'Azur",code_region="93")
```

```
DataOccitanie<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_Occitanie_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
mutate(region="Occitanie", code_region="76")
```

```
DataGrand_Est<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_Grand_Est_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
mutate(region="Grand_Est",code_region="44")
```

```

DataBretagne<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_Bretagne_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>% mutate(region="Bretagne", code_region="53")

DataPDLL<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_PDLL_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>% mutate(region="Pays-de-la-Loire", code_region="52")

DataNA<-
sf::st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_NA_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>% mutate(region="Nouvelle-Aquitaine", code_region="75")

DataReunion<-
sf::st_read("./fichiers/resultat_synthese_Reunion_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
  mutate(region="La Reunion", code_region="04")

DataGuadeloupe<-
sf::st_read("./fichiers/resultat_synthese_Guadeloupe_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
  mutate(region="Guadeloupe", code_region="01")

DataMartinique<-
sf::st_read("./fichiers/resultat_synthese_Martinique_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
  mutate(region="Martinique", code_region="02")

DataGuyane<-
sf::st_read("./fichiers/resultat_synthese_Guyane_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
  mutate(region="Guyane", code_region="03")

DataMayotte<-
sf::st_read("./fichiers/resultat_synthese_Mayotte_ameliore_buffer_2018.gpkg")%>%
  mutate(region="Mayotte", code_region="06")

Databis<-rbind(DataAURA,DataBFC,DataBretagne,DataCDVL,DataCorse,
DataGrand_Est,DataHDF, DataIDF,DataNA, DataNormandie,DataOccitanie, DataPACA,
DataPDLL,DataMayotte,DataReunion,DataGuadeloupe,DataMartinique,DataGuyane)

st_write(Databis,"./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/fragmentation_synthese_France_entiere_ameliore_buffer_2018.gpkg",append = FALSE)

DataFM<-rbind(DataAURA,DataBFC,DataBretagne,DataCDVL,DataCorse,
DataGrand_Est,DataHDF, DataIDF,DataNA, DataNormandie,DataOccitanie,
DataPACA,DataPDLL)

st_write(DataFM,"./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/fragmentation_synthese_France_metropole_ameliore_buffer_2018.gpkg",append = FALSE)

Datater<-DataFM%>%
  st_drop_geometry(-geom)

```

```
write.xlsx(Datater, "./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/fragmentation_synthese_France_metropole_ameliore_buffer_2018.xlsx")
```

Analyse régionale

```
Databis <-  
st_read("./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/fragmentation_synthese_France_m  
etropole_ameliore_buffer_2018.gpkg")
```

```
Dataquater <- Databis %>%  
  mutate(AtMCBC = At * MCBC) %>%  
  group_by(region, code_region) %>%  
  summarise(sommeAt = sum(At, na.rm = TRUE),  
            sommeAtMCBC = sum(AtMCBC, na.rm = TRUE)) %>%  
  mutate(MCBCregion = sommeAtMCBC / sommeAt) %>%  
  select(geom, MCBCregion)
```

```
st_write(Dataquater, "./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_regi  
on_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg", append = FALSE)
```

Analyse départementale

```
France_departement <- sf::st_read("./fichiers/DEPARTEMENT.shp") %>%  
  select(geometry, INSEE_DEP, INSEE_REG, NOM) %>%  
  rename(departement = NOM,  
         code_departement = INSEE_DEP,  
         code_region = INSEE_REG)
```

```
code_departement <- st_drop_geometry(France_departement)  
code_departement <- code_departement %>%  
  select(-departement, -code_region) %>%  
  mutate(code_departement = as.character(code_departement)) %>%  
  filter(!code_departement %in% c("971", "972", "973", "974", "976"))  
code_departement <- as.list(code_departement)  
nb_departement <- length(code_departement[[1]])
```

```
Databis <- sf::st_transform(Databis, crs = sf::st_crs(2154))
```

```

France_bis<-France_departement%>%
  dplyr::filter (code_departement %in%code_departement[[1]][1])%>%
  st_as_sf()

France_U<-sf::st_transform(France_bis, crs = sf::st_crs(2154)) # conversion des coordonnées
de communes metropole en RGF93

departement<-France_bis$code_departement

# sélection des mailles situées dans la selection des départements français
maille5_France <- Databis %>% #Récupère les mailles dans le territoire terrestre de la France
  filter(apply(st_intersects(., France_U, sparse = FALSE), 1, any))

maille5_France_bis<-st_intersection(maille5_France,France_U)%>%
  mutate(surface=as.numeric(st_area(geom)/1000000))%>%
  filter(surface>0.001)%>%
  mutate(AtMCBC=surface*MCBC)%>%
  summarise(sommeAt=sum(surface, na.rm=TRUE),
            sommeAtMCBC=sum(AtMCBC, na.rm=TRUE))%>%
  mutate(MCBCdepartement=sommeAtMCBC/sommeAt,
         code_departement=departement)%>%
  select(geom, code_departement,MCBCdepartement)

Data<-maille5_France_bis

nb_tours <- nb_departement
i<-0
p_b <- txtProgressBar(min = 1, max = nb_tours, style = 3)

tic()
for (cd_departement in code_departement[[1]][1:nb_departement]) {
  Sys.sleep(0.1)
  i<-i+1
  setTxtProgressBar(p_b, i)

  France_bis<-France_departement%>%
    filter (code_departement == cd_departement)%>%

```

```

st_as_sf()
France_U<-sf::st_transform(France_bis, crs = sf::st_crs(2154)) # conversion des coordonnées
de communes metropole en RGF93
departement<-France_bis$code_departement
## sélection des mailles situées dans la sélection des départements français
maille5_France <- Databis %>% #Récupère les mailles dans le territoire terrestre de la France
  filter(apply(st_intersects(., France_U, sparse = FALSE), 1, any))

maille5_France_bis<-st_intersection(maille5_France,France_U)%>%
  mutate(surface=as.numeric(st_area(geom)/1000000))%>%
  filter(surface>0.001)%>%
  mutate(AtMCBC=surface*MCBC)%>%
  summarise(sommeAt=sum(surface, na.rm=TRUE),
            sommeAtMCBC=sum(AtMCBC, na.rm=TRUE))%>%
  mutate(MCBCdepartement=sommeAtMCBC/sommeAt,
         code_departement=departement)%>%
  select(geom, code_departement,MCBCdepartement)

Data <- rbind(Data,maille5_France_bis)
}
toc()

Data<-Data%>%
  unique()

st_write(Data,"./fichiers/couche_fragmentee_metropole_2018/resultat_synthese_departeme
nt_maille_5_ameliore_buffer_2018.gpkg",append = FALSE)

```

BIBLIOGRAPHIE

- Jaeger, Jochen. (2000). *Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation*. Landscape Ecology. 15. 115-130. 10.1023/A:1008129329289
- Moser, Brigitte & Jaeger, Jochen & Tappeiner, Ulrike & Tasser, Erich & Eiselt, Beatrice. (2007). *Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem*. Landscape Ecology. 22. 447-459. 10.1007/s10980-006-9023-0.
- Seiler, A. (2003). *Travaux repris dans le rapport COST 341 sur les effets des infrastructures routières sur la faune*.
- Cerema, 2019. *Amphibiens et dispositifs de franchissement des infrastructures de transport terrestre*.
- Vignon, V. (2017). *Références sur les déplacements de la faune et les continuités écologiques*.
- OGE (2007). *Références utilisées pour les distances de déplacement des espèces*.
- Sordello (2021). *Trame Noire, méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre*.

SIGLES

AB	Agriculture biologique
CBC	Cross-Boundary Connections
CLC	Corine Land Cover
CGDD	Commissariat général au développement durable
CRTE	Contrat de relance et de transition écologique
CUT	<i>Cutting-out</i>
DROM	Départements et régions d'outre-mer
IFN	Inventaire forestier national
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
Inrae	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
IPBES	Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques
LGV	Ligne à grande vitesse
MNHN	Muséum national d'histoire naturelle
OCSGE	Occupation du sol à grande échelle
OFB	Office français de la biodiversité
ONF	Office national des forêts
SDES	Service des données et études statistiques
SNCF	Société nationale des chemins de fer français
SRADDET	Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires
TGV	Train à grande vitesse
TVB	Trame verte et bleue
UE	Union européenne

CGDD, juillet 2026

Coordination éditoriale : Céline Blivet



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

SDES

Statistique publique
de l'énergie, des transports,
du logement et de l'environnement

Commissariat général au développement durable

Service des données et études statistiques

Sous-direction de l'information environnementale

Tour Séquoia – 92055 La Défense cedex

Courriel : diffusion.cgdd@developpement-durable.gouv.fr

www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr