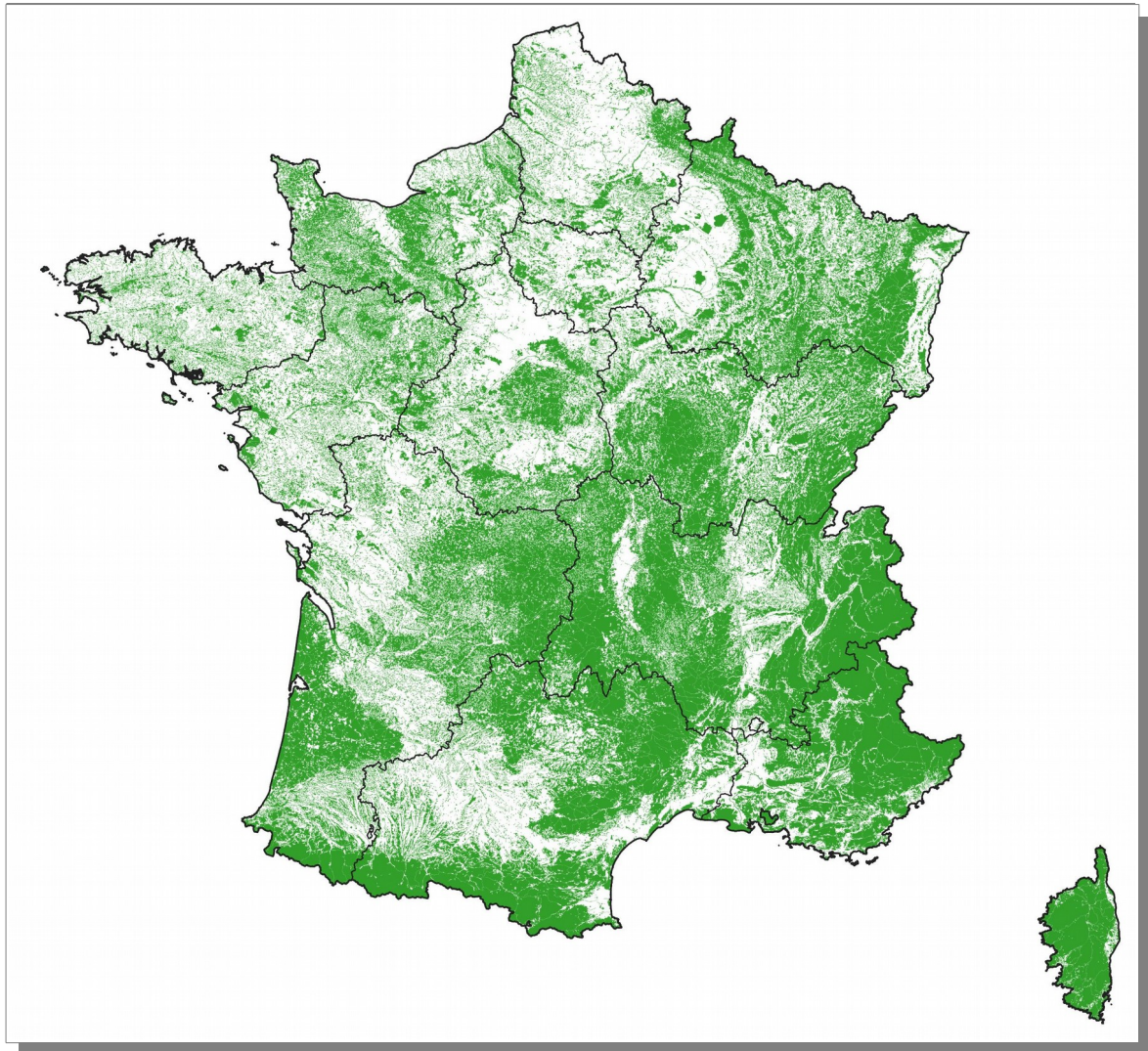


# Indicateurs de fragmentation des espaces naturels

France métropolitaine

Septembre 2020



# Indicateurs de fragmentation des espaces naturels

France métropolitaine

## Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	01/10/19	
2	01/09/20	Suppression de l'encadré page 6 de la version 1. Utilisation de FragScape : a qgis plugin to quantify landscape fragmentation, Chailloux, M. & Chéry, J.P. & Amsallem, J. (2019).

## Affaire suivie par

<b>Jean-Paul BESSIERE</b> - Département Aménagement des Territoires – Service Littoral, Énergie, Biodiversité
Tél. : 04 42 24 71 61
Courriel : <a href="mailto:jean-paul.bessiere@cerema.fr">jean-paul.bessiere@cerema.fr</a>
<b>Site de Aix-en-Provence</b> : Cerema Méditerranée – Pôle d'activités – 30 rue Albert Einstein – 13593 Aix-en Provence

## Références

n° d'affaire : 0099999

maître d'ouvrage : MTE/DEB (M. Antoine LOMBARD, M. Simon TRAUET)

Devis n° xx/xxx du jj/mm/aaaa

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Jean-Paul Bessière	01/09/2020	
Avec la participation de	Romain Bouzige		
Contrôlé par			
Validé par			

## Résumé de l'étude :

Le calcul des indicateurs de fragmentation nécessite l'emploi d'un système d'information géographique (SIG) avec une couche d'informations sur les espaces naturels et une (ou plusieurs) couches d'informations sur les obstacles fragmentants. Les indicateurs sont calculés sous QGIS avec l'algorithme « Vector effective mesh size feature » de FragScape : a QGIS plugin to quantify landscape fragmentation, Chailloux, M. & Chéry, J.P. & Amsallem, J. (2019). Les livrables sont la présente note décrivant le processus de calcul, les couches géographiques de référence 2006, 2012 et 2018, et les résultats France métropolitaine, régions, départements et carreaux de 10km.

# Sommaire

<b>Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>Les objectifs.....</b>	<b>4</b>
<b>Les enjeux.....</b>	<b>4</b>
<b>Les couches de référence.....</b>	<b>4</b>
Les sources d'informations géographiques.....	4
CORINE Land Cover.....	5
BD CARTO®.....	5
La construction des couches géographiques de référence.....	5
La couche des espaces naturels et semi-naturels.....	5
Les couches des éléments fragmentants d'origine anthropique.....	6
La couche des espaces naturels et semi-naturels continus après fragmentation anthropique.....	7
La couche des espaces naturels et semi-naturels terrestres continus après fragmentation anthropique et naturelle.....	7
<b>Les indicateurs de fragmentation.....</b>	<b>8</b>
La taille effective de maille.....	8
Calcul de la $m_{eff}$ selon la méthode d'origine dite « cutting out » (CUT).....	8
Calcul de la $m_{eff}$ selon la nouvelle méthode dite « cross-boundary connections » (CBC).....	8
Les autres indicateurs de fragmentation.....	8
Définition de nouvelles métriques de fragmentation (d'après Jaeger, J. A. G., 2000).....	8
Comparaison des nouvelles métriques de fragmentation avec d'autres (Jaeger J.A.G. 2000).....	10
<b>Références.....</b>	<b>10</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>11</b>
Couche des espaces naturels et semi-naturels de CORINE Land Cover.....	11
Quelle prise en compte des surfaces en eau dans les documents de référence ?.....	12
BD CARTO® Version 3.2, Descriptif de contenu (révision : Mai 2018).....	13
Classe TRONCON_ROUTE.....	13
Classe TRONCON_VOIE_FERREE.....	14
Classe TRONCON_HYDROGRAPHIQUE.....	15
Les évolutions du champ VOCATION des routes dans la BD CARTO® entre 2006 et 2012.....	15
Avis des correspondants techniques Trame Verte et Bleue sur la méthode :.....	16
Largeurs d'emprises routières et ferroviaires.....	17
Taille des Buffers pour le réseau routier fragmentant.....	18
Tronçons de routes à 1 chaussée (NB_CHAUSSE).....	18
Tronçons de routes à 2 chaussées (NB_CHAUSSE).....	18
Prescriptions nationales pour la production des bases de données d'occupation des sols à grande échelle, version 1.1, août 2015.....	18
L'ossature.....	18
Comparaison des nouvelles métriques de fragmentation avec d'autres.....	20

## Introduction

---

La fragmentation des milieux naturels constitue une pression qui s'exerce sur la biodiversité et est considérée comme une des causes d'érosion de la biodiversité. Ceci est particulièrement le cas dans les espaces fortement anthropisés. Ceci a amené le législateur à définir la politique trame verte et bleue (TVB) dont le principal objectif est d'orienter les politiques d'aménagement du territoire vers un aménagement durable, respectant mieux les enjeux de biodiversité. La TVB est désormais en cours de mise en œuvre à travers les schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) et le suivi de la fragmentation constitue un des enjeux principaux qu'il est nécessaire de mieux connaître et identifier.

L'indicateur de fragmentation des milieux terrestres, mobilisant la méthode de taille effective de maille, intitulé F1 constitue depuis plusieurs années un indicateur de l'observatoire national de la biodiversité et a été retenu comme indicateur national de la trame verte et bleue. À ce titre, il a été proposé aux régions de le retenir en tant qu'indicateur d'état pour les schémas régionaux de cohérence écologique.

Aussi est-il attendu que cet indicateur puisse être développé autant à l'échelle nationale qu'à l'échelle régionale, dont l'échelle des SRCE (anciennes limites régionales).

## Les objectifs

---

L'indicateur F1 constitue un indicateur d'état mais a vocation à identifier des tendances puisque cet indicateur sera calculé à trois dates : 2006, 2012 et 2018. Son calcul repose sur les couches d'occupation du sol CORINE Land Cover, développées à l'échelle européenne et sur la BD CARTO® de l'IGN pour les éléments fragmentants.

De plus, la construction des couches de référence permettra de développer d'autres indicateurs issus de l'analyse de la fragmentation.

## Les enjeux

---

Le développement des couches de référence permettra de disposer des outils pour la réalisation ultérieure de nombreuses analyses à différentes échelles (principalement régionales et nationale) en vue de mieux connaître les effets de la fragmentation et son évolution sur le territoire ou sur certaines parties du territoire.

Elles permettront notamment de réaliser un suivi de la fragmentation au sein des continuités écologiques et en dehors, d'analyser la sensibilité de certaines espèces à la fragmentation (analyse de la répartition des espèces en fonction de la fragmentation des milieux...).

Les couches de référence constitueront donc des outils particulièrement importants pour la politique TVB.

## Les couches de référence

---

Le calcul des indicateurs de fragmentation nécessite l'emploi d'un système d'information géographique (SIG) avec une couche d'information sur les espaces naturels et une (ou plusieurs) couches d'information sur les obstacles fragmentants. L'intersection des deux couches et le calcul des superficies des éléments découpés permettent d'utiliser les valeurs produites dans la formule de la taille effective de maille et d'autres indicateurs de fragmentation.

## Les sources d'informations géographiques

Les sources utilisées pour la construction des couches de référence sont CORINE Land Cover pour les espaces naturels et les éléments fragmentants, la BD CARTO® de l'IGN pour les éléments fragmentants seulement.

## 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 CORINE Land Cover sont pilotées par l'Agence européenne pour l'environnement. Le producteur pour la France est le Service de l'observation et des statistiques du ministère chargé de l'environnement.

CORINE Land Cover est issue de l'interprétation visuelle d'images satellitaires, avec des données complémentaires d'appui. L'échelle de production est le 1/100 000.

La base CORINE Land Cover en Europe est disponible pour 1990, 2000, 2006 et 2012. Ces bases d'état sont accompagnées par les bases des changements 1990-2000, 2000-2006 et 2006-2012 (données sur les portions du territoire ayant changé d'occupation des sols).

CORINE Land Cover 2018 n'est pas encore disponible.

Les produits utilisés dans le cadre de cette prestation sont : **CORINE Land Cover 2018** ; **CORINE Land Cover 2012 révisée** ; **CORINE Land Cover 2006 révisée**.

Lien : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>

Lien : <http://professionnels.ign.fr>

## BD CARTO®

La BD CARTO® est l'une des grandes bases de données produites par l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Elle est née au milieu des années 80.

C'est une représentation vectorielle bidimensionnelle du territoire et de ses infrastructures.

Elle a été constituée à partir d'une numérisation des cartes au 1 : 50 000 de l'IGN et de l'imagerie spatiale SPOT. La précision de localisation, de l'ordre d'une vingtaine de mètres, lui confère le rôle de référentiel national au 1 : 100 000.

Elle est structurée en thèmes regroupant des objets partageant une même fonctionnalité sur le terrain ou dans la base. Ces différents thèmes sont : Administratif, Équipement, Habillage, Hydrographie, Réseau ferré, Réseau routier, Toponymie.

La BD CARTO® est régulièrement mise à jour. L'IGN a mis en place une structure, répartie sur le territoire, chargée de collecter les évolutions à prendre en compte dans la mise à jour de la base. Celle-ci est assurée à des rythmes réguliers, variables selon l'évolutivité des entités. Elle est par ailleurs conçue pour permettre des enrichissements par les utilisateurs, et pour préserver ces enrichissements par gestion de la généalogie.

Tous les objets de la BD CARTO® sont repérés par un identificateur unique appelé « identifiant IGN » qu'ils conservent toute « leur vie », depuis leur création jusqu'à leur destruction.

L'actualité varie suivant les thèmes :

Thème	Actualité
Routier classé	1 an
Routier non classé	3 ans
Voies ferrées principales	1 an
Hydrographie linéaire	1 (pour navigable) à 5 ans
Administratif	Actualité INSEE au 1 <sup>er</sup> janvier
Réseau électrique	5 ans
Occupation du sol	Images satellitaires de 2000

Les millésimes utilisés dans le cadre de cette prestation sont : **BD CARTO® 2018, version 3.2** ; **BD CARTO® 2012, version 3.1** ; **BD CARTO® 2006, version 3.0**.

## La construction des couches géographiques de référence

### La couche des espaces naturels et semi-naturels

Il s'agit de construire une couche géographique à partir d'une sélection des postes de la nomenclature de CORINE Land Cover correspondant à des espaces naturels et semi-naturels (cf Annexes) :

- Espaces verts urbains (141) ;
- Prairies (231) | Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants (243) | Territoires agroforestiers (244) ;



- Forêts de feuillus (311) | Forêts de conifères (312) | Forêts mélangées (313) | Pelouses et pâturages naturels (321) | Landes et broussailles (322) | Végétation sclérophylle (323) | Forêt et végétation arbustive en mutation (324) | Plages, dunes et sable (331) | Roches nues (332) | végétation clairsemée (333) | Zones incendiées (334) | Glaciers et neiges éternelles (335) ;
- Marais intérieurs (411) | Tourbières (412) | Marais maritimes (421) | Marais salants (422) | Zones intertidales (423) ;
- Cours et voies d'eau (511) | Plans d'eau (512) | Lagunes littorales (521) | Estuaires (522)

Les postes de la nomenclature CORINE Land Cover non retenus pour la couche des espaces naturels et semi-naturels sont de fait des éléments fragmentants : Territoires artificialisés (1 hors 141 – Espaces verts urbains), Territoires agricoles (2 hors 231 – Prairies ; 243 – Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants ; 244 – Territoires agroforestiers) et Mers et océans (523).

La couche s'arrête aux frontières de la France métropolitaine (limites administratives des départements de la BD CARTO® sans enclaves – C'est-à-dire que l'on conserve l'Étang de Berre dans les Bouches-du-Rhône et l'enclave espagnole de Llívia dans les Pyrénées-Orientales).

Cette première couche géographique est donc le résultat d'une fragmentation d'origine anthropique du territoire par l'artificialisation et l'activité agricole à l'échelle de CORINE Land Cover.

## Les couches des éléments fragmentants d'origine anthropique

Il s'agit de construire trois couches géographiques à partir d'une sélection d'objets de la BD CARTO® correspondant à des éléments fragmentants d'origine anthropique : réseau routier, voies ferrées et hydrographie (cf Annexes).

### **Le réseau routier fragmentant**

Il s'agit de construire une couche géographique à partir d'une sélection des tronçons de route dans la table TRONCON\_ROUTE de la BD CARTO® correspondant à des éléments fragmentants.

Sont considérés comme fragmentants les tronçons de routes répondant aux critères suivants :

1. les tronçons sont effectifs sur le terrain (USAGE **Cartographique** ou **Logique et cartographique**), **Au sol** (POS\_SOL) et **Revêtu** (ETAT) ;
2. les tronçons appartiennent à une liaison de **Type autoroutier ou Bretonne**, une **Liaison principale** ou une **Liaison régionale** (VOCATION) :
3. on complète cette sélection par les tronçons appartenant à une **Liaison locale** (VOCATION) à **2 chaussées** (NB\_CHAUSSE) ou **1 chaussée** et plus de deux voies (NB\_VOIES **3 voies, 4 voies, Plus de 4 voies**).

La couche du réseau routier fragmentant est produite en créant un tampon (buffer) de largeur variable autour de chaque tronçon représentant l'emprise au sol de la route comme indiqué ci-après :

- **1 chaussée** (NB\_CHAUSSE) :
  - Tronçons de **Type autoroutier** ou **Bretonne** (VOCATION) ou classés **Auto-route** ou **Nationale** (CLASS\_ADM) : L'emprise du tronçon est de 3,5m par voie (NB\_VOIES) plus 2 × 11m pour la BAU ou BDD, l'accotement, la largeur de sécurité, la clôtures et la bande d'entretien ;
  - **Autres tronçons** : L'emprise du tronçon est de 3,5m par voie (NB\_VOIES) plus 2 × 3m pour la BAU ou BDD et l'accotement ;
- **2 chaussées** (NB\_CHAUSSE) :
  - Tronçons de **Type autoroutier** ou **Bretonne** (VOCATION) ou classés **Auto-route** ou **Nationale** (CLASS\_ADM) : L'emprise du tronçon est de 3,5m par voie (NB\_VOIES\_M plus NB\_VOIES\_D) plus 2 × 15m pour le terre plein central, la BAU ou BDD, l'accotement, la largeur de sécurité, la clôtures et la bande d'entretien ;
  - **Autres tronçons** : L'emprise du tronçon est de 3,5m par voie (NB\_VOIES\_M plus NB\_VOIES\_D) plus 2 × 4m pour le terre plein central, la BAU ou BDD et l'accotement ;

La largeur du tampon est égale à la moitié de l'emprise

## Le réseau ferré fragmentant

Il s'agit de construire une couche géographique à partir d'une sélection des tronçons de voies ferrées dans la table TRONCON\_VOIE\_FERREE de la BD CARTO® correspondant à des éléments fragmentants.

Sont considérés comme fragmentants les tronçons de voies ferrées répondant aux critères suivants :

1. les tronçons sont **En service** (CLASSEMENT), **Au sol** (POS\_SOL) ;
2. les tronçons sont des **Voie normale**, **LGV**, **Embranchement particulier** ou **Voie de triage** (NATURE).

La couche du réseau ferré fragmentant est produite en créant un buffer (tampon) de largeur variable autour de chaque tronçon représentant l'emprise au sol de la voie ferrée comme indiqué ci-après :

- **LGV** (NATURE) : La largeur totale de l'emprise va de clôture à clôture et représente de 65 à 80 m et de 60 à 75 m en voie unique ;
- en **Voie normale** (NATURE) : L'emprise est souvent limitée à la seule plate-forme de 10 à 15 m.

Taille du buffer (mètres) : demi-emprise		
NB_VOIES	LGV (NATURE)	Autres tronçons
1 voie	35	5
2 voies ou plus	40	7,5
Autre valeur	35	5

## Le réseau hydrographique fragmentant d'origine anthropique

Il s'agit de construire une couche géographique à partir d'une sélection des tronçons hydrographiques dans la table TRONCON\_HYDROGRAPHIQUE de la BD CARTO® correspondant à des éléments fragmentants d'origine anthropique.

Sont considérés comme fragmentants les tronçons hydrographiques répondant aux critères suivants :

1. les tronçons sont des écoulements **Permanent** (ETAT), à l'air libre, **Au sol**, à ciel ouvert (POS\_SOL **0** ou **Au sol**), de plus de 15 mètres de large (LARGEUR **Entre 15 à 50 mètres** ou **De plus de 50 mètres**) ;
2. les tronçons sont des **Aqueduc, conduite forcée** ou des **Canal, chenal** (NATURE)

La couche du réseau hydrographique fragmentant d'origine anthropique est produite en créant un buffer (tampon) de largeur variable autour de chaque tronçon représentant l'emprise au sol du tronçon hydrographique comme indiqué ci-après :

LARGEUR	Taille du buffer (mètres)
Entre 15 et 50 mètres	7,5
Plus de 50 mètres	25

## La couche des espaces naturels et semi-naturels continus après fragmentation anthropique

La « couche des espaces naturels et semi-naturels continus après fragmentation anthropique » est obtenue par un traitement géographique sous SIG qui consiste à supprimer physiquement de la « couche des espaces naturels et semi-naturels de CORINE Land Cover » les surfaces intersectant les trois couches d'éléments fragmentants d'origine anthropique : le réseau routier fragmentant, le réseau ferré fragmentant et le réseau hydrographique fragmentant, puis à regrouper les fragments d'espaces naturels et semi-naturels contigus.

Ce traitement génère des artefacts : des petits fragments dus à des écarts de positionnement entre les éléments fragmentants et les limites des polygones CORINE Land Cover alors qu'en réalité ils partagent une même limite. Afin d'éliminer ces artefacts qui n'ont pas de réalité physique et peuvent introduire un biais dans les calculs, les fragments de moins de 500 m<sup>2</sup> ou de moins de 1000m<sup>2</sup> avec un indice de compacité supérieur à 10, ont été supprimés.

Le calcul des superficies des fragments d'espaces naturels et semi-naturels permet d'utiliser les valeurs produites dans la formule de la taille effective de maille et d'autres indicateurs de fragmentation.

## La couche des espaces naturels et semi-naturels terrestres continus après fragmentation anthropique et naturelle

La « couche des espaces naturels et semi-naturels terrestres continus après fragmentation anthropique et naturelle » est obtenue par un traitement géographique sous SIG qui consiste à supprimer physiquement de la « couche des espaces naturels et semi-naturels continus après fragmentation anthropique » les surfaces considérées comme des barrières naturelles pour les espèces terrestres :

- Glaciers et neiges éternelles (335) ;
- Cours et voies d'eau (511) | Plans d'eau (512) | Lagunes littorales (521) | Estuaires (522) | Mers et océans (523).

Ce traitement génère des artefacts : des petits fragments dus à des écarts de positionnement entre les éléments fragmentants et les limites des polygones CORINE Land Cover alors qu'en réalité ils partagent une même limite. Afin d'éliminer ces artefacts qui n'ont pas de réalité physique et peuvent introduire un biais dans les calculs, les fragments de moins de 500 m<sup>2</sup> ou de moins de 1000m<sup>2</sup> avec un indice de compacité supérieur à 10, ont été supprimés.

Le calcul des superficies des éléments découpés permet d'utiliser les valeurs produites dans la formule de la taille effective de maille et d'autres indicateurs de fragmentation.

## Les indicateurs de fragmentation

### La taille effective de maille

La taille effective de maille ( $m_{eff}$ ) est une méthode pour qualifier la fragmentation du paysage, qui se base sur la probabilité que deux points choisis au hasard sur un territoire ne soient pas séparés par une barrière (par exemple une route ou une zone urbanisée), ce qui peut être interprété comme la possibilité que deux animaux de la même espèce puissent se rencontrer sur le territoire sans avoir à franchir un obstacle. Elle diminue avec un nombre croissant de barrières sur le territoire.

Dans la méthode d'origine (Jaeger, 2000) dite « cutting-out » (CUT) utilisée pour le calcul de la  $m_{eff}$ , les « frontières » du territoire sont considérées comme des éléments fragmentants supplémentaires, ce qui introduit un biais (« boundery problem »). La  $m_{eff}$  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  $m_{eff}$ .

#### Calcul de la $m_{eff}$ selon la méthode d'origine dite « cutting out » (CUT)

$$m_{eff} = \frac{1}{A_{total}} \sum_{i=1}^n A_i^2$$

où

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

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

$A_{total}$  = superficie totale du territoire d'étude.

La valeur de  $m_{eff}$  varie entre 0 (quand le territoire est totalement couvert par des infrastructures de transport et/ou des zones urbanisées, c'est-à-dire entièrement fragmenté) et la superficie totale du territoire d'étude  $A_{total}$ .

#### Calcul de la $m_{eff}$ selon la nouvelle méthode dite « cross-boundary connections » (CBC)

$$m_{meff}^{CBC} = \frac{1}{A_{total}} \sum_{i=1}^n A_i \cdot A_i^{cpl}$$

où

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

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

$A_i^{cpl}$  = 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 ;

$A_{total}$  = superficie totale du territoire d'étude.

La  $m_{meff}^{CBC}$  peut être calculée par combinaison de deux territoires ou plus à partir des  $m_{meff}^{CBC}$  de ces territoires par le calcul d'une moyenne pondérée par la surface des territoires.

### Les autres indicateurs de fragmentation

#### Définition de nouvelles métriques de fragmentation (d'après Jaeger, J. A. G., 2000)

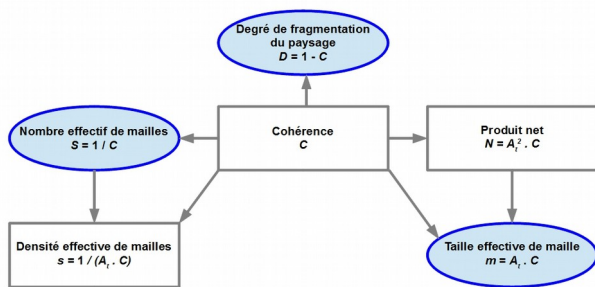
Les trois nouvelles métriques de fragmentation, le degré de fragmentation du paysage ( $D$ ), le nombre effectif de maille ( $S$ ) et la taille effective de maille ( $m$ ), sont basées sur la possibilité de rencontre entre deux animaux sur un territoire. Ce qui est équivalent à la probabilité que deux points choisis au hasard sur ce territoire ne soient pas séparés par une barrière.



La possibilité de rencontre entre deux individus est une condition préalable à la survie d'une population. Elle prend en compte la taille des espaces continus et l'accessibilité aux espaces habitables qui sont deux des plus importants facteurs d'extinction d'une population. Il est inutile de considérer plus de deux individus.

Dans un souci de clarté, les métriques sont présentées via trois métriques auxiliaires : la cohérence (C), la densité effective de maille (s) et produit net (N).

Relations entre les trois nouvelles métriques de la fragmentation D, S et N et les quantités auxiliaires correspondantes C, s et N



Les espaces non fragmentés du territoire sont appelés « patches ». Dans les définitions suivantes, l'ensemble des n « patches » d'un territoire est noté par  $\Phi = \{A_i | i = 1, \dots, n\}$

avec

n = nombre de patches sur le territoire ;

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

$A_t$  = superficie totale du territoire.

### Degré de cohérence (C)

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

C est défini comme la probabilité que deux animaux placés à différents endroits d'un territoire, puissent se rencontrer. Autrement dit, C peut être compris comme la probabilité que deux animaux, qui pouvaient se déplacer sur tout le territoire avant l'apparition des processus de fragmentation, se retrouve après fragmentation dans le même patch.

### Degré de fragmentation du paysage (D)

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

D est défini comme la probabilité que deux points choisis au hasard sur un territoire ne soient pas situés dans le même patch.

### Nombre effectif de mailles (S)

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

S est défini comme le nombre de « patches » que l'on obtient en découpant la superficie totale du territoire par une maille régulière de telle façon que cette nouvelle configuration  $\Phi'$  mène au même degré de fragmentation du paysage (D) que celui obtenu pour  $\Phi$ . Si tous les patches d'une distribution  $\Phi$  ont la même taille, alors  $\Phi' = \Phi$  et  $S = D \times n$ . S peut être interprété comme le nombre de maille effectif d'un réseau  $\Phi'$  avec une taille de maille constante divisant le territoire en S patches de taille  $A_t/S$ .

### Taille effective de maille (m)

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

m correspond à la taille des patches quand le territoire est divisé en S patches (chacun de même taille  $A_t/S$ ) avec le même degré de fragmentation du paysage que  $\Phi$ .

### Densité de mailles (s)

$$s = \frac{S}{A_t} = \frac{A_t}{\sum_{i=1}^n A_i^2} = \frac{1}{m}$$

Quand un territoire est caractérisé par le nombre effectif de mailles (S) alors le nombre de mailles par unité de surface est donné par la densité de maille (s).

### Produit net (N)

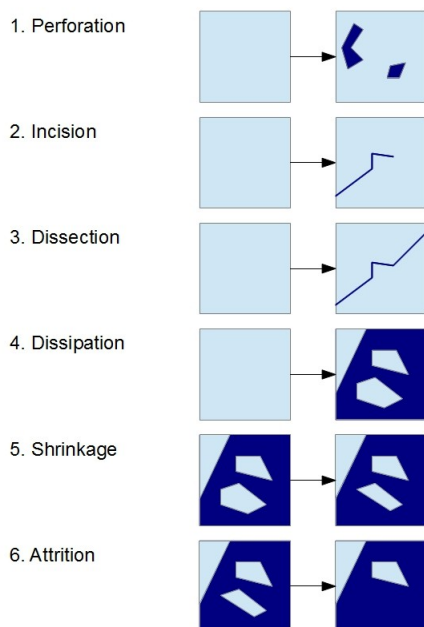
$$N = m \cdot A_t = \sum_{i=1}^n A_i^2$$

N est défini comme le produit de la taille effective de maille m par la superficie totale du territoire.

## Comparaison des nouvelles métriques de fragmentation avec d'autres (Jaeger J.A.G. 2000)

## Références

### Les processus de fragmentation



Les métriques examinées dans cette étude montrent des sensibilités différentes aux processus de fragmentation (perforation, incision, dissection, etc.). Les nouvelles mesures ( $D$ ,  $S$ , et  $m$ ) se sont révélées être adaptées à toutes les phases de fragmentation. La comparaison avec cinq autres métriques de la littérature a révélé que les mesures proposées conduisent à des améliorations par rapport aux critères d'aptitude suivants : faible sensibilité aux petits patches, réaction monotone aux différentes phases de la fragmentation, détection des différences structurelles, simplicité mathématique.

Pour ces raisons, les nouvelles métriques peuvent être interprétées comme des métriques de fragmentation plus concluantes que les précédentes. En particulier, la taille effective de maille ( $m$ ) est une métrique de fragmentation appropriée en raison de ses caractéristiques mathématiques et de son interprétation intuitive. On pourrait conclure que le nombre de patches ( $n$ ), la taille moyenne des patches ( $A$ ), et l'indice de fragmentation relatif ( $PIrel$ ) devraient être remplacés par le nombre effectif de maille ( $S$ ), la taille effective de maille ( $m$ ), et le degré de fragmentation du paysage ( $D$ ). Dans le cas d'incision, cependant, la densité routière ( $I$ ) ou l'indice de fragmentation du paysage ( $LDI$ ) devraient également être appliqués.

- Chailloux, M. & Chéry, J.P. & Amsallem, J. (2019) FragScape : a qgis plugin to quantify landscape fragmentation. Lien : <https://www.umr-tetis.fr>
- Jaeger, J. A. G., 2000, 'Landscape division, splitting index, and effective mesh size : new measures of landscape fragmentation', *Landscape Ecology* 15(2), 115–130. Lien : <https://www.researchgate.net/publication>
- Moser, B., Jaeger, J. A. G., Tappeiner, U., Tasser, E. and Eiselt, B., 2007, 'Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem', *Landscape Ecology* 22(3), 447–459. Lien : <https://www.researchgate.net/publication>
- Groupe de travail national sur l'occupation des sols à grande échelle, Prescriptions nationales pour la production des bases de données d'occupation des sols à grande échelle, version 1.1, août 2015, CEREMA, Dtec TV, 38-41. Lien : <http://cnig.gouv.fr>
- Commissariat général au développement durable, 2009, CORINE Land Cover France, Clés d'interprétation de la nomenclature, Document technique. Lien : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>
- European Environment Agency, 2011, 'Landscape fragmentation in Europe', Joint EEA-FOEN report N° 2. Lien : <http://www.eea.europa.eu/publications>
- Commissariat général au développement durable, 2011, Indicateurs de développement durable pour les territoires, La fragmentation des espaces naturels par région forestière départementale, Études et documents N°57. Lien : <http://www.developpement-durable.gouv.fr>
- Observatoire National de la Biodiversité, 2013, Groupe de travail « Indicateurs SNB », compte rendu et document préparatoire de la réunion n°25 du 2 octobre 2013.

## Annexes

### Couche des espaces naturels et semi-naturels de CORINE Land Cover

La nomenclature de CORINE Land Cover est une nomenclature hiérarchisée en 3 niveaux qui permet de couvrir l'ensemble du territoire. Elle comprend 5 postes au niveau 1, 15 au niveau 2 et 44 au niveau 3. Le premier niveau (5 postes) correspond aux grandes catégories d'occupation du sol repérables à l'échelle de la planète, le second niveau (15 postes) est utilisable pour les échelles de 1/500 000 et 1/1 000 000 et le troisième niveau (44 postes) est utilisé au 1/100 000. Les codes d'occupation du sol sont construits par juxtaposition des numéros de postes de chaque niveau de la nomenclature. Exemple : 221 représente les Vignobles (2 : territoires agricoles, 2 : cultures permanentes, 1 : vignobles).

#### Classement des postes niveau 3 de la nomenclature CORINE Land Cover :

Territoires artificialisés		naturels*	
code	libellé	Oui	Non
111	Tissu urbain continu		X
112	Tissu urbain discontinu		X
121	Zones industrielles et commerciales		X
122	Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés		X
123	Zones portuaires		X
124	Aéroports		X
131	Extraction de matériaux		X
132	Décharges		X
133	Chantiers		X
141	Espaces verts urbains	X	
142	Équipements sportifs et de loisirs		X
(*) ou semi-naturels			

Suite aux travaux du groupe « Indicateurs SNB » n°25 du 2 octobre 2013 les « Espaces verts urbains » correspondant essentiellement aux bois de Boulogne et Vincennes entrent dans la composition de la couche des espaces naturels et semi-naturels par contre les « Équipements sportifs et de loisirs » sont considérés comme fragmentants.

Territoires agricoles		naturels*	
code	libellé	Oui	Non
211	Terres arables hors périmètres d'irrigation		X
212	Périmètres irrigués en permanence		X
213	Rizières		X
221	Vignobles		X
222	Vergers et petits fruits		X
223	Oliveraies		X
231	Prairies	X	
241	Cultures annuelles associées aux cultures permanentes		X
242	Systèmes culturaux et parcellaires complexes		X
243	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	X	
244	Territoires agro-forestiers	X	
(*) ou semi-naturels			

Suite aux travaux du groupe « Indicateurs SNB » n° 25 du 2 octobre 2013 les « Vignobles », les « Vergers et petits fruits » et les « Oliveraies » sont considérés comme fragmentants, de même que les « Cultures annuelles associées aux cultures permanentes » et les « Systèmes culturaux et parcellaires complexes ».

Forêts et milieux semi-naturels		naturels*	
code	libellé	Oui	Non
311	Forêts de feuillus	X	
312	Forêts de conifères	X	
313	Forêts mélangées	X	
321	Pelouses et pâturages naturels	X	
322	Landes et broussailles	X	
323	Végétation sclérophylle	X	
324	Forêt et végétation arbustive en mutation	X	
331	Plages, dunes et sable	X	
332	Roches nues	X	
333	Végétation clairsemée	X	
334	Zones incendiées	X	
335	Glaciers et neiges éternelles	X	
(*) ou semi-naturels			

Zones humides		naturels*	
code	libellé	Oui	Non
411	Marais intérieurs	X	
412	Tourbières	X	
421	Marais maritimes	X	
422	Marais salants	X	
423	Zones intertidales	X	
(*) ou semi-naturels			

Surfaces en eau		naturels*	
code	libellé	Oui	Non
511	Cours et voies d'eau	X	
512	Plans d'eau	X	
521	Lagunes littorales	X	
522	Estuaires	X	
523	Mers et océans		X
(*) ou semi-naturels			

Les postes de la nomenclature CORINE Land Cover non retenus pour la couche des espaces naturels et semi-naturels sont de fait des éléments fragmentants.

## Quelle prise en compte des surfaces en eau dans les documents de référence ?

Jaeger, 2000 : « La fragmentation du Paysage comprend aussi des barrières naturelles contre la dispersion des animaux comme les rivières. »

Lethuillier Sylvain, 2007 : « Le premier critère de différenciation des obstacles est leur origine, qui peut être anthropique ou naturelle. Les obstacles ont ensuite été rassemblés selon leur importance (largeur ou gêne provoquée), pour déterminer les cartes à obtenir et donc les différents niveaux de fragmentation à cartographier. De cette manière, quatre grands types d'obstacles ont été déterminés. [...] Obstacles de type 3 : ce sont les grands obstacles naturels (cours d'eau) qui empêchent certains déplacements terrestres, du fait de leur largeur et de la vitesse du courant. Il s'agit de cours d'eau d'une largeur de plus de 15 mètres.[...] Obstacles de type 4 : ce sont de petits obstacles naturels qui constituent une gêne pour certaines espèces aux déplacements limités. Petits cours d'eau (moins de 15 mètres de large) : leur largeur inférieure les rend perméables aux déplacements des espèces de grande taille, mais ils peuvent aussi constituer des obstacles infranchissables pour d'autres espèces. Falaises : même si ces obstacles

peuvent être traversés par certaines espèces, ils représentent également une gêne pour les déplacements de certaines autres. »

CGDD, 2010 : « La fragmentation des espaces naturels pèse sur la biodiversité par la présence de barrières difficilement franchissables, principaux cours d'eau et grandes voies de transport terrestre, et par la baisse des surfaces des espaces non fragmentés. »

EEA, 2011 : « Les géométries de fragmentation A1 et A2 incluent seulement des barrières artificielles : routes, voies ferrées et bâtis. Dans beaucoup de régions d'Europe, les lacs, les fleuves et rivières ainsi que l'altitude jouent aussi un rôle majeur de barrières naturelles. Dans quelques régions, leur impact est si important qu'il n'est pas significatif de comparer leur niveau de fragmentation du paysage avec des régions sans lacs et ni montagnes. Par conséquent, dans la géométrie B2, les lacs, les fleuves et rivières importants et les montagnes les plus hautes sont considérées comme des barrières et le niveau de fragmentation de ces régions a été calculé comme pour les régions non montagneuses. Ainsi, la géométrie de fragmentation B2 reflète le fait que la fragmentation artificielle affecte la biodiversité en association avec la fragmentation naturelle. Les valeurs résultantes pour la fragmentation des régions non montagneuses peut être comparées sur tout le territoire. »

OBHN, 2013 : « La fragmentation de l'espace naturel et semi-naturel se définit comme le morcellement de parcelles de prairies, forêts, landes et zones humides par des barrières difficilement franchissables telles que les grandes voies de communication terrestres, l'étalement urbain et les grands cours d'eau. »

ONB, 2013 : « Les surfaces en eau (postes CLC n°5, représentent 0,7 % de la France métropolitaine) doivent-elles être ajoutées aux milieux naturels, à l'image des zones humides ? Un argument qui inciterait à ne pas les inclure est que les milieux aquatiques constituent une sous-trame écologique distincte, dont la fragmentation est déjà suivie par un indicateur spécifique (SNB-B06-12-FCE « Fragmentation des cours d'eau »). Un autre argument défavorable est qu'on aboutirait à la délimitation de fragments d'espaces naturels linéaires. Rappelons que les cours d'eau sont délimités dans CLC à partir d'une largeur de 100 m, assez importante pour de nombreuses espèces. Il serait également difficile de considérer que les routes fragmentent les grands fleuves... On pourrait renommer l'indicateur « Fragmentation des milieux naturels terrestres » (Dorothee Pageaud, Antoine Lévêque, Note préparatoire au GT indicateurs, 2013) ;

« Par rapport à la proposition faite dans la note préparatoire de ne pas retenir les surfaces en eau (postes 5 de CLC) parmi les espaces naturels (et par conséquent de titrer l'indicateur « Fragmentation des espaces naturels terrestres »), Luc Mauchamp plaide pour que le phénomène de fragmentation naturelle (montagne, falaises, cours d'eau) ne soit pas pris en compte dans l'indicateur ; aussi, les postes 5 doivent être considérés comme « espaces naturels » et non comme des éléments fragmentant. Élodie Salle et Maxime Paquin plaident aussi pour cette solution. Frédéric Gosselin propose donc d'adapter le titre de l'indicateur « Fragmentation anthropique des espaces naturels. ». En conclusion du GT : Les postes CLC 5 sont considérés comme non fragmentants et donc inclus parmi les « espaces naturels » ; le titre de l'indicateur précise « fragmentation anthropique » (GT Indicateurs).

## BD CARTO® Version 3.2, Descriptif de contenu (révision : Mai 2018)

### Classe TRONCON\_ROUTE

#### VOCATION

Vocation de la liaison : Ce champ matérialise une hiérarchisation du réseau routier basée, non pas sur un critère administratif, mais sur l'importance des tronçons de route pour le trafic routier. Ainsi les 4 valeurs « *Type autoroutier* », « *Liaison principale* », « *Liaison régionale* » et « *Liaison locale* » permettent un maillage de plus en plus dense du territoire.

- **Type autoroutier** : Autoroute et route express à chaussées séparées et carrefours dénivelés.
- **Liaison principale** : Les liaisons principales ont pour fonction :
  - d'assurer les liaisons à fort trafic à caractère prioritaire entre agglomérations importantes ;
  - d'assurer les liaisons des agglomérations importantes au réseau autoroutier ;
  - 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.

- **Liaison régionale** : Les liaisons régionales ont pour fonction :
  - de relier des voies de vocation plus élevée ;
  - de relier les communes de moindre importance entre elles si ce n'est fait par des itinéraires de vocation plus élevée ;
  - de proposer des itinéraires de substitution aux autoroutes payantes ;
  - de proposer des itinéraires de contournement des agglomérations ;
  - de desservir les localités et sites touristiques importants ;
  - de desservir les échangeurs autoroutiers, de préférence à un autre itinéraire plus proche ;
  - de desservir les points de passage des obstacles naturels quand ils sont peu nombreux (cols routiers, ponts) ;
  - de desservir les agglomérations d'où partent des liaisons maritimes et les embarcadères isolés si ce n'est fait par des itinéraires de vocation plus élevée ;
  - de structurer la circulation en agglomération.
- **Liaison locale** : Valeur par exclusion des autres valeurs de l'attribut.
- **Bretelle** : Cette valeur correspond aux tronçons qui définissent la description détaillée des échangeurs et des carrefours aménagés ou ronds-points d'une extension supérieure à 100 mètres.
- **Piste cyclable**
- **Autre valeur** : En attente de mise à jour.

#### NB\_CHAUSSE

Nombre de chaussées du tronçon : Pour les voies à chaussées séparées, si elles sont contiguës, la BD CARTO® contient un tronçon à deux chaussées ; si elles sont éloignées de plus de 100m sur au moins 1000m de long, la BD CARTO® contient deux tronçons à une chaussée.

- **1 chaussée** ;
- **2 chaussées** ;
- **Autre valeur** : En attente de mise à jour.

#### NB\_VOIES

Nombre total de voies du tronçon de route :

- **1 voie ou 2 voies étroites** ;
- **2 voies larges** : chaussée normalisée à 7m ;
- **3 voies** : chaussée normalisée à 10,5m ;



- **4 voies** ;
- **Plus de 4 voies** ;
- **N'existe pas** : Valeur permise uniquement pour les tronçons en construction ;
- **Sans objet** : Valeur obligatoire pour les voies à double chaussées et les bretelles d'échangeur.

### **NB\_VOIES\_M**

Nombre de voies de la chaussée montante. Ne concerne que les tronçons à deux chaussées. La chaussée montante est celle où la circulation s'effectue dans le sens des arcs composant le tronçon.

- **1 voie** ;
- **2 voies** ;
- **3 voies** ;
- **4 voies** ;
- **Plus de 4 voies** ;
- **Autre valeur** : En attente de source ;
- **Sans objet** : Uniquement et obligatoirement pour les tronçons à simple chaussée.

### **NB\_VOIES\_D**

Nombre de voies de la chaussée descendante. Ne concerne que les tronçons à deux chaussées. La chaussée descendante est celle où la circulation s'effectue en sens inverse des arcs composant le tronçon.

Mêmes valeurs de l'attribut que NB\_VOIES\_M.

### **ETAT**

État physique du tronçon :

- **Revêtu** ;
- **Non revêtu** ;
- **En construction** ;
- **Chemin d'exploitation** ;
- **Sentier** ;
- **Autre valeur** : En attente de mise à jour.

### **POS\_SOL**

Position du tronçon par rapport au sol :

- **Au sol** : Au sol, en remblai, en déblai ou en corniche ;

- **Sur pont** : Sur pont ou viaduc ;
- **Souterrain** : En tunnel, souterrain, couvert ou semi-couvert.

### **USAGE**

Utilisation du tronçon de route : Ce champ permet de distinguer les tronçons en fonction de leur utilisation potentielle pour la description de la logique de communication et/ou d'une représentation cartographique.

- **Logique et cartographique** : Tronçon réel indispensable à la compréhension de la logique de communication ;
- **Logique** : Le tronçon n'a pas d'existence physique réelle (tronçon fictif) mais représente la logique de communication dans un échangeur, lui-même généralisé en nœud routier représentant un carrefour aménagé (type = « intersection représentant un carrefour aménagé »), un rond-point (« intersection représentant un rond-point »), un échangeur complet (« intersection représentant un échangeur complet ») ou un échangeur partiel (« intersection représentant un échangeur partiel ») ;
- **Cartographique** : Tronçon réel uniquement destiné à une représentation cartographique.

### **CLASS\_ADM**

Classement administratif de la route contenant le tronçon :

- **Autoroute** ;
- **Nationale** ;
- **Départementale** ;
- **Autre valeur** : En attente de mise à jour ;
- **Sans objet** : Pour les tronçons de route n'appartenant pas au réseau routier classé ou situés à l'étranger.

### **Classe TRONCON\_VOIE\_FERREE**

### **NATURE**

Nature du tronçon de voie ferrée :

- **Voie normale** ;
- **LGV** : Ligne à Grande Vitesse ;

- **Embranchement particulier** : Voie industrielle ou de service, ligne touristique ;
- **Voie de triage** : Voie de triage ou de garage ;
- **Voie à crémaillère** ;
- **Funiculaire**.

### **NB\_VOIES**

Nombre de voies principales du tronçon :

- **1 voie** ;
- **2 voies ou plus** ;
- **Autre valeur** : En attente de mise à jour.

### **POS\_SOL**

Position du tronçon de voie ferrée par rapport au sol :

- **Au sol** : Au sol, en remblai, en déblai ou en corniche ;
- **Sur pont** : Sur pont ou sur viaduc ;
- **Souterrain** : En tunnel, souterrain ou couvert.

### **CLASSEMENT**

Classement du tronçon de voie ferrée :

- **En service** : Tronçon exploité ;
- **Neutralisé** : Tronçon neutralisé ou fermé ; n'est plus utilisé pour le trafic normal ;
- **En construction** : Tronçon en construction ;
- **Autre valeur** : En attente de mise à jour.

### **Classe TRONCON\_HYDROGRAPHIQUE**

### **ETAT**

État du tronçon hydrographique :

- **Inconnu** : L'existence d'un écoulement est certaine, mais le tracé n'est pas connu avec précision ;
- **Permanent** : Écoulement continu ;
- **Intermittent** : Écoulement intermittent ;
- **Fictif** : Tronçon créé pour assurer la continuité des cours d'eau à l'intérieur des zones d'hydrographie, lorsque le tracé n'est pas connu avec précision ;

- **A sec** : Tronçon abandonné, à sec ;
- **NR** : Non renseigné.

### **LARGEUR**

Largeur du tronçon hydrographique :

- **De 0 à 15 mètres** : L'existence d'un écoulement est certaine, mais le tracé n'est pas connu avec précision ;
- **Entre 15 et 50 mètres** : Écoulement continu ;
- **Plus de 50 mètres** : Écoulement intermittent ;
- **NC** : Non concerné.

### **NATURE**

Nature du tronçon hydrographique :

- **Canal, chenal** : Voie d'eau artificielle ;
- **Cours d'eau naturel** : Voie d'eau naturelle ;
- **Aqueduc, conduite forcée** : Tuyau ou chenal artificiel conçu pour le transport de l'eau – usage hydroélectrique, industriel, etc.) ;
- **Estuaire** : Écoulement d'un cours d'eau dans la zone d'estran ;
- **NC** : Non concerné.

### **POS\_SOL**

Position du tronçon hydrographique par rapport au sol :

- **Au sol** : Tuyau posé au sol ;
- **-1** : Souterrain ;
- **0** : À l'air libre, au sol, à ciel ouvert ;
- **1** : Sur pont, élevé sur pont, arcade ou mur ;
- **Inconnue** : Position inconnue.

## **Les évolutions du champ VOCATION des routes dans la BD CARTO® entre 2006 et 2012**

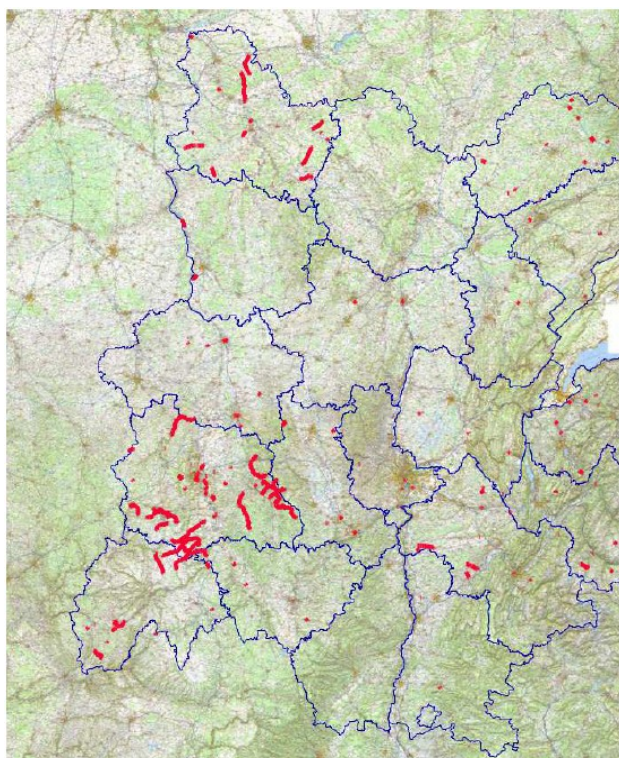
Le 18/01/2017 Frédérique JANVIER (Chef de division traitements et méthodes statistiques – CGDD/SOeS/SDM3D/BMAS) fait part du retour de l'IGN suite à son questionnaire sur les critères de changement de vocation des routes dans la BD CARTO® :

« Après vérification sur l'historique de la base et avec le collecteur du Puy de Dôme, où semblent se concentrer les modifications en région Rhône-Alpes,

il s'avère que les modifications faites sont tout à fait logiques du point de vue des spécifications de la BD CARTO. Nous pensons qu'il y avait une surreprésentation des liaisons Régionales jusque-là et que cela a été traité lors d'une période « d'homogénéisation » de la base interne de production (BDUNI). »

Frédérique JANVIER précise que « cette « homogénéisation » aurait pour but d'assurer une meilleure cohérence entre les informations à moyenne échelle (BD CARTO) et à grande échelle (BD TOPO). »

« Une vue des tronçons en évolution de vocation régionale à locale entre le 01/01/2006 et le 31/12/2012 pour tous les départements du ressort de la direction inter-régionale Centre-Est. L'A89 semble très peu concernée. »



## Avis des correspondants techniques Trame Verte et Bleue sur la méthode :

Le 20/05/2016 Antoine LOMBARD (DGALN/DEB/EN2, Maîtrise d'ouvrage) sollicite l'avis des correspondants techniques TVB sur le caractère fragmentant de certains aménagements. Concernant les cours d'eau et canaux, a priori les canaux devraient être considérés comme fragmentants même si l'impact de certains sur les espaces naturels n'est pas évident. Pour ce qui est des rivières le maître d'ouvrage s'interroge sur la

possibilité de considérer le caractère fragmentant des digues. Concernant les routes, toutes ne sont pas fragmentantes, les chemins par exemple. La question qui se pose est de fixer les critères pour déterminer celles qui le sont : le revêtement par exemple.

Le 23/05/2016 Avis de Sylvie VANPEENE (IRSTEA Aix) : La notion de fragmentation dépend fortement des espèces considérées. Des travaux ont montré que les pistes forestières (non revêtues) peuvent constituer des barrières thermiques infranchissables pour les insectes. Le caractère fragmentant d'une route dépend plus du trafic que de sa vocation, certaines liaisons très locales peuvent se révéler très meurtrières pour les batraciens par exemple, mais les données sur le trafic ne sont pas disponibles à l'échelle nationale. Concernant les cours d'eau et canaux, c'est le côté abrupt des berges qui crée la barrière. Une rivière même à écoulement permanent ne constitue pas un obstacle fragmentant sauf si elle est endiguée au plus près de l'eau et un canal navigable n'est pas forcément fragmentant si ses berges sont aménagées de manière douce (pas de mur béton, de palplanche ou de quai). S'il n'existe pas de cartographie des voies d'eau endiguées, la navigabilité peut être une approximation, car pour limiter l'érosion due au passage des bateaux, les berges sont souvent protégées par des palplanches ou des digues. L'indicateur ne traduira jamais la réalité mais l'important c'est qu'il soit appliqué partout de la même manière et pérenne.

Le 23/05/2016 Avis de Jennifer AMSALLEM (IRSTEA Montpellier) : L'indicateur vise à montrer l'évolution de la fragmentation des espaces naturels et semi-naturels, d'origine anthropique, limitée aux routes, voies ferrées et espaces urbanisés au regard de l'échelle de calcul. Il ne semble donc pas pertinent de prendre en compte les cours d'eau même s'ils peuvent constituer des barrières pour certaines espèces terrestres. Concernant les canaux, c'est en effet la gestion de leurs bords qu'il est important de prendre en compte mais les données n'existent pas sur tout le territoire. Les mêmes questions se sont posées dans le cadre du projet « Trame écologique du Massif Central » de l'IPAMAC et il a été décidé que les cours d'eau et canaux ne seraient pas pris en compte en tant qu'éléments fragmentants, privilégiant leur potentiel en termes de réservoirs de biodiversité et de connectivité écologique plutôt que leur rôle de barrière. En conclusion sur cette question des cours d'eau et des canaux, l'avis de Jennifer Amsallem est de ne pas les prendre en compte pour montrer l'évolution de la fragmentation « artificielle », il en va de même pour l'altitude et la pente qui constituent des discontinuités naturelles. Concernant les routes, le trafic et/ou les clôtures ont un impact fort sur la fragmentation effective des milieux, mais ces données ne sont pas partout disponibles. Il me paraît

difficile d'aller vraiment plus loin que ce qui est prévu dans la note méthodologique, notamment le champ « VOCATION ». Il existe tout de même en France de très nombreuses petites routes de campagne très peu fragmentantes. Concernant le bâti, la précision de Corine Land Cover est adaptée pour un calcul à l'échelle régionale.

Le 23/05/2016 Antoine LOMBARD (DGALN/DEB/EN2, Maîtrise d'ouvrage) précise suite aux premiers échanges sur la méthode que les deux modèles diffèrent : (1) une couche de « fragmentation anthropique des milieux naturels et semi-naturels » qui correspond plutôt à l'approche TVB et aux attentes des correspondants et (2) une couche de « fragmentation anthropique et naturelle des milieux naturels et semi-naturels terrestres » qui correspond à la définition de la fragmentation des milieux. Antoine Lombard précise que fragmentation ne signifie pas imperméabilité totale et que par conséquent les canaux doivent être considérés comme fragmentants.

Le 23/05/2016 Avis de Romain SORDELLO (MNH) : Il est difficile de définir à partir de quand telle ou telle infrastructure est fragmentante. C'est un phénomène complexe qui dépend surtout des espèces et même des individus, des moments. Sur la question des canaux/cours d'eau : Si on appelle canal une structure forcément construite par l'homme et non pas une rivière canalisée, alors tous les canaux sont fragmentants même s'ils sont bien aménagés. Ils représentent forcément une rupture nouvelle, aquatique, sur une surface qui était terrestre avant. Leur aménagement ne peut ensuite que diminuer au maximum leur effet barrière mais il ne pourra jamais le supprimer. Les cours d'eau sont effectivement déjà une barrière naturelle avant l'arrivée de l'homme puis leur aménagement peut ensuite augmenter cet effet, notamment l'aspect des berges (« rivière canalisée »). Il semblerait excessif de mettre toutes les rivières en fragmentant ou en non fragmentant, il faut arriver à trouver effectivement un moyen même grossier de faire un tri. Sur la question des routes, ce n'est pas tant le revêtement mais plutôt la corrélation qui implique que si un chemin est goudronné c'est aussi sûrement parce qu'il est plus pratiqué avec des véhicules à moteur (donc collision plus probables).

## Largeurs d'emprises routières et ferroviaires

Le 28/04/2016 Luc MAUCHAMP (DGALN/DEB/PEM4) consulte la DGITM sur la largeur d'emprise des infrastructures routières et ferroviaires, considérées pour les plus larges comme fragmentantes des espaces naturels ou semi-naturels. Existe-il des normes techniques, des

recensements ou autres conventions, utilisées pour affecter une largeur standard aux différentes infrastructures linéaires ?

Le 04/05/2016 Éric GARDAIS (DGITM/DIT/GRN) a pris contact avec les personnes chargées du réseau routier national (RRN) et communique les éléments suivants :

- pour une route nationale à 2 x 2 voies la largeur d'emprise (impactée par la route, c'est-à-dire de clôture à clôture) est de 1m à gauche (y compris le terre plein central) plus 2 x 3,50m (2 voies) plus 3m (bande d'arrêt d'urgence et accotement) plus 10m de largeur de sécurité et 1m pour la clôture et la bande d'entretien soit 22m par chaussée et au total 2 fois 22 m pour une 2 x 2 voies. À cette largeur il faut ajouter 3,50 m par voie, donc 2 x 25,50m pour une 2 x 3...
- pour une route nationale bidirectionnelle (1 chaussée de 2 voies) : 2 x 3,50 m (2 voies) plus 2 x 3m (bande d'arrêt d'urgence ou BDD et accotement) plus 7m de largeur de sécurité et 1m pour la clôture et la bande d'entretien soit 21m au total (on peut décomposer en 2 x 10,50m si on compte par sens)

Pour les autoroutes, les caractéristiques sont a priori transposables (les ordres de grandeurs paraissent convenir).

Le 11/05/2016 Guillaume BRODARD (DGITM/DIT/RFV3) communique les éléments suivants :

- Concernant les lignes à grande vitesse (LGV) la largeur totale de l'emprise va de clôture à clôture et représente de 65m à 80m (suivant s'il y a du déblai/remblai ou non), et de 60 à 75m en voie unique (pas de cas existant à ce jour, hormis de courtes sections de raccordement).
- Sur ligne classique, il y a rarement des clôtures (quasi-exclusivement en zone urbaine) et l'emprise est souvent limitée à la seule plate-forme ferroviaire environ 10 à 15m. En cas de déblai ou remblai, cette largeur peut être plus grande, mais deux éléments limitent cette extension : sur la quasi-totalité des lignes classiques les terrassements sont réduits au strict minimum nécessaire avec des pentes de talus les plus raides possibles et les talus sont en général « abandonnés à la nature » par SNCF Réseau.

## Taille des Buffers pour le réseau routier fragmentant

### Tronçons de routes à 1 chaussée (NB\_CHAUSSE)

Taille du buffer (mètres) : demi-emprise		
NB_VOIES	Tronçons de Type autoroutier ou Bretelle (VOCATION) ou classés Autoroute ou Nationale (CLASS_ADM)	Autres tronçons
1 voie ou 2 voies étroites	12,75	4,75
2 voies larges	14,5	6,5
3 voies	16,25	8,25
4 voies	18	10
Plus de 4 voies	19,75	11,75
Sans objet (Bretelles)	12,75	-

### Tronçons de routes à 2 chaussées (NB\_CHAUSSE)

Taille du buffer (mètres) : demi-emprise		
NB_VOIES_T (*)	Tronçons de Type autoroutier ou Bretelle (VOCATION) ou classés Autoroute ou Nationale (CLASS_ADM)	Autres tronçons
2 voies larges	18,5	7,5
3 voies	20,25	9,25
4 voies	22	11
Plus de 4 voies	23,75	12,75
NB_VOIES_T : champ à créer et renseigner dans la table en fonction de NB_VOIES_M et NB_VOIES_D		

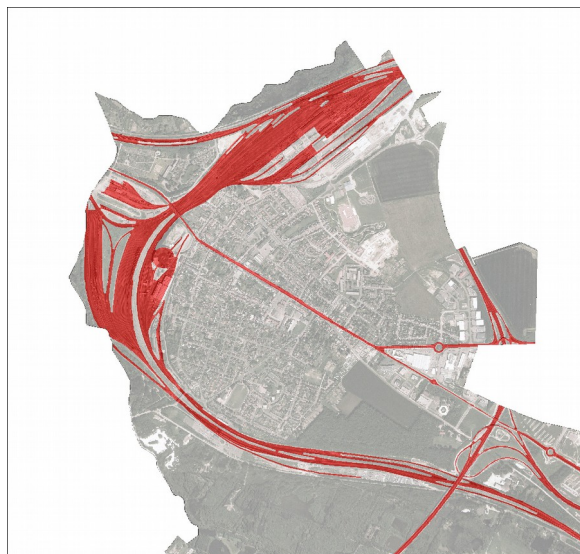
## Prescriptions nationales pour la production des bases de données d'occupation des sols à grande échelle, version 1.1, août 2015

### L'ossature

L'ossature est une trame structurant le territoire qui s'appuie sur les réseaux routiers et ferrés principaux, particulièrement structurant pour un territoire. Elle a quatre fonctions principales qui sont :

- assurer une continuité géographique entre territoires ;
- assurer une géométrie de référence ;
- partitionner le territoire de façon homogène ;
- assurer une cohésion spatiale entre échelles du territoire.

Les espaces ainsi délimités contiennent les différentes surfaces d'occupation du sol. Les surfaces de l'ossature sont également des surfaces d'occupation du sol, elles sont seulement distinguées des autres par un attribut dédié.



Exemple d'ossature (en rouge)

### Spécifications

L'ossature devant principalement assurer une géométrie de référence il est donc essentiel de s'appuyer sur une donnée répondant à ce critère. Le groupe a choisi de s'appuyer sur la BDTopo® (composante topographique du RGE -référentiel à grande échelle) et principalement sur deux éléments suivants :



Le réseau routier : Les tronçons sélectionnés pour faire partie de l'ossature sont ceux répondant aux critères suivants :

1. Les tronçons ne sont ni détruits, ni en projet ni en cours de construction, ils sont effectifs sur le terrain ;
2. Les tronçons non souterrains ;
3. L'accès aux tronçons est possible ;
4. Les tronçons correspondent à une autoroute, une bretelle, ou une route à une ou deux chaussées ;
5. Les tronçons composent le réseau principal continu constitué par les liaisons entre métropoles, entre départements et entre villes (essentiellement via les routes départementales).

Certaines surfaces sont ajoutées correspondant aux péages, places et carrefours importants.

Le réseau ferré : Les tronçons sélectionnés pour faire partie de l'ossature sont ceux répondant aux critères suivants :

1. Les tronçons ne sont ni détruits, ni en projet ni en cours de construction, ils sont effectifs sur le terrain ;
2. Les tronçons non souterrains ;
3. Les tronçons correspondant à une voie ferrée principale, une voie réservée aux TGV, aux funiculaires ou crémaillères, aux métros ou tramways, ou une voie de service.

Les surfaces correspondant aux aires de triages sont ajoutées.

Les éléments sélectionnés dans ces deux couches sont fusionnés dans le même graphe de l'ossature.

## Calcul

Le calcul de l'ossature est fait en créant un buffer autour de chaque objet de la base de données. L'objectif est de produire une emprise au sol de la chaussée roulante (routière et ferrée).

Ainsi les éléments surfaciques sont utilisés tel que et les critères de buffer pour les linéaires sont les suivants :

Pour les tronçons routiers :

Critère	Taille du buffer
Largeur de chaussée supérieure à 5 mètres.	Largeur /2 + 1m
Largeur de chaussée inférieure à 5 mètres et nombres de voies supérieur ou égale à 2.	Nombres de voies * 1,75 m
Largeur de chaussée inférieure à 5 mètres et nombre de voies non renseigné.	2,5 m

Pour les voies ferrées les critères ont été évalués en fonction des normes RFF d'éloignement des voies :

Critère	Taille du buffer
1 voie	3,5 m
2 voies	5,5 m
3 voies	8,5 m
4 voies	10,5 m
Nombre de voies non indiqué	2,5 m

## Comparaison des nouvelles métriques de fragmentation avec d'autres

(Jaeger J.A.G. 2000)

Sensibilité des métriques aux six phases du processus de fragmentation									
Phases de fragmentation	Métriques								
	D	S	m	PIrel	LDI	n	$\bar{A}$	I	(I*)
1. Perforation	+	+	-	+/-	+	o	-	o	(+)
2. Incision	o	o	o	o	+	o	o	+	(+)
3. Dissection	+	+	-	+	+	+	-	+	(+)
4. Dissipation	+	+	-	+/-	+/-	+	-	+	(+)
5. Shrinkage	+	+	-	+/-	+/-	o	-	o	(+)
6. Attrition	+	+	-	-	+/-	-	+/-	o	(+)

D = Degré de fragmentation du paysage ; S = Nombre effectif de mailles ; m = Taille effective de maille ; PIrel = relative partitioning index ; LDI = Landscape dissection index ; n = nombre de patchs ;  $\bar{A}$  = taille moyenne des patchs ; I densité de routes sur la surface totale du territoire ; I\* densité de routes rapportée à la surface totale des patchs).  
o = la métrique ne réagit pas à cette phase de fragmentation ; - = la métrique réagit à cette phase par une décroissance de sa valeur ; + = réaction de croissance à cette phase ; +/- = croissance, décroissance ou pas de réaction à cette phase.

Résultats de la comparaison des métriques par rapport à neuf critères d'aptitude									
Critères d'aptitude	Métriques								
	D	S	m	PIrel	LDI	n	$\bar{A}$	I	
1. Interprétation intuitive	**	**	**	*	*	***	***	***	
2. Simplicité mathématique	**	**	**	*	**	***	***	***	
3. Peu de données requises	***	***	***	**	**	***	***	***	
4. Faible sensibilité aux petits patchs	***	***	***	***	**	-	-	***	
5. Réaction monotone aux différentes phases de la fragmentation	***	***	***	-	-	-	-	**	
6. Détection des différences structurelles	<i>oui</i>	<i>oui</i>	<i>oui</i>	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>non</i>	
7. Homogénéité mathématique (c.a.d intensive ou extensive)	<i>non</i>	<i>extensive</i>	<i>intensive</i>	<i>intensive</i>	<i>intensive</i>	<i>extensive</i>	<i>intensive</i>	<i>intensive</i>	
8. Additivité	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>Additive proportionnellement à la surface</i>	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>additive</i>	<i>non</i>	<i>Additive proportionnellement à la surface</i>	
9. Interprétation comme une mesure de la fragmentation	***	***	***	**	*	*	*	**	

D = Degré de fragmentation du paysage ; S = Nombre effectif de mailles ; m = Taille effective de maille ; PIrel = relative partitioning index ; LDI = Landscape dissection index ; n = nombre de patchs ;  $\bar{A}$  = taille moyenne des patchs ; I densité de routes sur la surface totale du territoire).  
- = non satisfaisante ; \* = légèrement satisfaisante ; \*\* = satisfaisante ou bonne ; \*\*\* = très bonne.





**Cerema Méditerranée**

Pôle d'activités des Milles, Avenue Albert Einstein, CS 70499 - 13593 Aix-en-Provence cedex 3  
Téléphone : 04 42 24 76 76 - Télécopie : 04 42 60 79 00 – courriel : DTerMed@cerema.fr

[www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)