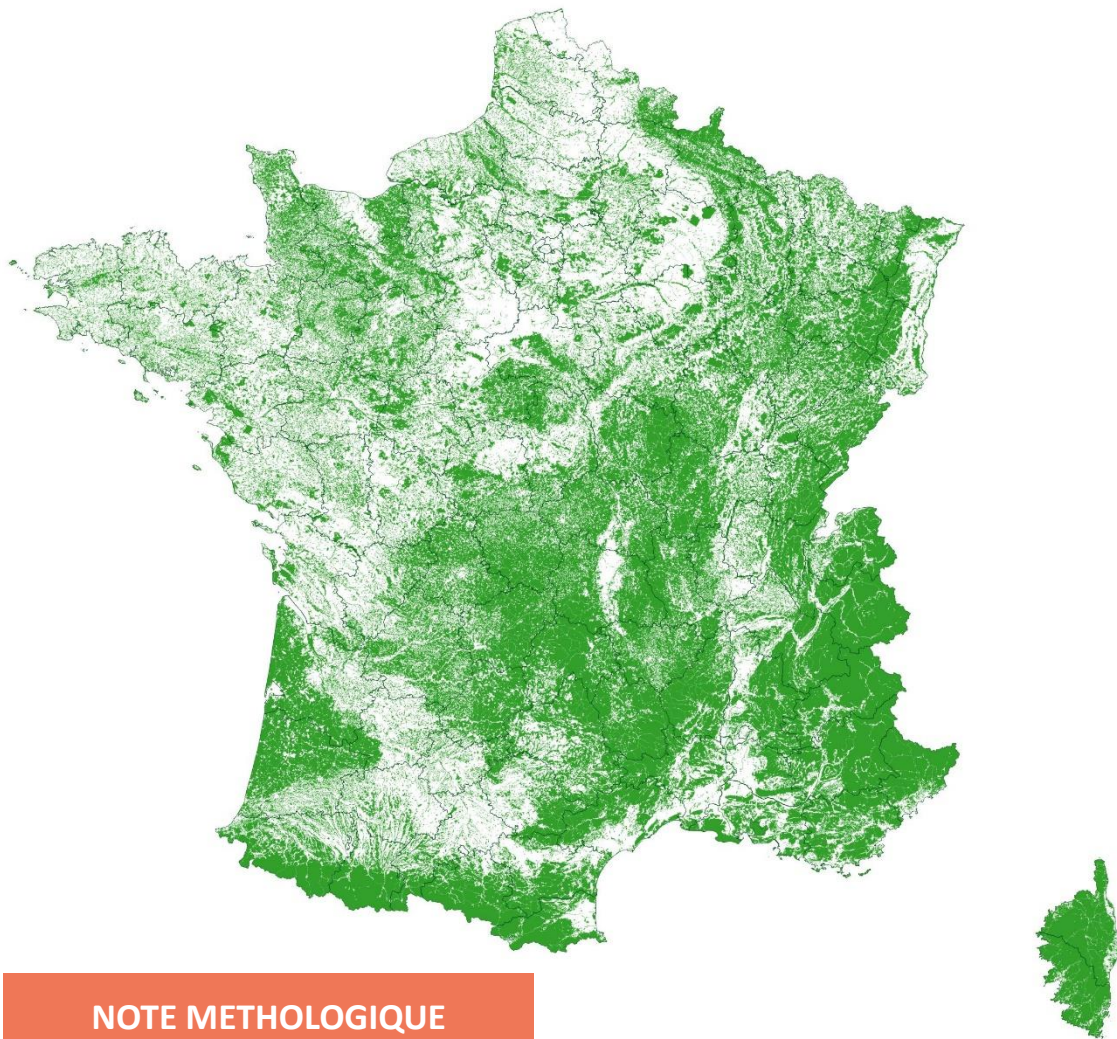


La taille effective de maille des espaces naturels

Un indicateur de la fragmentation des espaces naturels calculé sur les périmètres des contrats de relance et de transition écologique de France métropolitaine



NOTE METHOLOGIQUE

Avril 2022

Le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) est un établissement public tourné vers l'appui aux politiques publiques, placé sous la double tutelle du ministère de la transition écologique et du ministère de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales.

Les métiers du Cerema s'organisent autour de 6 grands domaines d'activité complémentaires visant à accompagner les acteurs territoriaux dans la réalisation de leurs projets.

6 domaines d'activité :

Expertise et ingénierie territoriale / Bâtiment / Mobilités / Infrastructures de transport / Environnement et risques / Mer et littoral

Site web : cerema.fr

La taille effective de maille des espaces naturels

Un indicateur de la fragmentation des espaces naturels calculé sur les périmètres des contrats de relance et de transition écologique de France métropolitaine

Commanditaire : MTE/DGALN/DEB/ET/ET1

Auteur : Cerema/DTerMed/DTVb/TERR

Responsable du rapport

Jean-Paul BESSIERE – Département Territoires, Villes et Bâtiment – Groupe Territoires
Tél. : +33(0)4 42 24 71 61
Courrier : jean-paul.bessiere@cerema.fr
Direction Territoriale Méditerranée – Pôle d'activités – avenue Albert Einstein – CS 70499 – 13593 Aix-en-Provence Cedex 3

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	Avril 2022	

Références

N° d'affaire : 21-TV-0743 | CRTE_indicateurs_fragmentation

Partenaire(s) :

Devis n°

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
Jean-Paul BESSIERE	DTerMed/DTVb/TERR	Auteur principal	Avril 2022	
Jean-Baptiste SAVIN	DTerMed/DTVb/TERR	Contributeur	Avril 2022	
Simon TRAUET	MTE/DGALN/DEB/ET/ET1	Relecteur	Avril 2022	
Luc MAUCHAMP	MTE/DGALN/DEB/ATAP1	Relecteur	Avril 2022	
Lucile LEJEUNE	MTE/CGDD/DDD/DATPA	Relectrice	Avril 2022	

Résumé de l'étude

Objectifs et résultats visés en 15 lignes maximum

Dans le cadre de l'élaboration des contrats de relance et de transition écologique (CRTE), le ministère de la Transition Ecologique a souhaité mettre à disposition de chacune des structures porteuses un socle d'indicateurs homogènes sur l'ensemble des territoires. Ces indicateurs sont envisagés comme un appui à l'état des lieux écologique initial, puis à la mise en œuvre et au suivi des effets des contrats.

La taille effective de maille est l'indicateur qui a été retenu pour l'évaluation de la fragmentation des espaces naturels. Le Cerema a proposé son calcul selon la méthode « Cross-Boundary Connections » ou CBC (Moser et al, 2007) qui intègre les continuités des espaces naturels au-delà des limites des CRTE. L'indicateur a été calculé pour chaque CRTE (périmètres au 5 septembre 2021) de France métropolitaine. Il permet d'évaluer les enjeux du territoire en matière de restauration des continuités écologiques.

Il a vocation à être étendu aux CRTE des départements ultramarins et mis à jour régulièrement.

5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

Contrats de relance et de transition écologique	Artificialisation
Indicateur national	Trame verte et bleue
Fragmentation	Continuité écologique
Biodiversité	
Espaces naturels	

Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

Accès libre : document accessible au public sur internet

~~Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema~~

~~Accès confidentiel : document non accessible~~

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

Contexte et objet de l'étude

La circulaire du 20 novembre 2020 relative à l'élaboration des contrats de relance et de transition écologique (CRTE) prévoit la réalisation d'un état des lieux écologique. Cet état des lieux initial, partie intégrante du diagnostic du territoire qui précède l'élaboration et la conclusion du CRTE, doit permettre de connaître l'état des milieux et des infrastructures au lancement du contrat, en identifiant les points de sensibilité écologiques. Il permet d'être en mesure de définir, dans le projet de territoire, une trajectoire qui contribue à l'amélioration de cet état au terme du CRTE. Cet exercice permet de s'assurer que les priorités portées dans le cadre du projet de territoire correspondent bien aux problématiques propres qui ont été identifiées au préalable, pour être en mesure de veiller in fine à la cohérence entre les actions financées par le CRTE et les objectifs préalablement arrêtés dans le projet de territoire.

L'annexe à la circulaire du 20 novembre 2020 propose une liste non exhaustive d'indicateurs à l'appui de cet état des lieux écologique, tout en laissant aux territoires le libre choix des thèmes à explorer dans le cadre de cet exercice.

Sur cette base et en tenant compte des données effectivement disponibles à l'échelle de chaque EPCI, le ministère de la Transition Ecologique (MTE) a proposé aux territoires porteurs des CRTE un socle minimal d'indicateurs communs. Parmi ces indicateurs, l'évaluation de la fragmentation des espaces naturels au travers de la taille effective de maille a été retenue.

Cet indicateur a d'abord été développé dans le cadre de l'observatoire national de la biodiversité (ONB), calculé par l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (IRSTEA) sur les périmètres des régions forestières en 2006, expertisé par le commissariat général au développement durable (CGDD) et la fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB) et publié à l'ONB.

Il a ensuite été proposé par l'IRSTEA pour le suivi national des schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) et calculé par le Cerema aux échelles nationale, régionale et sur un maillage du territoire (10kmx10km) en 2006, 2012 et 2018. Ce calcul n'est pas comparable avec la version précédente publiée à l'ONB car la définition retenue pour les espaces naturels et la méthode sont différentes.

Cet indicateur a ainsi connu une consolidation croissante. Sa méthode de calcul est considérée comme robuste, et les données employées s'affinent.

Il est aujourd'hui retenu dans le socle des indicateurs pour les CRTE. Le Cerema propose de le calculer selon la méthode dite « Cross-Boundary Connections (CBC) ». Cette méthode présente l'intérêt de ne pas considérer les limites administratives des CRTE comme fragmentantes et donc de prendre en compte dans le calcul de l'indicateur les espaces naturels du chaque CRTE en continuité avec le reste du territoire métropolitain. Ce calcul est comparable à l'indicateur calculé pour le suivi des SRCE.

Le présent rapport rappelle les principes de cet indicateur, identifie les données sources, présente les résultats du calcul sur les périmètres des CRTE métropolitains (au du 5 septembre 2021) en 2018 (millésime CORINE Land Cover) et l'illustre sous forme cartographique. Une première analyse succincte est également réalisée.

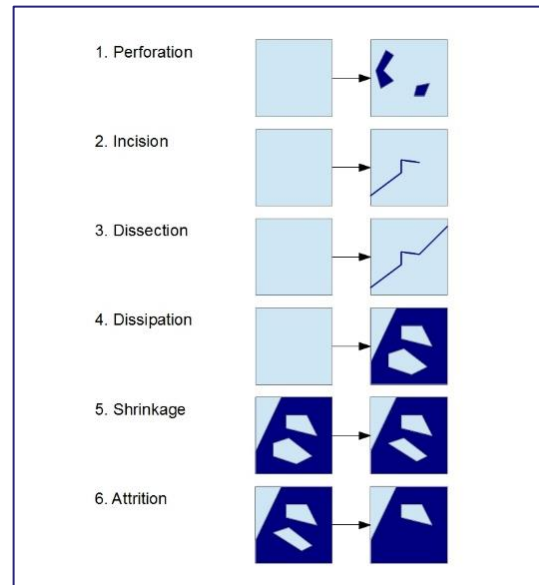
Des compléments techniques et méthodologiques sont encore nécessaires pour le calculer sur les départements d'outre-mer.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	7
2. LES PERIMETRES DE CONTRATS DE RELANCE ET DE TRANSITION ECOLOGIQUE	8
3. LES ESPACES NATURELS	8
4. LA TAILLE EFFECTIVE DE MAILLE DES ESPACES NATURELS DES CRTE	10
5. INTERPRETATION	10
5.1 Interprétation générale	10
5.2 Interprétation du calcul de la taille effective de maille à l'échelle des CRTE en lien avec les actions à envisager	11
5.3 Restitution des résultats, valorisation possible, mise à jour de l'indicateur	12
5.4 Possibilité de calcul de la taille effective de maille avec des données plus fines, et précautions d'interprétation	13
6. ANNEXES	14
6.1 Nomenclature CLC (extrait).....	14
6.2 Calcul des indicateurs de fragmentation	15
6.2.1 Méthode Cutting-out (Jaeger 2000)	15
6.2.2 Méthode Cross-Boundary Connections (Moser et al, 2007)	16
6.3 Fichiers.....	17
6.4 Cartes.....	18
6.5 Bibliographie.....	22

1. INTRODUCTION

La fragmentation anthropique des paysages par l'urbanisation, les zones d'activités et les réseaux de communication est connue comme l'une des principales causes d'érosion de la biodiversité. En 2000, Jochen Jaeger¹ introduit trois nouvelles mesures de la fragmentation : le degré de fragmentation du paysage, le nombre effectif de mailles, la taille effective de maille. Elles caractérisent la pénétration anthropique des paysages d'un point de vue géométrique et sont calculées à partir de la taille des fragments de paysage (patch). **La taille effective de maille** a été retenue comme indicateur national de la trame verte et bleue et proposée pour les contrats de relance et de transition écologique. Cet indicateur a non seulement l'avantage de refléter l'artificialisation des espaces par l'anthropisation d'un point de vue quantitatif, mais aussi et surtout d'un point de vue qualitatif. Il permet de juger de l'impact de cette artificialisation sur les espaces et la biodiversité.



Les processus de fragmentation d'après Jaeger 2000

Le calcul de taille effective de maille repose sur la probabilité que deux points choisis au hasard sur un même territoire soient connectés, c'est-à-dire ne soient pas séparés par des routes, voies ferrées ou des aménagements urbains. Il peut être biaisé par les limites et l'étendue du territoire de rapportage si ces limites fragmentent le paysage. La formule utilisée dans le calcul original de la taille effective de maille – Méthode dite « Cutting-out (CUT) » – souffre de ce problème car les limites du territoire de rapportage sont considérées comme des barrières supplémentaires. La taille effective de maille sera sous-estimée, en particulier si le territoire de rapportage est inclus dans un paysage plus large.

En 2007, Brigitte Moser² propose une **nouvelle méthode dite « Cross-Boundary Connections (CBC) »** pour le calcul de la taille effective de maille. Cette méthode est indépendante des limites et de l'étendue du territoire de rapportage. Elle est particulièrement intéressante pour comparer la fragmentation de CRTE de tailles différentes, évaluer l'influence du CRTE par rapport à la fragmentation du département ou de la région, ou encore agréger proportionnellement à leur surface les valeurs de fragmentation de plusieurs CRTE de tailles différentes.

Dans ce rapport nous présentons le calcul de la taille effective de maille et des autres indicateurs de fragmentation des espaces naturels selon les deux méthodes sur les périmètres des contrats de relance et de transition écologique (CRTE), car les données utilisées le permettent. Toutefois le **Cerema préconise de cibler le porter à connaissance sur la taille effective de maille méthode « Cross-Boundary Connections (CBC) »** qui présente l'avantage d'envisager la fragmentation des espaces naturels du CRTE en prenant en compte les territoires voisins, ce qui peut faire sens au niveau de la biodiversité, et qui inclut des échanges et des synergies d'action possibles entre CRTE voisins.

¹ 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.

² 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.

2. LES PERIMETRES DE CONTRATS DE RELANCE ET DE TRANSITION ECOLOGIQUE

AU 5 SEPTEMBRE 2021

Les données sources pour la construction de la couche géographique des périmètres de contrats de relance et de transition écologique (CRTE) sont d'une part la liste des communes inscrites dans un CRTE³ et d'autre part la couche géographiques des limites de communes⁴. Les périmètres de CRTE sont obtenus par jointure entre les deux tables sur le code INSEE de la commune, présent dans les deux tables, puis par regroupement sur l'identifiant du CRTE. On complète la table attributaire par les variables de la liste des CRTE. Nous obtenons la couche géographique France métropolitaine des périmètres de CRTE.

3. LES ESPACES NATURELS

MILLESIME 2018

Le calcul de la taille effective de maille des espaces naturels sur les périmètres de CRTE reprend la même définition des espaces naturels que celle déjà mise œuvre en 2020 pour le suivi-évaluation des schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE)⁵.

Les données sources pour la construction de la couche géographique des espaces naturels sont d'une part la couche de l'occupation des sols CORINE Land Cover⁶ et d'autre part la BD CARTO⁷.

Sont considérées comme **espaces naturels dans CORINE Land Cover (CLC)** les postes d'occupation des sols peu ou pas anthropisés :

- Forêts et milieux semi-naturels,
- Zones humides,
- Surfaces en eau (sauf Mers et océans),
- auxquels il faut ajouter les territoires agricoles les moins anthropisés : Prairies, Surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels importants, Territoires agroforestiers,
- ainsi que les espaces verts urbains.

Les postes de CLC non retenus des territoires artificialisés et des territoires agricoles sont de fait, considérés comme fragmentants.

³ *Périmètre des contrats de relance et de transition écologique – Liste des communes inscrites dans un contrat de relance et de transition écologique.* Agence nationale de la cohésion des territoires (ANCT),
URL : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/contrat-de-relance-et-de-transition-ecologique/#>, [05/09/2021]

⁴ *ADMIN-EXPRESS-COG édition 2021 France entière – Classe COMMUNE.* Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), URL : <https://geoservices.ign.fr/adminexpress>, [19/05/2021]

⁵ *Indicateurs de fragmentation des espaces naturels – France métropolitaine.* Cerema Méditerranée, 2020

⁶ *CORINE Land Cover 2018.* Service de la donnée et des études statistiques (SDES) du ministère chargé de l'écologie, Institut national de l'information géographique et forestière (IGN),
URL : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/corine-land-cover-0>

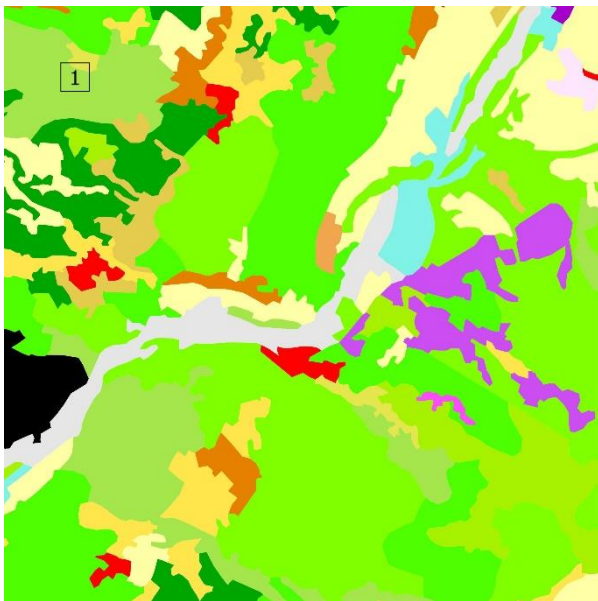
⁷ *BD CARTO® 2018.* Institut national de l'information géographique et forestière (IGN)

L'échelle de production (1/100 000) de la couche géographique d'occupation des sols CLC n'étant pas suffisamment précise pour rendre compte de la **fragmentation des espaces naturels par les réseaux routier, ferré et hydrographique**, la couche des espaces naturels est obtenue par différence avec une sélection d'infrastructures linéaires d'origine anthropique de la BD CARTO®. Sont considérés comme fragmentants dans la BD CARTO® les tronçons situés au niveau du sol :

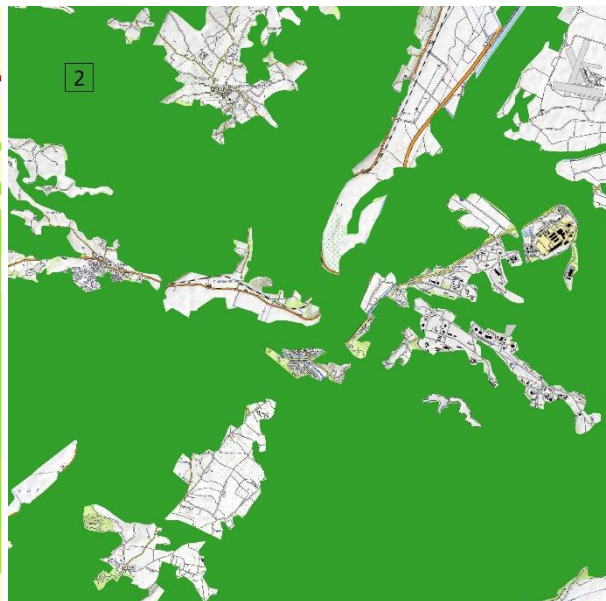
- du réseau routier revêtu de type autoroutier, bretelle, liaison principale ou régionale. Les liaisons locales ne sont pas fragmentantes sauf les routes à 2 chaussées ou de 3 voies ou plus ;
- le réseau ferré en service de type ligne à grande vitesse (LGV) ou voie normale ;
- et les canaux larges de 15 m ou plus.

Les tunnels, ponts et viaducs ne sont pas considérés fragmentants.

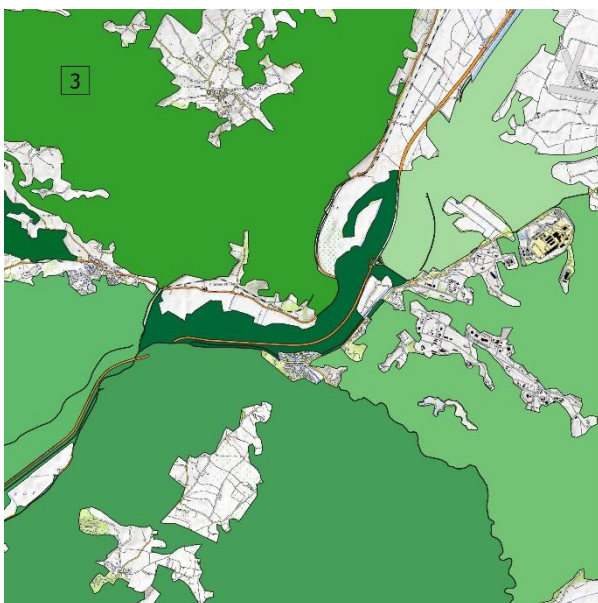
Nous obtenons par différence la **couche géographique France métropolitaine d'espaces naturels**. Les éléments du paysage restants après fragmentation anthropique sont appelés **patches**.



Occupation du sol CORINE Land Cover 2018



Sélection des espaces naturels dans CORINE Land Cover 2018



Patches d'espaces naturels après fragmentation par les routes, voies ferrées et canaux principaux

Image 1 : Une couleur par type d'occupation du sol CORINE Land Cover, en rouge et violet le tissu urbain, les zones industrielles et commerciales, en jaune et brun les zones agricoles.

Image 2 : La sélection des espaces naturels dans CORINE Land Cover constitue un seul grand espace continu sur le territoire.

Image 3 : Après fragmentation par les routes, voies ferrées et canaux principaux on obtient plusieurs fragments (patches) d'espaces naturels sur le territoire

4. LA TAILLE EFFECTIVE DE MAILLE DES ESPACES NATURELS DES CRTE

ESPACES NATURELS 2018 ET PERIMETRES DE CRTE AU 5 SEPTEMBRE 2021

L'outil « Taille effective de maille par entité (Vecteur) » de FragScape⁸ permet de calculer les indicateurs de fragmentation du paysage définis par Jaeger⁹, dont la taille effective de maille selon deux méthodes « Cutting-out (CUT) » (Jaeger, 2000) et « Cross Boundary Connections (CBC) » (Moser *et al*, 2007)¹⁰. Les données sources pour le calcul de la taille effective de maille des espaces naturels sont d'une part la couche des espaces naturels 2018 (Input layer) et d'autre part celle des périmètres de CRTE au 5 septembre 2021 (Reporting layer). Nous renseignons la couche de périmètres de CRTE avec les résultats de l'outil FragScape par jointure sur l'identifiant du polygone (variable fid). Nous obtenons **finalement la couche géographique France métropolitaine des périmètres de CRTE renseignée avec les indicateurs de fragmentation.**

5. INTERPRETATION

5.1 Interprétation générale

La **taille effective de maille** (MSIZ) exprimée en unité de surface (km²) est un indicateur pour qualifier la **fragmentation du paysage**. Son calcul repose sur la probabilité que deux points choisis au hasard sur un même territoire soient connectés, c'est-à-dire ne soient pas séparés par des obstacles (routes, voies ferrées, aménagements urbains...). Ou autrement dit, elle quantifie les possibilités de déplacement de la faune dans le paysage.

Plus la taille effective de maille est élevée moins le territoire est fragmenté. Les valeurs les plus élevées de la taille effective de maille sont généralement associées aux massifs montagneux et les plus faibles à la proximité des grandes zones urbaines et des grands couloirs de communication.

Le calcul de la taille effective de maille selon la méthode « Cross-Boundary Connections » (CBC) est la plus adaptée pour rendre compte des possibilités de déplacement de la faune puisqu'elle **intègre les continuités au-delà du territoire de calcul de l'indicateur** dans les limites administrative du territoire national. En revanche le calcul selon la méthode « Cutting-out » n'est sensible qu'à la fragmentation du paysage dans les limites administratives du territoire de calcul. Il n'est donc sensible qu'aux actions conduites sur ce territoire.

L'indicateur est très sensible aux grandes surfaces. L'effet fragmentant d'une infrastructure linéaire sur un très grand espace naturel est maximum quand elle le coupe par le milieu. On peut aussi constater l'effet inverse, c'est-à-dire une augmentation de la taille effective de maille par la reconnexion de deux espaces naturels, ce qui peut se produire par exemple quand un tronçon de route fragmentant est déclassé et/ou remplacé par un tunnel. **Les travaux scientifiques démontrant l'importance des**

⁸ Chailloux, M. & Chéry, J.P. & Amsallem, J. (2019) FragScape : a QGIS plugin to quantify landscape fragmentation

⁹ 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.

¹⁰ 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.

grands espaces non fragmentés, du fait des propriétés « émergentes », c'est-à-dire des propriétés écologiques qui apparaissent dans un système au-dessus d'une certaine taille, et qui ne sont pas seulement la somme des propriétés de ses composantes, ainsi que leur très grande vulnérabilité, cette sensibilité différentielle de l'indicateur est donc cohérente avec l'importance de cet enjeu de maintien de grands espaces.

L'indicateur CBC présenté ici est ainsi calculé sur des données homogènes nationales, il peut donc être considéré comme **robuste et comparable**. Cet indicateur donne une idée du niveau de fragmentation d'un territoire par de grands aménagements d'origine anthropique uniquement. En revanche, l'indicateur CUT est très sensible à la taille et à la forme des territoires, qui conditionnent la proportion de patches artificiellement considéré comme fragmentés par la frontière du territoire, son interprétation pour des comparaisons entre territoires de taille et de forme significativement différentes devra donc être déconseillée.

5.2 Interprétation du calcul de la taille effective de maille à l'échelle des CRTE en lien avec les actions à envisager

La carte en annexe illustre la valeur de la taille effective de maille exprimée en km² pour chaque CRTE, par la méthode CBC, avec une gradation des couleurs selon une répartition par quantile. Il y a donc **une seule valeur de la taille effective par CRTE. Plus la taille effective de maille est faible, plus le territoire est fragmenté**. Dans ce cas le porteur du CRTE peut envisager de réaliser un diagnostic approfondi de la trame verte et bleue de son territoire, et de prévoir des actions visant à la restaurer sur son périmètre, mais aussi possiblement en lien avec les CRTE adjacents.

Points de vigilance sur l'effet des actions conduites sur la valeur de l'indicateur :

- *Traduction ou non d'actions de restauration dans l'évolution de l'indicateur*

La démarche consistant à déterminer une couche globale des espaces naturels fragmentés, toutes les actions ponctuelles au sein d'un espace naturel, ou bien linéaires entre des espaces naturels séparés, ne seront pas prises en compte au moment de la mise à jour des données de base, étant donné la nature même de ces données. Des travaux méthodologiques et scientifiques sont prévus afin d'améliorer cette prise en compte.

Par exemple des actions liées à l'évolution des pratiques agricoles sans changer la vocation de la surface (conversion en agriculture biologique, jachères, restauration de linéaires de haies, création de bandes enherbées), ou encore des actions ponctuelles de restauration des continuités (comme pour les infrastructures : passages à faune, crapauducs, etc.) ou encore le traitement des annexes autoroutières (gestion écologique des accotements) n'apparaîtront pas directement et ne modifieront pas la valeur de l'indicateur.

Pour autant, ces actions sont essentielles pour améliorer la connexion et la fonctionnalité des habitats, s'il s'agit d'un enjeu identifié pour le territoire.

Seuls seront donc pris en compte les changements de vocation des surfaces (renaturation d'un espace artificialisé par exemple) ou de reconnexion majeure (mise en tunnel d'un linéaire significatif de route par exemple).

A l'inverse, une taille effective de maille importante peut masquer des atteintes locales à la connexion (clôtures, murs par exemple).

- *Risques liés à la gestion stratégique « par l'indicateur »*

Cet indicateur ne doit donc pas être utilisé seul pour traduire l'efficacité des politiques de continuité écologique. Les actions qu'il incite à réaliser peuvent en effet être très positives (recréation de grands

espaces non fragmentés), mais aussi plus discutables (choix des lieux de réhabilitation pour maximiser l'indicateur, plutôt qu'en cohérence avec des plus-values écologiques avérées).

Néanmoins, si cet indicateur ne traduit pas par une évolution positive toutes les actions conduites en faveur des continuités écologiques, il convient de préciser qu'aucune action en faveur des continuités écologiques n'est susceptible de dégrader cet indicateur. **Il a donc la grande qualité de n'être pas équivoque vis-à-vis de l'action, et le défaut de n'être pas sensible à toutes les actions positives ou négatives conduites.**

▪ *En synthèse*

Il s'agit de partager que :

- La valeur de la taille effective de maille est un indice du niveau de fragmentation des espaces naturels qui incite à agir. Plus elle est faible, plus il faudra multiplier ces actions de restauration de continuités écologiques et le cas échéant les faire figurer dans les CRTE.
- Ces actions de restauration de continuités écologiques ne seront pas forcément visibles lors d'une nouvelle mesure de cet indicateur mais constituent pour autant la réponse adéquate à une faible valeur de la taille effective de maille. Ces actions pourront être suivies par d'autres indicateurs plus spécifiques (linéaire de haies, nombre de passages à faune, etc.).
- Les changements de vocation de surface permettant de restaurer des espaces naturels auront quant à eux un effet sur la valeur de l'indicateur, à partir du moment où ils seront repris dans la mise à jour de la couche de données de référence, CLC, de même que des modifications significatives des infrastructures fragmentantes.
- La représentation cartographique des espaces naturels fragmentés peut donner des indications sur les endroits où conduire les actions.

5.3 Restitution des résultats, valorisation possible, mise à jour de l'indicateur

Les résultats du calcul de l'indicateur seront restitués sous forme cartographique, avec le périmètre des CRTE et la valeur de la taille effective de maille de chacun, ainsi que dans un tableur.

La couche des espaces naturels fragmentés sera également fournie.

Une fiche synthétique de présentation de l'indicateur sera rédigée et diffusée à l'attention des porteurs de CRTE.

Une présentation de l'indicateur est envisageable dans le cadre de l'appui national au CRTE, de la présentation du socle commun d'indicateurs sur des supports communicants, ou par l'organisation d'un échange spécifique, webinaire ou contribution écrite.

L'actualisation dans le temps de l'indicateur de fragmentation est possible au moment de la mise à jour des couches de données de référence (CLC et BD CARTO). Cette actualisation peut donc s'envisager à l'échéance prévue pour les CRTE, vers 2026.

Un appui ponctuel du Cerema, sous forme de conseil, pourra être envisagé auprès de territoires qui souhaiteraient calculer l'indicateur avec des données locales.

5.4 Possibilité de calcul de la taille effective de maille avec des données plus fines, et précautions d'interprétation

L'indicateur peut être recalculé de façon plus fine si des acteurs locaux possèdent de meilleures données permettant d'aboutir à une couche de données des espaces naturels affinée.

Attention : il faut noter que dans ce cas la valeur recalculée ne sera pas directement comparable avec la valeur initiale homogène de taille effective de maille sur l'ensemble du territoire. Il est d'ailleurs recommandé de lui trouver une dénomination spécifique (« taille effective de maille calculée localement ? »).

Par exemple une identification de pratiques agricoles favorables sur certaines surfaces entraînant leur classement dans les espaces naturels peut augmenter la taille effective, tandis qu'un détournage plus fin de certains espaces peut augmenter leur caractère fragmenté.

Un calcul local peut néanmoins permettre d'intervenir directement sur la couche des espaces naturels fragmentés, et la mettre à jour au fil du temps et des actions réalisées régulièrement, afin de suivre et d'améliorer localement la taille effective de maille.

6. ANNEXES

6.1 Nomenclature CLC (extrait)¹¹

Quelques définitions des classes de CLC de territoires artificialisés ou territoires agricoles **inclus dans la définition des espaces naturels** utilisée pour le calcul des indicateurs de fragmentation des CRTE.

ESPACES VERTS URBAINS

Espaces végétalisés inclus dans le tissu urbain, y compris les parcs urbains et les cimetières avec végétation, ainsi que les châteaux et leurs parcs. Le contenu de cette classe est très diversifié : parcs publics, espaces verts privés, cimetières végétalisés d'une surface supérieure à 25 ha.

PRAIRIES

Surfaces enherbées denses de composition floristique constituée principalement de graminacées, non incluses dans un assolement. Principalement pâturées, mais dont le fourrage peut être récolté mécaniquement. **Sont comprises les zones avec haies (bocages).**

Les prairies humides inondables à certaines périodes de l'année (engorgement hivernal entre 10 et 30 cm de profondeur) utilisées pour le pâturage entrent sous cette rubrique et ne sont donc pas classées dans les zones humides. Les prairies se trouvent à proximité de zones habitées et cultivées ; en conséquence, les zones pâturées en altitude éloignées des habitations et des cultures sont classées en pelouses et pâturages naturels.

SURFACES ESSENTIELLEMENT AGRICOLES, INTERROMPUES PAR DES ESPACES NATURELS IMPORTANTS

Dans ces unités, aucun sous-ensemble homogène de 25 ha ou plus ne peut être isolé en territoire agricole ou en espaces naturels (végétation naturelle, forêts, landes, pelouses, plans d'eau ou rochers à nu). Les terres agricoles occupent entre 25 % et 75 % de la surface totale de l'unité. Les zones de bocage sont exclues de cette rubrique (voir prairies).

TERRITOIRES AGROFORESTIERS

Cultures annuelles ou pâturages sous couvert arboré composé d'espèces forestières. La plupart du temps, cette classe concerne des zones très étendues avec une diversité des espèces forestières, de la densité de plantation des arbres et des types de sol.

¹¹ CORINE Land Cover France, Nomenclature - Clés d'interprétation, CGDD, SOeS – février 2009

6.2 Calcul des indicateurs de fragmentation

6.2.1 Méthode Cutting-out (Jaeger 2000)

En 2000, Jaeger définit dans son article¹² trois nouvelles mesures de la fragmentation du paysage : le **degré de fragmentation du paysage**, le **nombre effectif de mailles** et la **taille effective de maille**. Dans un souci de clarté elles sont introduites via trois mesures auxiliaires : le degré de cohérence, la densité effective de mailles et le produit net.

On appelle **patch** les éléments du paysage restant après fragmentation du territoire. Le paysage est alors composé de n patches. On note A_i la superficie des n patches ($i = 1$ à n) et A_t la superficie totale du territoire d'étude.

LE DEGRE DE COHERENCE

Le degré de cohérence (COH) est une mesure auxiliaire définie comme la probabilité que deux points choisis aléatoirement sur un territoire soient connectés, c'est-à-dire non séparés par des éléments fragmentants. Il varie entre 0 (aucun patch) à 1 (un seul patch qui couvre la totalité du territoire).

$$COH = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{A_t} \right)^2$$

LE DEGRE DE FRAGMENTATION DU PAYSAGE

Le degré de fragmentation du paysage (DIVI) est défini comme la probabilité que deux points choisis aléatoirement sur un territoire **NE** soient **PAS** connectés. Il varie de 0 (paysage non fragmenté) à 1 (paysage totalement fragmenté).

$$DIVI = 1 - COH$$

LE NOMBRE EFFECTIF DE MAILLES

Le nombre effectif de mailles (SPLI) est défini comme le nombre de patches obtenu en découpant la superficie totale du territoire par une maille régulière de telle façon que la nouvelle configuration mène au même degré de fragmentation que la configuration initiale.

$$SPLI = \frac{A_t^2}{\sum_{i=1}^n A_i^2}$$

SPLI peut être interprété comme le nombre effectif de mailles d'un réseau de maille constante divisant le territoire en SPLI patches de taille $A_t/SPLI$, ce qui correspond à la taille effective de maille.

LA TAILLE EFFECTIVE DE MAILLE

La taille effective de maille (MSIZ) correspond à la taille des patches quand le territoire est divisé en SPLI patches (chacun de même taille $A_t/SPLI$) avec le même degré de fragmentation que la configuration initiale. La taille effective de maille varie entre 0 (aucun patch - paysage totalement fragmenté) et A_t (un seul patch - paysage non fragmenté).

$$MSIZ = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^n A_i^2 = \frac{A_t}{SPLI}$$

¹² 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.

LA DENSITE DE MAILLES

La densité de mailles (SDEN) correspond au nombre de mailles par unité de surface.

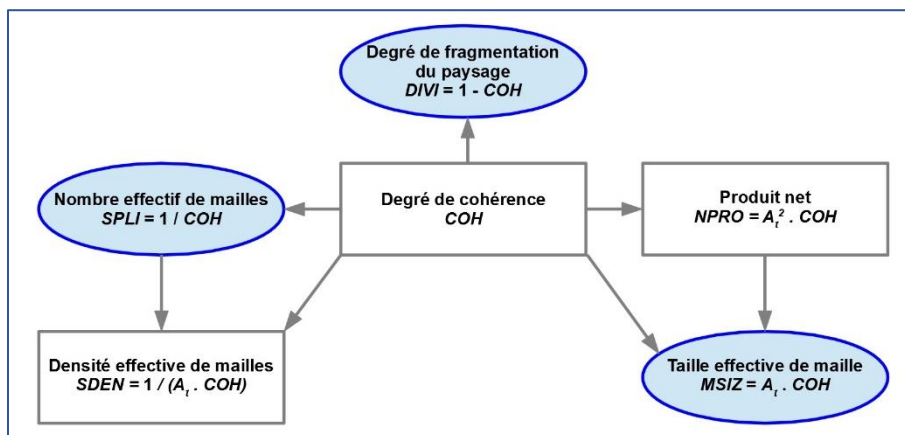
$$SDEN = \frac{SPLI}{A_t} = \frac{1}{MSIZ}$$

LE PRODUIT NET

Le produit net (NPRO) correspond au produit de la taille effective de maille (MSIZ) par la superficie du territoire (A_t).

$$NPRO = MSIZ \cdot A_t$$

RELATIONS ENTRE LES TROIS NOUVELLES MESURES ET LES MESURES AUXILIAIRES D'APRES JAEGER 2000



6.2.2 Méthode Cross-Boundary Connections (Moser et al, 2007)

Dans la méthode d'origine (Jaeger, 2000) dite « cutting-out » (CUT) utilisée pour le calcul de la taille effective de maille (MSIZ), les « frontières » du territoire sont considérées comme des éléments fragmentants supplémentaires, ce qui introduit un biais (« boundary problem »). MSIZ sera sous-estimée, en particulier si le territoire est inclus dans un paysage plus large.

La nouvelle méthode (Moser et al, 2007) dite « cross-boundary connections » (CBC) élimine les biais dus aux « frontières » et à la taille des zones de calcul de la taille effective de maille (CBC_MSIZ).

$$CBC \ MSIZ = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^n A_i \cdot A_i^{cempl}$$

Où

- 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 à n) ;
- A_i^{cempl} = superficie totale du patch i, c'est-à-dire incluant la superficie au-delà des limites de la zone de calcul ;
- A_t = superficie totale du territoire d'étude.

6.3 Fichiers

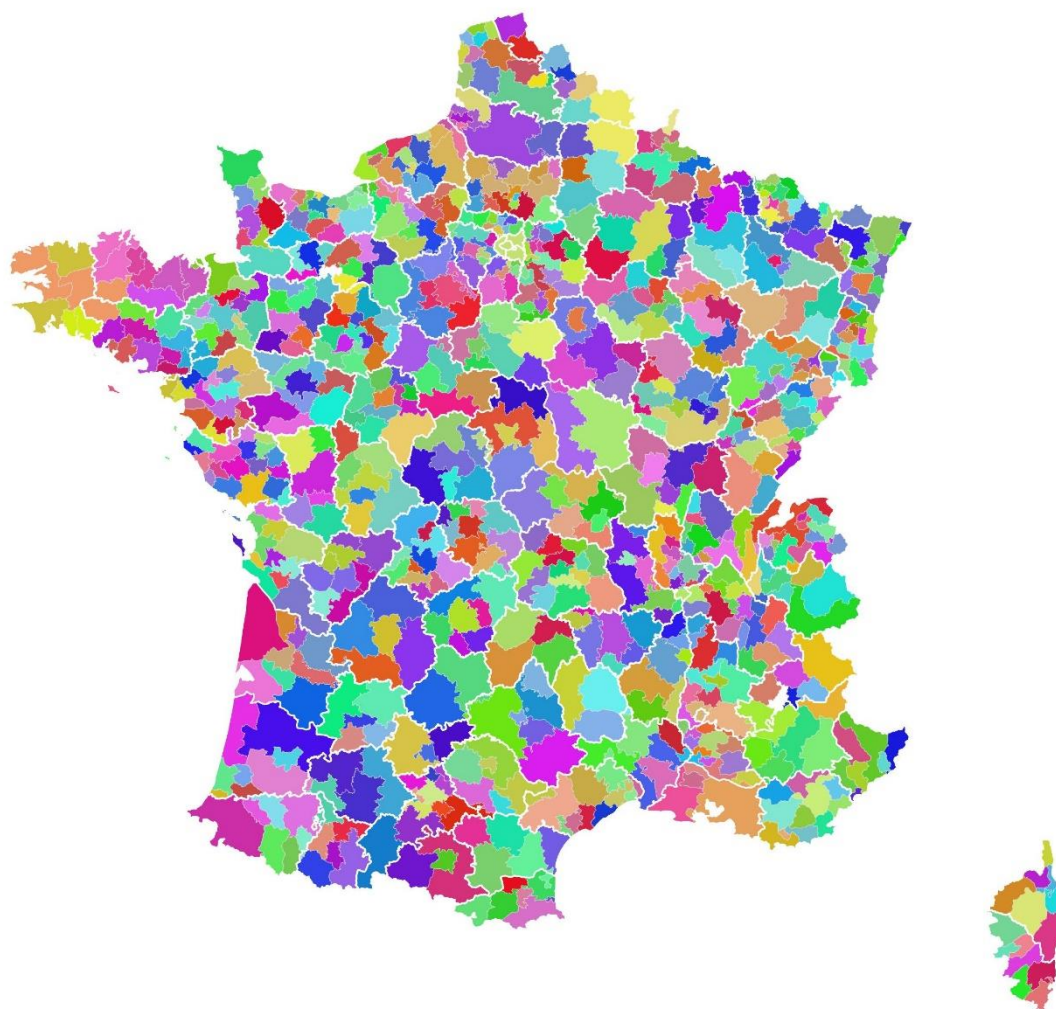
Nom	Type	Unité	Description
fid	Integer		Identifiant unique du polygone dans qgis
id_crte	String		Identifiant du contrat de relance et de transition écologique
lb_crte	String		Libellé du contrat de relance et de transition écologique
type_prp_crte	String		Nombre d'EPCI à fiscalité propre inclus dans un contrat de relance et de transition écologique (mono = 1 seul epci pluri = X epci). Si le territoire concerné est une commune ou un groupement de communes, la valeur sera mono.
crte_interreg	String		Contrat de relance et de transition écologique interrégional (0 = non 1 = oui)
crte-interdep	String		Contrat de relance et de transition écologique interdépartemental (0 = non 1 = oui)
dep_chef_file	String		Code insee du département chef de file du contrat
lib_dep	String		Libellé du département
INSEE_REG	String		Code insee de la région « chef de file du contrat »
NOM_REG	String		Libellé de la région
CBC_MSIZ	Real	km ²	Taille effective de maille méthode Cross-Boundary connections (CBC)
MSIZ	Real	km ²	Taille effective de maille méthode Cutting-out (CUT)
patches	Integer		Nombre de patches intersectant l'unité de rapportage
At	Real	km ²	Superficie de l'unité de rapportage
Sum_Ai	Real	km ²	Superficie de l'intersection entre les patches et l'unité de rapportage
DIVI	Real		Degré de fragmentation du paysage
SPLI	Real		Nombre effectif de mailles
COH	Real		Degré de cohérence
SDEN	Real		Densité effective de mailles (par km ²)
NPRO	Real	km ⁴	Produit net méthode Cutting-out (CUT)
CBC_NPRO	Real		Produit net méthode Cross-Boundary Connections (CBC)

Description des variables

6.4 Cartes

Périmètres des contrats de relance et de transition écologique (CRTE)

*France métropolitaine : 822 CRTE
A la date du 05 septembre 2021*

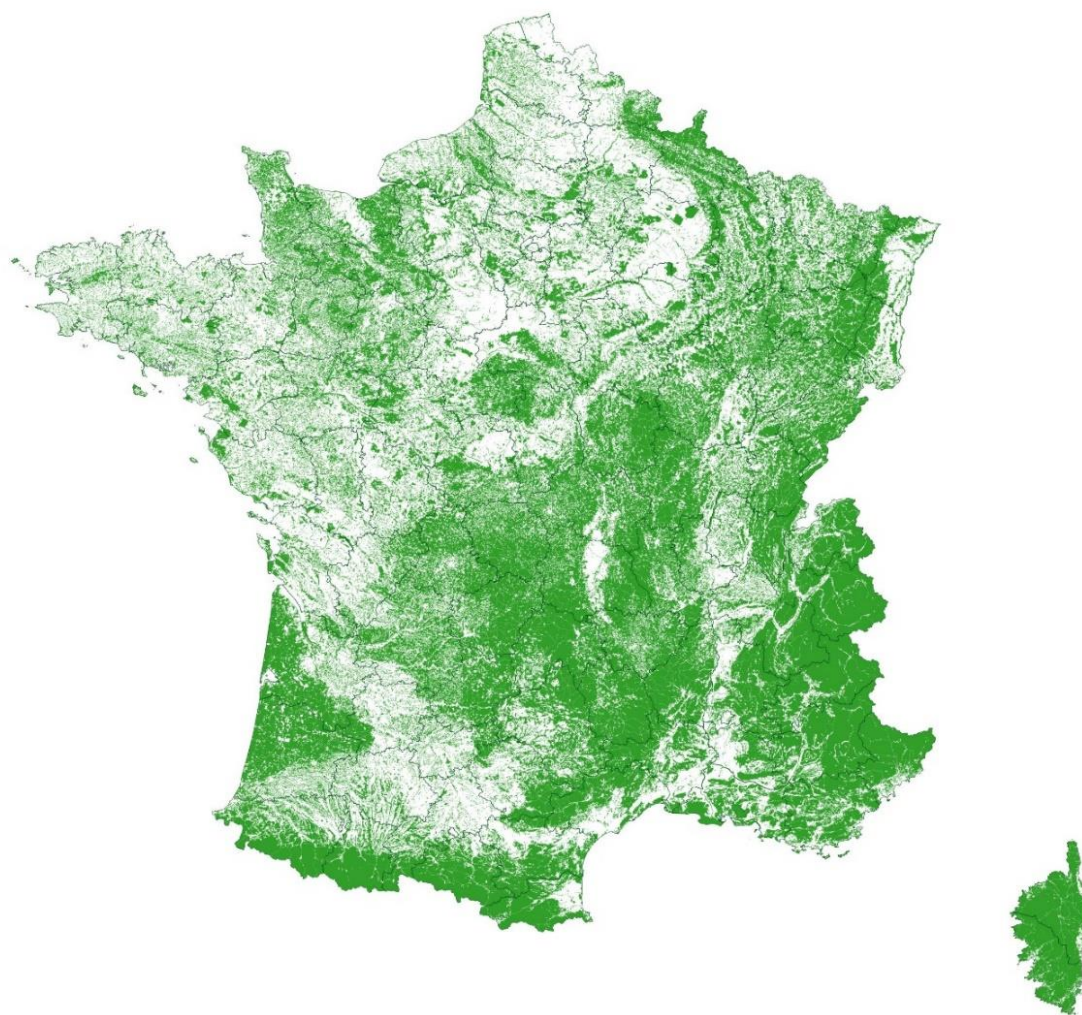


Sources : ANCT 2021, IGN 2021
Réalisation : Cerema Méditerranée 2021



Périmètre des CRTE de France métropolitaine à la date du 5 septembre 2021

Espaces naturels

France métropolitaine 2018



Sources : IGN 2018-2021, UE-SDES CLC2018
Réalisation : Cerema Méditerranée 2021

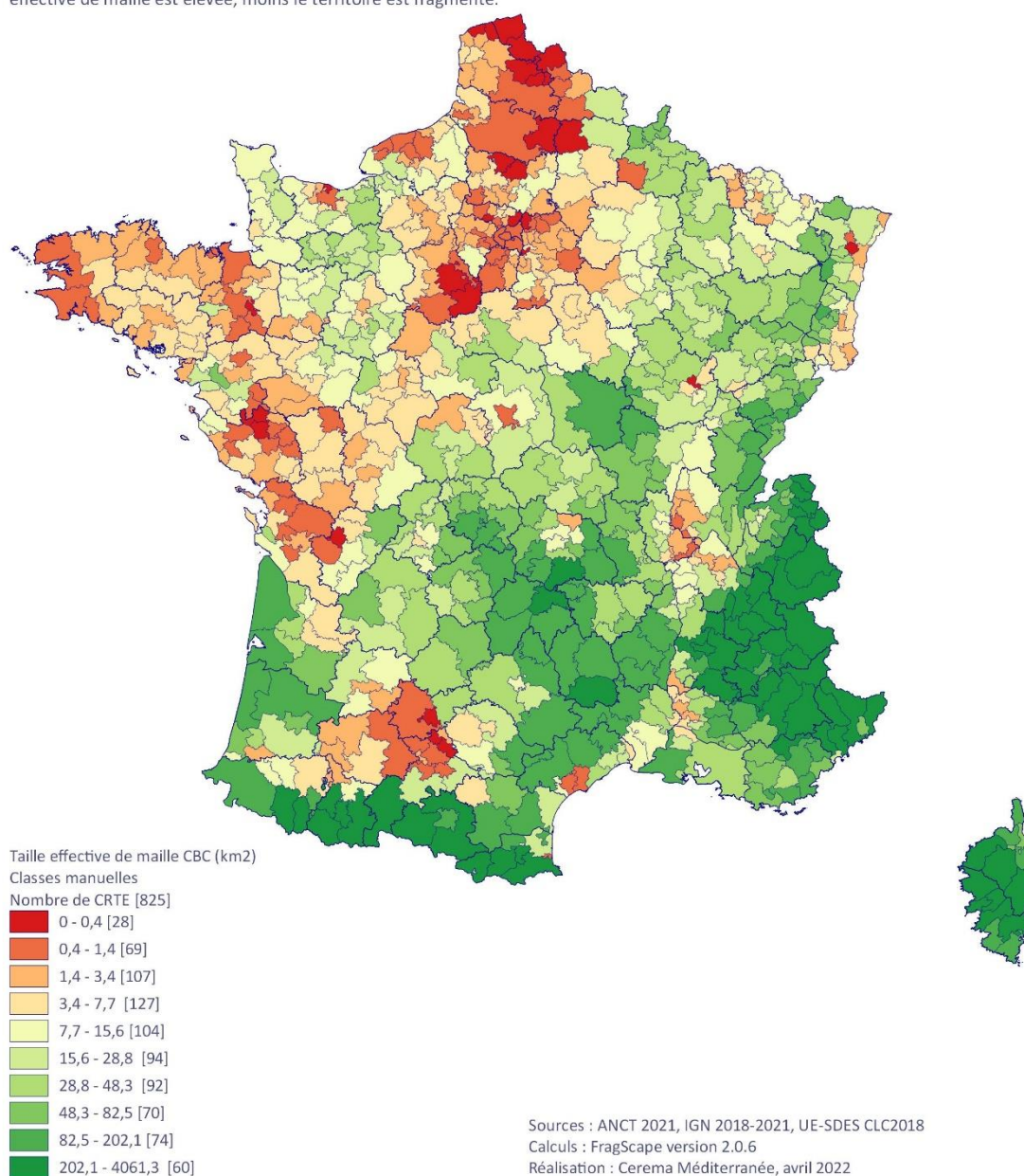
 Fragment d'espace naturel
 Limite de département

Espaces naturels 2018

La Taille effective de maille des espaces naturels Méthode "Cross-Boundary Connections" (CBC)

Calcul sur les périmètres des Contrats de Relance et de Transition Ecologique (CRTE)
France métropolitaine : 822 CRTE à la date du 05 septembre 2021

La méthode de calcul "Cross-Boundary Connections" (Moser et al, 2007) de la taille effective de maille est indépendante des limites et de la taille du territoire de rapportage. La taille effective de maille CBC inclut les continuités qui traversent les limites du territoire, cependant les continuités avec les pays limitrophes de la France métropolitaine n'ont pas été prises en compte ce qui peut entraîner une sous-estimation de l'indicateur dans les zones frontalières, notamment dans les Hauts-de-France et le Grand-Est. Plus la taille effective de maille est élevée, moins le territoire est fragmenté.

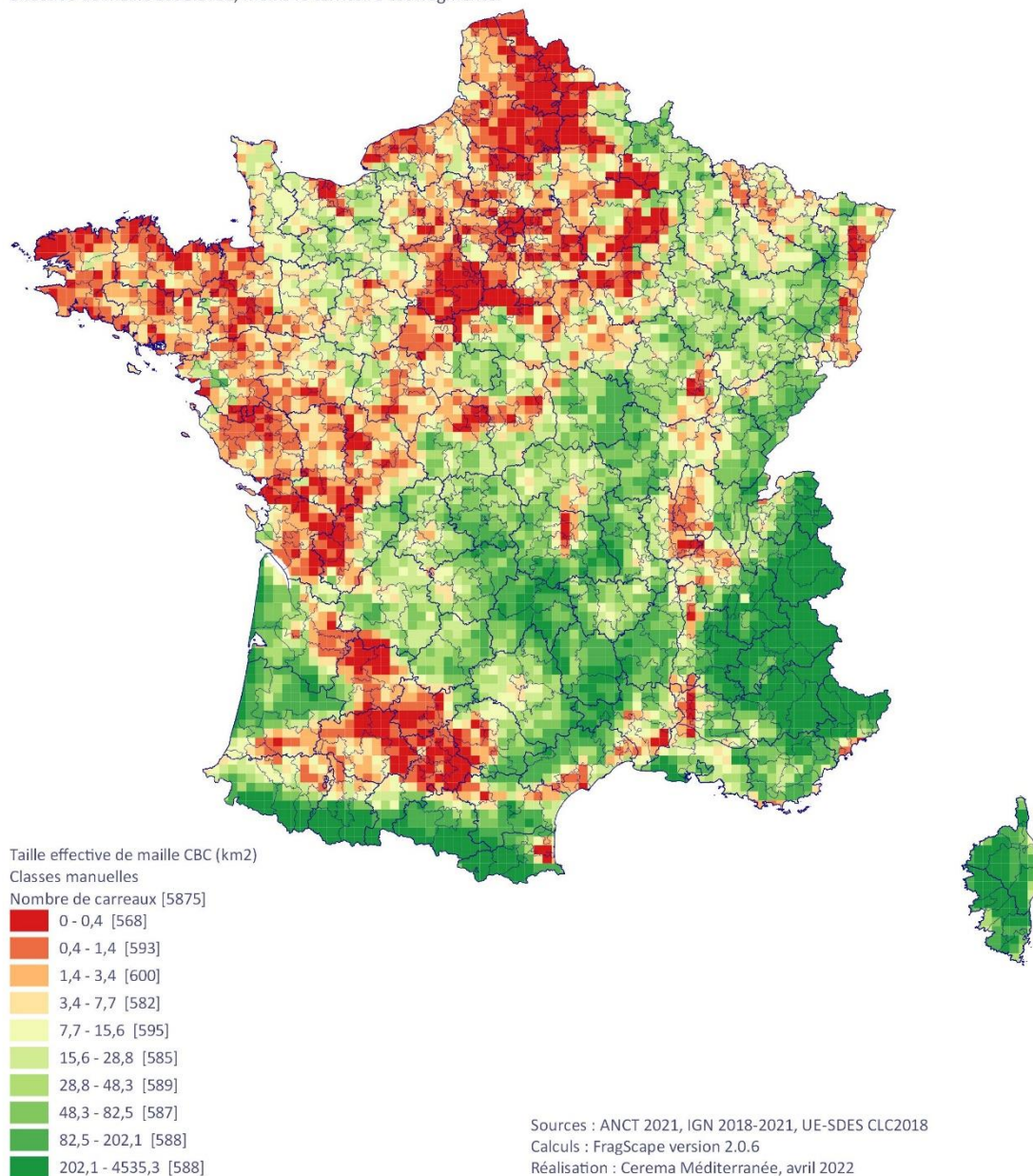


Taille effective de maille CBC des espaces naturels calculée sur les périmètres de CRTE

La Taille effective de maille des espaces naturels Méthode "Cross-Boundary Connections" (CBC)

Calcul sur un carroyage 10 x 10 km
France métropolitaine

La méthode de calcul "Cross-Boundary Connections" (Moser et al, 2007) de la taille effective de maille est indépendante des limites et de la taille du territoire de rapportage. La taille effective de maille CBC inclut les continuités qui traversent les limites du territoire, cependant les continuités avec les pays limitrophes de la France métropolitaine n'ont pas été prises en compte ce qui peut entraîner une sous-estimation de l'indicateur dans les zones frontalières, notamment dans les Hauts-de-France et le Grand-Est. Plus la taille effective de maille est élevée, moins le territoire est fragmenté.



Taille effective de maille CBC des espaces naturels calculée sur un carroyage de 10 x 10 km

6.5 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.
- *Indicateurs de fragmentation des espaces naturels – France métropolitaine*. Cerema Méditerranée, 2020
- Chailloux, M. & Chéry, J.P. & Amsallem, J. (2019) FragScape: a QGIS plugin to quantify landscape fragmentation
- *Périmètre des contrats de relance et de transition écologique – Liste des communes inscrites dans un contrat de relance et de transition écologique*. Agence nationale de la cohésion des territoires (ANCT), URL : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/contrat-de-relance-et-de-transition-ecologique/#>, [05/09/2021]
- *ADMIN-EXPRESS-COG édition 2021 France entière – Classe COMMUNE*. Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), URL : <https://geoservices.ign.fr/adminexpress>, [19/05/2021]
- *CORINE Land Cover 2018*. Service de la donnée et des études statistiques (SDES) du ministère chargé de l'écologie, Institut national de l'information géographique et forestière (IGN)
- *BD CARTO® 2018*. Institut national de l'information géographique et forestière (IGN)



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN