



# Projet CARTNAT

## Cartographie de la Naturalité

### Notice technique

**Adrien Guetté<sup>1</sup>, Jonathan Carruthers-Jones<sup>2</sup>, Stephen J. Carver<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Chercheur contractuel, CNRS

<sup>2</sup>University Of Leeds, Marie Sklodowska-Curie Doctoral Research Fellow, School of Earth & Environment, United Kingdom

<sup>3</sup>University of Leeds, School of Geography, Leeds, UK

Contacts des auteurs :

[adrien.guette@gmail.com](mailto:adrien.guette@gmail.com)

[j.carruthers-jones@leeds.ac.uk](mailto:j.carruthers-jones@leeds.ac.uk)

Juin 2021

## Contexte :

Le projet CARTNAT vise à développer une méthode de cartographie de la naturalité à l'échelle de la France métropolitaine terrestre. Le projet est financé par le Comité français de l'UICN, le WWF et WildEurope Initiative ; sa coordination est réalisée par le groupe de travail « wilderness et nature férale » du Comité français de l'UICN ; et sa mise en œuvre par Adrien Guetté, Jonathan Carruthers-Jones et Steve Carver. Différents experts internes et externes au groupe de travail ont été impliqués dans les différentes étapes du projet. La contribution de chacun sera détaillée dans le rapport final du projet.

La présente notice technique vise à préciser des éléments méthodologiques relatifs à la conception de la carte de « naturalité potentielle » produite dans le cadre du projet CARTNAT. Cette notice **s'inscrit dans l'objectif de mise à disposition des données cartographiques pour les diagnostics servant aux déclinaisons territoriales de la stratégie nationale pour les aires protégées**<sup>1</sup>. Elle ne se substitue pas à la validation scientifique des résultats par les pairs, qui interviendra dans la prochaine étape du projet.

---

<sup>1</sup> [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP\\_Biotopie\\_Ministere\\_strat-aires-protégees\\_210111\\_5\\_GSA.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP_Biotopie_Ministere_strat-aires-protégees_210111_5_GSA.pdf)

## Description de la méthode et des données utilisées :

Afin de produire la cartographie nationale du « **gradient de naturalité potentielle** », la méthodologie développée s'appuie sur la définition de la naturalité de Guetté et al. (2018), faisant référence dans la Stratégie Nationale pour les Aires Protégées 2020-2030<sup>2</sup> (SNAP). Cette définition distingue trois critères pour qualifier la naturalité du paysage (figure 1) : **l'intégrité biophysique de l'occupation du sol**, qui traduit un état d'éloignement d'un paysage à ce qu'il serait sans transformation anthropique ; **la spontanéité des processus**, qui évalue le degré d'intervention humaine sur les dynamiques naturelles ; et les **continuités spatiales**, qui correspondent au degré de connectivité des paysages (pour une présentation détaillée des trois critères, voir Guetté et al., 2018)<sup>3</sup>.

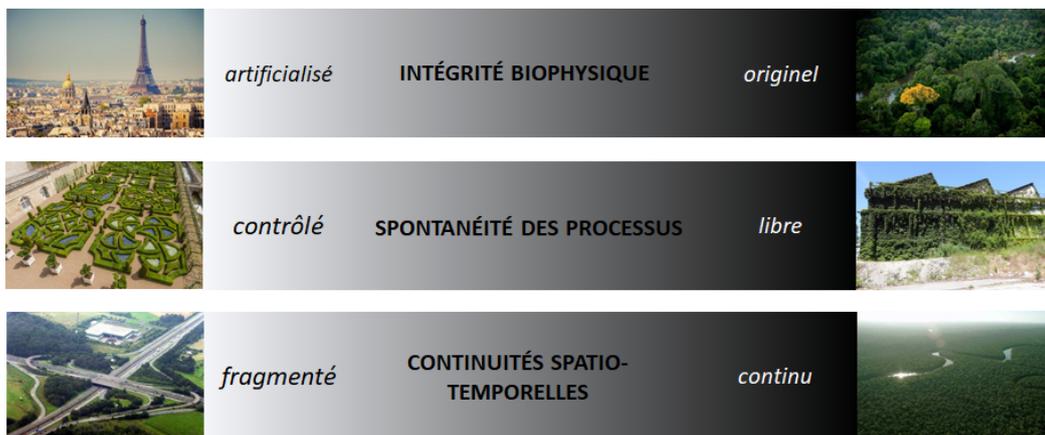


Figure 1. Schéma des trois gradients servant à caractériser la naturalité des paysages.

La cartographie des trois critères a fait l'objet d'une démarche propre, décrite ci-dessous.

### 1. L'intégrité biophysique de l'occupation du sol

Pour concevoir la carte d'intégrité biophysique de l'occupation du sol (ods), différentes données d'occupation du sol ont été compilées et transcrites sur une échelle d'*hemeroby*<sup>4</sup> (tableau 1). Les données mobilisées sont à la fois des données satellitaires et des données d'inventaires terrain. Ces données couvrent tous les types d'ods, notamment les espaces forestiers, la végétation naturelle et semi-naturelle, les espaces agricoles, les espaces urbains, les réseaux de transport, les réseaux hydrographiques, etc.

Une attention particulière a été portée à l'*hemeroby* des espaces forestiers qui représentent les espaces de plus haute *hemeroby* potentielle. Pour chaque type de formation végétale décrite

<sup>2</sup> « Trois critères complémentaires permettent de qualifier la naturalité d'un écosystème de forte à faible : son intégrité biophysique (position sur un gradient d'originel à artificiel), sa spontanéité (absence d'influence humaine actuelle, indépendamment de son histoire) et sa continuité spatio-temporelle (taille, connectivité et ancienneté », SNAP 2030, p. 58).

<sup>3</sup> Guetté A., Carruthers-Jones J., Godet L., Robin M. 2018. « Naturalité » : concepts et méthodes appliqués à la conservation de la nature. Cybergeog: European Journal of Geography [En ligne], document 856. URL : <https://journals.openedition.org/cybergeog/29140#toc>

<sup>4</sup> «The hemeroby index measures the hemerobiotic state of an area: the magnitude of the deviation from the potential natural vegetation caused by human activities». ([https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Hemeroby\\_index](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Hemeroby_index))

dans la BD\_forêt (V2, IGN-F), la note d'*hemeroby* a été définie par consultation d'un groupe d'experts forestiers en prenant en compte i) le contexte biogéographique, ii) les continuités temporelles de l'état boisé, et iii) la probabilité de non exploitation forestière.

Le contexte biogéographique (découpage « grandes régions écologiques », GRECO<sup>5</sup>, IGN) a été utilisé pour qualifier l'indigénat de chaque formation végétale. L'*hemeroby* a été évaluée plus haute pour les formations végétales considérées comme indigènes dans les différentes GRECO. Les continuités temporelles ont été mesurées à partir de deux jeux de données : l'état boisé au XVIII<sup>ème</sup> siècle (obtenu par numérisation des forêts présentes sur les cartes de Cassini) et l'état boisé de la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle (obtenu par numérisation des forêts présentes sur les cartes de l'état-major). Pour chaque formation végétale présente aujourd'hui, l'*hemeroby* a été considérée plus importantes pour celles qui étaient déjà couvertes par de la forêt au début du XIX<sup>ème</sup> siècle et plus importantes encore pour celles qui étaient couvertes par de la forêt au XIX<sup>ème</sup> et XVIII<sup>ème</sup> siècle. Les informations d'état boisé historique (XVIII et XIX<sup>ème</sup> siècles) sont issues d'un travail précédent de collecte des données acquises dans le cadre de divers travaux. Les données de Cassini ont été mises à disposition par Daniel Vallauri (WWF) et les données de l'état-major par Jean-Luc Dupouey (INRAE) et Fabienne Benest (IGNF). Il faut noter ici que l'emprise de ces données ne couvre pas l'ensemble de la France de manière homogène et que leur résolution est dépendante des cartes originelles et des méthodes de numérisation utilisées. Pour des détails concernant les données de forêts anciennes, voir notamment Vallauri et al. 2012<sup>6</sup> et Lallemand et al. 2017<sup>7</sup>. Enfin, un indice de probabilité de non exploitation forestière a été généré à partir de la topographie. Puisqu'il est couramment admis qu'au-delà de 35° de pente, le débardage ne peut plus être exercé dans de bonnes conditions<sup>8</sup>, les forêts situées sur des pente de 35° et plus ont été considérées comme étant très peu probable d'être exploitées. L'*hemeroby* a été évaluée plus haute pour les forêts non exploitées.

Les forêts constituées d'espèces indigènes, ayant une longue continuité temporelle et non exploitées sont les forêts ayant reçues la plus haute note d'*hemeroby*.

Une démarche similaire de transcription des types d'occupation du sol en note d'*hemeroby* a été appliquée pour les autres types d'OdS à partir de la littérature et des recommandations des experts du Groupe de travail Wilderness et Nature férale du Comité français de l'UICN. Pour les espaces agricoles, l'ensemble des 28 groupes de cultures du Registre Parcellaire Graphique (RPG<sup>9</sup>) a été transcrit sur une note d'*hemeroby* en fonction du degré de transformation qu'implique la couverture du sol agricole.

La végétation naturelle et semi-naturelle issue de la couche végétation de la BD\_TOPO V3 (IGN) et non couverte par le BD forêt V2 (IGNF) a également été convertie en note d'*hemeroby* sur le même modèle.

---

<sup>5</sup> <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?article773>

<sup>6</sup> Vallauri D., Grel A., Granier E., Dupouey J.L. 2012. Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles. Rapport WWF/INRA, Marseille, 64 pages + CD.

<sup>7</sup> Lallemand T., Touzet T., Gervaise A. (2017). Une méthodologie nationale pour le géoréférencement et la vectorisation des cartes d'état-major, minutes au 1/40 000, Revue Forestière Française, 4, p. 341.

<sup>8</sup> <https://www.haute-savoie.gouv.fr/Politiques-publiques/Votre-departement/Nature/Observatoire-forestier/Impact-de-la-pente-sur-l-exploitation>

<sup>9</sup> <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/registre-parcellaire-graphique-rpg-contours-des-parcelles-et-ilots-cultureaux-et-leur-groupe-de-cultures-majoritaire/>

Concernant les rivières et les surfaces d'eau, deux sources de données ont été utilisées. Tout d'abord, la BD TOPAGE<sup>10</sup> a permis de représenter l'ensemble des surfaces d'eau. Puisque leur nomenclature et leur description n'est pas pertinente pour qualifier l'*hemeroby*, la plupart des surfaces d'eau ont été transcrites sur une note moyenne d'*hemeroby*. Toutefois, certaines surfaces d'eau dont l'artificialité est avérée (canaux, réservoirs, bassins de pisciculture, mines, gravières) ont une note d'*hemeroby* minorée et d'autres surfaces d'eau dont le caractère naturel est également avéré (glaciers, névés, mares, écoulement karstique) ont une note d'*hemeroby* majorée.

Ensuite, l'*hemeroby* des petites et moyennes rivières a été adapté en fonction de « l'indice de naturalité des petites et moyennes rivières<sup>11</sup> » développé par le CEREMA et repris par l'Observatoire National de la Biodiversité. Enfin, l'ensemble des éléments anthropiques présents dans la BD\_TOPO V3 (IGN) (par exemple, les routes, le bâti, les pylônes électriques, les terrains de sport, les golfs, etc.) ont été également convertis en note d'*hemeroby* en fonction de leur degré de transformation du sol.

**Tableau 1. Sources des données utilisées pour la caractérisation de l'*hemeroby* des différents types d'occupation du sol.**

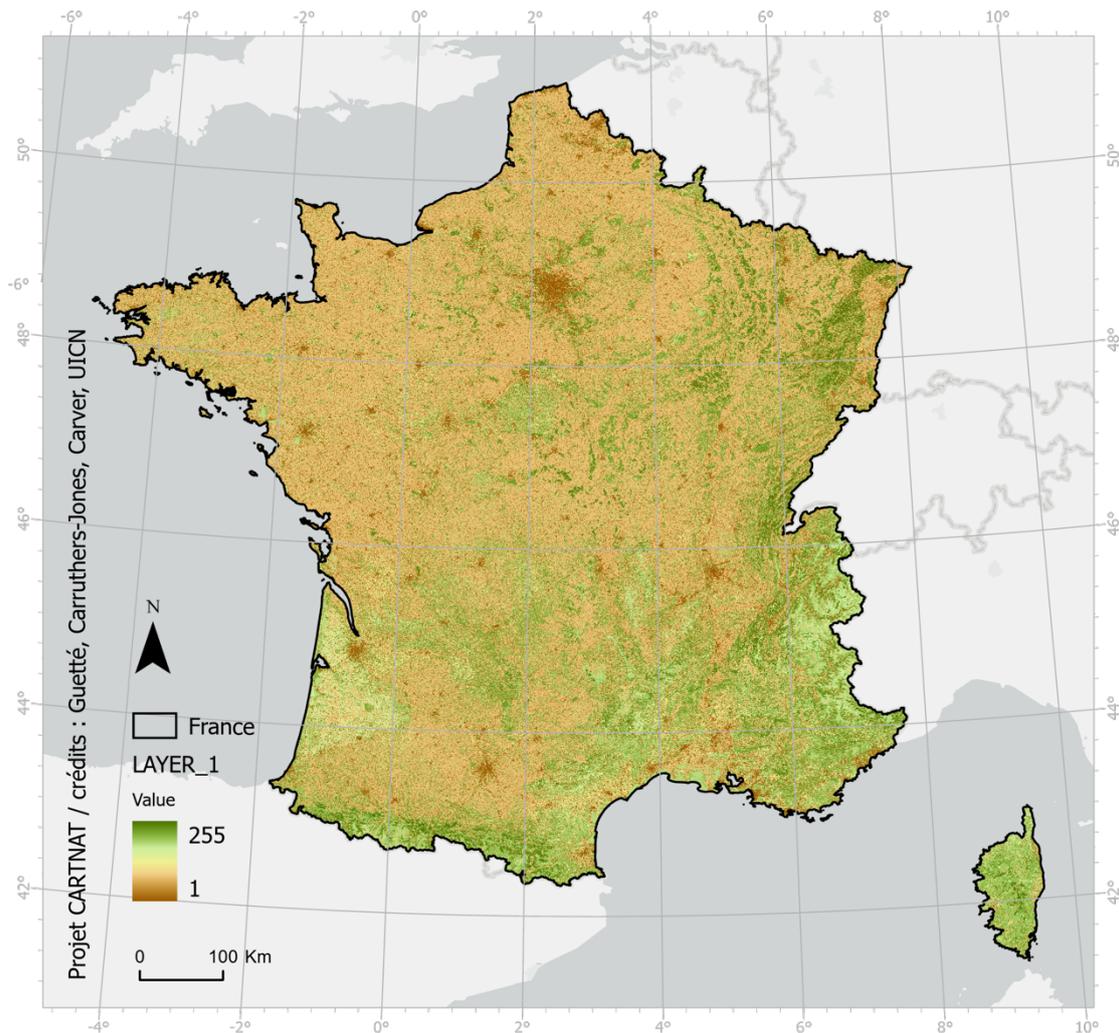
Nom	Description	Source	Résolution
BD TOPO V3	Bati, transport, routes, voies ferrées, formations végétales, services activités	IGN	0.5 / 20 m
BD Forêt V2	Type de formation végétale	IGN-F	20 m
Registre Parcellaire Graphique	Usage agricole du sol	IGN, agence des services de paiement	5 m
BD TOPAGE	Tronçons et surfaces hydrographiques	OFB, IGN	1 m
Naturalité estimée des cours d'eau	Indice de naturalité des petites et moyennes rivières	CEREMA, observatoire nationale de la biodiversité	1 m
OSO	Occupation du sol	CESBIO	20 m

L'ensemble des couches d'*hemeroby* de l'occupation du sol a été agrégé en attribuant une priorité aux éléments d'occupation du sol potentiellement couverts par d'autres afin d'obtenir la meilleure précision (à titre d'exemple, les routes qui superposent les données de végétation sont priorisées pour qu'elles soient correctement prises en compte même si elles ne sont pas visibles sur les données satellitaires).

La carte finale a été homogénéisée à la résolution de 20 mètres et reclassée sur une échelle relative de 1 à 255 (figure 2).

<sup>10</sup> <https://bdtopage.eaufrance.fr/>

<sup>11</sup> <https://naturefrance.fr/indicateurs/naturalite-estimee-des-cours-deau>



**Figure 2.** Carte du gradient d'intégrité biophysique de l'occupation du sol. Les espaces en vert foncé représentent les espaces à haute intégrité biophysique tandis que les espaces en marron sont ceux ayant une valeur faible d'intégrité biophysique. La carte est présentée avec un étirement par écart-type.

## 2. La spontanéité des processus

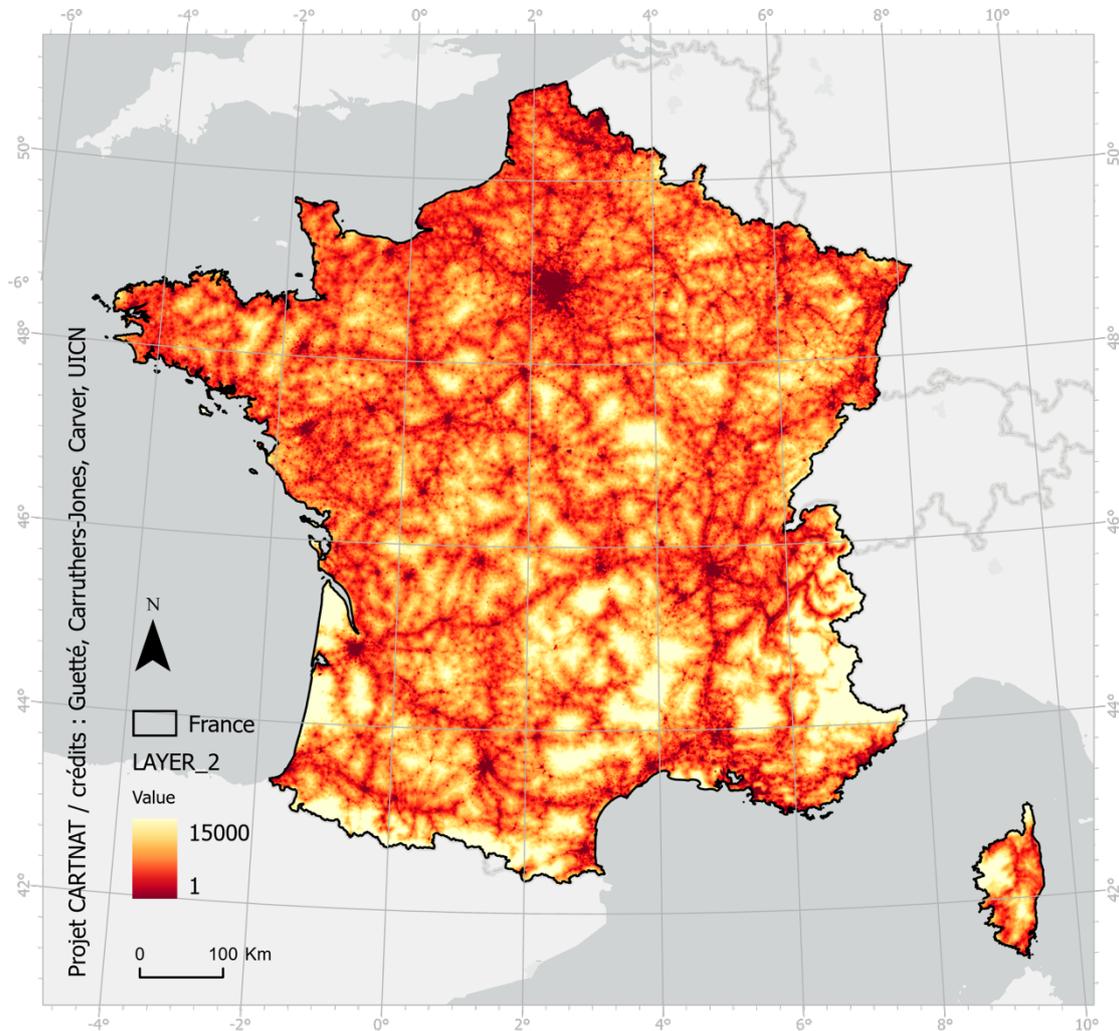
En l'absence de données homogènes permettant de caractériser directement la spontanéité des processus, un *proxy* **d'influence humaine** dans les paysages a été développé à partir de i) la distance aux routes et ii) la densité de bâti.

Considérant que les routes forment des voies de pénétration dans les paysages, la proximité à une route traduit un accès facilité et donc une influence humaine potentielle plus importante que sur les espaces qui en sont éloignés. Dans un premier temps, une carte de distance euclidienne aux routes a été générée. Ensuite, pour chaque point de la carte, la distance à la première route a été calculée. L'ensemble du réseau routier de la BD\_TOPO (IGN) a été utilisé. Les autoroutes et l'ensemble des autres routes ont été distinguées afin de minimiser le poids des autoroutes qui n'autorisent pas directement l'accès aux territoires adjacents. Ainsi une pondération de 4 a été appliquée aux routes (hors autoroutes) pour renforcer l'influence humaines sur les espaces à proximité.

La densité de bâti a également été utilisé comme *proxy* d'influence humaine. En effet, en dehors des agglomérations, la quantité de bâti est une mesure assez précise de la population et qui peut être mesurée de manière spatialement explicite. A partir de l'ensemble des bâtiments recensés

dans la BD TOPO V3 (IGN), une carte de densité de bâti a été générée à l'échelle de la France. Le rayon d'analyse utilisé par la fenêtre mouvante qui calcule la densité est de 1 km. Le résultat de la carte est exprimé en superficie de bâti par km<sup>2</sup>.

Les deux cartes de distance aux routes et de densité de bâti ont été cumulées pour générer un gradient de spontanéité de processus, représenté sur une échelle relative de 1 à 1500. La résolution spatiale de la carte finale est de 20 mètres (figure 3).



**Figure 3. Carte du gradient de spontanéité des processus. Les espaces en blanc représentent les espaces à forte spontanéité tandis que les espaces en rouge foncé sont ceux qui ont une plus faible spontanéité de processus. La carte est présentée avec un étirement par écart-type.**

### 3. Les continuités spatiales

La carte de continuités spatiales des paysages a été développée avec le modèle « Omniscape<sup>12</sup> ». Cette méthode modélise la connectivité omnidirectionnelle du flux écologique potentiel au sein des zones de naturalité en appliquant la théorie des circuits. Omniscape présente l'avantage de ne pas nécessiter la spécification de zone cœur et peut être appliquée à partir de données

<sup>12</sup> Landau, V.A., V.B. Shah, R. Anantharaman, and K.R. Hall. 2021. Omniscape.jl: Software to compute omnidirectional landscape connectivity. *Journal of Open Source Software*, 6(57), 2829.

d'intégrité biophysique du paysage. La méthode fonctionne par fenêtres mouvantes dans lesquelles l'algorithme de connectivité est appliqué sur l'emprise paysagère définie autour de chaque pixel cible (figure 4). La modélisation est ainsi répétée pour chaque pixel de la carte créant une carte continue de connectivité. Pour une présentation détaillée de la méthode de modélisation de la connectivité omnidirectionnelle voir McRae et al. 2016<sup>13</sup>.

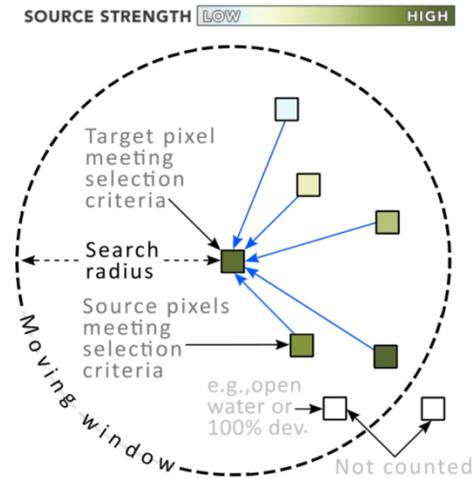


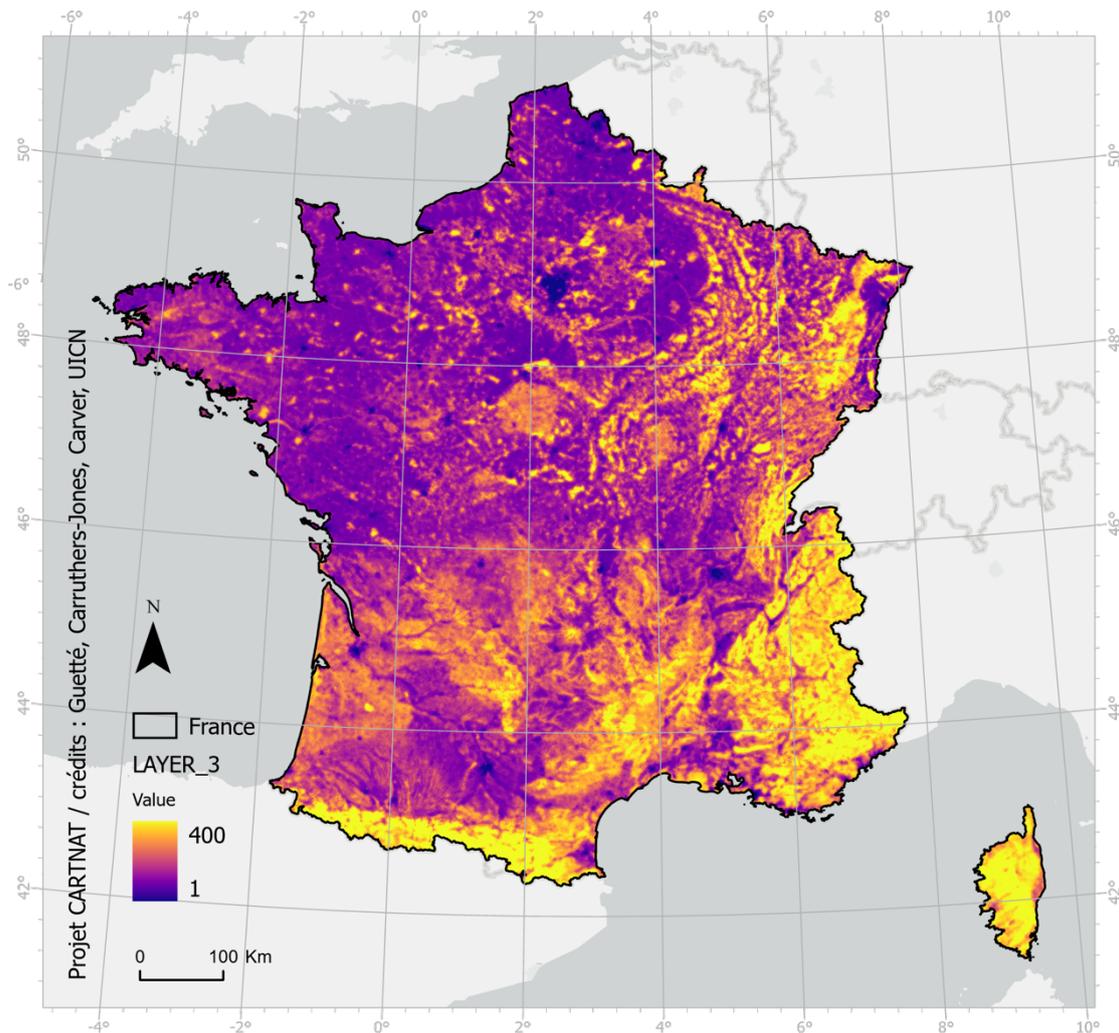
Figure 4. Illustration de l'application de l'algorithme Omniscap dans une fenêtre mouvante<sup>14</sup>

L'algorithme Omniscap a été appliqué à l'ensemble de la France métropolitaine en utilisant la carte d'intégrité biophysique de l'occupation du sol en *input*. Le rayon des fenêtres mouvantes retenu est de 5 km qui correspond dans notre cas au meilleur compromis entre précision spatiale du résultat et temps de calcul nécessaire à la modélisation.

La carte finale de continuités spatiales est produite à une résolution de 20 mètres, sur une échelle relative de 1 à 400 (figure 5).

<sup>13</sup> McRae, B.H., K. Popper, A. Jones, M. Schindel, S. Buttrick, K. Hall, R.S. Unnasch, and J. Platt. 2016. Conserving Nature's Stage: Mapping Omnidirectional Connectivity for Resilient Terrestrial Landscapes in the Pacific Northwest. The Nature Conservancy, Portland Oregon. 47 pp. Available online at: <http://nature.org/resilienceNW> June 30, 2016.

<sup>14</sup> Extrait de : <https://docs.circuitscape.org/Omniscap.jl/stable/algorithm/>

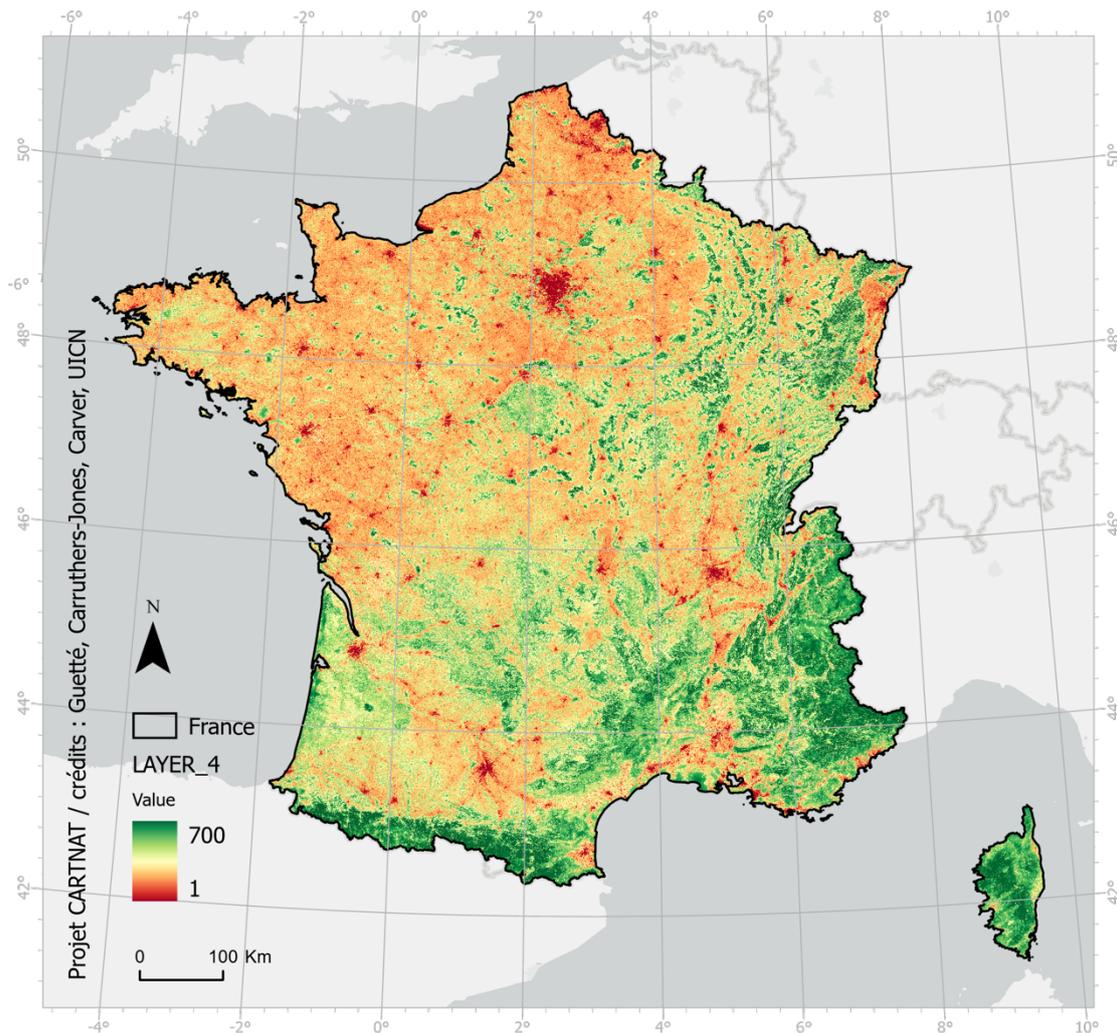


**Figure 5. Carte des continuités spatiales, produite par modélisation de la connectivité écologique omnidirectionnelle. Les espaces en jaune représentent les espaces qui reçoivent le plus de flux écologique et qui ont une connectivité importante. La carte est présentée avec un étirement par écart-type.**

#### **4. Carte finale de naturalité potentielle**

Afin de produire une carte synthétique du **gradient de naturalité potentielle** à partir des trois critères définis précédemment, les cartes d'intégrité biophysique de l'occupation du sol, de spontanéité des processus et de continuités spatiales ont été fusionnées. Pour chaque localisation, les pixels des trois cartes ont été additionnés avec une pondération égale, afin de créer un indice final de naturalité potentielle.

La carte finale de naturalité potentielle a été générée à une résolution de 20 mètres, sur une échelle relative de 1 à 700 (figure 6).

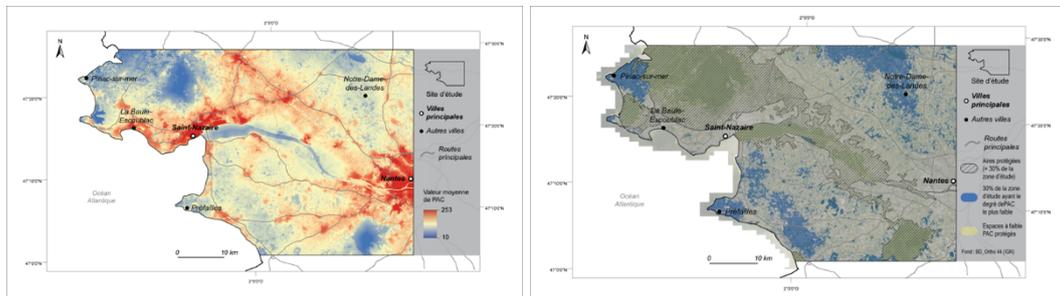


**Figure 6. Carte du gradient de naturalité potentielle de France métropolitaine, produite par agrégation des cartes d'intégrité biophysique de l'occupation du sol, d'influence anthropique et de continuités spatiales, avec une pondération égale. Les espaces en vert foncé représentent les espaces de plus haute naturalité. La carte est présentée avec un étirement par écart-type.**

## 5. Applications et directions futures

- Les cartes intermédiaires et la carte de synthèse de « naturalité potentielle » peuvent être mobilisées pour identifier les espaces de plus haute de naturalité potentielle à l'échelle de la France (par exemple les 10% du territoire ayant une forte naturalité potentielle). Grâce à la résolution de 20 m de la carte produite, ces analyses peuvent être déclinées à toutes les échelles (nationale, régionale, départementale, etc.) et ainsi constituer des éléments d'alerte sur la présence probable d'espaces à forte naturalité.
- La description du territoire par le gradient de naturalité potentielle pourra être consulté pour les politiques d'aménagement et de conservation de la nature, à l'image de l'Ecosse qui s'est dotée d'une politique des paysages sauvages (NatureScot, 2021 *Landscape policy and guidance on wild land*. <https://www.nature.scot/professional-advice/landscape/landscape-policy-and-guidance/landscape-policy-wild-land>).

- La prochaine étape du projet CARTNAT vise à croiser la carte finale de « naturalité potentielle » avec le réseau actuel des aires protégées. Cette analyse permettra notamment de distinguer les espaces de forte naturalité potentielle qui ne sont actuellement pas couverts par une protection. Dans l'attente des résultats nationaux, ces analyses pourront être menées aux échelles régionales et départementales dans le cadre des inventaires relatifs à la déclinaison territoriale de la SNAP. Un travail similaire a été mené en 2018 sur le département de Loire-Atlantique avec une cartographie préliminaire de la naturalité (figure 7).



**Figure 7. A gauche, cartographie du gradient de naturalité potentielle du département de Loire-Atlantique issue d'un travail préliminaire ; à droite une cartographie du croisement entre les espaces de plus haute naturalité et les aires protégées. La carte fait apparaître en mauve les espaces de haute naturalité qui ne sont pas protégés (extrait de Guetté 2018<sup>15</sup>).**

- La qualité de la carte finale de « naturalité potentielle » est largement dépendante des données sources utilisées. Si une sélection stricte des données au regard de leur qualité et leur homogénéité a été appliquée, la présence d'erreurs et d'imprécisions reste inévitable. Par exemple, on peut relever dans la carte finale des changements de naturalité probable très nets qui correspondent en fait à la numérisation grossière des forêts anciennes (voir 1. L'intégrité biophysique de l'occupation du sol). L'utilisation des données de naturalité potentielle devra être réalisée avec conscience des limites d'un tel travail. L'indice de naturalité potentielle devra être complété par des vérifications (photo-interprétation ou visite sur le terrain).
- Les données de « naturalité potentielle » mises à disposition correspondent à la version 1 ( juillet 2021) du projet CARTNAT. Celles-ci seront mises à jour régulièrement en fonction des nouveaux développements méthodologiques et des nouvelles données mises à disposition. Une amélioration concernant les surfaces d'eau et l'intégration des données d'inventaire des zones humides est actuellement à l'étude.
- Différentes applications scientifiques sont en réflexion et d'autres d'ores et déjà initiées. Par exemple, un travail a été réalisé sur la mise en relation entre « naturalité potentielle », « naturalité perçue par le grand public » et indices éco acoustiques (Carruthers-Jones et al. 2019<sup>16</sup>). Ce projet est actuellement étendu à différents sites en Europe (Suède, Ecosse, France). Le projet CAPRADONA (Angers Loire Métropole) a également investigué le lien entre « naturalité potentielle » et quantité d'observations d'oiseaux réalisées dans le cadre des programmes de science participative. Il est

<sup>15</sup> Guetté Adrien, 2018, Contribution à l'analyse multiscalaire de l'anthropisation et de la naturalité en géographie de la conservation, Thèse de doctorat, Université de Nantes.

<sup>16</sup> Carruthers-Jones, J., Eldridge, A., Guyot, P., Hassall, C., Holmes, G., 2019. The call of the wild: Investigating the potential for ecoacoustic methods in mapping wilderness areas. *Sci. Total Environ.* 695, 133797

également envisagé d'étendre la cartographie de naturalité potentielle aux territoires ultramarins et espaces marins.

- Pour toutes questions, merci de contacter les auteurs.