

CARTNAT Littoral

**Adaptation de CARTNAT France aux espaces littoraux,
issue de l'analyse des résultats des ateliers CDL.**

Adrien Guetté¹, Jonathan Carruthers-Jones²

¹Enseignant-chercheur en Biogéographie

²Post-doctoral researcher, University of Helsinki, Finland.

Contacts des auteurs :

adrien.guette@gmail.com

j.carruthers-jones@leeds.ac.uk

Décembre 2024

Citation suggérée :

Guetté A., Carruthers-Jones J. 2024, CARTNAT Littoral, adaptation de CARTNAT France aux espaces littoraux, issue de l'analyse des résultats des ateliers CDL, projet CARTNAT littoral, p.15

I. Contexte :

Le projet CARTNAT a permis de développer une méthode innovante de cartographie de la naturalité potentielle des paysages à l'échelle de la France métropolitaine. Financé par le Comité français de l'UICN, le WWF et l'initiative WildEurope, ce projet a été coordonné par le groupe de travail « Wilderness et nature férale » du Comité français de l'UICN et mis en œuvre par Adrien Guetté, Jonathan Carruthers-Jones et Steve Carver.

Les résultats du projet ont été présentés lors du Congrès mondial de la nature de l'UICN, tenu à Marseille en septembre 2021. Par la suite, une notice technique a été rédigée pour décrire les outils et méthodes utilisés dans la conception de la carte de « naturalité potentielle ».

Intégration des espaces littoraux

Une analyse des résultats initiaux de CARTNAT a révélé des limites dans la prise en compte des espaces littoraux, en particulier un « déclassement » systématique de ces zones. Cela s'explique notamment par la surreprésentation des infrastructures sur le littoral et un découpage trop strict entre espaces continentaux et marins. Pour corriger ces lacunes, un second projet a été financé par le Conservatoire du littoral, visant à adapter la méthodologie aux spécificités des zones littorales.

Démarche méthodologique

La méthodologie CARTNAT littoral a été élaborée grâce à un protocole consultatif et participatif impliquant un groupe d'experts. Deux ateliers ont été organisés sur le terrain en 2024 pour tester et affiner la méthodologie :

- **Premier atelier (mars 2024)** : Réalisé en collaboration avec la délégation aquitaine du Conservatoire du Littoral, dans la forêt littorale du Porge.
- **Second atelier (novembre 2024)** : Conduit avec l'appui de la délégation Lacs, dans une forêt non exploitée située sur les versants du lac de Bort-les-Orgues.

Ces ateliers ont permis de confronter les cartographies initiales avec les connaissances empiriques des experts et d'ajuster la méthodologie par co-construction entre les experts et les développeurs. Ils ont également testé la robustesse de la méthodologie dans des contextes variés.

Présentation des résultats

Cette notice détaille les nouvelles données intégrées, l'approche méthodologique, ainsi que les résultats cartographiques obtenus. Elle s'appuie sur la structure de la notice technique de CARTNAT France 2021 (Guetté et al., 2021) et en développe les singularités de cette nouvelle méthodologie.

II. 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 2020-2030¹ (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)².

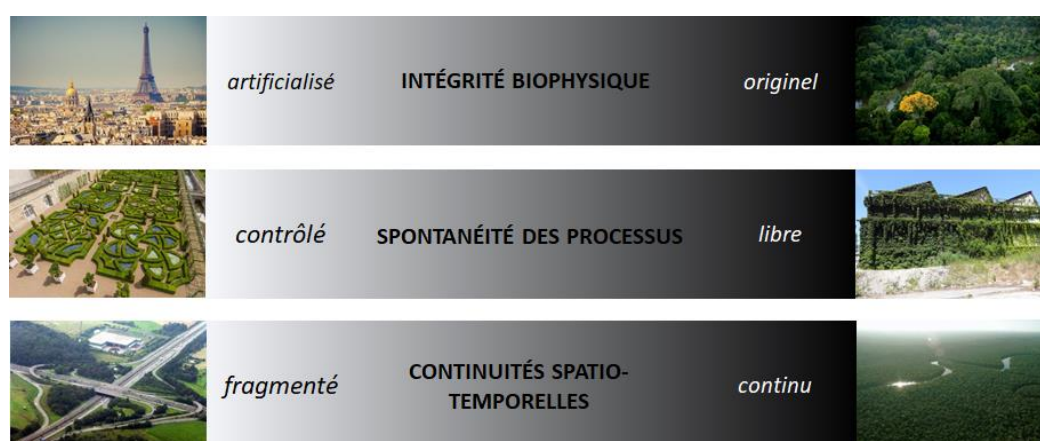


Figure 1. Schéma des trois gradients servant à caractériser la naturalité des paysages.

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

2.1. L'emprise de CartNat littoral

Une des limites identifiées pour l'utilisation de CARTNAT 2021 sur le littoral est son emprise trop restrictive. Pour CARTNAT littoral, nous avons ainsi intégré l'emprise des communes littorales conformément à la définition établie par la loi Littoral (loi n° 86-2 du 3 janvier 1986). Cette loi précise que les communes littorales incluent celles « *riveraines des mers, océans, étangs salés, plans d'eau intérieurs d'une superficie supérieure à 1 000 hectares* » ainsi que celles situées en continuité ou intégrant des espaces proches du rivage ». De manière à ne pas limiter l'analyse au découpage communal administratif, nous avons étendu l'emprise sur une zone tampon de 5 km dans les terres et en mer (figure 2) permettant ainsi de mieux rendre compte de la valeur de naturalité des estrans mais aussi des activités anthropiques pratiquées. Cette nouvelle emprise permet également une meilleure modélisation des continuités spatiales tout le long du continuum terre-mer.

¹ « 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).

² 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>

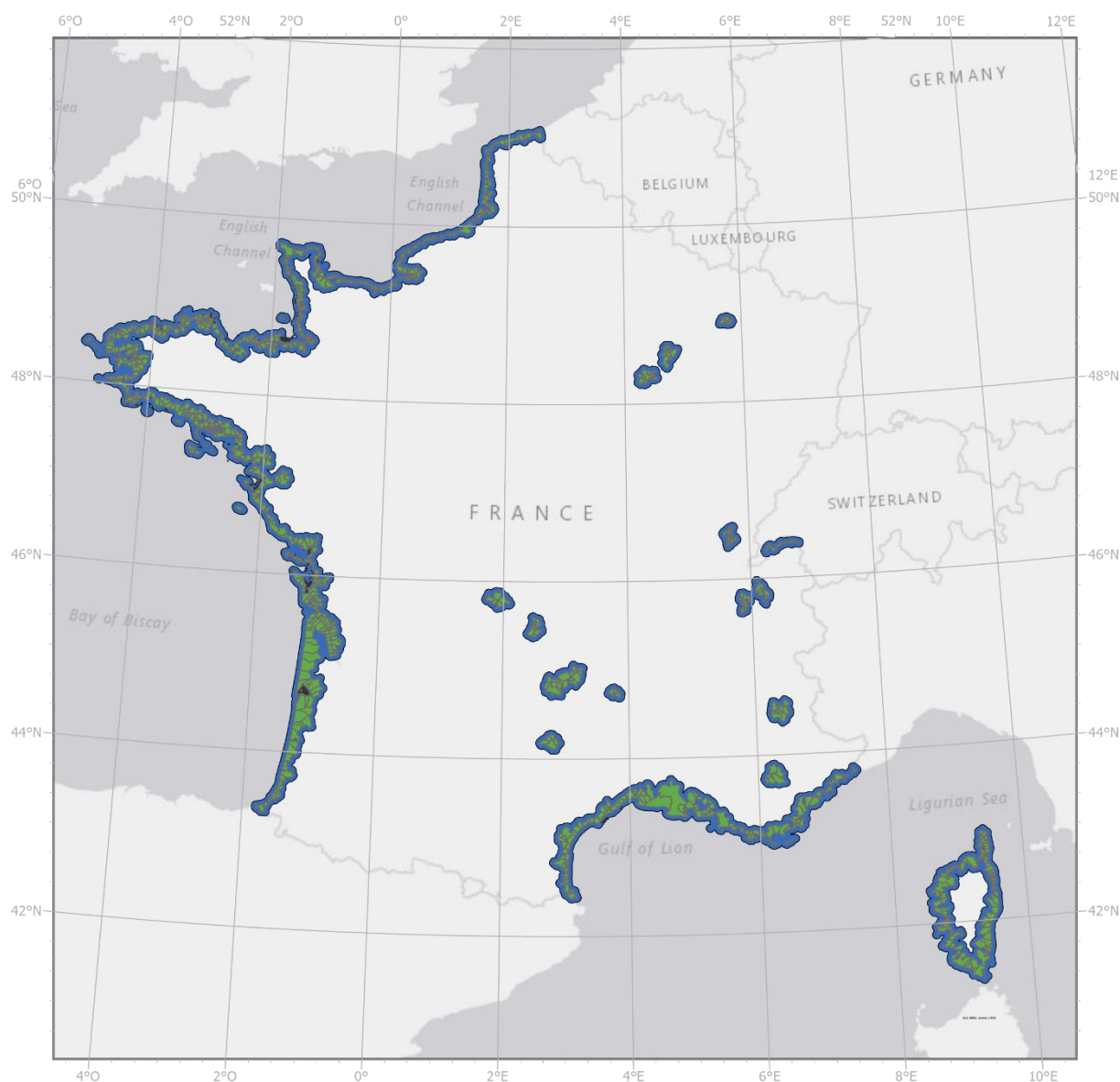


Figure 2. Carte de l’emprise de CARTNAT littoral. En vert sont représentées les communes littorales (au sens de la loi littoral) et en bleu la zone tampon de 5 km autour des communes littorales.

2.2. 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*³ (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.

³ “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)

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 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 », GRECO⁴, 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 formations végétales utilisées sont celles de la nomenclature des peuplements forestiers cartographiés par photo-interprétation dans la BD_forêt V2. A noter ici que pour les peuplements de « pin maritime » situés sur les cordons dunaires, un niveau d'indigénat supplémentaire a été attribué relativement aux autres peuplements de « pin maritime » en raison de leur contexte socio-écologique singulier.

Les continuités temporelles ont été mesurées à partir de deux jeux de données : l'état boisé au XVIII^{ème} siècle (obtenu par numérisation des forêts présentes sur les cartes de Cassini) et l'état boisé de la première moitié du XIX^{ème} 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^{ème} siècle et plus importantes encore pour celles qui étaient couvertes par de la forêt au XIX^{ème} et XVIII^{ème} siècle. Les informations d'état boisé historique (XVIII et XIX^{ème} 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. 2012⁵ et Lallemand et al. 2017⁶.

Un indice de probabilité de non-exploitation forestière a été élaboré en tenant compte de la topographie. Dans CARTNAT 2021, les forêts situées sur des pentes supérieures à 30° étaient considérées comme présentant une très faible probabilité d'être exploitées, en accord avec le consensus pour les forêts en milieu montagneux. Cependant, dans le cadre de CARTNAT Littoral, nous avons souhaité affiner cet indice afin de mieux refléter les spécificités des forêts littorales. En effet, les observations effectuées lors de l'atelier 1, dans la forêt du Porger, ont montré que, dans un contexte littoral, des décisions de non-gestion peuvent s'appliquer sur des pentes bien inférieures à 30°.

Pour répondre à cette particularité, deux nouvelles classes de pentes ont été intégrées dans CARTNAT Littoral, chacune associée à un indice distinct de probabilité de moindre exploitation. Les forêts situées sur des pentes de 15° à 20° se sont vues attribuer une majoration de 7 points d'*hemeroby*, tandis que celles sur des pentes de plus de 20° ont bénéficié d'une majoration de 10 points. Ces ajustements ont été validés par l'expertise des agents de l'ONF.

⁴ <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?article773>

⁵ 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.

⁶ 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.

Pour permettre l'intégration de ces pentes plus faibles dans le modèle, un calcul topographique plus précis a été effectué à partir des données du RGE ALTI® 5M (IGN), offrant une résolution adaptée à cette approche affinée. Ce paramétrage renforce la pertinence du modèle dans les contextes spécifiques des forêts littorales.

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 (RPG⁷) 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.

Concernant les rivières et les surfaces d'eau, deux sources de données ont été utilisées. Tout d'abord, la BD TOPAGE⁸ 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 rivières⁹ » développé par le CEREMA et repris par l'Observatoire National de la Biodiversité. De plus, 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.

Enfin, pour les besoins de la méthodologie CARTNAT LITTORAL, nous avons intégré ici deux nouvelles données :

La couche estran de la BD_TOPO V3 (IGN), permettant d'étendre au large la prise en compte du continuum de la bande littorale puisqu'une analyse préliminaire avait mis en avant une emprise trop continentale et donc trop restrictive du littoral de CARTNAT 2021. L'estran a été intégré avec une valeur d'*hemeroby* élevée, puis localement dégradé en fonction des infrastructures et activités anthropiques présentes.

Les données Coastal Zone issues du programme Copernicus¹⁰, qui sont des données d'occupation du sol, couvrant spécifiquement la bande littorale (jusqu'à 10km dans les terres)

⁷ <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/registre-parcellaire-graphique-rpg-contours-des-parcelles-et-ilots-culturels-et-leur-groupe-de-cultures-majoritaire/>

⁸ <https://bdtopage.eaufrance.fr/>

⁹ <https://naturefrance.fr/indicateurs/naturalite-estimee-des-cours-deau>

¹⁰ <https://land.copernicus.eu/en/products/coastal-zones>

et disponibles de manière homogène à l'échelle de l'Europe. Ces données ont été ajoutées pour permettre notamment de couvrir les nouveaux espaces liés à l'extension de l'emprise spatiale et pour affiner la nomenclature d'occupation du sol qui comporte des éléments très spécifiques au littoral, et absents des autres données d'occupation du sol tel que OSO. Seuls les types d'occupation de sol pertinents de Coastal Zone ont été conservés pour le modèle CARTNAT littoral et reclassé sur une échelle d'*hemeroby*. Les types d'ODS conservés et les notes d'*hemeroby* associées sont données dans le tableau 2.

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, estrans	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
Coastal Zone	Occupation du sol de la bande littoral (jusqu'à 10km vers les terres)	Copernicus	10 m
RGE ALTI® 5M (IGN)	Modèle Numérique de Terrain	IGN-F	5 m

Tableau 2. Notes d'hémeroby attribuées aux types d'occupation du sol issus de la donnée Coastal Zone (Copernicus)

Code	Type d'occupation du sol	Hemeroby
12310	Cargo port	15
12320	Passenger port	15
12330	Fishing port	15
12340	Naval port	15
12350	Marinas	20
12360	Local multi-functional harbours	20
12370	Shipyards	20
62111	Sandy beaches	70
62112	Shingle beaches	70
62120	Dunes	75
62200	River banks	70
63120	Coastal cliffs	70
71100	Inland marshes	70
72100	Salt marshes	70
72200	Salines	25

72300	Intertidal flats	70
81100	Natural & semi-natural water courses	65
81200	Highly modified water courses and canals	30
81300	Seasonally connected water courses (oxbows)	60
82100	Natural lakes	70
83100	Lagoons	70
83200	Estuaries	70
83300	Marine inlets and fjords	70

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 au contexte littoral, selon le modèle présenté ci-dessous (figure 3). Un contrôle sur les deux zones des deux ateliers a été réalisé pour valider l'ordre des données.

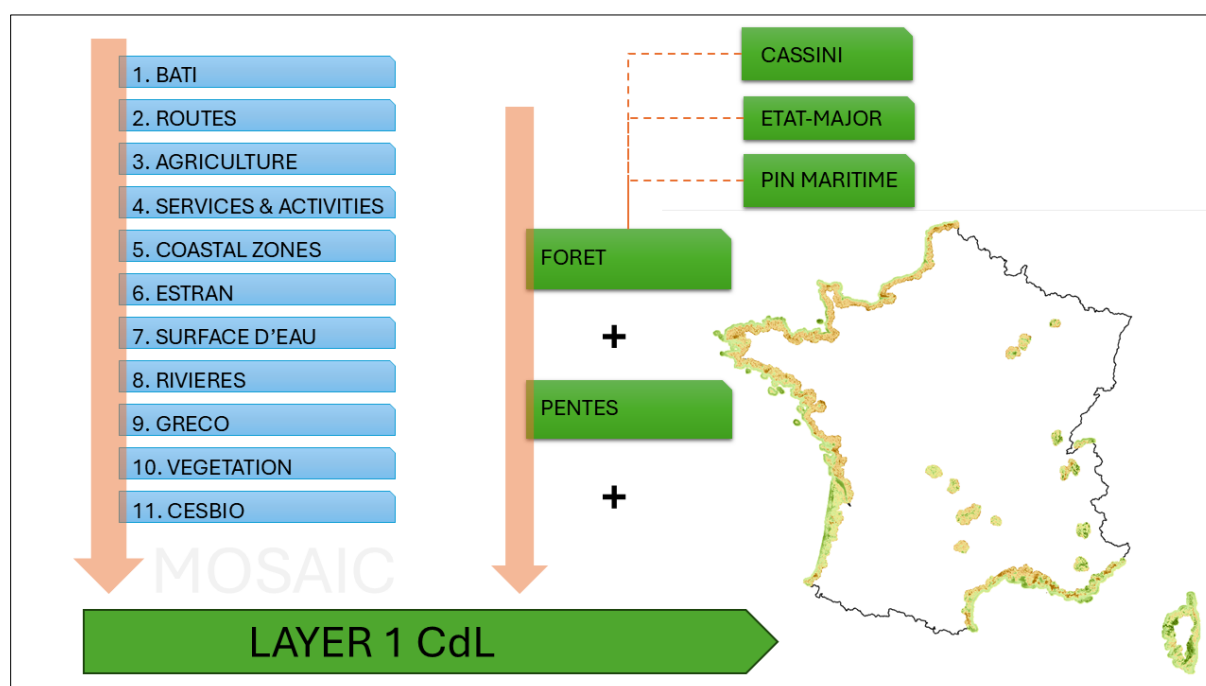


Figure 3. Schéma synoptique du modèle d'agrégation et de hiérarchisation des données du layer 1 intégrité biophysique.

La carte finale a été homogénéisée à la résolution de 20 mètres et reclassée sur une échelle relative (figure 4).

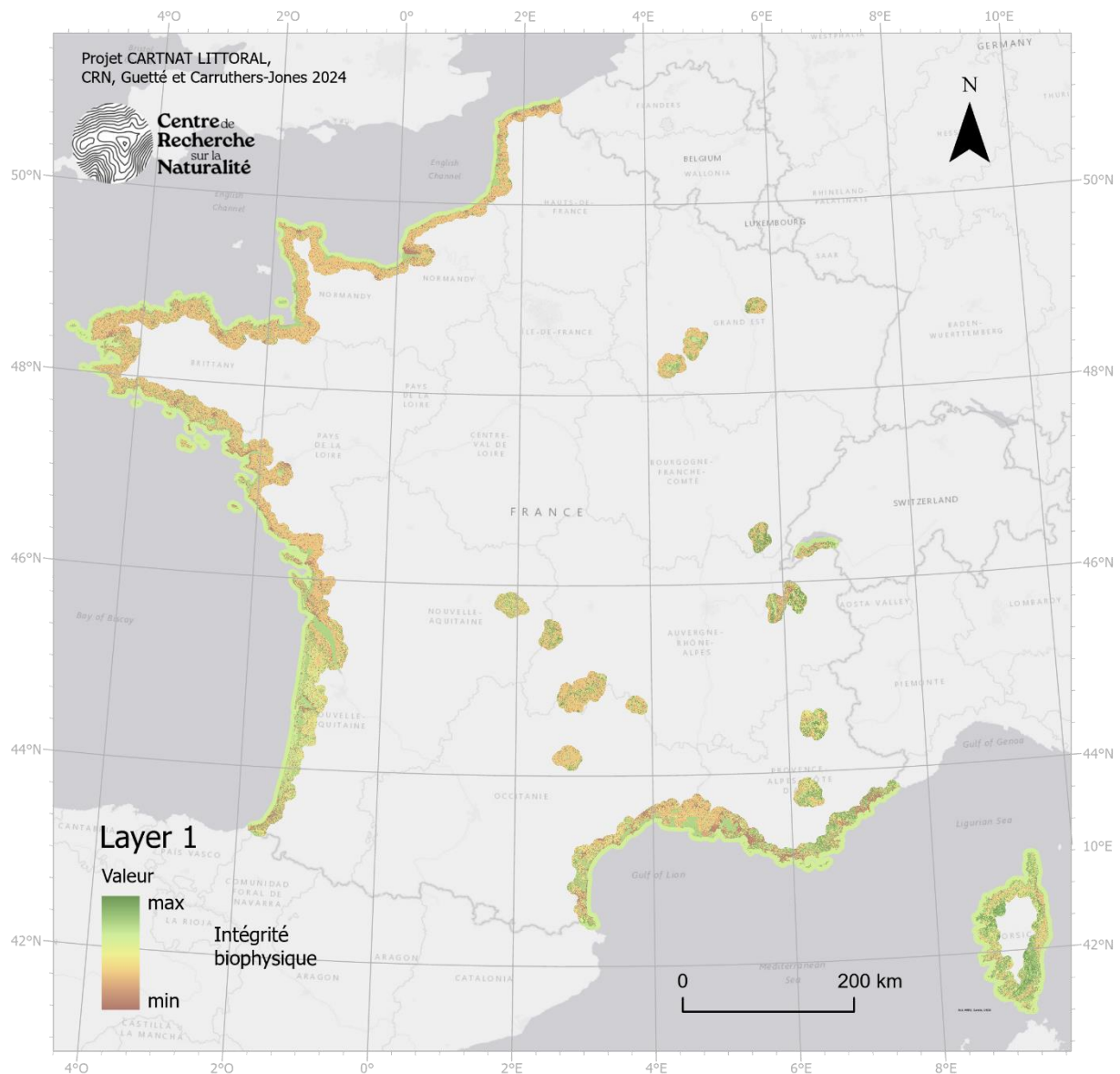


Figure 4. Carte du gradient d'intégrité biophysique de l'occupation du sol. Les espaces en vert foncé représentent les espaces à haute intégrité biophysique tandis que les espaces en marron sont ceux ayant une valeur faible d'intégrité biophysique. La carte est présentée avec un étirement par écart-type.

2.3. 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 km².

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. La résolution spatiale de la carte finale est de 20 mètres (figure 5).

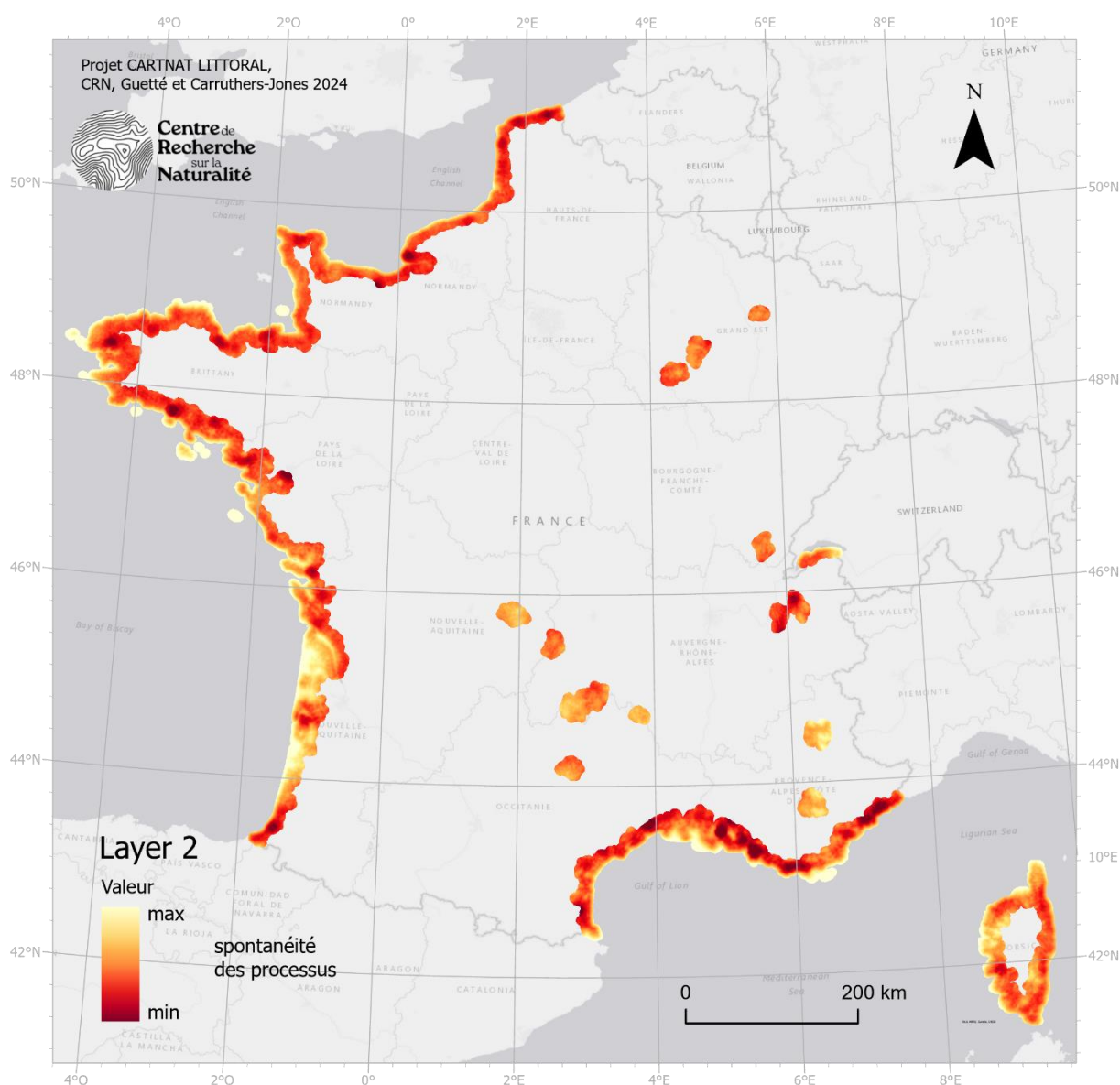


Figure 5. Carte du gradient de spontanéité des processus. Les espaces en blanc représentent les espaces à forte spontanéité tandis que les espaces en rouge foncé sont ceux qui ont une plus faible spontanéité de processus. La carte est présentée avec un étirement par écart-type.

2.4. Les continuités spatiales

La carte de continuités spatiales des paysages a été développée avec le modèle « Omniscape¹¹ ». 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 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 6). 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. 2016¹².

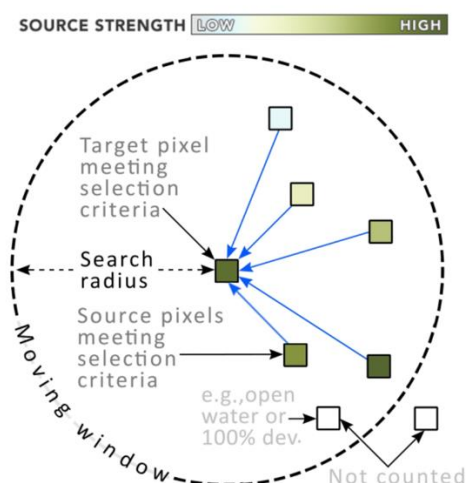


Figure 6. Illustration de l'application de l'algorithme Omniscape dans une fenêtre mouvante¹³

L'algorithme Omniscape a été appliqué à l'ensemble de l'emprise du layer 1 en utilisant la carte d'intégrité biophysique de l'occupation du sol en *input*. Le rayon des fenêtres mouvantes retenu est de 3 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 80 mètres, sur une échelle relative (figure 7).

¹¹ 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.

¹² 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.

¹³ Extrait de : <https://docs.circuitscape.org/Omniscape.jl/stable/algorithm/>

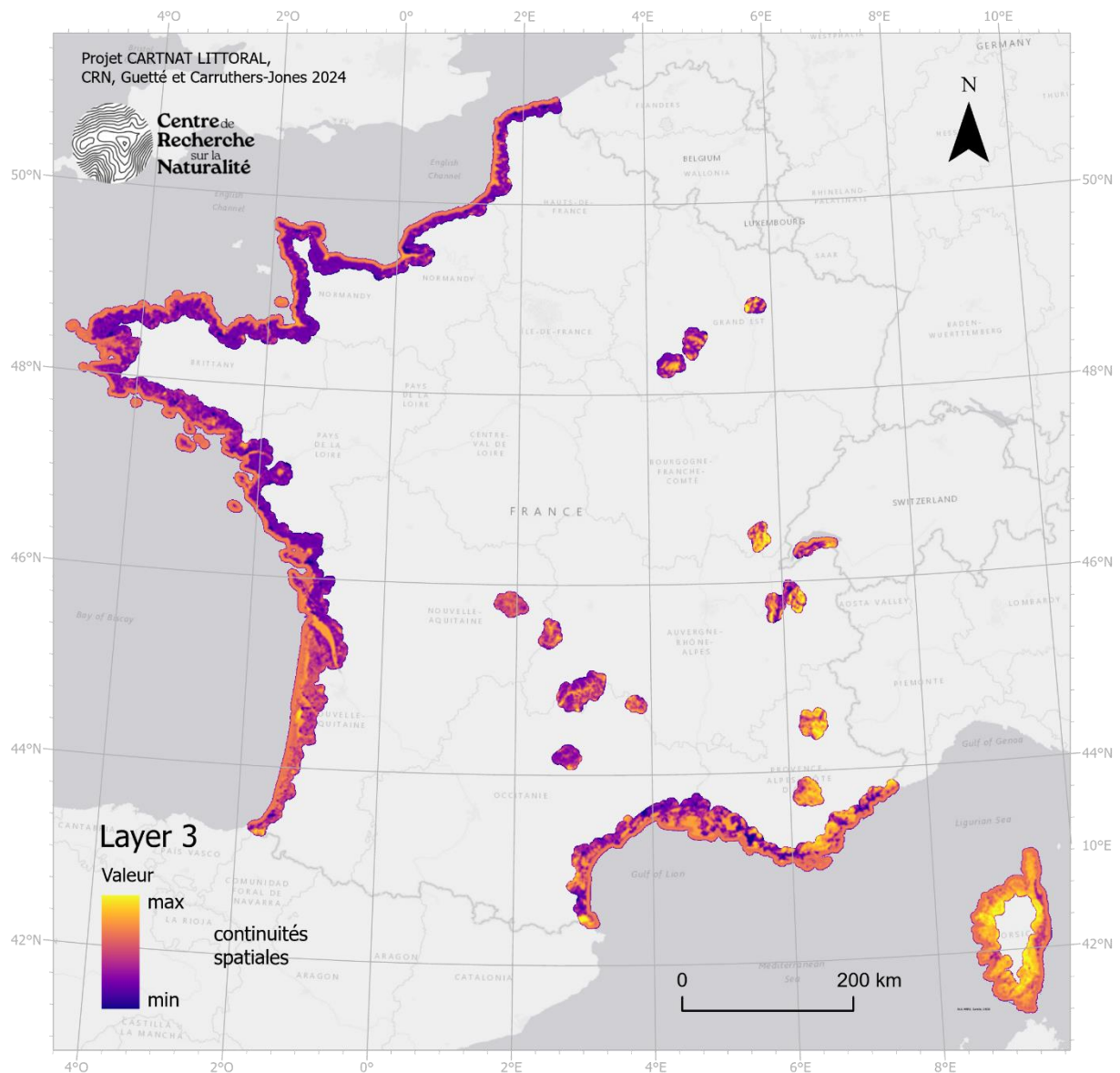


Figure 7. Carte des continuités spatiales, produite par modélisation de la connectivité écologique omnidirectionnelle. Les espaces en jaune représentent les espaces qui reçoivent le plus de flux écologique et qui ont une connectivité importante. La carte est présentée avec un étirement par écart-type.

2.5. 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 (figure 8).

III. Éléments de comparaison entre CARTNAT 2021 et CARTNAT littoral

3.1. L'emprise des deux cartographies

Une première différence majeure entre les deux cartographies est l'emprise (figure 9).

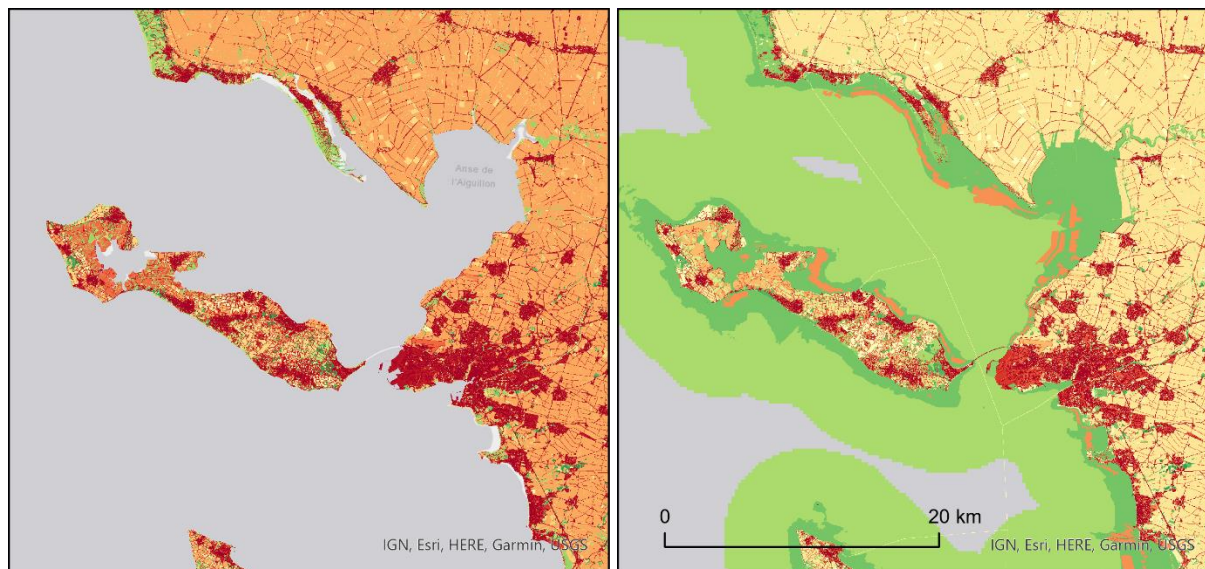


Figure 9. Sur le secteur de la Baie de l'Aiguillon, à gauche, l'emprise de CARTNAT 2021 et à droite, l'emprise de CARTNAT littoral.

L'emprise de CARTNAT littoral permet de mieux considérer le continuum terre-mer. Celle-ci inclut désormais l'estran, les dunes mais aussi toutes les activités et infrastructures anthropiques situées dans cette zone, tels que les activités conchylicoles sur l'estran ou les blockhaus sur certains cordons dunaires (figure 10).



Figure 10. Sur un secteur de la Baie d'Audierne (Tréguennec), à gauche, l'emprise de CARTNAT 2021 qui n'inclut ni le bas de plage, ni les blockhaus (représentés en jaune) ; à droite, CARTNAT littoral intégrant tout le continuum jusqu'à la mer.

3.2. Le top 10% des espaces de plus haute naturalité

La méthodologie CARTNAT littoral permet de mieux considérer les espaces littoraux. L'emprise réduite et l'adaptation du modèle permet une analyse plus fine des espaces de haute naturalité potentielle. A titre d'illustration, nous pouvons observer sur le secteur de Borg les Orgues, où le second atelier s'est déroulé, que le top 10% de haute naturalité couvre une surface plus importante avec la méthodologie CARTNAT LITTORAL qu'avec le modèle CARTNAT France 2021 (figure 11).

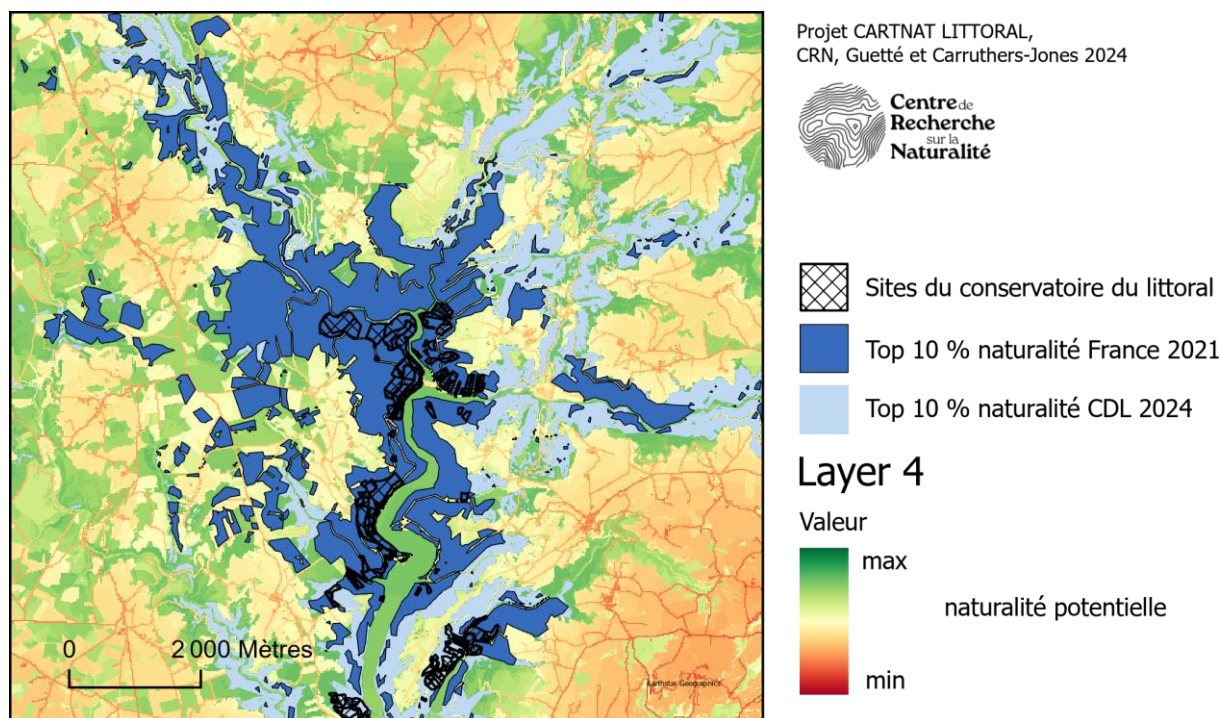


Figure 11. Sur le secteur du lac de Borg-les-Orgues, la carte représente le gradient de naturalité potentielle obtenu avec le modèle CARTNAT littoral. Les zones en bleu foncé correspondent aux secteurs inclus dans le top 10% de haute naturalité du modèle CARTNAT 2021 tandis que les zones en bleus clair représentent les secteurs inclus dans le top 10% de naturalité du modèle CARTNAT littoral. Les zones hachurées sont les sites du conservatoire du littoral.