



OBSERVATOIRE DE LA CÔTE
NOUVELLE-AQUITAINE

Document public

Rapport final

Gestion des laisses de mer et effets sur l'érosion. Synthèse bibliographique

RP-74204-FR
Version du 14/03/2025

Capderrey C., Nicolae-Lerma A., Bernon N.



Ce rapport a été vérifié le 28/02/2025 et approuvé le 11/04/2025 selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu contractuellement.

Le demandeur assure lui-même la diffusion qu'il souhaite des exemplaires de ce tirage initial, dont il est seul propriétaire.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur, ainsi que par les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu responsable de la divulgation du contenu total ou partiel de ce rapport à un tiers non-autorisé qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots-clés : Laises de mer, pratiques de nettoyage, côte sableuse, géomorphologie, écosystèmes

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Capderrey C., Nicolae-Lerma A., Bernon N. (2025) - Gestion des laisses de mer et effets sur l'érosion. Synthèse bibliographique. Rapport final. Version du 14/03/2025. BRGM/RP-74204-FR, 86 p., 23 Ill., 4 ann.

Synthèse

Les laines de mer, constituées de matériaux très variés, jouent un rôle écologique bien établi. En revanche, leur interaction avec le fonctionnement hydro-sédimentaire des systèmes "plage-dune" est moins bien comprise, car elle dépend de nombreux facteurs complexes. Relativement peu d'études ont, à ce jour, mis en place des protocoles pour évaluer l'impact géomorphologique des laines de mer. Du fait d'interactions multiples et de leurs caractéristiques parfois éphémères, les effets positifs ou négatifs, à court ou à long terme, sont difficiles à mettre en évidence.

A cette complexité s'ajoutent les pratiques de ramassage qui sont très diverses d'un territoire à l'autre, allant d'un ramassage total des laines de mer et des déchets associés, à des pratiques plus différenciées qui cherchent à les conserver ou à les déplacer au sein du système "plage-dune".

Peu de connaissances sont disponibles concernant les impacts des pratiques sur ces systèmes, et, hormis les impacts écologiques néfastes du ramassage mécanique, peu d'éléments permettent à ce jour d'appuyer scientifiquement des protocoles de suivi physique associés aux impacts de ces pratiques.

Axé sur ces manques, un travail de synthèse, mené sur une bibliographie scientifique non exhaustive, a permis de mettre en avant des perspectives de travail en faveur de l'évolution des protocoles mis en place par l'OCNA sur les plages sableuses concernées par le ramassage : l'établissement des cartographies des pratiques de nettoyage par commune (pas de nettoyage, mécanique, manuel, mixte) adossées aux transects historiques de l'OCNA ; la modulation des temps de suivis physiques compte-tenu de la réponse des espèces végétales à la suppression de la laisse ; des tests de la pertinence de suivis spécifiques en cas de contexte « post-tempête » sur des plages systématiquement nettoyées ou encore des expérimentations *in situ* là où les communes pratiquent du nettoyage manuel différencié des plages.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Habitat « laisse de mer »	9
3. Effets géomorphologiques et récupération des systèmes dunaires	13
3.1. FORMATION ET FIXATION DES DUNES.....	13
3.2. PROTECTION CONTRE L'ÉROSION ÉOLIENNE ET MARINE.....	14
3.2.1. Effets de la composition de la laisse	14
3.2.2. Effet des pratiques de gestion	20
4. Etat des pratiques de gestion des laisses de mer en France métropolitaine	29
4.1. TECHNIQUES ET PROTOCOLES DE NETTOYAGE	29
4.2. PRATIQUES SUR LE LITTORAL DE NOUVELLE-AQUITAINE	33
4.2.1. Appel à projets du Conseil départemental de la Gironde.....	33
4.2.2. Informations issues des rapports annuels de nettoyage des départements	33
5. Conclusions et perspectives de recherche	35
6. Bibliographie	37

Liste des illustrations

Illustration 1 - Laisses de mer en milieu ouvert (à gauche ; Parc Naturel Marin Estuaires Picards et Mer d'Opale) et en milieu fermé (à droite ; bassin d'Arcachon) ; crédits : OFB et Ecocitoyens du BA	9
Illustration 2 - Banquettes de posidonie (<i>Posidonia oceanica</i>) sur la plage de la Madrague (Sainte-Maxime, Var) ; © BRGM.....	10
Illustration 3 - Ramassage mécanique des sargasses (Martinique) ; © Dolique et al., 2021	10
Illustration 4 - Laisse de mer essentiellement constituée de macro-débris de bois morts (issu de Grilliot et al., 2019)	11
Illustration 5 - Déchets et laisse de mer sur une plage de la Côte d'Opale (Pas-de-Calais) ; crédit : Marie-Dominique Monbrun / Office Français de la Biodiversité	11
Illustration 6 - Grandes étapes de formation des systèmes dunaires (source : Conservatoire du Littoral)	14
Illustration 7 - Synthèse des évolutions de plages dans un contexte d'échouages et de ramassages (issu de Dolique et al., 2021) : A : situation de laisse végétale tidale ; B : situation d'échouage massif ; C : situation de ramassage mécanique ; D : situation de ramassage manuel total ; 1 : état initial topographique ; 2 : tendance évolutive du profil ; 3 : laisse végétale ; 4 : accrétion, aggradation ; 5 : érosion.....	16
Illustration 8 - Part de sable obtenue sur 50 échantillons de sargasses ramassés mécaniquement (issu de Dolique et al., 2021)	17
Illustration 9 - Macro-débris de bois récents et anciens débris partiellement désensablés suite à une tempête (issu de Grilliot et al., 2019)	19
Illustration 10 - États évolutifs possibles d'un système "plage-dune" en présence de macro-débris de bois	20

Illustration 11 - Enrichissement (dépôt intentionnel) en laisse de mer au niveau du pied de dune et comportement attendu (Provost et al., 2022)	21
Illustration 12 - Parties dunaires (berme, dune en elle-même et zone arrière entre la dune et la route) et types de traitement vis-à-vis de la gestion de la laisse (Provost et al., 2022)	21
Illustration 13 - Modifications dans l'élévation et dans le budget sédimentaire pour les trois régions dunaires, dans les trois zones de traitement de la laisse (Provost et al., 2022).....	22
Illustration 14 - Raster des altitudes au début de l'étude (haut) ; différences d'altitudes calculées entre les levés LiDAR du début de l'étude et de fin d'étude (bas) (Provost et al., 2022)	22
Illustration 15 - Composition de la laisse de mer au niveau des parcelles expérimentales de l'étude (A), au niveau de 21 sites dunaires de la région nord-est de la Floride concernée par l'ouragan Irma (B) et (C) en termes de rapport moyen C:N des matériaux organiques des parcelles expérimentales d'enlèvement de la laisse (Joyce et al., 2022)	23
Illustration 16 - Changements au cours du temps dans les abondances des espèces végétales (Joyce et al., 2022) ...	24
Illustration 17 - Effets de l'enlèvement de la laisse sur différentes variables liées à la végétation (Joyce et al., 2022)	25
Illustration 18 - Effets de la présence de la laisse sur la géomorphologie (Joyce et al., 2022)	26
Illustration 19 - Schéma récapitulatif des principales pressions engendrées par les activités et le fonctionnement simplifié de la laisse de mer (BRGM)	27
Illustration 20 - Illustrations du nettoyage différencié (source : Guide méthodologique pour le nettoyage différencié des plages, 2010, Conservatoire du Littoral, Rivages de France).....	30
Illustration 21 - Secteurs géographiques différant par la marée et la composition des laisses de mer (source : Guide méthodologique pour le nettoyage différencié des plages, 2010, Conservatoire du Littoral, Rivages de France).....	31
Illustration 22 - Proposition de fréquences des passages (zones à forts enjeux environnementaux) présentées dans le Guide méthodologique pour le nettoyage différencié des plages (2010, Conservatoire du Littoral, Rivages de France)	31
Illustration 23 - Proposition de fréquences des passages (zones à très forts enjeux environnementaux) présentées dans le Guide méthodologique pour le nettoyage différencié des plages (2010, Conservatoire du Littoral, Rivages de France)	32

Liste des annexes

Annexe 1 - Classification de l'habitat « laisse de mer ».....	41
Annexe 2 - Liste des données acquises concernant des pratiques de nettoyage à l'échelle NVA.....	43
Annexe 3 - Cartographies des pratiques du Département 33	45
Annexe 4- Plan général du nettoyage différencié du littoral landais	69

1. Introduction

Dans le cadre du module de suivi et de surveillance de l'évolution du littoral de la côte de Nouvelle-Aquitaine (Module 2), le programme 2024 de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine (OCNA) a consacré une action à l'étude de l'impact des laisses de mer sur l'érosion côtière (Action M1_CS_3).

L'objectif de cette étude a été de faire un état de l'art non exhaustif de la bibliographie et des études disponibles permettant d'évaluer la capacité des laisses de mer à limiter l'érosion marine sur les côtes sableuses et à identifier le niveau de prise en compte du phénomène, en particulier sur la côte aquitaine. Les principales connaissances sur le sujet ont été reprises dans le présent rapport et les informations collectées auprès des différentes communes sont disponibles en Annexes 3 à 43 du présent document.

Les plages de la région Nouvelle-Aquitaine, du Pays basque à la Charente, appartiennent à des contextes géomorphologiques et sédimentologiques différents (sableux, rocheux, vaseux, sablo-vaseux, galets), avec une grande dominante de côtes sableuses. Tout comme à l'échelle nationale, les pratiques de nettoyage des plages sableuses diffèrent d'une commune à l'autre (du fait des moyens humains et financiers, des perceptions environnementales, des obligations liées au tourisme et à la sécurité, etc.). La littérature scientifique internationale publiée contient un volume très important d'informations sur les interactions entre les processus physiques et les déterminants biologiques du développement des systèmes "plage-dune" qui, aujourd'hui, sont relativement bien connus et appréhendés. En revanche, moins d'informations sont disponibles à propos de l'impact à court et long terme sur les évolutions géomorphologiques de l'interface "plage-dune" et les impacts des pratiques de nettoyage hors contexte expérimental sont encore faiblement documentés. Hormis les impacts écologiques néfastes du ramassage mécanique, peu d'éléments permettent à ce jour d'appuyer scientifiquement le bien fondé des pratiques de gestion des laisses de mer. Ceci souligne ainsi la nécessité de mettre en place des protocoles de suivis biologiques et physiques associés aux pratiques pour préciser le niveau d'impacts à court (saison) et à moyen terme (plusieurs années).

Ce travail a pour objectif de rassembler des informations issues de la littérature scientifique et grise, aussi bien nationale qu'internationale, autour de la pratique de gestion des laisses de mer, pour évaluer les effets induits par celles-ci sur l'atténuation de l'érosion marine affectant les côtes sableuses. Il est un préalable à une réflexion et à la mise en place d'un protocole dédié à l'étude de l'impact des pratiques de nettoyage sur le littoral, qui pourra être envisagé dès 2025.

2. Habitat « laisse de mer »

La laisse de mer est formée par les débris naturels déposés lors des marées. Ces débris peuvent avoir différentes origines : végétale (laminaires, sargasses, feuilles d'herbiers marins) et animale (coquillages, capsules d'œufs de sélaciens et mollusques, exuvies, tests d'oursins), et contenir des débris d'origine anthropique de différentes tailles (plastiques, filets, etc.). L'accumulation de ces débris, d'ordinaire organique, forme un ruban plus ou moins étroit et parallèle à la mer pouvant s'étendre sur plusieurs kilomètres. La laisse de mer forme un milieu instable, car soumis aux marées, mais sa présence permet le développement d'un écosystème qui assure plusieurs fonctions écologiques pour de nombreuses espèces. Elle joue notamment un rôle-clé en tant qu'habitat de protection (micro-refuges physiques et thermiques) et d'alimentation pour de nombreuses communautés d'invertébrés (insectes, araignées, crustacés amphipodes, Elias et al., 2000 ; Heerhartz et al., 2016 ; Michaud et al., 2019 ; Davis & Keppel, 2021) et d'alimentation et de nidification pour des consommateurs secondaires comme les oiseaux (ex : larolimicoles dont le Gravelot à collier interrompu). Les laisses sont des compartiments significatifs dans le fonctionnement des réseaux trophiques littoraux ; elles soutiennent les richesses spécifiques et les abondances de plusieurs groupes faunistiques et floristiques, et sont également importantes dans le maintien de la connectivité écologique entre les milieux marin et terrestre. Les laisses de mer sont par ailleurs des *hotspots* biogéochimiques agissant sur les transferts de CO₂ à l'interface milieu marin-atmosphère (Lastra et al., 2018) et jouent un rôle non négligeable dans le stockage / déstockage de contaminants comme le mercure (Graca et al., 2022).

Aussi bien présentes en milieu ouvert que fermé (Illustration 1), la composition de la laisse varie fortement selon la géographie et le type de côte.



Illustration 1 - Laisses de mer en milieu ouvert (à gauche ; Parc Naturel Marin Estuaires Picards et Mer d'Opale) et en milieu fermé (à droite ; bassin d'Arcachon) ; crédits : OFB et Ecocitoyens du BA

En Méditerranée, la laisse de mer contient généralement peu d'algues ; elle peut prendre la forme de fins rubans comme sur les plages de galets et graviers à végétation pionnière ou être constituée de feuilles de posidonie qui s'accumulent jusqu'à former des banquettes (Illustration 2).



*Illustration 2 - Banquettes de posidonie (Posidonia oceanica) sur la plage de la Madrague (Sainte-Maxime, Var) ;
© BRGM*

En revanche, les laisses composées d'algues brunes (fucales), comme les sargasses, peuvent représenter des échouages massifs et des dépôts de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur, comme aux Antilles (Illustration 3).



Illustration 3 - Ramassage mécanique des sargasses (Martinique) ; © Dolique et al., 2021

Sur les côtes à estran principalement sableux et vaseux qui ne permettent pas l'installation des algues (hydrodynamisme fort par exemple), les laisses de mer sont davantage constituées de débris coquillers (coques ou couteaux par exemple). D'autres éléments végétaux viennent les compléter, comme le bois mort apporté par les fleuves et transporté le long du littoral (Illustration 4) ou plus localement les débris de végétation caractéristiques des prés salés ou de dunes.



Illustration 4 - Laisse de mer essentiellement constituée de macro-débris de bois morts (issu de Grilliot et al., 2019)

Plusieurs types de laisse de mer peuvent ainsi se constituer en fonction de l'importance des marées, mais également occasionnellement à la suite de tempêtes marines ou d'épisodes de crues et offrent des conditions biotiques et abiotiques diversifiées pour la petite faune invertébrée (coléoptères, diptères, amphipodes, arachnides) qui y trouve refuge. Ainsi, selon la composition, le degré d'assèchement et de décomposition ou d'enfouissement de la laisse de mer par le sable, les communautés invertébrées et végétales qui les constituent, varient.

La laisse de mer est également accompagnée de nombreux déchets (bouteilles, mégots, emballages, filets de pêche, Illustration 5) et fait l'objet de ramassage sur de nombreuses plages en raison de la nuisance d'ordre esthétique (tourisme), mais aussi sanitaire (dangerosité de certains déchets toxiques ou coupants) et écologiques (pollution chimique, ingestion par des animaux) qu'elle engendre.



Illustration 5 - Déchets et laisse de mer sur une plage de la Côte d'Opale (Pas-de-Calais) ; crédit : Marie-Dominique Monbrun / Office Français de la Biodiversité

La laisse de mer est un habitat écologique qu'on retrouve parmi plusieurs classifications ; notamment au niveau européen dans la typologie EUNIS 2012 (*European Nature Information System*) et à un niveau national où elle est notamment désignée comme habitat d'intérêt communautaire, parmi la typologie des Cahiers d'Habitats (nomenclature 1210). Plusieurs habitats inscrits à l'annexe I de la directive Habitats-Faune-Flore (DHFF) sont d'ailleurs associés aux lisses de mer (voir Annexe 1).

Sur le territoire métropolitain, la laisse de mer est considérée comme une zone écologiquement sensible et peut faire, selon sa localisation, l'objet de statuts de protection différents. Ce type d'habitat peut

notamment être présent en zone de Réserve Naturelle, en Site Natura 2000, qui sont des zones désignées pour la protection des habitats et des espèces reconnues d'intérêt communautaire (au titre de la directive européenne "Habitats"), ou bien dans une Aire Marine Protégée. Elle est par ailleurs mentionnée comme élément à considérer dans plusieurs politiques locales de gestion du littoral (ex : guide de gestion du trait de côte de certains départements, comme la Manche).

3. Effets géomorphologiques et récupération des systèmes dunaires

L'importance de la laisse de mer comme habitat et source de nutriments, pour les espèces qui utilisent la plage pour leur cycle de vie, est bien documentée. L'importance de leur présence pour favoriser le développement des écosystèmes dunaires et limiter les phénomènes d'érosion l'est également. De nombreuses études ont présenté les incidences du nettoyage mécanique sur le profil des plages et leur végétation et ont notamment démontré que le nettoyage mécanique perturbe le budget sédimentaire de la plage en plus de leur biodiversité (Vieira et al., 2016) avec des récoltes totales parfois constituées à 80 % de sable (Geffroy, 2010. Rivages de France) et modifiant également les dynamiques sédimentaires (Zielinski et al., 2019).

A mesure que la laisse se dépose sur les plages, elle contribue à la diminution de l'énergie des vagues et des courants au niveau de la zone de *swash* mais aussi piège et stabilise les sédiments. La laisse de mer assure un rôle non négligeable dans la lutte contre l'érosion et la résilience des systèmes "plage-dune" en contexte de post-tempête :

- participation à la formation et à la fixation des dunes ;
- participation à l'atténuation des effets mécaniques des vagues (amortissement, diminution de l'érosion et rétention du sable).

Son enlèvement est donc susceptible de perturber la dynamique des hauts de plage et des dunes et ainsi menacer directement le service écosystémique de protection contre les aléas qu'elle confère.

3.1. FORMATION ET FIXATION DES DUNES

La laisse de mer constitue une barrière au déplacement du sable par le vent, favorise sa fixation et contribue à créer des bourrelets importants dans l'édification physique de la dune embryonnaire (Illustration 6). Elle participe également à la création des conditions biotiques et abiotiques nécessaires au développement de végétation sur celle-ci et à proximité, au niveau des dunes embryonnaires. En se décomposant, les éléments organiques présents dans la laisse de mer permettent un enrichissement organique des sables et un développement de la végétation dunaire (Duggins et al., 1989 ; Orr et al., 2005 ; *The Division of Habitat and Species Conservation*, 2017 ; Provost et al., 2022), et constitue aussi une source de nutriments pour la flore dunaire (Innocenti et al., 2018 ; Provost et al., 2022). Des expériences en laboratoire ont démontré que l'apport de laisse de mer favorise en effet la croissance de la végétation dunaire via l'apport direct de nutriments à celle-ci (ex : azote et phosphore présents dans les sargasses, Williams & Feagin, 2010 ; Dugan et al., 2011) mais augmente également la croissance des champignons mycorhiziens, symbiotiques des racines de la végétation dunaire (Sigren et al., 2014). Ces derniers sont à la fois essentiels pour la croissance de la végétation, mais aussi pour la structure des systèmes d'avant-dune (Koske & Polson, 1984 ; Johansen et al., 2015 ; Crawford et al., 2020 ; Rodrigues & Rodrigues, 2022). Par exemple, le cakilier maritime (*Cakile maritima*, brassicaceae) profite notamment de l'enrichissement en nitrate dû à la laisse de mer et ses tiges ramifiées contribuent à piéger et fixer le sable au niveau des bourrelets sédimentaires.



Illustration 6 - Grandes étapes de formation des systèmes dunaires (source : Conservatoire du Littoral)

La laisse de mer participe ainsi au développement d'une végétation pionnière, au sein des dunes embryonnaires, en piégeant des graines amenées par le vent. Sa présence favorise donc directement ou indirectement l'accrétion des dunes (Provost et al., 2022) et son enlèvement est par conséquent un facteur propice à perturber le fonctionnement hydro-bio-sédimentaire au niveau de l'interface "plage-dune".

3.2. PROTECTION CONTRE L'ÉROSION EOLIENNE ET MARINE

La laisse peut également conférer une protection des dunes contre les effets mécaniques des vagues (amortissement, diminution de l'érosion et rétention du sable) avec un rôle non négligeable dans la résilience post-tempête (cf. § 3.2.2). En termes de construction purement physique, la laisse contribue au maintien et à la stabilisation du sable en renforçant les dunes, ce qui permet d'indirectement limiter l'érosion. En effet, davantage de sable a tendance à s'accumuler sur la ligne représentée par la laisse de mer que sur les autres zones *cross-shore* ce qui influence le budget sédimentaire des dunes (Nordstrom et al. 2011). La laisse est généralement impliquée dans la stabilisation du trait de côte et dans la réduction de l'érosion liée aux événements générant de hauts niveaux d'eau (Cardona et Garcia, 2008).

Toutefois, l'impact direct (piège à sable) ou indirect (favorisant l'installation et la croissance de végétation) sur les évolutions géomorphologiques des systèmes "plage-dune" est très variable en fonction du type de laisse de mer et des contextes hydro-sédimentaires. A cette complexité s'ajoutent d'éventuelles pratiques de gestion des laisses de mer.

3.2.1. Effets de la composition de la laisse

Exemple des accumulations d'algues

Une étude menée au Texas par Innocenti et al. (2018) a permis de montrer que les dépôts de sargasses sur les plages pouvaient être utilisés pour protéger les dunes de l'érosion. Leurs résultats indiquent que "la présence de grandes quantités de sargasses atténuait les vagues de 12 % en moyenne et réduisait la vitesse d'affouillement et l'érosion des dunes de 46 % et 103 % respectivement (ce pourcentage supérieur à 100% pour l'érosion des dunes indique une accrétion). Même la plus légère des couvertures testées de sargasses a empêché 6 % de l'érosion des dunes embryonnaires par rapport au témoin" (trad., p. 87, et reprise textuelle du rapport de master 1 de N. Calicis (2023)). Les auteurs y expliquent également que plus la quantité de sargasses déposée sur les dunes est élevée, moins la dune est soumise à l'érosion.

Une conclusion de l'étude est qu'un volume assez important de sargasses est nécessaire en pied de dune pour une protection efficace de la dune contre les vagues qui peuvent venir éroder précisément à ces endroits là et permettre le développement d'une dune embryonnaire. Des laisses végétales conséquentes, comme celles représentées par les sargasses, ont des effets importants sur le piégeage de sable. Une étude

spécifique de l'effet de la gestion de ces algues sur les plages sableuses de Martinique a été menée par Dolique et al. (2021). Les auteurs ont comparé des sites dans des contextes variés de ramassage des lisses et ont analysé les évolutions morphosédimentaires des plages face à (i) un ramassage total des lisses végétales par moyens mécanisés ; (ii) un ramassage total par des moyens manuels ; (iii) un ramassage partiel avec épandage sélectif de la lisse ; (iv) une accumulation naturelle de lisses végétales sans ramassage.

Sur l'ensemble des secteurs étudiés, les observations ont montré le rôle de piégeage des sables par les lisses végétales (résultats similaires à l'étude d'Innocenti et al. (2018), qui a montré que les sargasses protégeaient significativement les systèmes dunaires de l'érosion) et le rôle d'atténuation des vagues grâce aux sargasses. L'enfouissement naturel des végétaux de ce type constitue une matrice solide qui va fixer le sable et rigidifier la berme, pendant tout le temps de la lente décomposition des constituants de ces algues, et contribuer à enrichir le milieu en éléments azotés (au niveau des écosystèmes d'avant-côte comme les herbiers, mais aussi au niveau des écosystèmes pré-forestiers d'arrière-plage). La berme sablo-végétale ainsi constituée limite donc l'érosion de la plage dans ces secteurs, en période de forte houle, et contribue à son engraissement lors des périodes constructrices caractérisées par la remontée du sable en provenance de l'avant-côte. Dans ce cas particulier, la présence d'une lisse végétale est donc fondamentale pour l'équilibre morphodynamique et écologique des plages. Toujours dans le cas particulier des sargasses, si la lisse devient trop massive, en particulier lors d'une crise d'échouage massif, celle-ci peut avoir un tout autre rôle. Elle agit alors comme un mur relativement compact sur lequel viennent se briser les vagues, en y renforçant leur énergie. La matrice de sargasses peut alors se redresser sous l'effet des vagues et offrir un front de déferlement de plus en plus vertical et donc de plus en plus énergétique (Illustration 7). La conséquence pour la plage est un redressement du profil dans sa section basse et une translation du sable vers l'avant-côte où elle formera une barre sous-marine. Cette situation peut, par conséquent accroître la sensibilité de la plage à l'érosion en réduisant le stock de sable disponible pour la plage émergée et en renforçant l'énergie des houles dans la zone de déferlement.

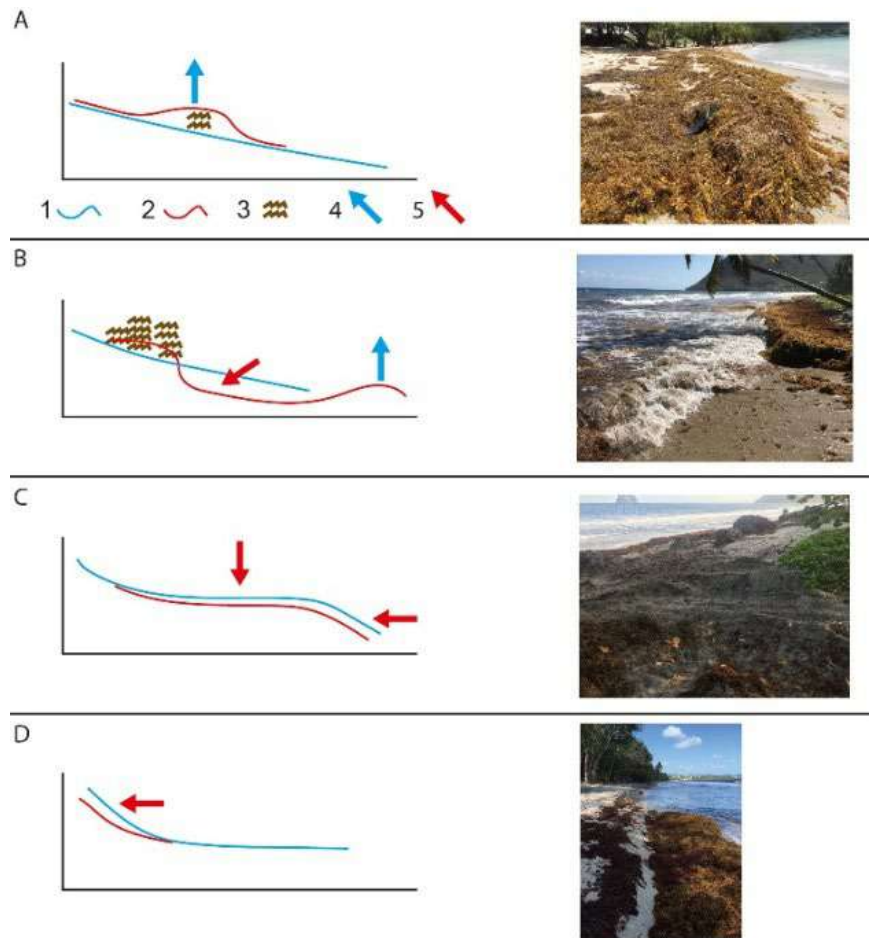


Illustration 7 - Synthèse des évolutions de plages dans un contexte d'échouages et de ramassages (issu de Dolique et al., 2021) : A : situation de lisse végétale tidale ; B : situation d'échouage massif ; C : situation de ramassage mécanique ; D : situation de ramassage manuel total ; 1 : état initial topographique ; 2 : tendance évolutive du profil ; 3 : lisse végétale ; 4 : accrétion, aggradation ; 5 : érosion

Dans le cadre des observations menées sur les sargasses (Dolique et al., 2011), le ramassage mécanique (engins de ramassage) a un net impact négatif sur le bilan sédimentaire de la plage d'Anse Caffard (secteur du Diamant, sud-ouest de la Martinique). Les tractopelles y prélèvent et exportent une quantité non négligeable de sable en dehors du système "plage". Les auteurs ont réalisé des prélèvements (50 échantillons, Illustration 8) pour estimer le volume de sable exporté par rapport au volume de lisse prélevée (essentiellement des sargasses). Les résultats montrent des volumes de 28 à 55 % (moyenne 41,66 %) de sable par mètre cube de lisse prélevée.

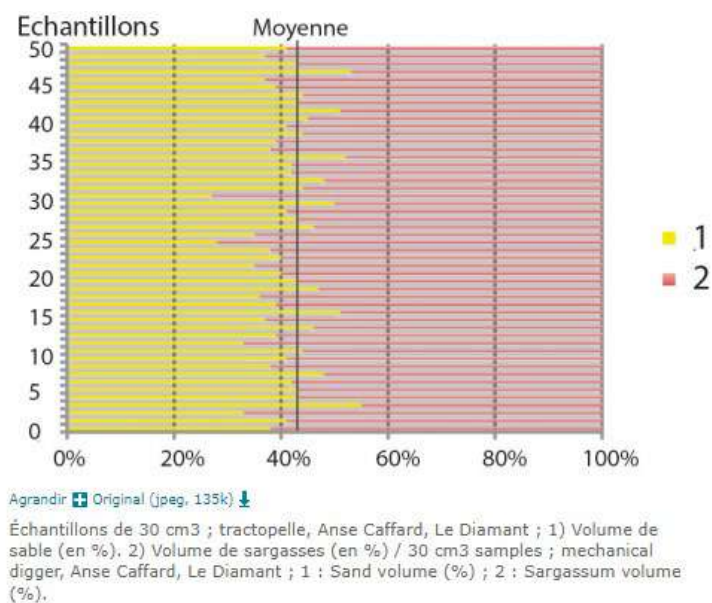


Illustration 8 - Part de sable obtenue sur 50 échantillons de sargasses ramassés mécaniquement (issu de Dolique et al., 2021)

Les auteurs estiment ainsi que, pour un ramassage moyen de 10 m³ de déchets végétaux, c'est 3 à 5 m³ de sable qui disparaissent d'une plage aux dimensions réduites et au budget sédimentaire fragile. À l'inverse, le ramassage manuel permet de retirer de moindres quantités de sable quand les laisses sont enlevées. Lorsque le ramassage est total, le profil peut devenir plus lissé en absence de bermes, et l'énergie des vagues aura alors tendance à « monter » plus haut (le « *runup* » est alors facilité), ce qui à terme provoque l'érosion du haut de plage (Illustration 7). Dans le cas des sargasses, l'action la plus positive qui soit, est l'épandage partiel. Sur le plan morphodynamique, il s'agit de la technique qui impacte le moins la morphologie de la plage : remanier la laisse en exportant de la plage une partie du volume et en épandant le reste sur l'ensemble de la largeur de la plage, concernée par le battement de déferlement et la marée. Certains engraisements ont même pu être notés.

Exemple des banquettes d'herbiers marins

D'autres compositions de laisse, comme les banquettes de posidonie, peuvent jouer un rôle de rempart contre l'érosion. Leur dépôt caractéristique en mille-feuille, issu de l'accumulation de feuilles mortes provenant des herbiers au large, peut atteindre, dans des cas exceptionnels, jusqu'à 2,5 m d'épaisseur (Boudouresque et al., 2017). Les banquettes jouent un rôle écologique et économique important. Elles protègent directement les plages contre l'érosion et le départ du sable (Simeone & De Falco, 2012 ; Boudouresque et al., 2016 ; Pattiaratchi et al. 2015 ; Paquier et al., 2020). Elles alimentent la dune en feuilles mortes et en sels nutritifs et contribuent à son édification et, indirectement, à la stabilité de la plage. Les feuilles mortes de la banquette ont vocation à retourner en grande partie, au gré des tempêtes, au milieu marin, où elles constituent une ressource alimentaire majeure, directe pour les écosystèmes littoraux (Boudouresque et al., 2017).

La pratique de gestion des banquettes en Méditerranée peut parfois être menée de façon similaire à celle des sargasses par épandage et par déplacement du volume vers le haut de plage. Pour une grande proportion de municipalités en PACA, le nettoyage raisonné manuel est pratiqué en période estivale, puis, dès le mois d'octobre, les municipalités, qui ont déplacé les banquettes sur la plage ou sur une autre plage, doivent les remettre en place, les répartir sur la surface de la plage, déplacées sur une autre plage soumise à l'érosion ou laissées sur place si la configuration de la plage le permet. Les nouvelles banquettes qui se constituent à cette période doivent être laissées sur place (DREAL PACA).

Exemple des débris de bois

Les laisses constituées de bois ne sont pas un habitat au sens des terminologies employées pour caractériser les typologies d'habitats (EUNIS, CH, etc.), mais n'en sont pas moins un habitat écologique à part entière et un marqueur géomorphologique notable.

Sur les plages sableuses exposées à des conditions de vagues et de marées énergétiques ou bien, après des événements de tempêtes ou de fortes crues, des laisses constituées de macro-débris de bois sont fréquemment observées. Ces matériaux transportés sur le littoral par les cours d'eau ou issus de l'érosion de forêt en haut de dune sont souvent disposés en matrices complexes en raison de l'action des vagues pendant les marées hautes ou les tempêtes. Les travaux récents de Grilliot et al. (2018, 2019) ont démontré que ce type de laisse est efficace pour modifier la turbulence des vents transportant du sable proche de la surface, modulant ainsi l'apport de sédiments sur la plage et sur l'avant-dune. Ainsi en comparaison de plage sans obstacle de ce type, l'accumulation de sédiments est plus rapide en présence de ce type de laisse. L'importance des dépôts dépend toutefois fortement du niveau de concentration et d'enchevêtrement des morceaux de bois et il est difficile de conclure à propos de la dimension, la forme ou l'orientation optimale en particulier, car les relations entre le flux éolien et les morceaux de bois changent au cours du temps du fait de l'accumulation de sable. L'impact direct des laisses de débris de bois avec le flux de sédiments éoliens est temporaire et la capacité de stockage limitée car après l'enfouissement, le sable éolien se déplace à nouveau sans entrave sur l'arrière-plage et sur l'avant-dune (Grilliot et al. 2019). Cet effet de remplissage rapide, qui peut être assimilé à l'effet de brise-vent est similaire à celui rapporté pour des laisses de mer composées d'algues ou pour des filets ou des ganivelles (e.g. Grafals-Soto & Nordstrom, 2009 ; Li & Sherman, 2015 ; Nordstrom et al., 2007, 2011). L'impact indirect peut quant à lui être plus durable si la végétation profite de conditions favorables (abris, concentration de graines, protection des vagues...) pour s'installer au niveau des accumulations permises par les débris de bois et peut croître progressivement en continuant de piéger du sable.

Les matrices de débris de bois peuvent également jouer un rôle sur l'érosion des dunes. Les amas de débris de bois peuvent être de nature à réduire l'érosion en protégeant partiellement l'avant-dune de l'impact direct des vagues, ou à l'inverse de nature à accentuer l'érosion en renforçant les impacts mécaniques des vagues déplaçant des débris. Plusieurs études ont évoqué ces questions (Davidson et al., 2020 ; Finlayson, 2006 ; Komar & Rea, 1976), sans conclusion forte étant donné la variabilité des contextes et des facteurs pouvant occasionner selon les cas des effets négatifs ou positifs. Toutefois, il ressort que l'effet dépend du degré d'empilement et d'entrelacement des débris et, par conséquent, de leur capacité à être mobilisés par les vagues. Si les troncs ne sont pas déplacés par l'énergie des vagues et que celles-ci ne contournent pas l'obstacle, on peut attendre plutôt des effets de protection. En revanche, en cas de contournement, l'érosion peut être accentuée avec des affouillements localisés autour et en arrière des troncs du fait de perturbations hydrodynamiques. Par ailleurs, les troncs flottants dans la zone de déferlement pourront agir aussi bien négativement lors de collisions avec le pied de dune, que positivement en atténuant l'énergie des vagues (Grilliot et al., 2019). Sur la question de la création de falaise dunaire, Davidson et al. (2020) considèrent que la présence de macro-débris de bois peut diminuer l'ampleur de l'érosion et de l'effondrement des falaises dunaires, mais dans une moindre mesure que d'autres facteurs de contrôles comme le niveau d'eau, la granulométrie ou la couverture végétale / biomasse racinaire.

En conclusion, il est possible que la présence de débris de type "bois" sur les plages de sable puisse atténuer certains des dommages potentiels causés aux avant-dunes lors de tempêtes extrêmes, malgré l'affouillement localisé autour des pièces individuelles de bois ou les effets mécaniques liés à la projection de débris de moindre dimension.

Un dernier point concerne la capacité des débris de bois à rester en place plusieurs saisons et donc d'être remis à nus ou remaniés lors de nouveaux épisodes d'érosion marine, intervenant potentiellement plusieurs saisons après leur première installation (Illustration 9). Dans ce cas, l'accumulation de débris

anciens et nouveaux peut, du fait de leur concentration de matériaux, être un facteur de ré-accumulation de sable transporté par le vent, favorisant la reconstruction de l'avant-dune dans un contexte post-tempête.



Illustration 9 - Macro-débris de bois récents et anciens débris partiellement désensablés suite à une tempête (issu de Grilliot et al., 2019)

Sur les sites régulièrement alimentés en laisse de mer de type "macro-débris de bois", il est ainsi complexe d'identifier les effets directs (négatifs ou positifs) sur l'érosion des dunes sans protocoles de mesure adaptés et les études sur les évolutions à long terme des plages et des avants-dunes sont encore des sujets avec peu de documentation. Le travail de Grilliot et al. (2019) propose une synthèse des impacts associés à la présence de débris de bois au niveau du système "plage-dune", en considérant à la fois des phases successives d'érosion et d'accumulation, ainsi que les interactions avec la dynamique de végétation. Le tout est représenté dans divers contextes de littoraux en accrétion, stables ou en érosion sur le long terme (Illustration 10).

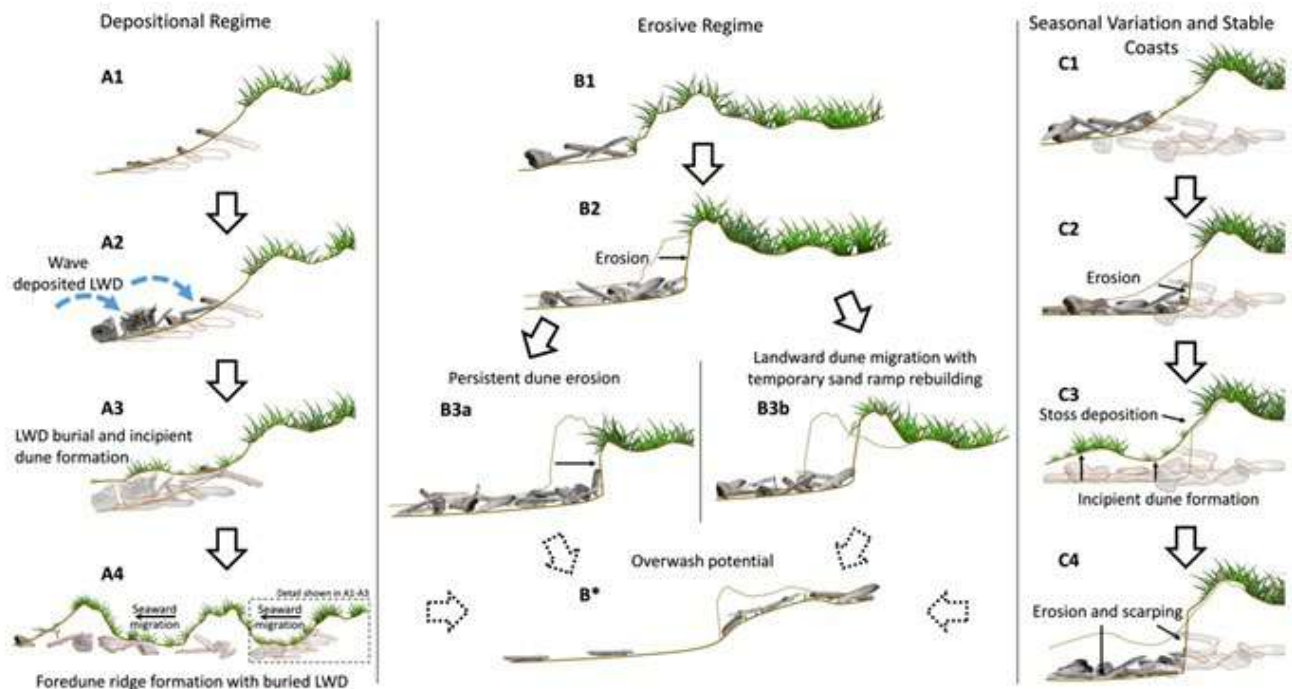


Illustration 10 - États évolutifs possibles d'un système "plage-dune" en présence de macro-débris de bois

Le scénario A (gauche) montre une côte en accrétion et une migration vers la mer qui se manifeste par une série de crêtes d'avant-dunes avec des débris enfouis.

Le scénario B (centre) montre une côte en recul chronique avec érosions dunaires successives (B3a) ou une migration dunaire vers l'intérieur des terres (B3b) ou avec de potentielles submersions (B*).

Le scénario C (droite) montre un cycle saisonnier d'érosion répétée et d'enfouissement des débris par dépôt éolien. Il est important de comprendre que les variations saisonnières du scénario C pourraient se produire dans les scénarios A et B, la tendance à long terme se superposant aux fluctuations à court terme. Le scénario C se produirait également sur des côtes stables sans migration à long terme de l'avant-dune (issu de Grilliot et al., 2019)

3.2.2. Effet des pratiques de gestion

Ramassage et réponses géomorphologiques

La pratique de gestion des laisses (*i.e.* nettoyage) peut avoir des effets importants sur les écosystèmes dunaires. Ici aussi, l'impact et le rôle de ces gestions sur l'évolution du système "plage-dune" peut être très variable selon les environnements et les types de laisses.

L'étude expérimentale menée par Provost et al. (2022) sur les pratiques de gestion a permis d'évaluer, sur une plage du delta du Mississippi, les différences de réponses géomorphologiques entre des zones à pratique de ramassage et des zones où la laisse de mer a été intentionnellement déposée (Illustration 11).

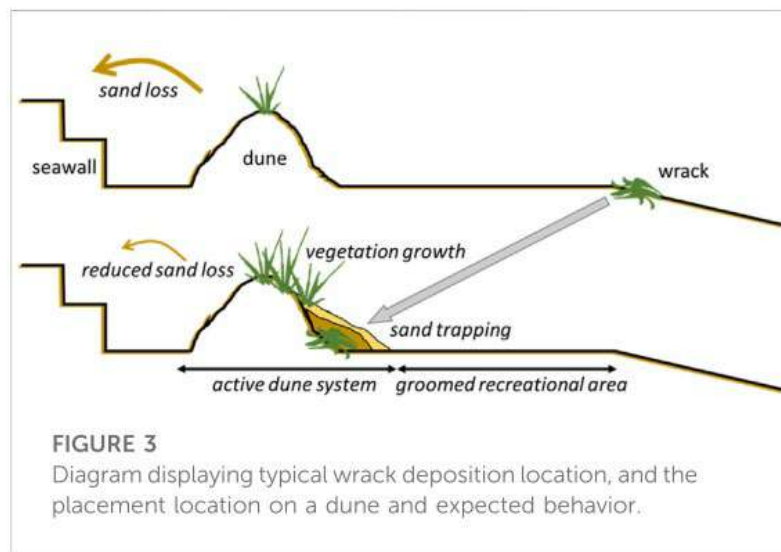


Illustration 11 - Enrichissement (dépôt intentionnel) en laisse de mer au niveau du pied de dune et comportement attendu (Provost et al., 2022)

Les auteurs ont mis en place pour trois parties dunaires (berme, dune en elle-même et zone arrière entre la dune et la route aussi nommée « ramp » dans l'étude), trois zones équivalentes à plusieurs types de traitement vis-à-vis de la gestion de la laisse (Illustration 12) :

- ① zone 1 : pratique standard de nettoyage par ratissage,
- ② zones 2 et 3 : nettoyage limité à la berme mais pas de ratissage au niveau du pied de dune,
- ③ zone 3 : pas de ratissage et zone de dépôt de laisse supplémentaire.

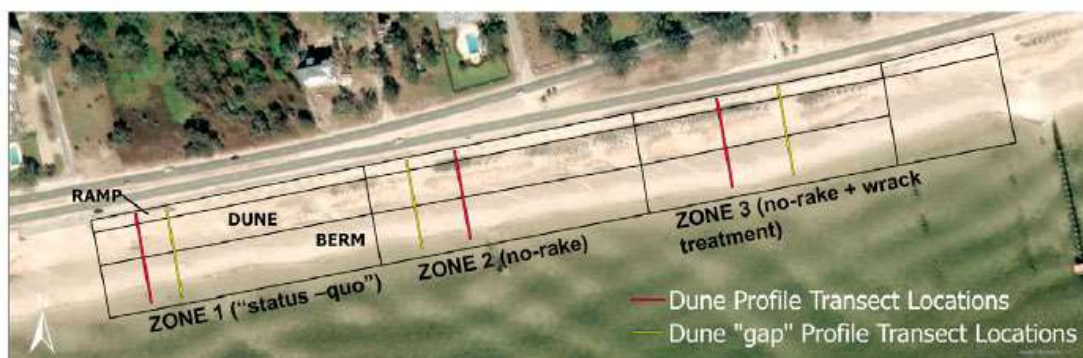


Illustration 12 - Parties dunaires (berme, dune en elle-même et zone arrière entre la dune et la route) et types de traitement vis-à-vis de la gestion de la laisse (Provost et al., 2022)

Les auteurs ont évalué l'influence de l'apport supplémentaire de laisse et des changements dans les pratiques en calculant les évolutions volumiques au niveau de la berme, de la zone entre la dune et la route, ainsi qu'en comparant les profils et les modifications dans l'élévation.

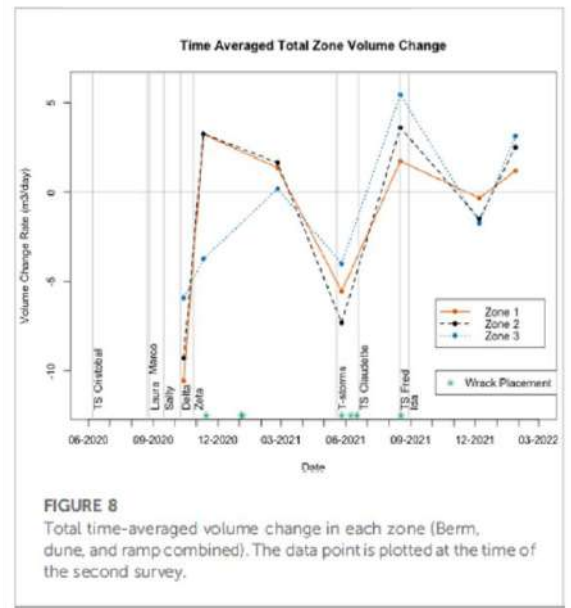
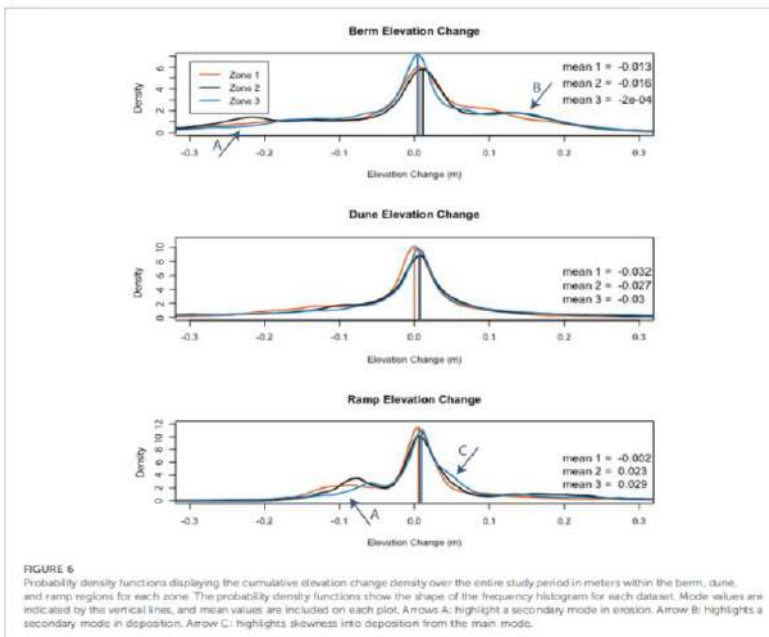


Illustration 13 - Modifications dans l'élévation et dans le budget sédimentaire pour les trois régions dunaires, dans les trois zones de traitement de la laisse (Provost et al., 2022)

Les auteurs n'ont pas noté un changement modal très marqué dans la hauteur mais surtout un démarquage de la berme (supplée en laisse, Zone 3) des deux autres régions dunaires (« ramp ») et dune, Illustration 13). Les changements volumiques, les profils mais aussi les MNT réalisés (Illustration 14) montrent l'impact de la réduction de la pratique de ratissage dans les zones 2 et 3 et possiblement les effets de l'ajout de laisse (Zone 3). La zone supplée en laisse est par ailleurs capable de maintenir et de transférer un peu de son volume vers l'arrière.



Illustration 14 - Raster des altitudes au début de l'étude (haut) ; différences d'altitudes calculées entre les levés LIDAR du début de l'étude et de fin d'étude (bas) (Provost et al., 2022)

Rôle sur la résilience post-tempête

La laisse de mer joue potentiellement un rôle non négligeable pour la résilience des systèmes dunaires, notamment en situation post-tempête, en favorisant la reprise rapide de la végétation et l'accrétion, comme démontré en conditions expérimentales (Joyce et al., 2022). Les auteurs ont pu mettre en évidence l'effet des laisses en condition post-tempête sur la récupération éco-géomorphologique (formation de dunes embryonnaires) dans le nord-est de la Floride après l'ouragan Irma, ayant entraîné une forte érosion et des dépôts conséquents de laisses de mer de composition variée (Illustration 15).

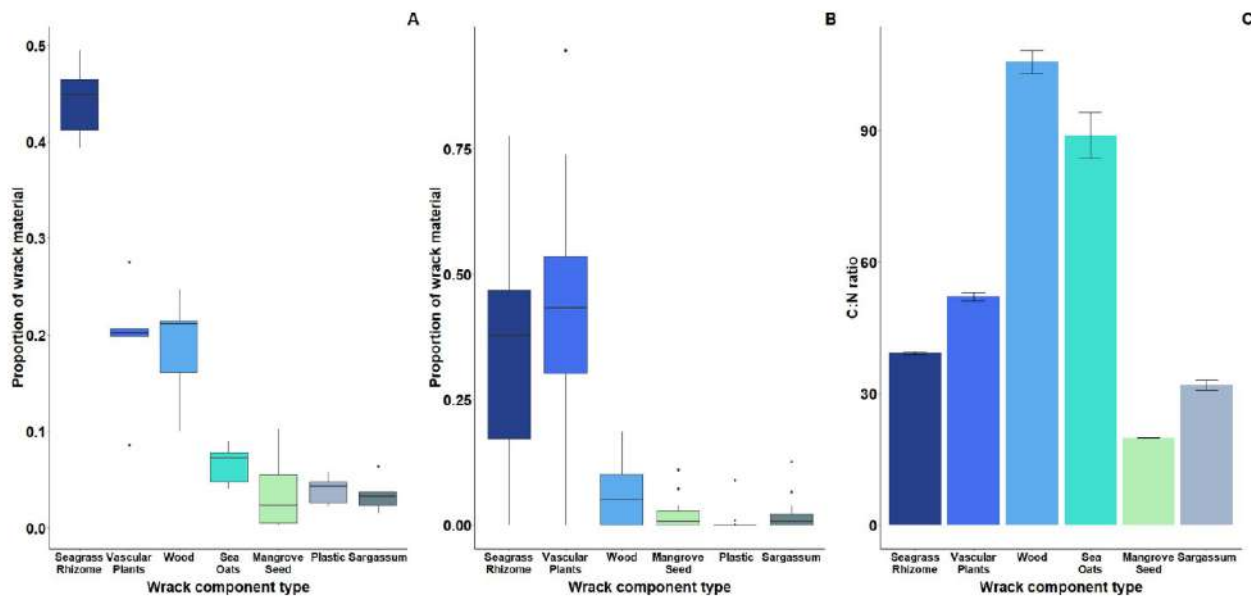


Fig 1. The composition of storm wrack in experimental plots and eastern Florida coastline. Proportions of different components of storm wrack (A) collected from experimental removal plots (see S5 Fig for proportions in each block) and (B) from surveys of wrack observed at 21 coastal dune sites along the north-east Florida coastline following hurricane Irma. (C) Mean (\pm standard error; $n = 15$) C:N ratio of organic materials from experimental wrack removal plots.

Illustration 15 - Composition de la laisse de mer au niveau des parcelles expérimentales de l'étude (A), au niveau de 21 sites dunaires de la région nord-est de la Floride concernée par l'ouragan Irma (B) et (C) en termes de rapport moyen C:N des matériaux organiques des parcelles expérimentales d'enlèvement de la laisse (Joyce et al., 2022)

Pour quantifier le rôle de l'apport de laisse sur la récupération des écosystèmes, les auteurs ont expérimenté l'enlèvement, dans un secteur habituellement protégé des activités de nettoyage menées dans la région. Ils ont dimensionné plusieurs zones au niveau du ruban laissé par la laisse de mer, au sein desquelles trois sous-zones correspondant à trois types de traitements de la laisse et de la végétation dunaire ont été considérées :

- ① sous-zone où la laisse est enlevée à la main, sans perturbation de la végétation (« *removal* »),
- ② sous-zone où une procédure de ratissage est appliquée jusqu'en profondeur pour simuler la perturbation (« *procedural control* »),
- ③ sous-zone « *control* », c'est-à-dire vierge d'intervention/perturbation.

Parmi l'ensemble de la végétation dunaire des sous-zones, trois espèces végétales herbacées ont fait l'objet d'attention particulière car elles jouent différents rôles dans la construction dunaire : *Uniola paniculata* (avoine de mer, poacée, espèce clé dans la construction), *Panicum amarum* (panic amer, poacée, espèce clé dans la construction) et *Sporobolus virginicus* (sporobole de Virginie, poacée, espèce clé dans la stabilisation).

Au niveau des sous-zones « *control* », c'est-à-dire sans perturbation, la couverture de toutes les espèces végétales augmente globalement (Illustration 16). En comparaison avec les zones « *control* », les zones ayant fait l'objet d'enlèvement des laines montrent une couverture végétale plus faible pour toutes les espèces végétales présentes (Illustration 17, panneau A), mais aussi particulièrement des herbacées dans leur ensemble (Illustration 17, panneau B), avec toutefois une réponse différente pour une espèce en particulier (Illustration 17, panneau D) qui semble plutôt imputable à des conditions physico-chimiques très locales incompatibles avec son développement.

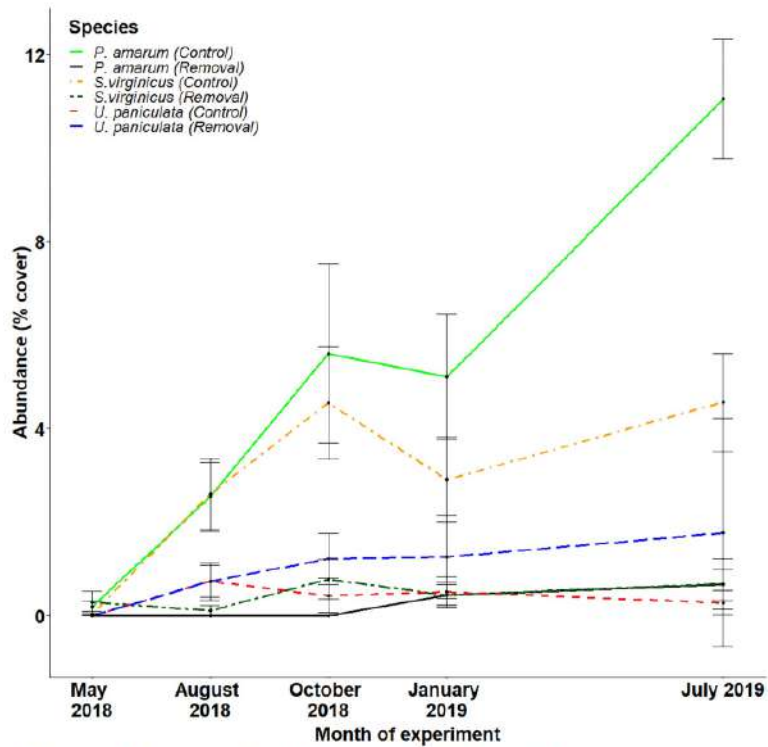


Fig 2. Changes in the abundance of grass species in control plots during the first 16 months of the experiment. Mean (±s.e) cover of *P. amarum*, *S. virginicus* and *U. paniculata* in control plots (March 2018–July 2019).

Illustration 16 - Changements au cours du temps dans les abondances des espèces végétales (Joyce et al., 2022)

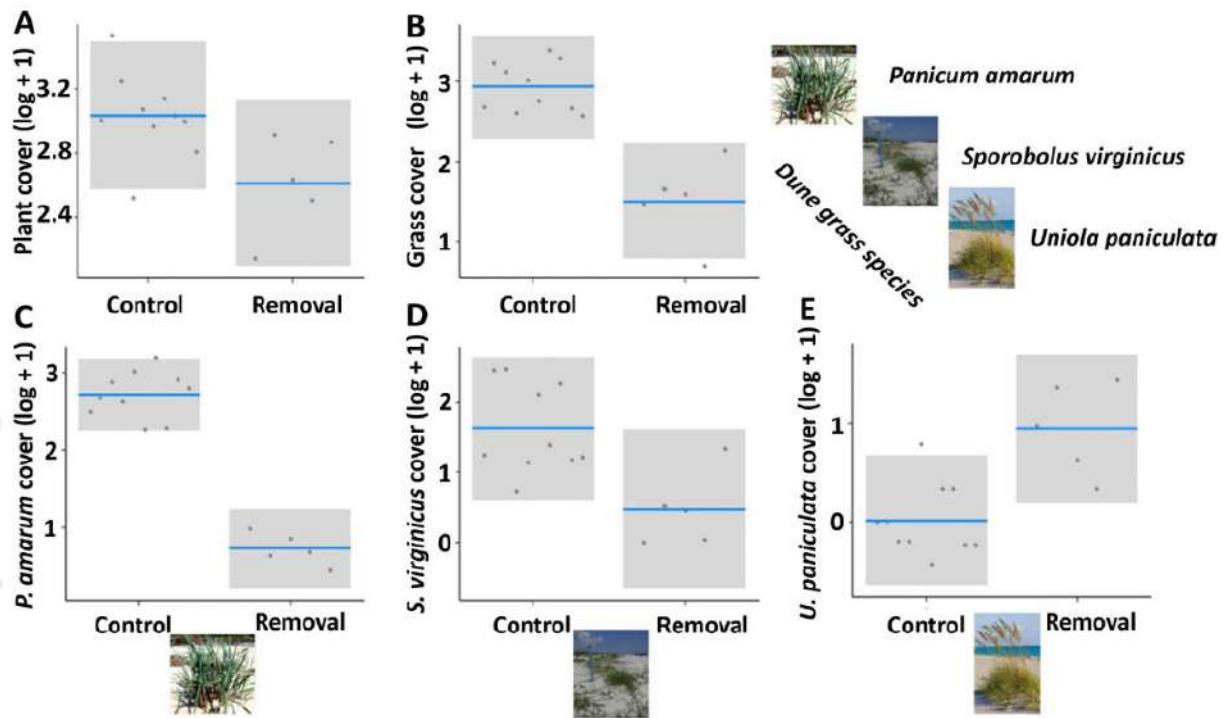


Fig 3. Effects of wrack removal on plant variables. All plots show the partial residuals from linear models accounting for experimental block as a function of treatment type. The variables shown are: log-transformed cover of all plants (A), all grasses (B), *P. amarum* (C), *S. virginicus* (D), and *U. paniculata* (E). Plant variables were taken after 16 months. Grey area are the 95% confidence intervals.

Illustration 17 - Effets de l'enlèvement de la laisse sur différentes variables liées à la végétation (Joyce et al., 2022)

Cette étude a permis de montrer expérimentalement que les apports de laisse redistribués à partir d'autres écosystèmes (sargasses, macro-algues ou bien apports terrigènes) contribuent à l'amélioration de la croissance de certaines espèces végétales dunaires et de leurs abondances et contribuent à la récupération géomorphologique des dunes.

La présence de laisse facilite donc l'accrétion et la reformation des dunes embryonnaires, mais la pratique de nettoyage des lisses de post-tempête, souvent plus conséquentes, peut empêcher la résilience des systèmes dunaires et freiner les services écosystémiques rendus en termes d'atténuation de l'érosion.

Les temps de réponse du système dunaire peuvent atteindre des durées relativement importantes car extrêmement dépendantes des temps de croissance des différentes espèces végétales inféodées à ces milieux. L'effet de l'enlèvement de la laisse peut donc ne pas être directement visible, ni mesurable d'un point de vue géomorphologique ; les auteurs ayant mesuré seulement 21 mois plus tard une élévation moindre des sous-zones concernées par l'enlèvement de la laisse (Illustration 18).

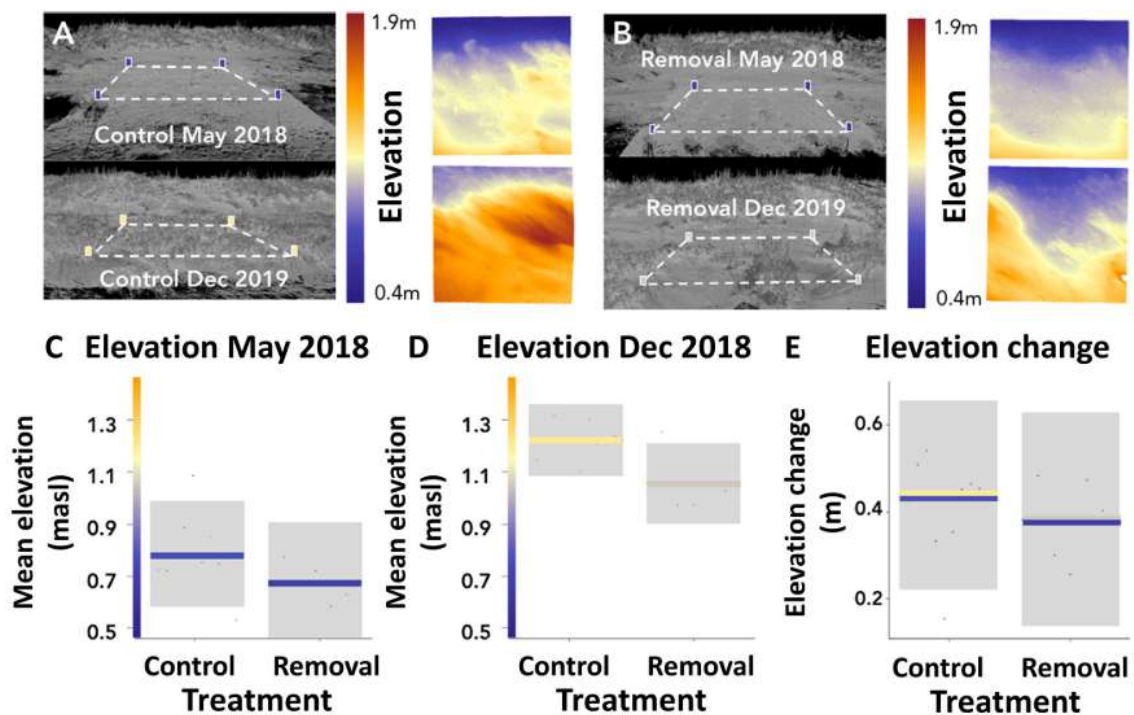


Fig 4. Effects of wrack on geomorphological variables. Laser scan images of control (A) and removal (B) plots from initial and final geomorphological data collection time points and respective heat maps showing changes in elevation between the two time points. Blue edge to heat map represents seaward side of dune. C- E: All plots show the partial residuals from linear models accounting for experimental block as a function of treatment type. The variables shown are: mean elevation above sea level at initial data collection point (C) and final data collection point (D), and difference of elevation between first and final time point (elevation change). (E). Grey areas are the 95% confidence intervals.

Illustration 18 - Effets de la présence de la laisse sur la géomorphologie (Joyce et al., 2022)

Cette étude expérimentale conduit à une préconisation majeure ; lorsque cela est possible, conserver le stock de laisse, pour favoriser au minimum la récupération végétale et les effets en cascade nécessaires pour la formation de dunes.

Impacts écologiques des pratiques de ramassage

Le nettoyage mécanique s'opère via des engins de type de cribleuse, goémonier ou tractopelle. Il est généralement peu sélectif, car il ne distingue pas les débris naturels, dont la laisse, des déchets et présente l'inconvénient de retirer de grandes quantités de sable des plages. D'autres inconvénients viennent s'ajouter, outre le prélèvement d'éléments naturels et l'augmentation de l'érosion, comme le manque de valorisation des volumes prélevés ou le coût en décharge qui est important.

Généralement, les plages nettoyées mécaniquement sont associées à une diversité biologique plus faible (Dugan, 1999 ; Dugan, 2003 ; Dugan et Hubbard, 2010 ; Gilburn, 2012 ; Provost et al., 2022) et sont aussi une source de stress pour certains organismes comme les oiseaux nichant sur les hauts de plage (passage répété des machines). Le nettoyage non sélectif appauvrit les écosystèmes avec des répercussions jusqu'au sein des réseaux trophiques (Geffroy, 2010 ; *The Division of Habitat and Species Conservation*, 2017).

Il est important de souligner que l'impact écologique de la pratique de nettoyage par ratissage mécanique peut s'avérer différent selon l'amplitude des marées et par conséquent selon la localisation du site (Griffin et al., 2018). En analysant la richesse écologique d'une centaine de sites européens différant par leur amplitude de marée, les auteurs ont montré que les impacts du ramassage mécanique étaient plus marqués dans les zones à faible amplitude. L'hypothèse conséquemment émise pour expliquer une telle variation repose sur le fait qu'au niveau des zones à faible amplitude de marée, les événements de tempête sont vraisemblablement les seules sources de nouveaux dépôts de laisse, de fait, lorsque ces zones sont nettoyées, les nouveaux apports sont moins fréquents. Les auteurs soulignent par conséquent l'importance

des stratégies de gestion qui minimisent l'impact du ratissage mécanique, particulièrement au niveau des zones à faible amplitude de marée.

Enfin, l'habitat "laisse de mer" subit des pressions autres que le nettoyage. En effet, outre l'enlèvement qui est une action consécutive à son dépôt, d'autres pressions s'exercent sur celui-ci l'empêchant de se développer et de s'installer (Illustration 19). Par exemple, en Méditerranée, les laisses caractérisées sous l'appellation « plages de galets et graviers à végétation pionnière » (EUNIS 2012) se dégradent rapidement sous l'effet de la perturbation engendrée par le piétinement. Dans le futur, l'élévation du niveau marin sera probablement un facteur supplémentaire de régression de cet écosystème qui sans zone de repli – en particulier dans les plages de poches – est voué à disparaître localement (IUCN 2022, Liste rouge des écosystèmes menacés). Ainsi, pour des habitats dont la sensibilité à la pression de piétinement est forte, même le nettoyage manuel peut représenter une agression supplémentaire (simple extraction des déchets ou déplacement de laisses).

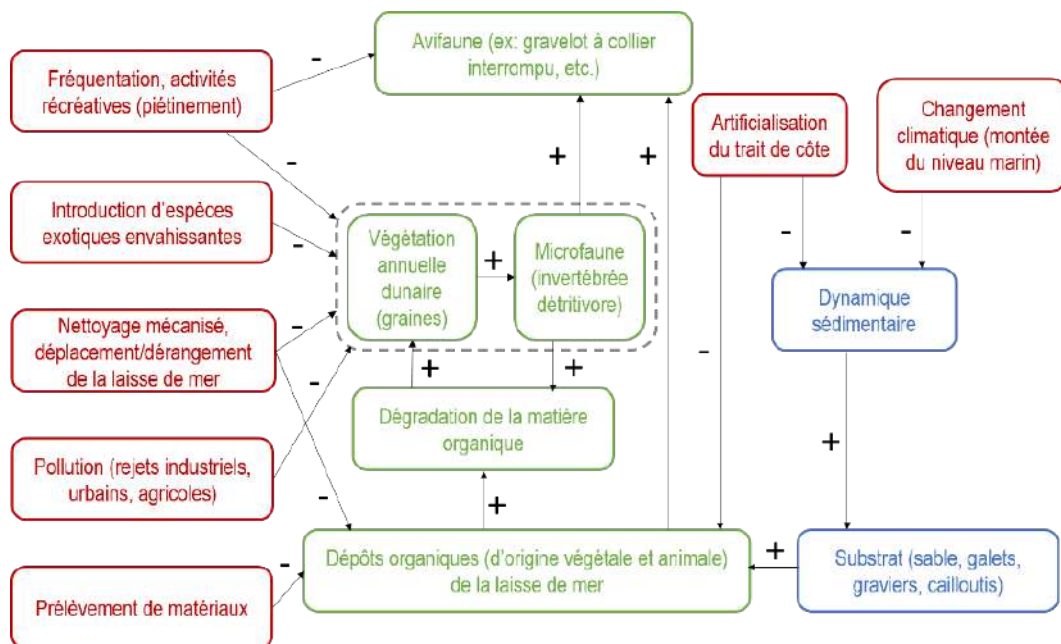


Illustration 19 - Schéma récapitulatif des principales pressions engendrées par les activités et le fonctionnement simplifié de la laisse de mer (BRGM)

Des analyses plus holistiques des impacts pratiques de ramassage de la laisse de mer en mer Baltique ont été menées en considérant d'autres services écosystémiques que la régulation (Robbe et al., 2021), tels que les services culturels et d'approvisionnement. Les résultats montrent que l'enlèvement de la laisse est défavorable en tout point, et ce, peu importe le service écosystémique considéré.

4. Etat des pratiques de gestion des laines de mer en France métropolitaine

4.1. TECHNIQUES ET PROTOCOLES DE NETTOYAGE

La gestion des laines de mer s'est historiquement appuyée sur les techniques de nettoyage des plages qui ont beaucoup évolué ces dernières décennies. Avant l'urbanisation du littoral français et, plus récemment les épisodes de pollution (comme ceux liés à l'Erika en 1999 ou au Prestige en 2002), les plages nettoyées mécaniquement étaient peu nombreuses et les activités humaines cohabitaient avec les laines de mer. Aujourd'hui, de fortes pressions politiques existent pour le nettoyage et de nombreuses collectivités se sont équipées de matériel permettant un criblage des plages. Les pratiques de nettoyage diffèrent parfois fortement entre les collectivités et les Aires Marines Protégées, mais aussi selon la saison voire la fréquence des événements climatiques (c'est le cas par exemple du nettoyage « classique » et du nettoyage post-tempête, où la laisse est plus dense et contient davantage de matériaux organiques et inorganiques). De nombreux outils et guides ont ainsi vu le jour pour accompagner les gestionnaires dans l'adaptation de leurs pratiques et les aider à changer de paradigme à la fois sur la perception et sur la gestion des laines de mer.

Le guide méthodologique « Le nettoyage raisonné des plages » (aussi connu sous le nom « Protocole Rivages de France »), établi par l'association Rivages de France et le Conservatoire du Littoral au début des années 2010, fait aujourd'hui l'objet de référence en la matière et a été appliqué par de nombreuses structures de gestion désormais adhérentes au réseau Rivages de France (environ 200 structures réparties en métropole et outremer).

Ce guide met en avant le principe du nettoyage raisonné des plages (ou différencié, Illustration 20) pour :

- ① développer la collecte manuelle sur le rivage, notamment en zone sensible à intérêt écologique (maintien de la laisse et du sable dans le milieu et prélèvement des déchets anthropiques) ;
- ① limiter l'utilisation d'engins mécaniques aux plages les plus fréquentées et définir des recommandations d'utilisation.

Dans les années 1990, le conseil général du Nord et le Syndicat intercommunal des dunes de Flandre ont mis en évidence l'impact du nettoyage mécanique sur les habitats du haut de plage et l'utilité d'intervenir manuellement.

G. Lemaître/ CG 59



Plage avant l'arrêt du nettoyage mécanique:



Plage suite à l'arrêt du nettoyage mécanique, apparition de dunes bordières:

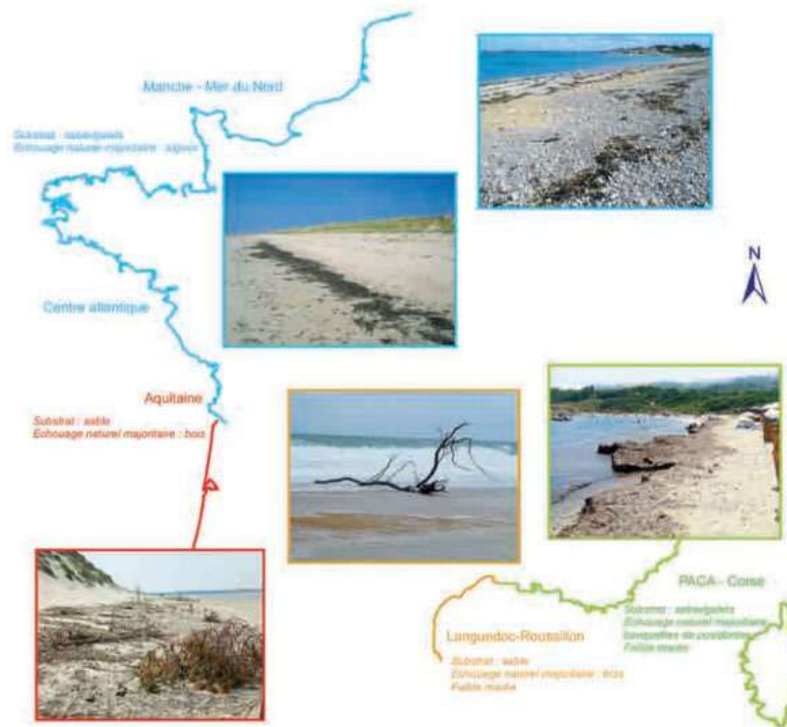


Illustration 20 - Illustrations du nettoyage différencié (source : Guide méthodologique pour le nettoyage différencié des plages, 2010, Conservatoire du Littoral, Rivages de France)

Le guide prend notamment en compte les spécificités qui s'appliquent pour les plages des quatre grands secteurs géographiques du rivage métropolitain (Illustration 21) selon le substrat dominant (sable, galets), les conditions de marée et la nature et composition des laisses majoritairement échouées (hors déchets anthropiques) : algues, bois ou banquettes de feuilles mortes de posidonie.



Comparaison entre une plage nettoyée mécaniquement et une autre nettoyée manuellement.

Illustration 21 - Secteurs géographiques différant par la marée et la composition des laisses de mer (source : Guide méthodologique pour le nettoyage différencié des plages, 2010, Conservatoire du Littoral, Rivages de France)

Le guide préconise d'établir :

- ① un **diagnostic** (géomorphologie, dynamique des plages, habitats naturels, espèces patrimoniales, échouages observés, gestion pratiquée, activités pratiquées, fréquentation des plages),
- ① des **scénarios de nettoyage** selon : zones à forts enjeux économiques (nettoyage mécanique ; cribleuse, râteau) / zones à forts enjeux environnementaux (nettoyage manuel) / zones à très forts enjeux environnementaux (nettoyage manuel ponctuel, par exemple, hors périodes de nidification),
- ① des **fréquences de passage en zone à fort enjeux environnementaux** (dunes, espèces patrimoniales, etc., Illustration 22) ; la présence d'un massif dunaire en arrière-plage signale l'utilité d'intervenir manuellement afin d'assurer une continuité écologique entre la plage et la dune,

PROPOSITION DE FRÉQUENCES DES PASSAGES									
Collecte manuelle									
	fin mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	hiver
Mer du Nord Manche Atlantique Nord	1 passage après marées d'équinoxe		ponctuel*		hebdomadaire		ponctuel*	ponctuel*	
Aquitaine	1 passage après marées d'équinoxe		ponctuel* déplacement mécanique des gros troncs		hebdomadaire		ponctuel*	ponctuel*	
Languedoc-Roussillon	1 passage post-hivernal		ponctuel* déplacement mécanique des gros troncs	hebdo-madaire	plusieurs fois par semaine		hebdo-madaire	ponctuel*	
PACA Corse	1 passage post-hivernal		ponctuel*	hebdo-madaire	plusieurs fois par semaine		hebdo-madaire	ponctuel*	

* Interventions pouvant être fixées suite aux éventuelles tempêtes ou lors des week-ends de haute fréquentation.

Illustration 22 - Proposition de fréquences des passages (zones à forts enjeux environnementaux) présentées dans le Guide méthodologique pour le nettoyage différencié des plages (2010, Conservatoire du Littoral, Rivages de France)

Dans le cas des rivages aquitains qui font l'objet d'échouages importants de bois sur de larges plages sableuses, l'utilisation d'engins permet de déplacer les objets volumineux. Toutefois, le guide préconise un prélèvement le plus tard possible à l'approche de la saison estivale pour éviter le sable inutilement enlevé, mais aussi de déplacer ces débris vers les hauts de plage afin de préserver les habitats et les espèces du haut de plage (abris, apport MO, etc.), piéger le sable et contribuer à la lutte contre érosion.

- des **fréquences de passage pour les zones à très forts enjeux environnementaux** comme les zones de nidification (Gravelot à collier Interrompu et Sterne naine, Illustration 23).

PROPOSITION DE FRÉQUENCES DES PASSAGES									
Collecte manuelle									
	Fin mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	hiver
Mer du Nord Manche Atlantique Nord	1 passage après marées d'équinoxe		aucune intervention			hebdomadaire	ponctuel*	ponctuel*	
Aquitaine	1 passage après marées d'équinoxe		aucune intervention			hebdomadaire	ponctuel*	ponctuel*	
Languedoc-Roussillon	1 passage post-hivernal		aucune intervention			Plusieurs fois par semaine	hebdomadaire	ponctuel*	
PACA Corse	1 passage post-hivernal		aucune intervention			Plusieurs fois par semaine	hebdomadaire	ponctuel*	

* Interventions pouvant être fixées suite aux éventuelles tempêtes ou lors des week-ends de haute fréquentation.

Illustration 23 - Proposition de fréquences des passages (zones à très forts enjeux environnementaux) présentées dans le Guide méthodologique pour le nettoyage différencié des plages (2010, Conservatoire du Littoral, Rivages de France)

- un **suivi permettant d'évaluer** le « bon état de santé » du haut de plage via le suivi de la présence et du développement des habitats caractéristiques de végétation annuelle des laisses de mer et dunes embryonnaires. Notamment il est préconisé de suivre le profil de la plage tous les trois mois (par photographie au minimum), puis d'effectuer les suivis faune/flore des espèces caractéristiques (euphorbe peplis - *Euphorbia peplis* ; inscrite sur la liste rouge IUCN (et notamment en danger critique en Aquitaine) ; crapaud calamite, crapaud vert, pélobate cultripède, protocoles assurés par plusieurs organismes (associations, ONF, Société herpétologique de France, etc.)). Enfin il est important de pouvoir caractériser la nature et la taille des déchets arrivants, et ce, toute l'année.

D'autres protocoles de suivi des algues de la laisse, pour évaluer son état, existent, notamment des protocoles de science participative comme celui du protocole ALAMER - Algues de la LAisse de MER. Le protocole permet de suivre et caractériser la présence de laisse sur un site et son évolution face au changement climatique, mais aussi d'évaluer les différences d'une plage à l'autre au cours des saisons ainsi que la composition des habitats marins à proximité de la laisse. Le protocole propose de mettre en place un transect de 25 m le long de la laisse fraîche pour mesurer sa longueur, sa largeur et son épaisseur. Également, il préconise d'identifier les pressions à proximité sur la base d'observations (traces de passage de cribleuse, accès d'engins motorisés, etc.). L'identification des algues et plantes présentes s'effectue ensuite par photos prises dans un quadrat de 1 m² positionné le long du transect (<https://www.plages-vivantes.fr/alamer/edito/le-protocole-alamer>).

D'autres outils, toujours issus de la science participative autour des macro-déchets, permettent de collecter de la donnée sur la composition de la laisse de mer et sur les paramètres physiques associés, comme « *Marine Litter Watch* » (<https://marinelitterwatch.discomap.eea.europa.eu/>) ; <https://osparito.surfrider.eu/>, ou encore le guide de collecte des macro-déchets comme en mer d'Iroise (<https://parc-marin-iroise.fr/documentation/guide-pour-une-collecte-raisonnee-des-macrodéchets-littoraux-en-iroise>).

4.2. PRATIQUES SUR LE LITTORAL DE NOUVELLE-AQUITAINE

Les plages de la région Nouvelle-Aquitaine, du Pays basque à la Charente, sont caractérisées par des géomorphologies et donc des sédimentologies différentes (sableux, rocheux, vaseux, sablo-vaseux, galets), avec une grande dominante des côtes sableuses. Tout comme à une échelle nationale, les pratiques de nettoyage y diffèrent d'une commune à l'autre (moyens, perceptions environnementales, fréquentation).

4.2.1. Appel à projets du Conseil départemental de la Gironde

Le CD33 accompagne depuis plusieurs années les collectivités littorales dans le cadre du dispositif "Nettoyage manuel des plages". Ce dispositif évolue désormais en 2024 avec un appel à projets plus ambitieux destiné aux collectivités littorales engagées. Dans ce cadre, Rivages de France a organisé deux sessions de formation à destination des communes répondantes, les 4 et 5 avril, respectivement sur le bassin d'Arcachon et dans le Médoc. Le BRGM a participé à la session de formation du 4 avril sur le bassin d'Arcachon (présentation des actions de l'OCNA concernant le périmètre du bassin). A l'issue de cette formation, les communes participantes ont transmis la cartographie de leurs pratiques de nettoyage venant ainsi compléter la liste des communes pour lesquelles ce type d'information est détenue sous forme cartographique (présentées en annexes 3 à 43).

4.2.2. Informations issues des rapports annuels de nettoyage des départements

La présence du Parc Naturel Marin Estuaire de la Gironde et Mer des Pertuis, au sein du territoire de la Nouvelle-Aquitaine, lui permet d'inscrire comme enjeu de ses documents d'objectifs (« docob ») N2000 et du plan de gestion, l'amélioration et le maintien de la laisse de mer dans un bon état de conservation (<https://plan-gestion.parc-marin-gironde-pertuis.fr/stake/49>). Le Parc compte en effet la laisse de mer parmi les six habitats particuliers qui le composent (prés salés, récifs d'hermelles, herbiers zostères (naine), bancs de maërl, bancs d'huîtres plates sauvages, moulières et laisse de mer) et insiste sur les pratiques vertueuses de ramassage (manuelles). L'ensemble des actions préconisées et/ou menées à l'échelle du Parc (actions de restauration et de conservation pour l'ensemble de ces habitats particuliers) n'ont pas été récupérées pour le présent travail.

Un certain nombre de communes, réparties dans plusieurs départements, transmettent régulièrement leur rapport annuel de nettoyage des plages. Plusieurs rapports sont ainsi communiqués à l'OCNA.

En 2023, les départements des Landes et des Pyrénées-Atlantiques ont transmis leurs rapports dont les principales conclusions sont les suivantes.

Landes (40)

Les apports sur les plages landaises sont constitués d'importants volumes de bois, provenant des bassins du Golfe de Gascogne (Garonne, courants côtiers landais, Adour, Nive...), mais aussi de macro-déchets ménagers d'origines diverses (provenant des façades maritimes française et espagnole), à cause de la fréquentation estivale ou des diverses activités maritimes comme la pêche, très importante dans le Golfe de Gascogne (filets) ou encore de cadavres d'animaux marins.

Le Département des Landes et les 17 communes littorales, ainsi que les 2 EPCI littoraux concernés, puis le Syndicat Mixte du Littoral Landais, ont mis en place, depuis 1991, un nettoyage de la totalité du linéaire de côte landaise, soit 106 km entre les communes de Biscarrosse et Tarnos. Ces communes prévoient notamment un nettoyage différencié, jusqu'en 2026, pour les communes de Biscarrosse, Capbreton, Messanges, Soustons, Moliets, Vieux-Boucau, Labenne, Mimizan, Lit-et-Mixe, Seignosse, Tarnos, Vielle-Saint-Girons, Ondres. Des différences peuvent être notées pour certaines communes comme Capbreton qui retire le bois (Rapport annuel « plages 2019 2020 » du Syndicat Mixte du Littoral Landais) et ne le positionne pas en haut de plage, comme indiqué dans les recommandations du guide « Le nettoyage raisonné des plages ». Des essais de micro-criblages ont par ailleurs été menés à Soustons.

Plusieurs formations sont assurées par l'ONF et des réunions annuelles organisées pour établir un retour annuel sur l'état des pratiques (cf. informations transmises par l'organisme COVED environnement). En 2023, le BRGM/OCNA n'a pas pu participer à la tenue de ces réunions et a demandé à être destinataire des éventuels comptes-rendus.

Pyrénées-Atlantiques (64)

La Communauté d'Agglomération du Pays Basque (CAPB) a récemment réalisé un nouvel état des lieux des pratiques de nettoyage des plages, notamment via un recueil d'informations sur la prise en compte de la laisse de mer auprès des 7 communes littorales : Anglet, Biarritz, Bidart, Guéthary, Saint-Jean-de-Luz, Ciboure et Hendaye. Cinq communes sur 7 ont mis en place une gestion différenciée pour la laisse de mer et sont favorables au retour du groupe de travail s'intéressant à celle-ci. Le territoire bénéficie entre autres d'une dynamique impulsée par la science participative avec l'application du protocole ALAMER (information du Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement - CPIE- Littoral Basque).

5. Conclusions et perspectives de recherche

La littérature spécifiquement orientée sur l'évaluation des impacts des pratiques de ramassage des laines de mer, bien que majoritairement dédiée à des mesures empiriques et très locales, apporte des conclusions sur les pratiques à mener pour minimiser les effets néfastes sur les écosystèmes. On y trouve inmanquablement des grandes préconisations, comme celles de circonscrire le nettoyage aux zones hautement urbanisées qui présentent moins d'enjeux écologiques, ou d'éviter les zones de végétations, des pieds de dune, ou encore d'adopter des fréquences réduites de ramassage. Elle permet toutefois d'identifier quelques éléments en faveur de l'évolution des protocoles actuellement menés par l'OCNA sur les plages sableuses concernées par le ramassage. Même si la laisse ne constitue, par endroits de la côte sableuse, qu'un mince ruban qui ne s'installe pas systématiquement, il existe des secteurs plus abrités (comme le bassin d'Arcachon, la Charente-Maritime) où celle-ci peut s'installer plus durablement au regard des pratiques de gestion. La pertinence de certains protocoles pourrait être testée dans le cadre des transects d'ores et déjà existants pour les campagnes de suivi du trait de côte du territoire OCNA. Ainsi plusieurs éléments pourraient faire l'objet de tests expérimentaux :

- ① Tester les effets de la composition, de la couverture et de l'épaisseur de la laisse (y compris les macro-déchets) via des mesures supplémentaires similaires à celles du protocole ALAMER (cf. Techniques et protocoles de nettoyage). La composition en débris végétaux et éventuellement en algues (si elles se déposent) et leur état de décomposition pourraient ainsi être testés comme proxy du potentiel pour le développement de la végétation dunaire et la future évolution du secteur.
- ① Conséquemment, il s'agirait de sélectionner les transects où le suivi d'une espèce en particulier (le cakilier maritime) est possible (présente à la fois sur la côte sableuse et dans le bassin d'Arcachon). L'espèce est connue pour notamment bénéficier de l'enrichissement en nitrate apporté par la laisse de mer et dont l'importance dans la formation de « bourrelets sédimentaires » est reconnue.
- ① Le temps de suivi des secteurs peut également faire l'objet d'un test car le temps de réponse des espèces végétales dunaire à la suppression de la laisse de mer est très variable. Il peut atteindre, dans certains cas, presque 2 ans (21 mois, d'après l'étude menée par Joyce et al., 2022, § Rôle sur la résilience post-tempête). La composante "temps de réponse" pourrait être alignée sur les temps de développement des espèces les plus longues, notamment dans des secteurs faisant l'objet de nettoyage différencié. La mise en évidence pourrait être obtenue par différentiel altimétrique (en profitant des levés LiDAR annuels de l'OCNA par exemple).
- ① Sur la base des cartographies des pratiques de nettoyage, collectées à l'échelle de la région, il s'agirait d'identifier les transects OCNA compatibles avec les secteurs où la rétention du stock de laisse fait partie de la gestion (par exemple, en haut de plage) et permettrait de favoriser au minimum la récupération végétale et les effets en cascade nécessaires pour la formation de dunes et ainsi les mesurer.
- ① Déboucher, de façon adossée aux transects OCNA existants, sur des expérimentations *in situ* où les communes pratiquent le nettoyage différencié. Il s'agirait de bâtir un protocole expérimental pour évaluer l'impact du nettoyage des plages et ce, sur la base des cartographies des pratiques de nettoyages récupérées (après traitement et homogénéisation). Plusieurs classes pourraient être analysées :
 - pas de nettoyage,
 - nettoyage mécanique (contenant une ou plusieurs classes, en fonction du type de mécanisation adopté),

- nettoyage manuel uniquement,
 - nettoyage mixte (contenant deux classes : dominance manuelle (> 50 %) ou dominance mécanique (> 50 %)).
- Ces pistes d'actions ont d'ores et déjà été évoquées avec l'ONF et reposent sur le travail cartographique qui reste à mener.
 - Plusieurs auteurs soulignent le fait que les effets en contexte de post-tempête ne sont pas toujours mesurés. Des suivis spécifiques pourraient être menés en « post-tempête » dans des secteurs qui ont fait l'objet d'un nettoyage différencié à la haute saison, pour évaluer les éventuels impacts de la pratique effectués plus tardivement dans la haute saison ; ou d'un nettoyage post-tempête (habituellement la laisse est plus dense et contient davantage de matériaux organiques et inorganiques).

Par ailleurs, la laisse de mer est un indicateur de mesure d'efficacité dans la restauration écologique, notamment dans des actions de désartificialisation. Une étude menée par Toft et al., en 2023, a identifié la laisse de mer comme une variable écologiquement pertinente pour le suivi des actions de désartificialisation des littoraux, parmi 5 variables écologiques : laisse de mer (pourcentage de surface couverte et du linéaire, épaisseur), bois (nombre, largeur), sédiments (composition), végétation (installée), insectes (densité, richesse taxonomique). En France, on retrouve des traces d'une expérience de restauration écologique spécifiquement dédiée à la végétation des laisses de mer sur la plage de la Grande côte à La Barre-de-Monts, en Vendée (Desmots et al., 2009). L'opération reposait sur l'arrêt du nettoyage mécanique mais aussi manuel, l'arrêt des extractions hivernales de goémon échoué et l'installation de divers dispositifs de canalisation du public pour éviter tout piétinement de la végétation annuelle des laisses de mer (mais aussi l'écrasement des nids de Gravelots). Bien que les résultats aient montré un développement plurispécifique rapide et tout à fait notable (dès les premiers mois après la mise en place des mesures, avec des espèces comme cakilier maritime (*Cakile maritima*), arroche laciniée (*Atriplex laciniata*), soude brûlée (*Salsola kali*) voire euphorbe peplis (*Euphorbia peplis*)), en mettant en avant une couverture jamais atteinte dans le secteur, il peut en revanche être déploré le manque de mesures spécifiques à la laisse de mer en elle-même.

Enfin, l'adoption prochaine du projet de règlement européen sur la restauration écologique¹ (proposé le 22 juin 2022, puis négocié en été 2023, adopté en février 2024, mais encore non officiellement approuvé par tous les Etats membres qui sont en négociation) vise à mettre en œuvre des mesures de restauration écologique pour 20 % des terres et 20 % des mers dégradées de l'Union Européenne, d'ici la fin de la décennie, et pour tous les écosystèmes nécessitant une restauration, d'ici 2024. Il est par conséquent attendu des objectifs ambitieux pour les habitats littoraux au sein desquels est spécifiquement mentionnée la laisse de mer². De telles ambitions vont nécessairement orienter les déclinaisons locales des politiques de conservation et de restauration des habitats, domaines qui manquent fortement de retours d'expérience sur les effets des procédures de restauration employées. Un des manques déplorés est notamment le manque de considération des processus physiques sous-jacents au développement et au fonctionnement des écosystèmes. En ce sens, l'apport d'indicateurs basés sur les processus physiques pourraient venir appuyer les protocoles de suivis des procédures de restauration et apporter des preuves tangibles sur leur efficacité.

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022PC0304>

² Habitat 1210 végétation annuelle des laisses de mer visé à l'annexe I de la directive 92/43/CEE du Conseil - Groupe 6 habitats rocheux et dunaires

6. Bibliographie

- Calicis N.** (2023) Gestion et suivi des pratiques de nettoyage des plages en lien avec les aires marines protégées. Perspective internationale. Mémoire de Master 1. Sciences Pour l'Environnement Parcours Géographie Appliquée à la Gestion des Littoraux. Université de La Rochelle.
- Garnier C.** (2012). Suivi de l'exposition aux mouvements de terrain, commune d'Urrugne (64). Etat des lieux Octobre 2012 - Rapport BRGM/RP-62684-FR, 63 p., 61 ill., 2 ann.
- Boudouresque, C. F., Ponel, P., Astruch, P., Barcelo, A., Blanfuné, A., Geoffroy, D., & Thibaut, T.** (2017). The high heritage value of the Mediterranean sandy beaches, with a particular focus on the *Posidonia oceanica* "banquettes": a review. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, 31: 23-70
- Boudouresque C.F., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Thibaut T., & Verlaque V.** (2016). The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow: fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781: 25-42.
- Cardona L & Garcia M.** (2008) Beach-cast seagrass material fertilizes the foredune vegetation of Mediterranean coastal dunes. *Acta Oecologica* 34: 97–103.
- Crawford, K. M., Busch, M. H., Locke, H., & Luecke, N. C.** (2020). Native soil microbial amendments generate trade-offs in plant productivity, diversity, and soil stability in coastal dune restorations. *Restoration ecology*, 28(2), 328-336.
- Davidson, S. G., Hesp, P. A., & Silva, G. M. D.** (2020). Controls on dune scarping. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 44(6), 923-947.
- Davis, T. J., & Keppel, G.** (2021). Fine-scale environmental heterogeneity and conservation management: Beach-cast wrack creates microhabitats for thermoregulation in shorebirds. *Journal of Applied Ecology*, 58(6), 1291-1301.
- Desmots, D., Lacroix, P., Guitton, H., Ponton, A., & Raynaud, J. C.** (2009). Une expérience de restauration de la végétation annuelle des laisses de mer sur la plage de la Grande Côte à la Barre de Monts (Vendée). *ERICA*. Numéro 22
- Dolique F., Sédrati M., Josso Q.** (2021). Impact des laisses végétales sur la dynamique des plages sableuses, Martinique, Petites Antilles. *VertigO - La revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], vol. 21, n° 1. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/30815> -DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.30815>
- Dugan, J.** (1999). Utilization of Sandy Beaches by Shorebirds: Relationships to Population Characteristics of Macrofauna Prey Species and Beach Morphodynamics. MMS OCS Study 99-0069. Coastal Research Center, Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara, California. MMS <https://www.coastalresearchcenter.ucsb.edu/cmi/files/1999-069.pdf>.
- Dugan, J. E., D. M. Hubbard, M. D. McCrary, & M. O. Pierson.** (2003). "The Response of Macrofauna Communities and Shorebirds to Macrophyte Wrack Subsidies on Exposed Sandy Beaches of Southern California." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58S:25–40. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(03\)00045-3](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(03)00045-3).
- Dugan, J.** (2003). Ecological Impacts of Beach Grooming on Exposed Sandy Beaches. Coastal Ocean Research R/CZ-174: 3.1.2001–2.29.2004
- Dugan, J. E., & Hubbard, D. M.** (2010). Loss of coastal strand habitat in southern California: the role of beach grooming. *Estuaries and Coasts*, 33, 67-77.

- Dugan, J. E., Hubbard, D. M., Page, H. M., & Schimel, J. P. (2011). Marine macrophyte wrack inputs and dissolved nutrients in beach sands. *Estuaries and Coasts*, 34, 839-850.
- Duggins, D. O., C. A. Simenstad, & J. A. Estes. (1989). "Magnification of Secondary Production by Kelp Detritus in Coastal Marine Ecosystems." *Science* 245 (4914): 170-173. <https://doi.org/10.1126/science.245.4914.170>.
- Elias, S. P., J. D. Fraser, & P. A. Buckley. (2000). "Piping Plover Brood Foraging Ecology on New York Barrier Islands." *The Journal of Wildlife Management* 64 (2): 346-354. <https://doi.org/10.2307/3803232>
- Finlayson, D. P. (2006). The geomorphology of Puget Sound beaches. University of Washington. Retrieved from <http://oai.dtic.mil/oai/oai>
- Geffroy, F. (2010). Actes du colloque : « Vers un nettoyage raisonné des Plages ». Organisé par Rivages de France et le Conservatoire du littoral. Hôtel de Région – Bordeaux. (29 octobre 2009). 60.
- Gilburn, A. S. (2012). Mechanical grooming and beach award status are associated with low strandline biodiversity in Scotland. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 107, 81-88.
- Graca, B., Jędruch, A., Bełdowska, M., Bełdowski, J., Kotwicki, L., Siedlewicz, G., Korejwo, E., Popinska W., & Łukawska-Matuszewska, K. (2022). Effects of beach wrack on the fate of mercury at the land-sea interface—A preliminary study. *Environmental Pollution*, 315, 120394.
- Grafals-Soto, R., & Nordstrom, K. (2009). Sand fences in the coastal zone: Intended and unintended effects. *Environmental Management*, 44(3), 420-429. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9331-7>
- Griffin, C., Day, N., Rosenquist, H., Wellenreuther, M., Bunnefeld, N., & Gilburn, A. S. (2018). Tidal range and recovery from the impacts of mechanical beach grooming. *Ocean & coastal management*, 154, 66-71.
- Grilliot, M. J., Walker, I. J., & Bauer, B. O. (2018). Airflow dynamics over a beach and foredune system with large woody debris. *Geosciences*, 8(5), 147. <https://doi.org/10.3390/geosciences8050147>
- Grilliot, M. J., Walker, I. J., & Bauer, B. O. (2019). Aeolian sand transport and deposition patterns within a large woody debris matrix fronting a foredune. *Geomorphology*, 338, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.04.010>
- Heerhartz, S. M., J. D. Toft, J. R. Cordell, M. N. Dethier, & A. S. Ogston (2016). "Shoreline Armoring in an Estuary Constrains Wrack-Associated Invertebrate Communities." *Estuaries and Coasts* 39:171-188. <https://doi.org/10.1007/s12237-015-9983-x>.
- Innocenti, R. A., Feagin, R. A., & Huff, T. P. (2018). The role of Sargassum macroalgal wrack in reducing coastal erosion. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 214, 82-88.
- Johansen, R. B., Vestberg, M., Burns, B. R., Park, D., Hooker, J. E., & Johnston, P. R. (2015). A coastal sand dune in New Zealand reveals high arbuscular mycorrhizal fungal diversity. *Symbiosis*, 66, 111-121.
- Joyce, M. A., Crotty, S. M., Angelini, C., Cordero, O., Ortals, C., de Battisti, D., & Griffin, J. N. (2022). Wrack enhancement of post-hurricane vegetation and geomorphological recovery in a coastal dune. *Plos one*, 17(8), e0273258.
- Koske, R. E., & Polson, W. R. (1984). Are VA mycorrhizae required for sand dune stabilization?. *Bioscience*, 420-424.
- Komar, P. D., & Rea, C. C. (1976). Erosion of Siletz Spit, Oregon. *Shore & Beach*, 44(1), 9-15
- Koske, R. E., & W. R. Polson. (1984). "Are VA Mycorrhizae Required for Sand Dune Stabilization?" *BioScience* 34 (7): 420-424. <https://doi.org/10.2307/1309630>.
- Lastra, M., López, J., & Rodil, I. F. (2018). Warming intensify CO 2 flux and nutrient release from algal wrack subsidies on sandy beaches. *Global change biology*, 24(8), 3766-3779.

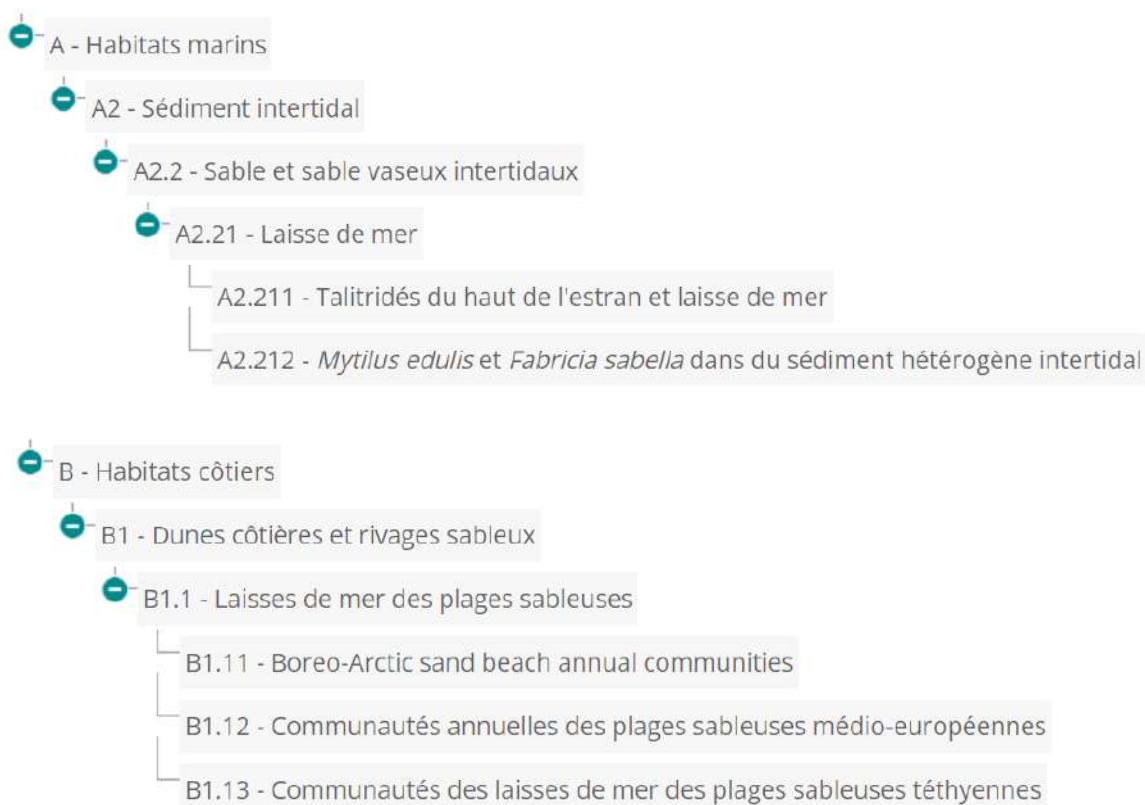
- Li, B., & Sherman, D. J. (2015). Aerodynamics and morphodynamics of sand fences: A review. *Aeolian Research*, 17, 33–48. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2014.11.005>
- Michaud, K. M., Emery, K. A., Dugan, J. E., Hubbard, D. M., & Miller, R. J. (2019). Wrack resource use by intertidal consumers on sandy beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 221, 66-71.
- Nordstrom, K. F., Jackson, N. L., & Korotky, K. H. (2011). Aeolian sediment transport across beach wrack. *Journal of Coastal Research*, (59), 211-217.
- Nordstrom, K. F., Jackson, N. L., Hartman, J. M., & Wong, M. (2007). Aeolian sediment transport on a human-altered foredune. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(1), 102–115. <https://doi.org/10.1002/esp.1377>
- Orr, M., M. Zimmer, D. M. Jelinski, & M. Mews. (2005). "Wrack Deposition on Different Beach Types: Spatial and Temporal Variation in the Pattern of Subsidy." *Ecology* 86 (6) : 496–1507. <https://doi.org/10.1890/04-1486>.
- Paquier, A. E., Laigre, T., Belon, R., Balouin, Y., Valentini, N., & Mugica, J. (2020). Video monitoring of *Posidonia oceanica* banquettes on pocket beaches, Northern Corsica. *XVIèmes Journées Nationales Génie Côtier-Génier Civil*.
- Pattiaratchi, C. B., Wijeratne, S., Roncevich, L., & Holder, J. (2015, January). Interaction between seagrass wrack and coastal structures: lessons from Port Geographe, south-western Australia. In *Australasian coasts & ports conference* (Vol. 2015, p. 22nd).
- Provost, L. A., Eisemann, E. R., Anderson, C. P., & Waldron, M. C. (2022). Wrack placement to augment constructed dunes: A field investigation. *Frontiers in Built Environment*, 8, 907608.
- Robbe, E., Woelfel, J., Balčiūnas, A., & Schernewski, G. (2021). An impact assessment of beach wrack and litter on beach ecosystem services to support coastal management at the Baltic Sea. *Environmental Management*, 68, 835-859.
- Rapports mensuels sur le nettoyage des plages réalisé par le syndicat mixte landais (communiqués réguliers sous format word).
- Rodrigues, K. M., & Rodrigues, B. F. (2022). Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungal Diversity from Coastal Dunes. In *Fungal diversity, ecology and control management* (pp. 311-323). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Sigren, J. M., Figlus, J., & Armitage, A. R. (2014). Coastal sand dunes and dune vegetation: Restoration, erosion, and storm protection. *Shore & Beach*, 82(4), 5-12.
- Simeone, S., & De Falco, G. (2012). Morphology and composition of beach-cast *Posidonia oceanica* litter on beaches with different exposures. *Geomorphology*, 151, 224-233.
- The Division of Habitat and Species Conservation.** (2017). "Maintaining wildlife value of beaches: The importance of wrack and compatible beach cleaning". Florida Fish and Wildlife Conservation Commission. 7.
- Toft, J. D., Accola, K. L., Des Roches, S., Kobelt, J. N., Faulkner, H. S., Morgan, J. R., ... & Dethier, M. N. (2023). Coastal landforms and fetch influence shoreline restoration effectiveness. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1199749.
- Vieira, J. V., Ruiz-Delgado, M. C., Reyes-Martínez, M. J., Borzone, C. A., Asenjo, A., Sánchez-Moyano, J. E., & García-García, F. J. (2016). Assessment the short-term effects of wrack removal on supralittoral arthropods using the M-BACI design on Atlantic sandy beaches of Brazil and Spain. *Marine environmental research*, 119, 222-237.

Williams, A. & R. Feagin. (2010). "Sargassum as a Natural Solution to Enhance Dune Plant Growth." *Environmental Management* 46 (5): 738–747. <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9558-3>.

Zielinski, S., Botero, C. M., & Yanes, A. (2019). « To clean or not to clean ? A critical review of beach cleaning methods and impacts ». *Marine Pollution Bulletin*, 139, 390-401. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.027>

Annexe 1- Classification de l'habitat « laisse de mer »

A un niveau EUNIS 2012, la laisse de mer se retrouve au niveau de deux classifications, concernant les habitats marins (A, A.2.21) et les habitats côtiers (B, B1.1).



Présence de l'habitat « laisse de mer » dans la typologie EUNIS 2012 (INPN).

Plusieurs habitats inscrits à l'annexe I de la directive Habitats-Faune-Flore (DHFF) sont associés aux laines de mer :

- ① « Végétation annuelle des laines de mer », espèces indicatrices : *Cakile maritima*, *Salsola kali*, *Salsola soda*, *Euphorbia peplis*, *Polygonum maritimum*, *Atriplex littoralis*,
- ① « Végétation vivace des rivages de galets », espèces indicatrices : *Crame maritima*, *Crithmum maritimum*,
- ① « Dunes mobiles embryonnaires », espèces indicatrices : *Elymus farctus*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Calystegia soldanella*,
- ① « Dunes mobiles à *Ammophila arenaria* du cordon littoral », dunes blanches, espèces indicatrices : *Ammophila arenaria*, *Euphorbia paralias*, *Calystegia soldanella*.

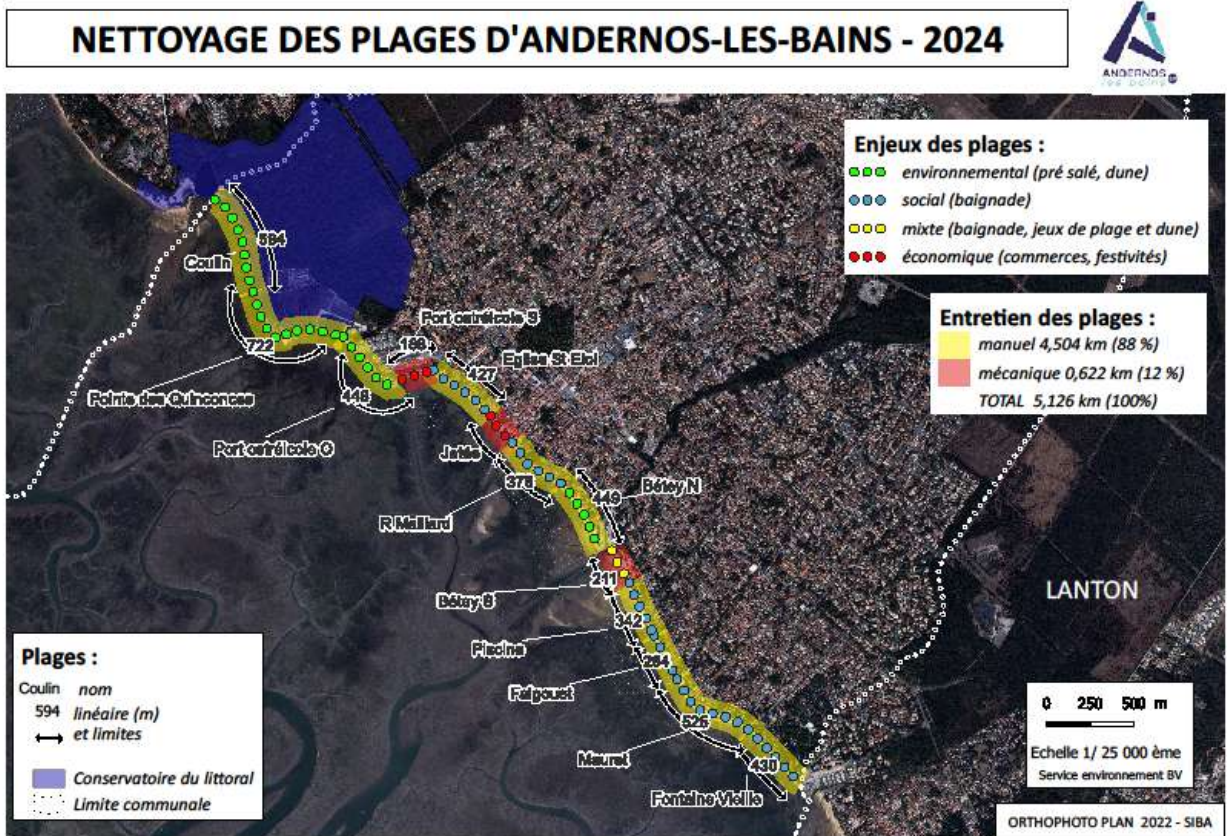
Annexe 2- Liste des données acquises concernant des pratiques de nettoyage à l'échelle NVA

Liste des communes pour lesquelles une cartographie du nettoyage a pu être collectée lors de l'action menée en 2024 (communes de Gironde : cartographies collectées lors de la formation animée par Rivages de France, dans le cadre de l'appel à projet du CD33 ; communes des Landes : données SIG fournies par le Syndicat Mixte du Littoral Landais).

Département	Commune	Format
33	Andernos	Image
33	Carcans	Image
33	Grayan et l'Hopital	Image
33	La Teste	Image
33	Lacanau	Image
33	Le Porge	Image
33	Le Teich	Image
33	Le Verdon	Image
33	Lège Cap Ferret	Image
33	Naujac	Image
33	Soulac	Image
33	Vendays-Montalivet	Image
33	Vensac	Image
40	Soustons	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Biscarosse	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Mimizan	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Lit-et-Mixe	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Vielle Saint Girons (plages et zone courant d'Huchet)	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Moliets et Maa	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Messanges	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Vieux Boucau	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Souston	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Seignosse	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Hossegor	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Capbreton	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Labenne	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Ondres	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Tarnos	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)
40	Contis - Saint Julien en Born (courant de Contis)	Shape (NETTOYAGE_DIFFERENCIE_LITTORAL.shp)

Annexe 3- Cartographies des pratiques du Département 33

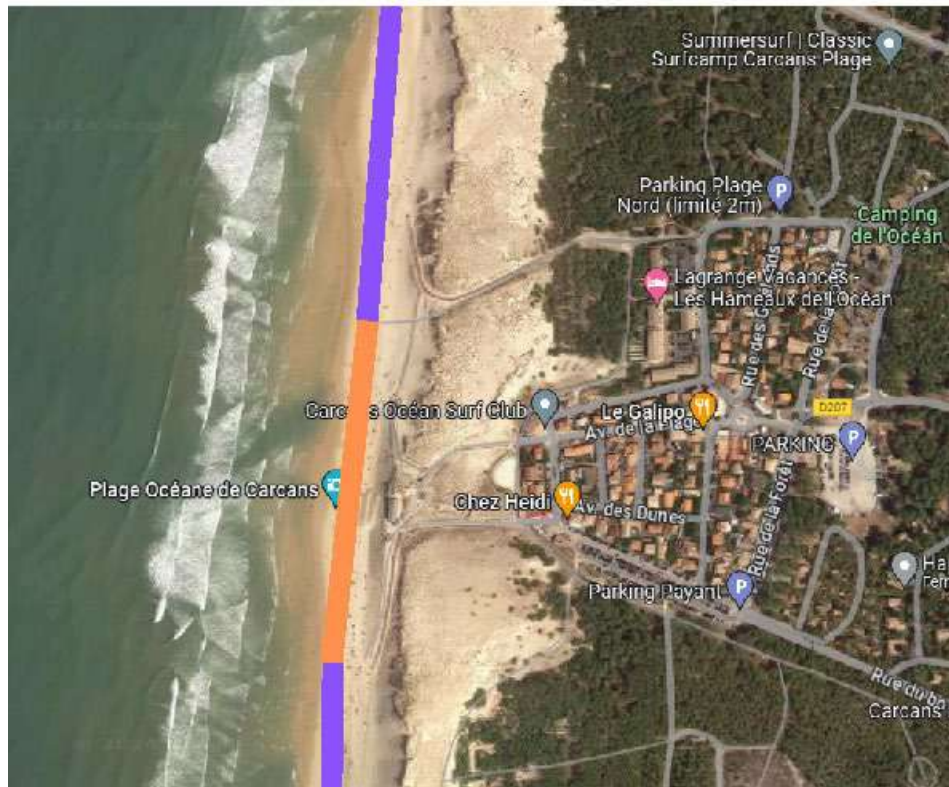
Cartographie - Andernos les Bains





Cartographie - Carcans



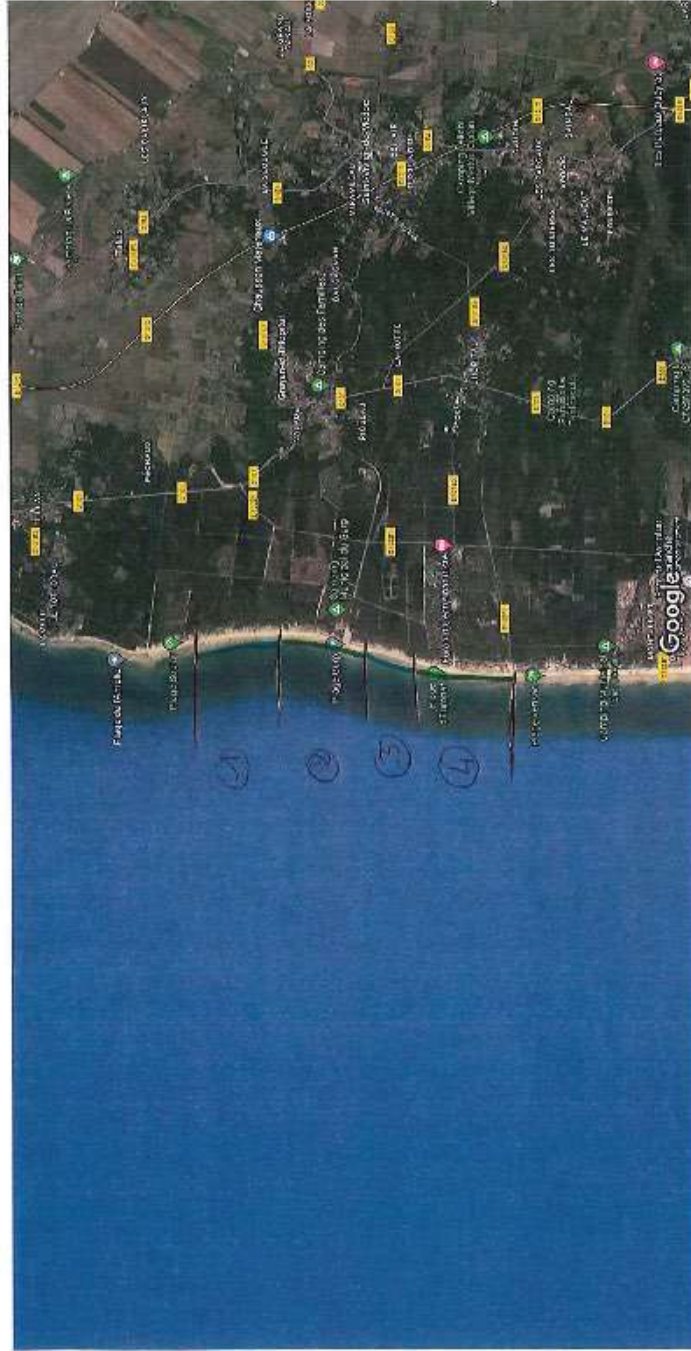
Plan de nettoyage des plages océanes



-  Nettoyage manuel - 6 410 mètres linéaires
-  Nettoyage mécanique et manuel - 300 mètres linéaires

Cartographie - Grayan et l'Hopital

Google Maps



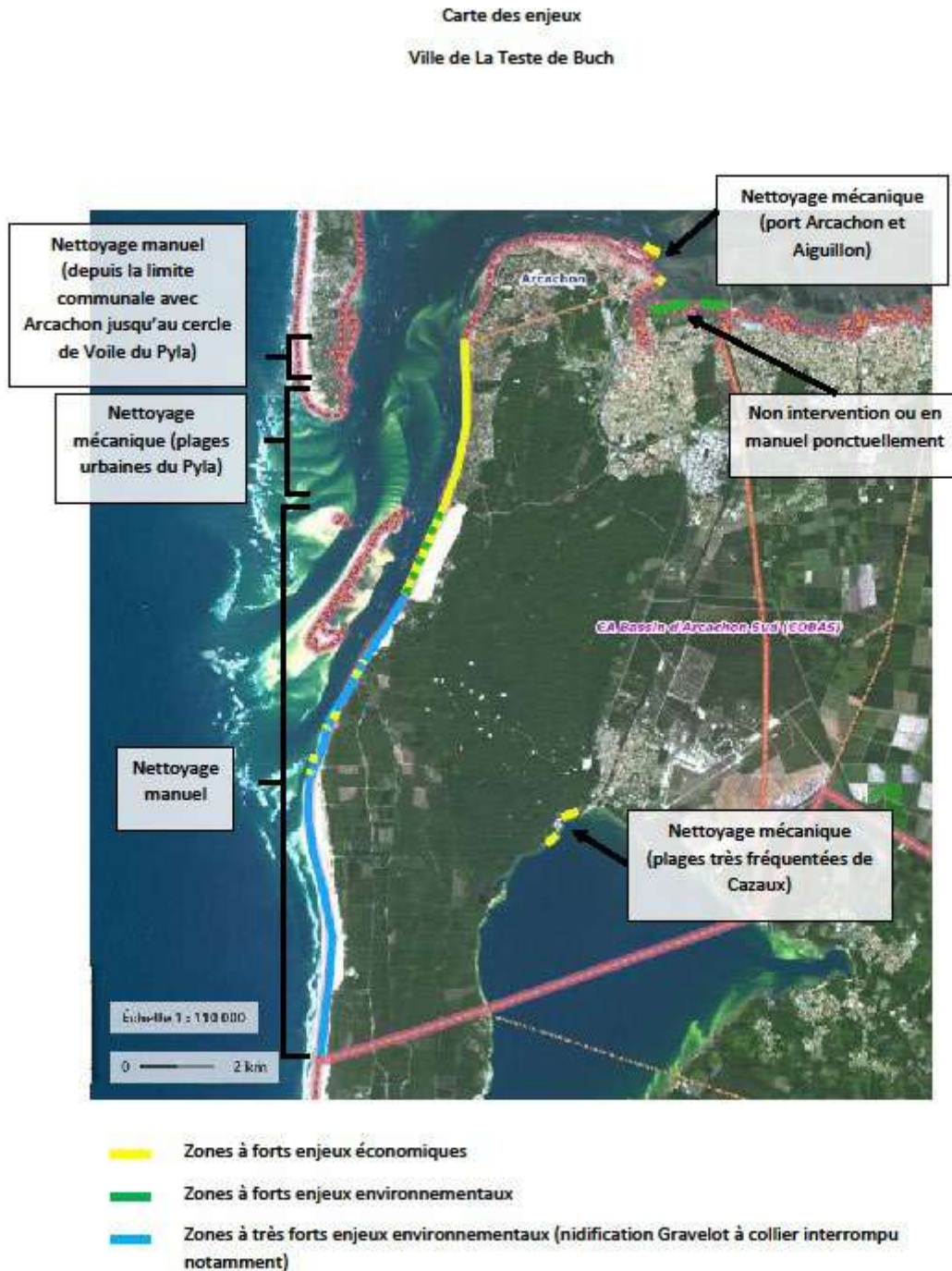
ZONES :

- ① Plage Gulp
- ② Gulp Camping
- ③ Plage Eurostat
- ④ Plages Dépée Sud et centre

Image ©2024 ONES / Airbus, Landsat / Copernicus, Maxar Technologies, Données cartographiques 202024 Google 1 km

1 et 3 Nettoyage manuel 100% → zone forts enjeux environnementaux
2 et 4 Nettoyage mécanique et manuel → zone forts enjeux économique

Cartographie - La Teste (1)



Cartographie - La Teste (2)

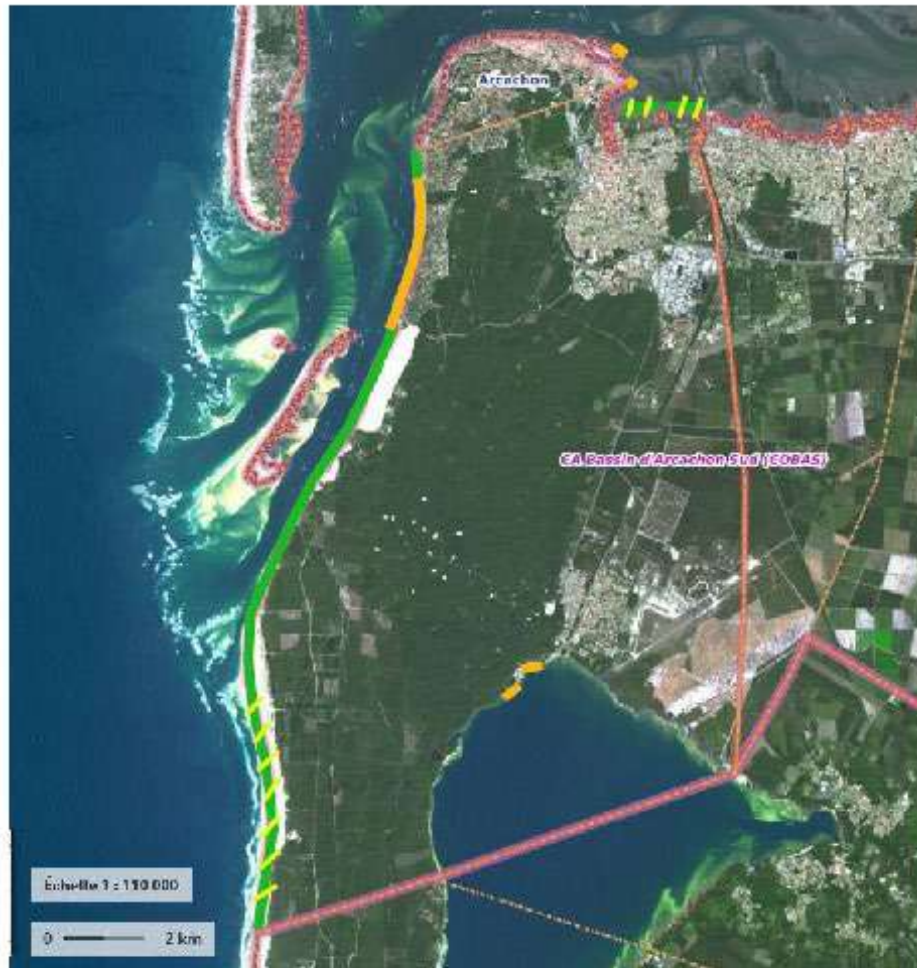
Département de la Gironde
Direction de l'Environnement




Appel à projets « Accompagnement à la gestion raisonnée des plages littorales » – Juin 2024



Littoral des plages entretenues

Ville de La Teste de Buch
Modes d'intervention pour le nettoyage des plages (année 2024)



-  Nettoyage mécanique
-  Nettoyage manuel juillet/août
-  Non intervention, sauf ponctuel en manuel

Cartographie - Lacanau

Département de la Gironde
Direction de l'Environnement

Appel à projets « Accompagnement à la gestion raisonnée des plages
gironnines – janvier 2024



Cartographie - Le Porge (1)

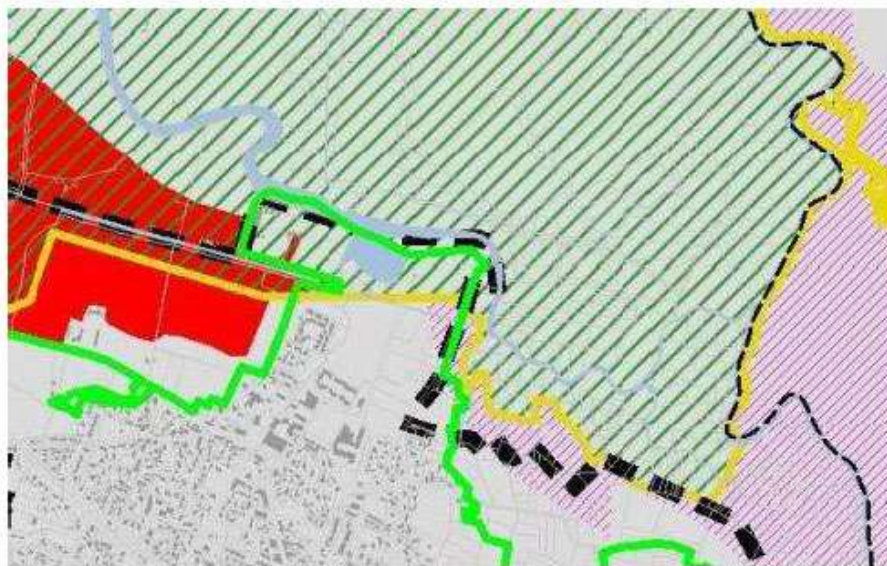
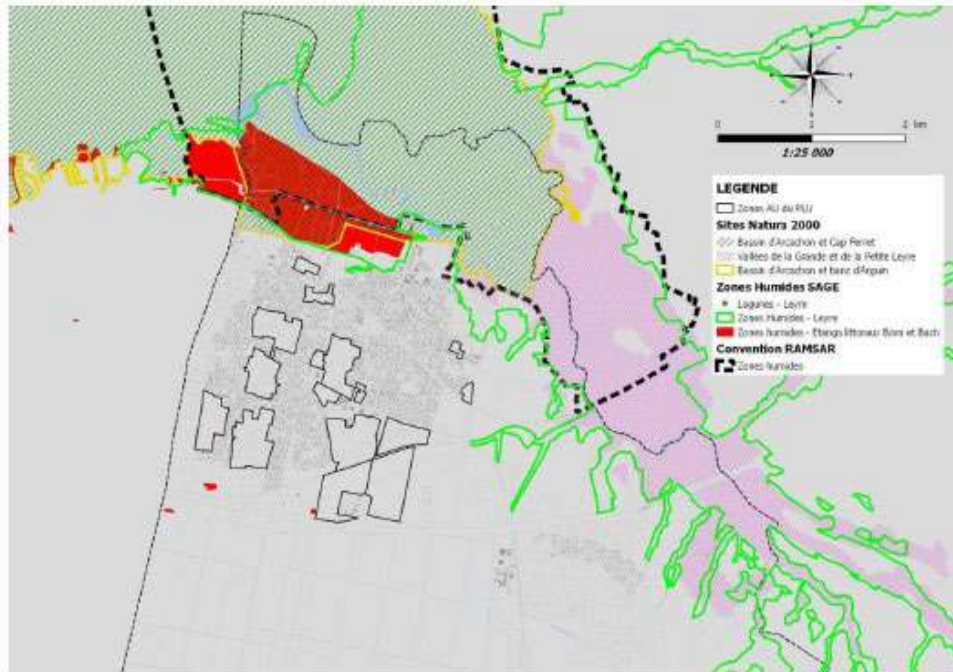


Cartographie - Le Teich (1)

Département de la Gironde
Direction de l'Environnement

Appel à projets « Accompagnement à la gestion raisonnée des plages
gironnaises – janvier 2024

Carte des zones à enjeux – Rapport de présentation PLU du Teich

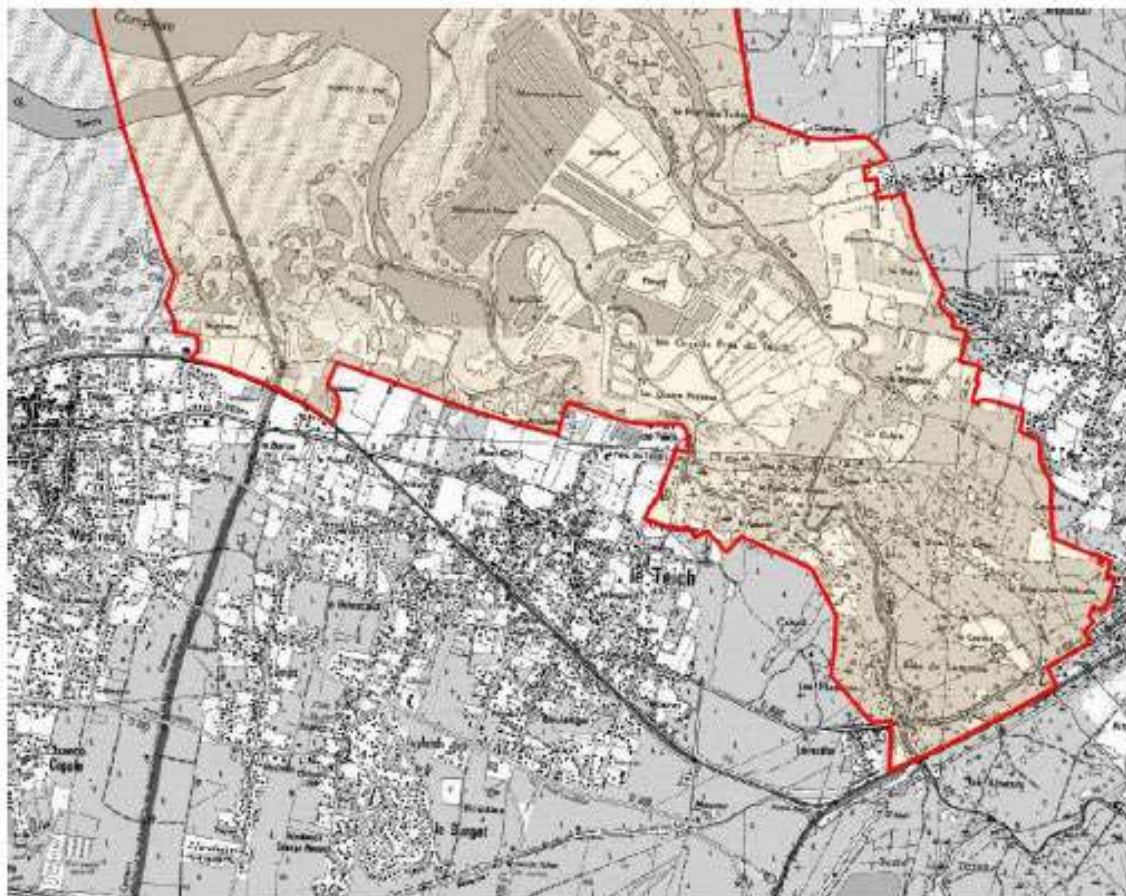


Zonage RAMSAR secteur du Delta de La Leyre

Cartographie - Le Teich (2)

Département de la Gironde
Direction de l'Environnement

Appel à projets « Accompagnement à la gestion raisonnée des plages
gironnaises – janvier 2024



Zonage faisant l'objet d'un nettoyage manuel des plages

Cartographie - Le Teich (3)

Département de la Gironde
Direction de l'Environnement

Appel à projets « Accompagnement à la gestion raisonnée des plages
girondines – janvier 2024



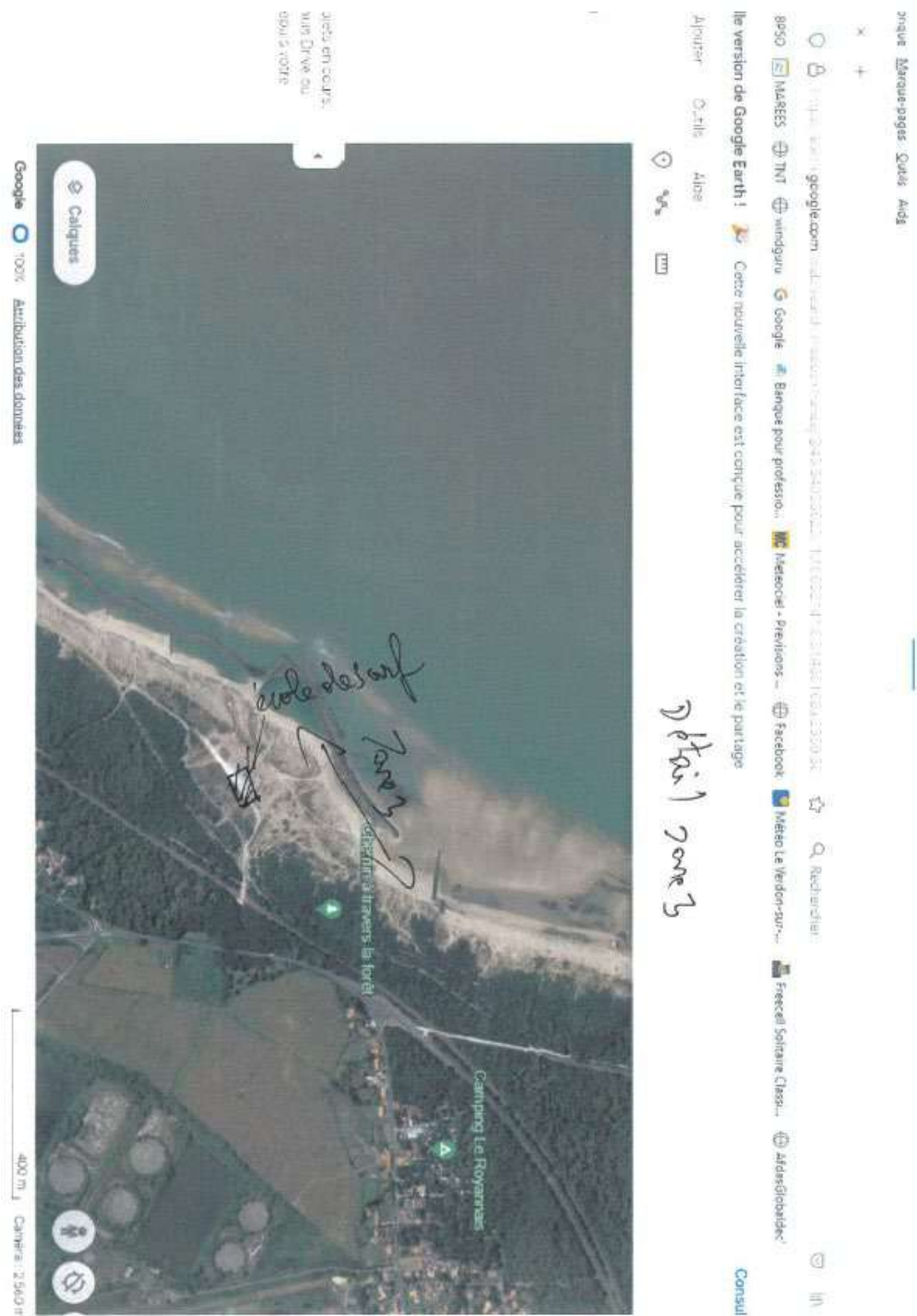
Cartographie - Le Verdon (1)

Le_Verdon_plan.jpg

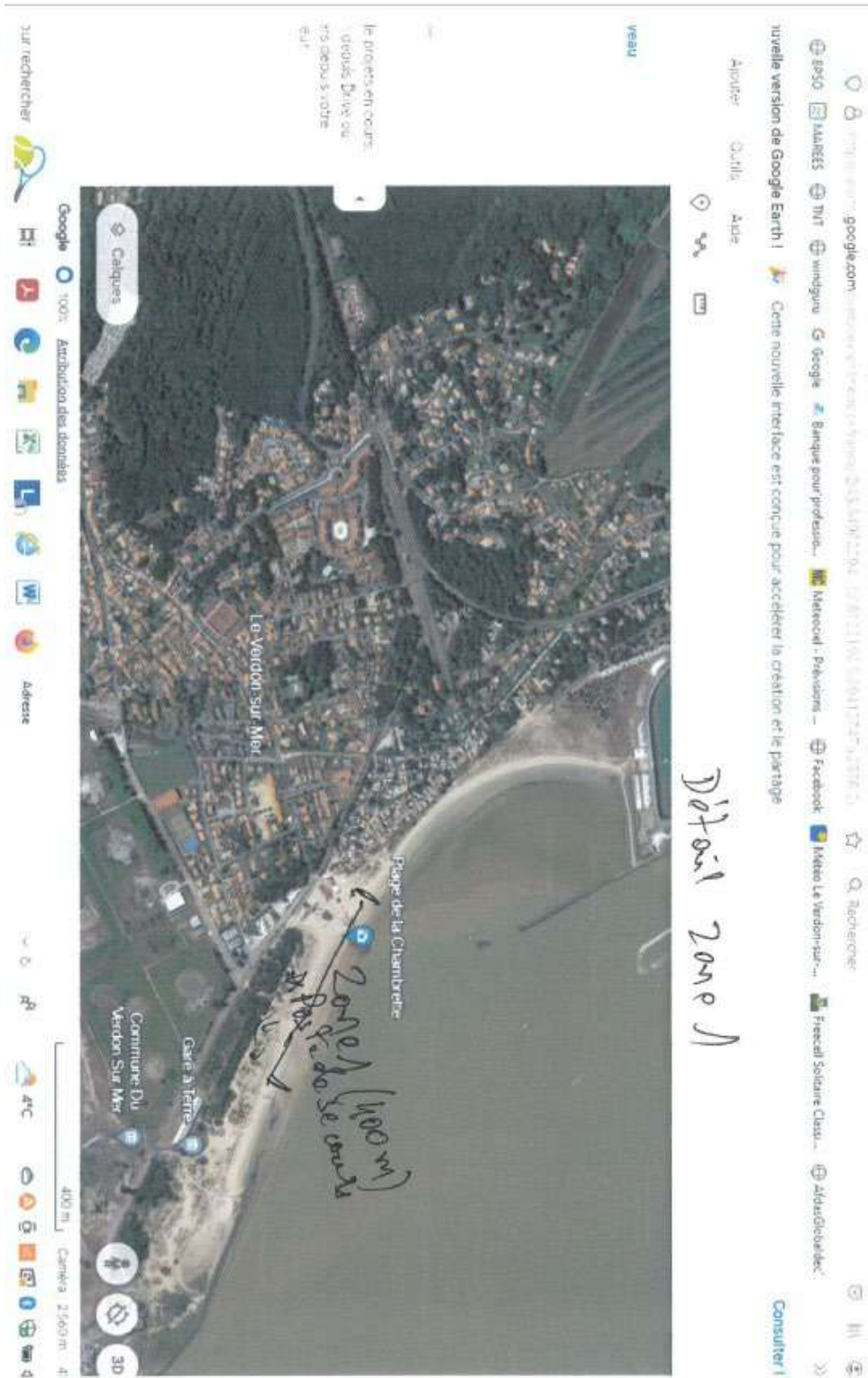
<https://mail.google.com/mail/u/0/>



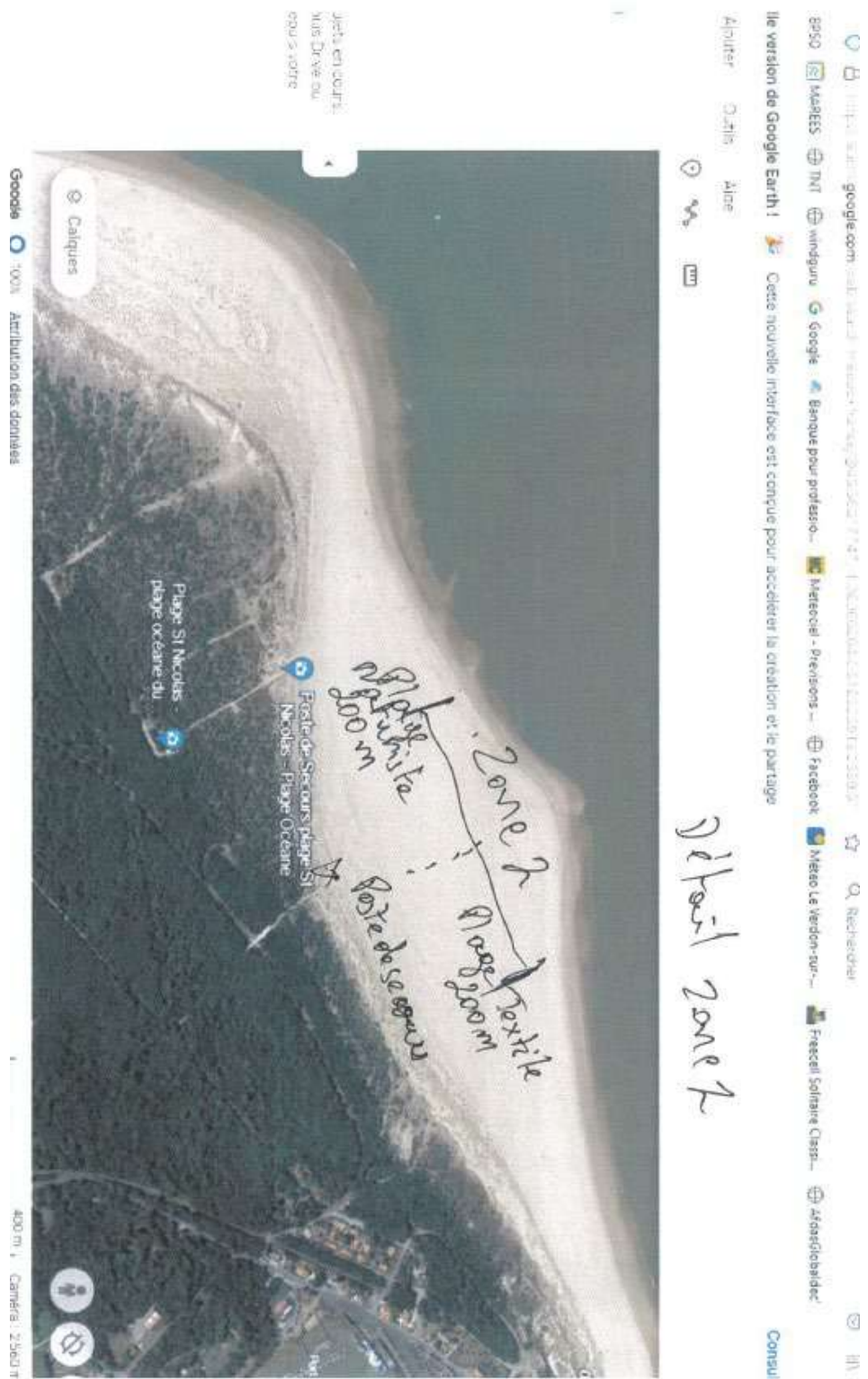
Cartographie - Le Verdon (2)



Cartographie - Le Verdon (3)



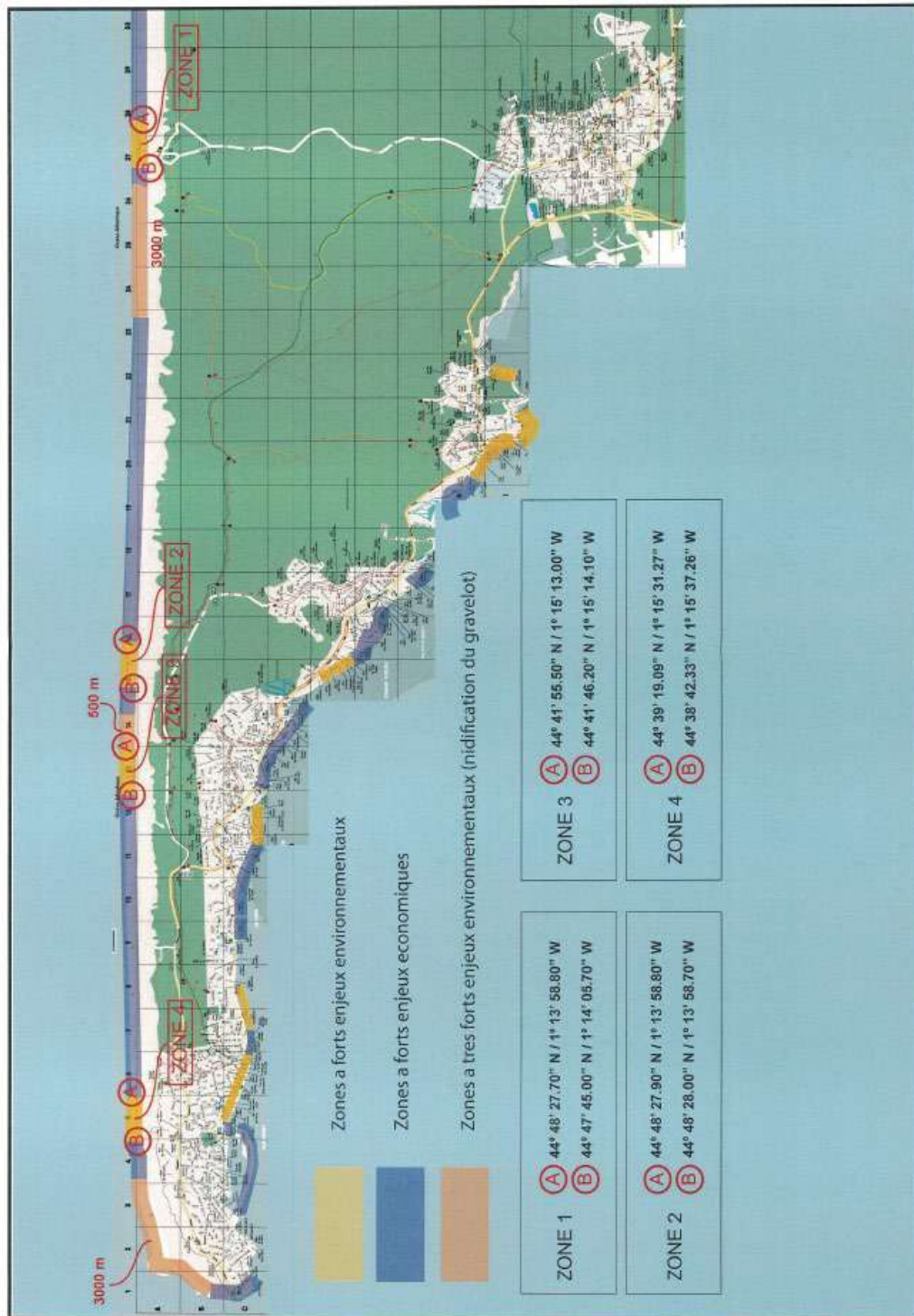
Cartographie - Le Verdon (4)



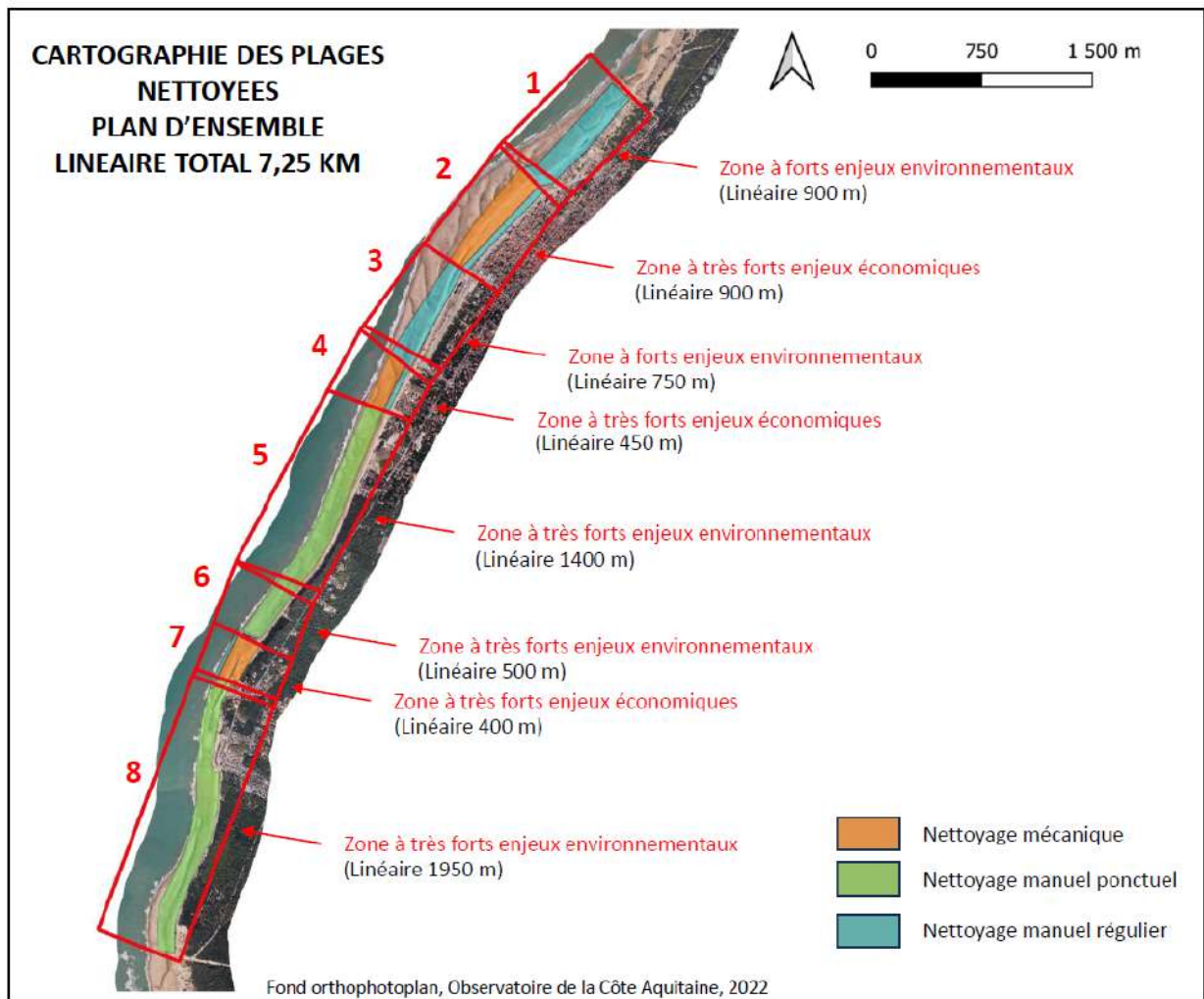
Cartographie - Lège-Cap Ferret (1)



Cartographie - Lège-Cap Ferret (2)



Cartographie - Soulac

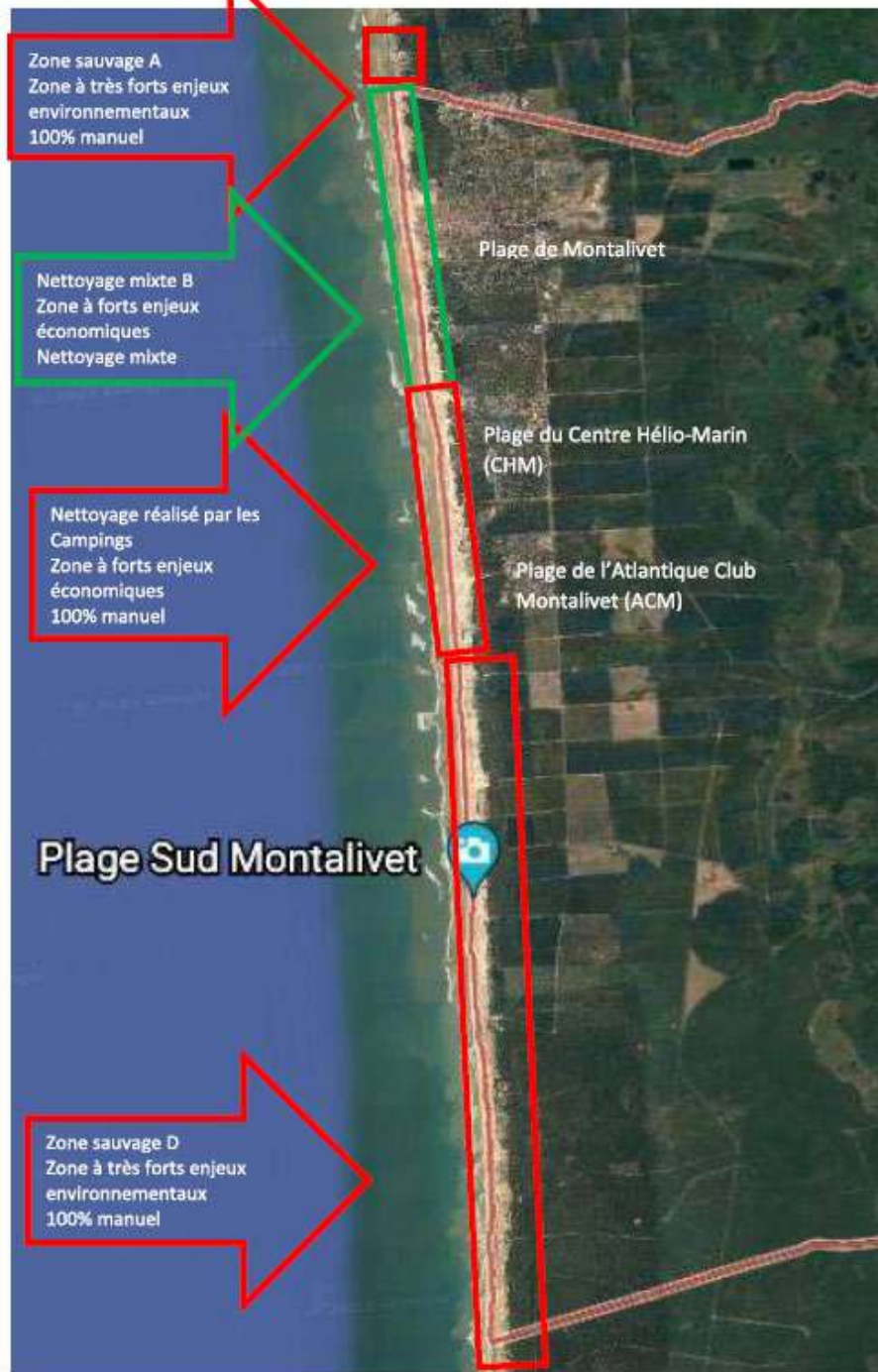


Cartographie - Vendays Montalivet

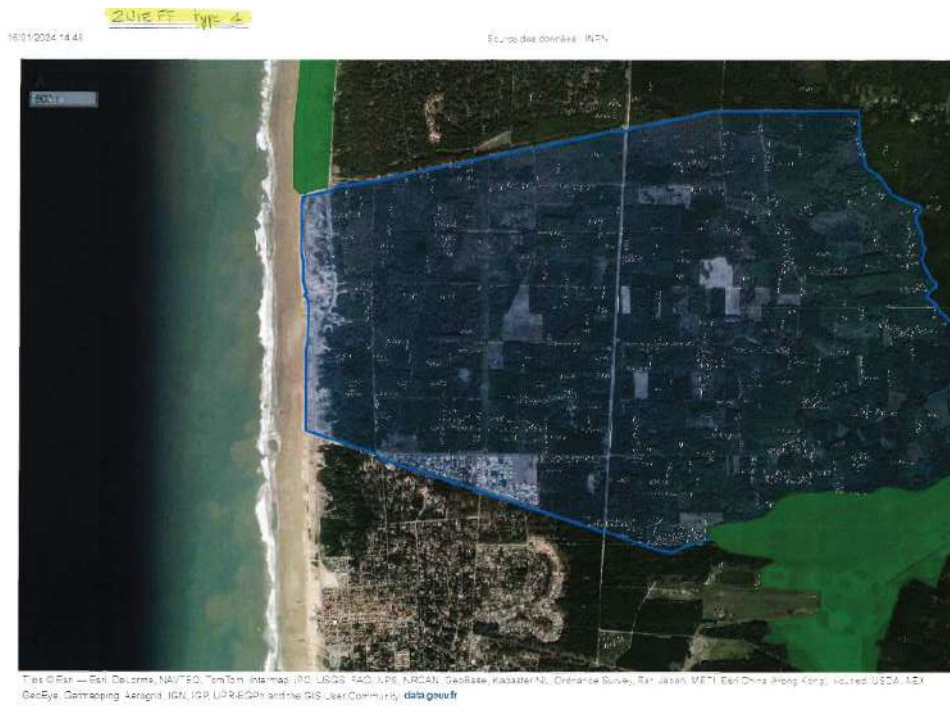
Département de la Gironde
Direction de l'Environnement

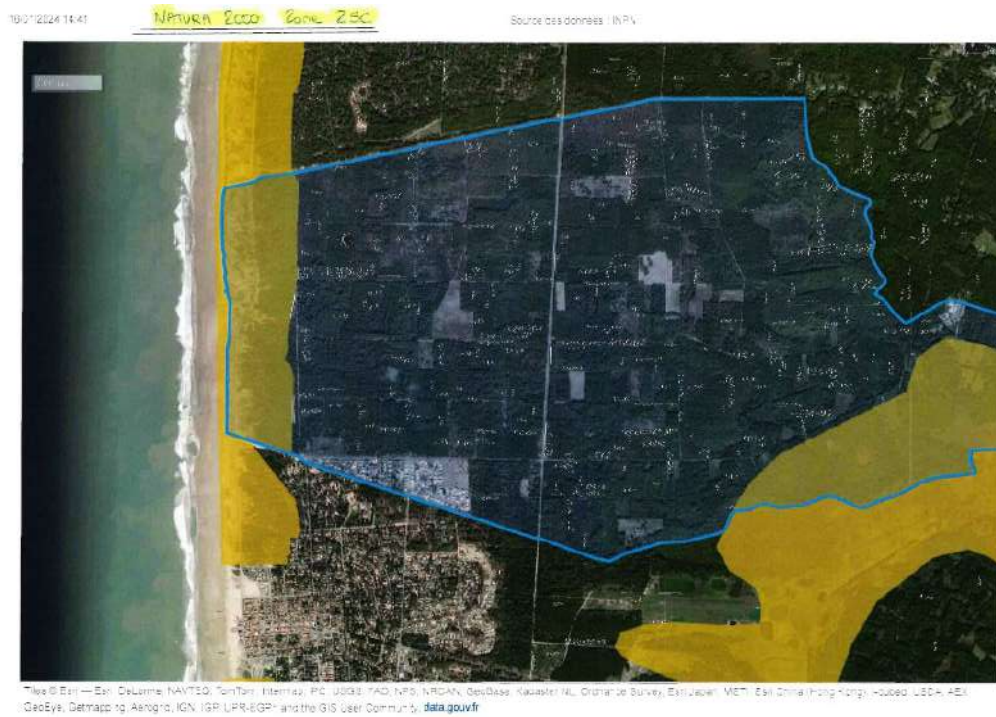
Appel à projets « Accompagnement à la gestion raisonnée des plages
girondines – janvier 2024

Cartes de littoral avec les zonages par mode d'intervention :

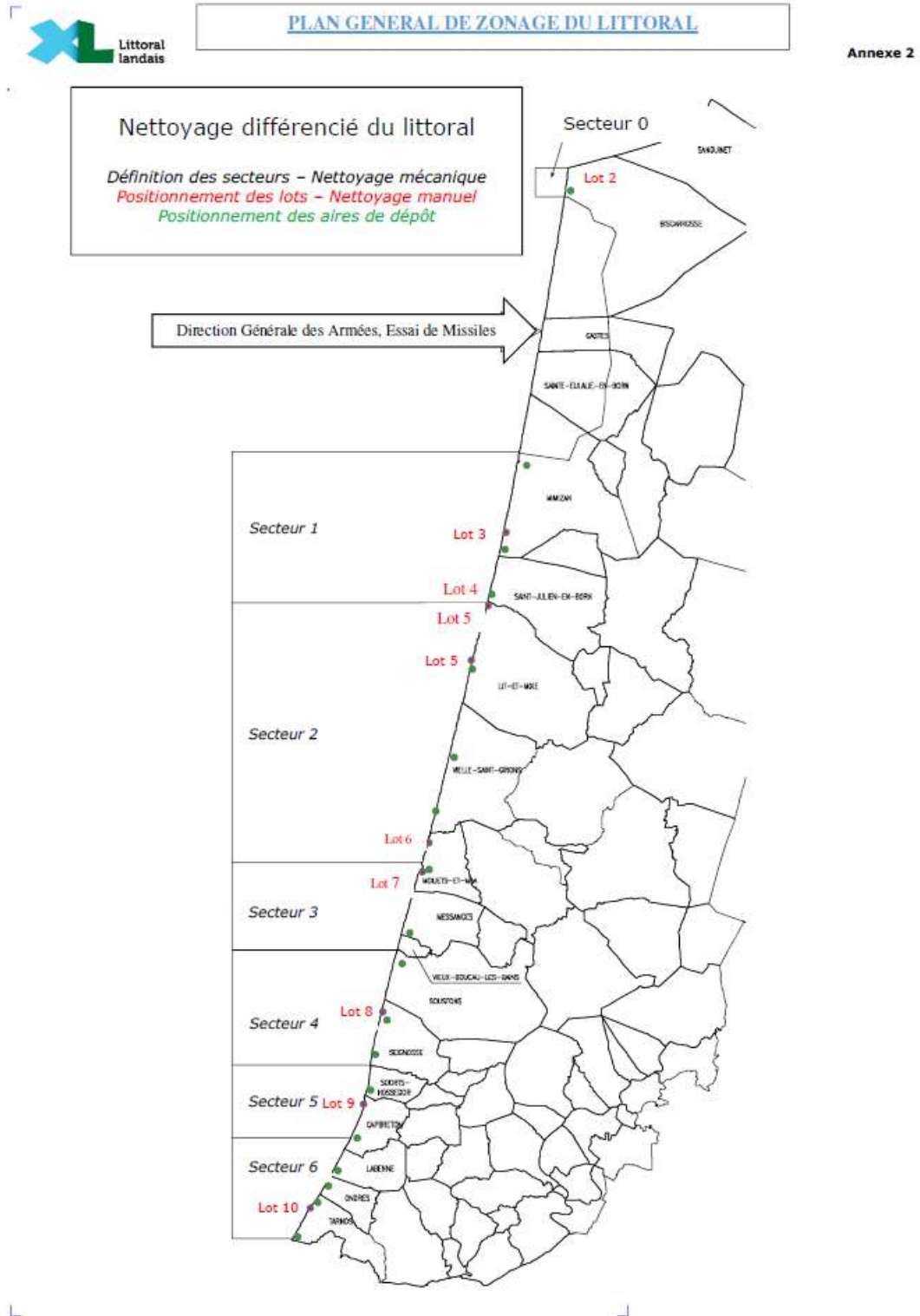


Cartographie des enjeux – Vensac





Annexe 4- Plan général du nettoyage différencié du littoral landais



Cartographie - Soustons

Courant de Soustons
Nettoyage différencié du littoral landais
Direction Environnement

Annexe 3-3



Cartographie - Secteur DGA EM



Cartographie - Biscarrosse



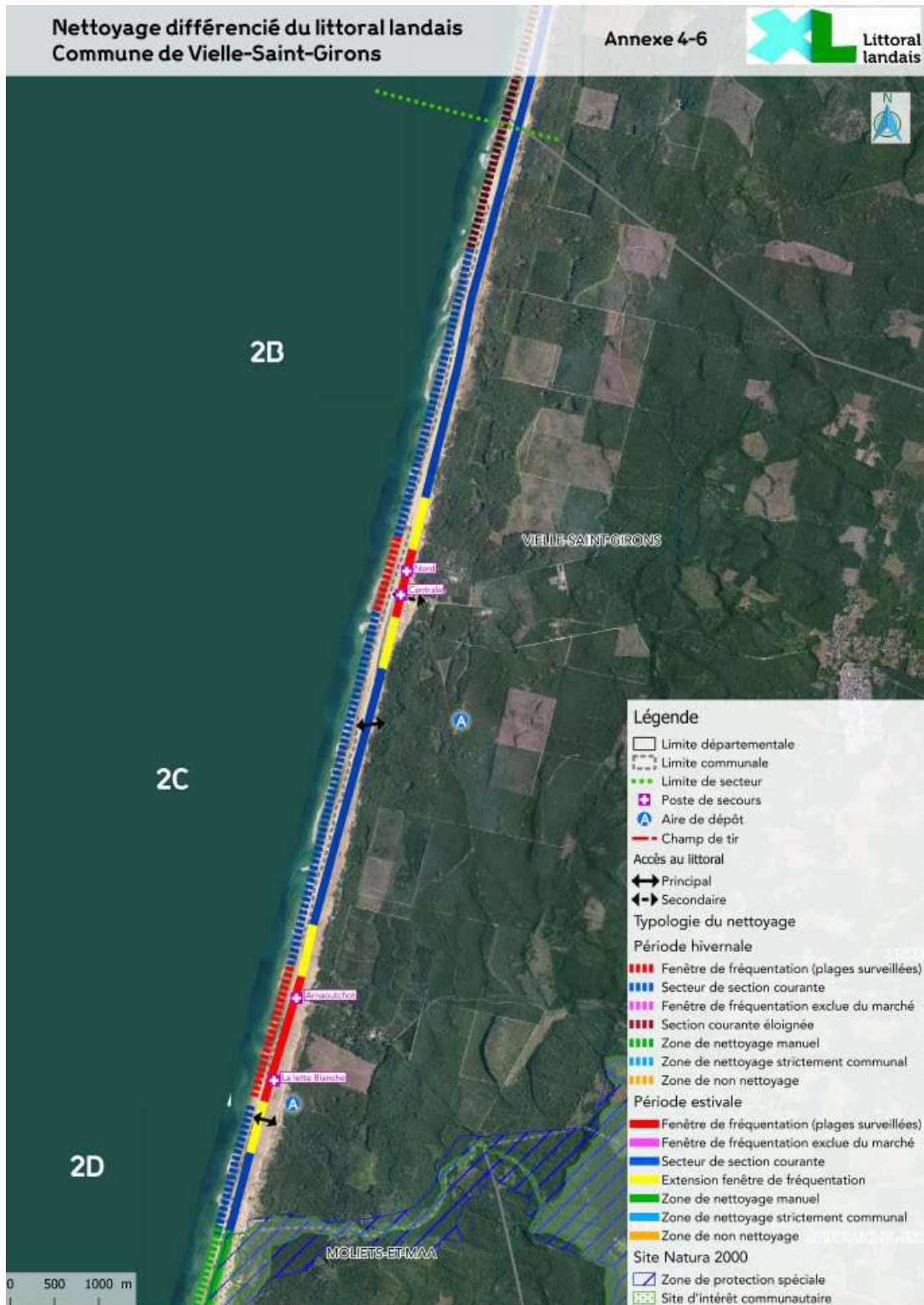
Cartographie - Mimizan



Cartographie - Lit et Mixe



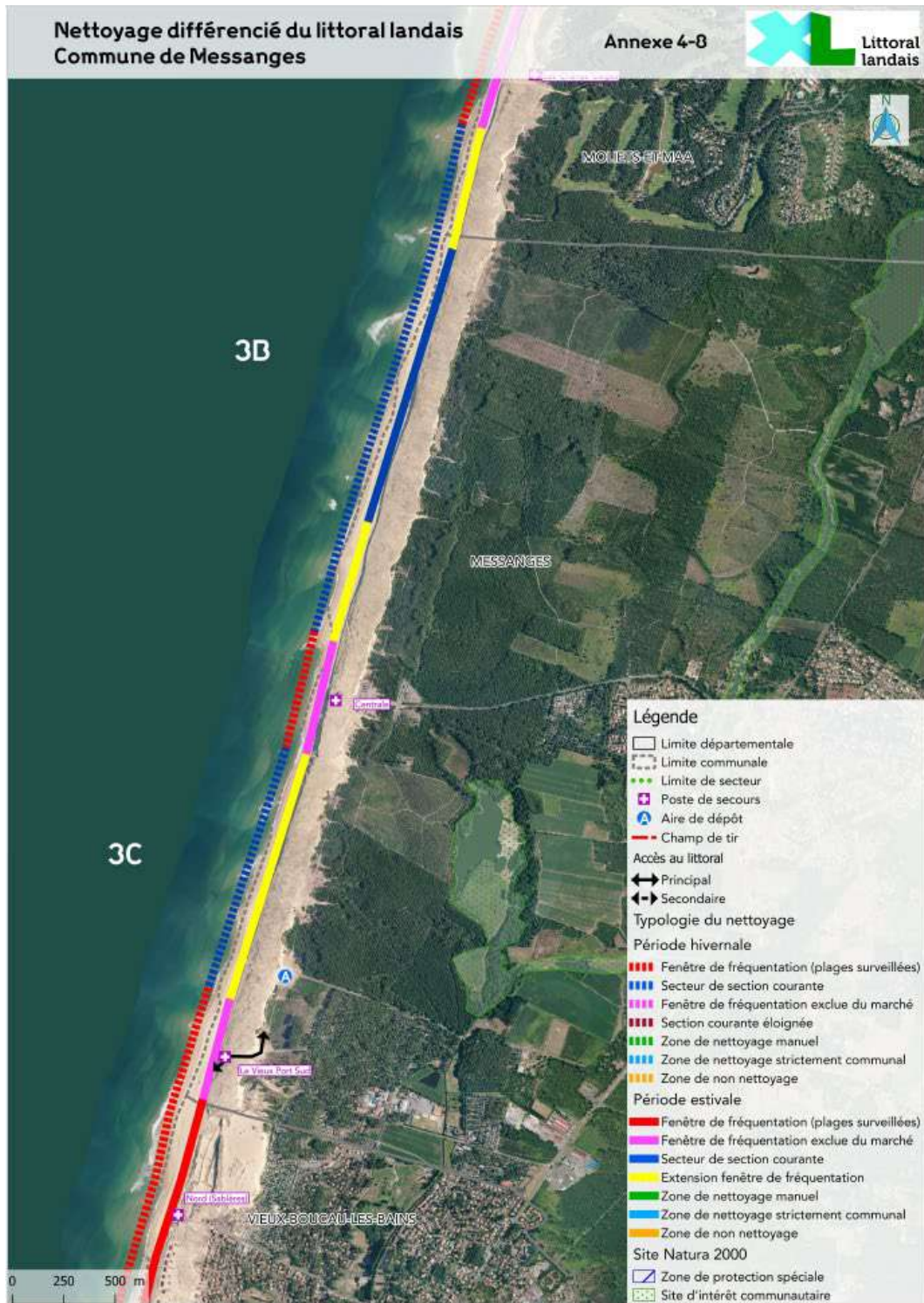
Cartographie - Vielle-Saint-Girons



Cartographie - Moliets-et-Maa



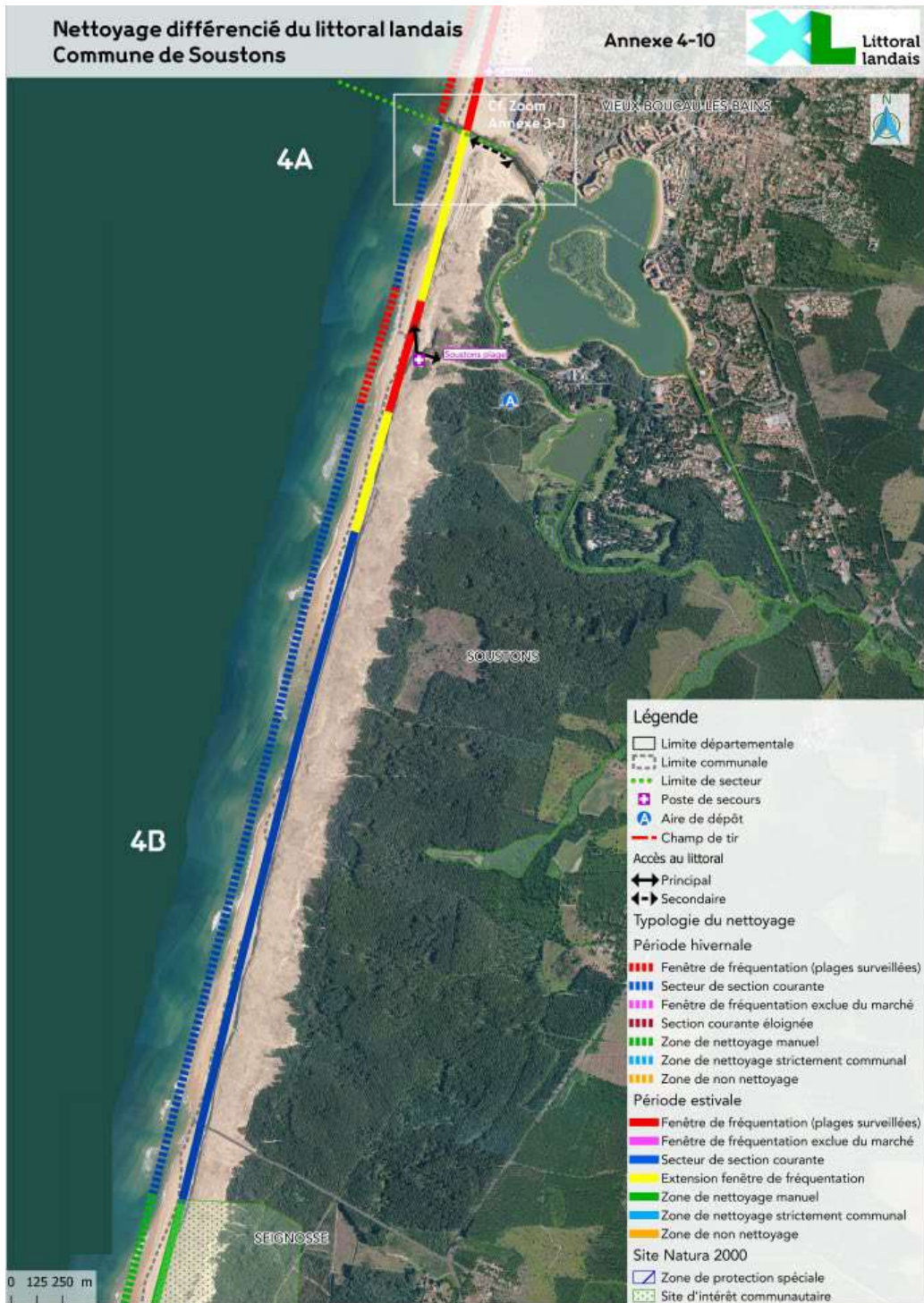
Cartographie - Messanges



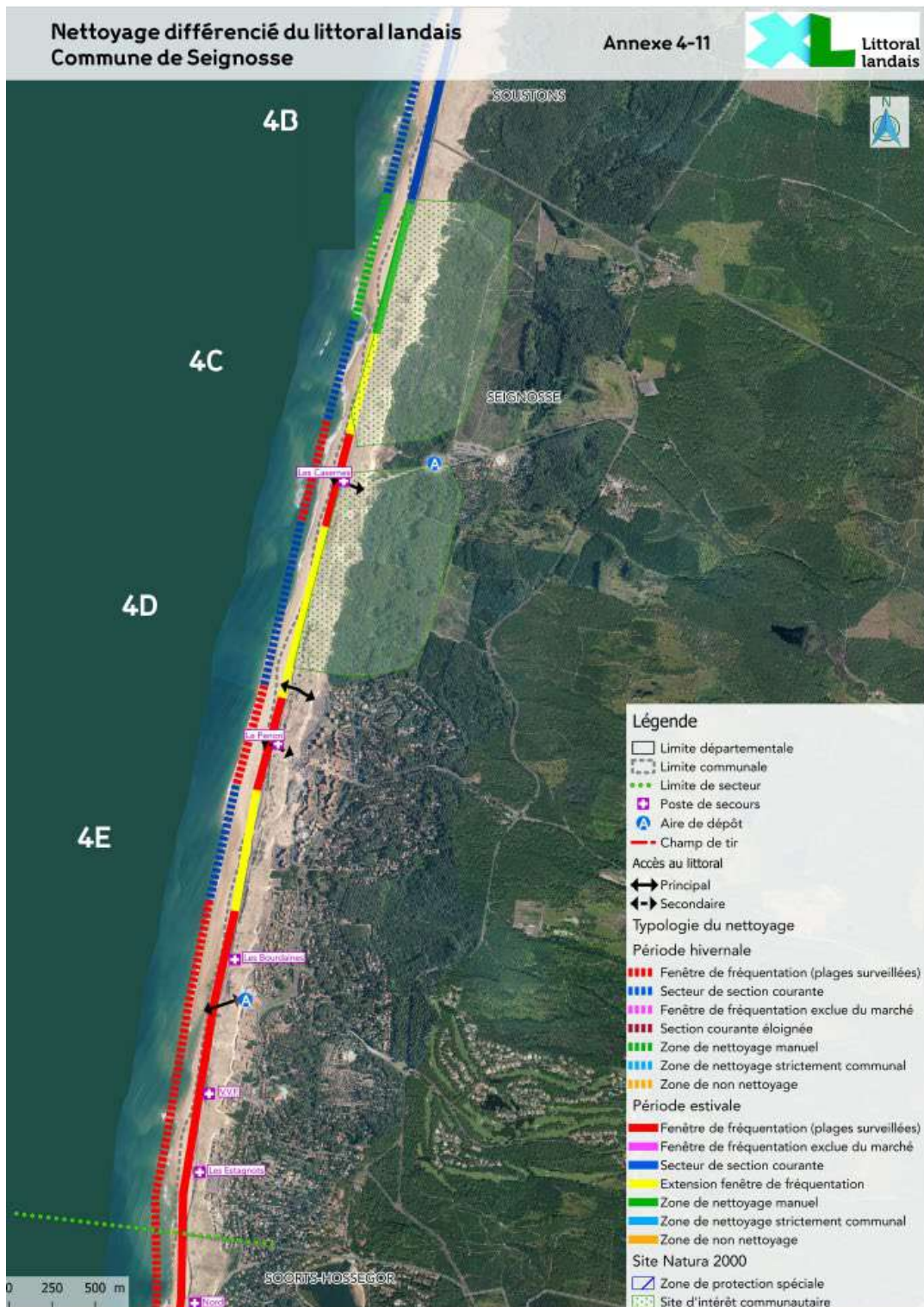
Cartographie - Vieux Boucau



Cartographie - Soustons



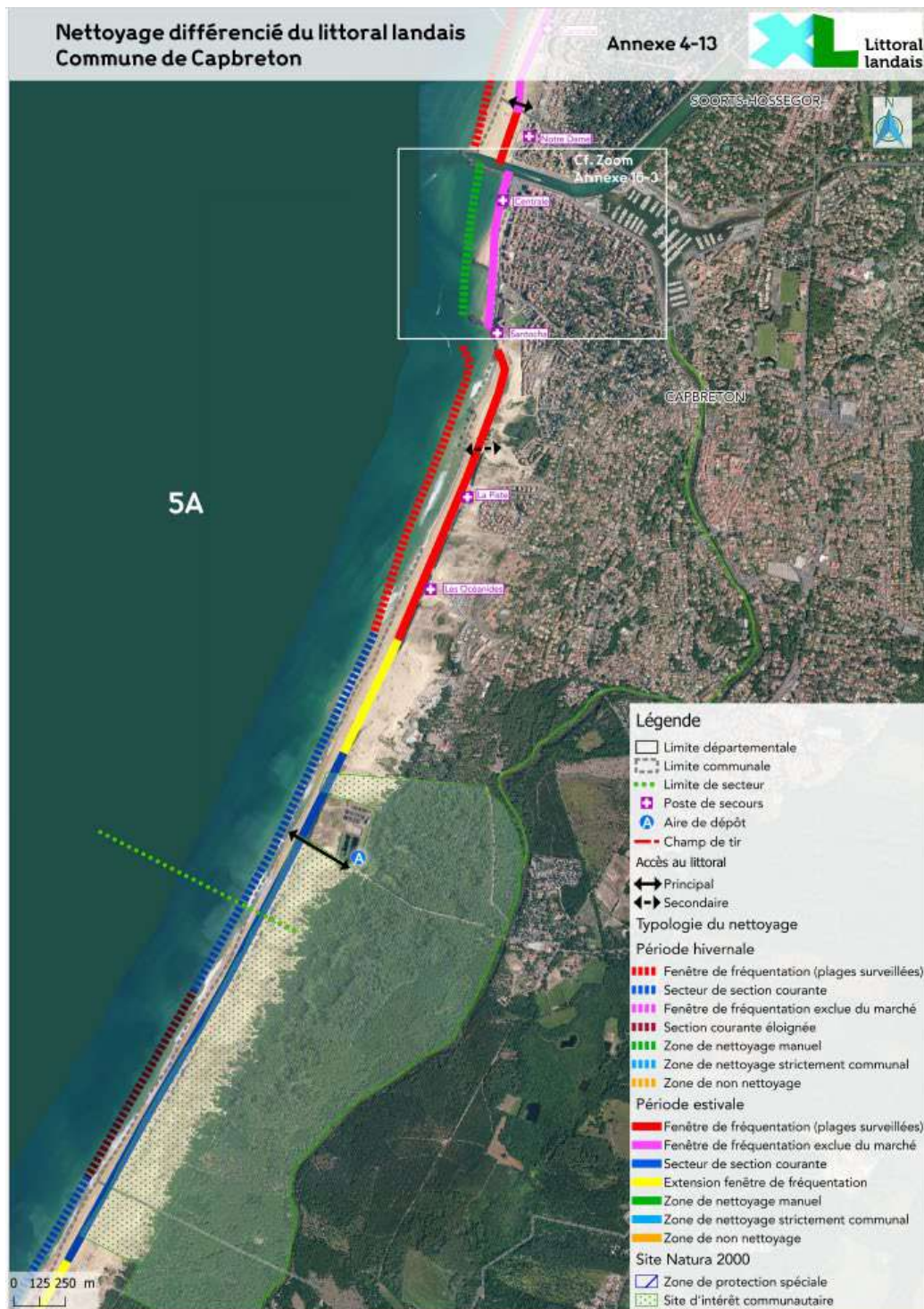
Cartographie - Seignosse



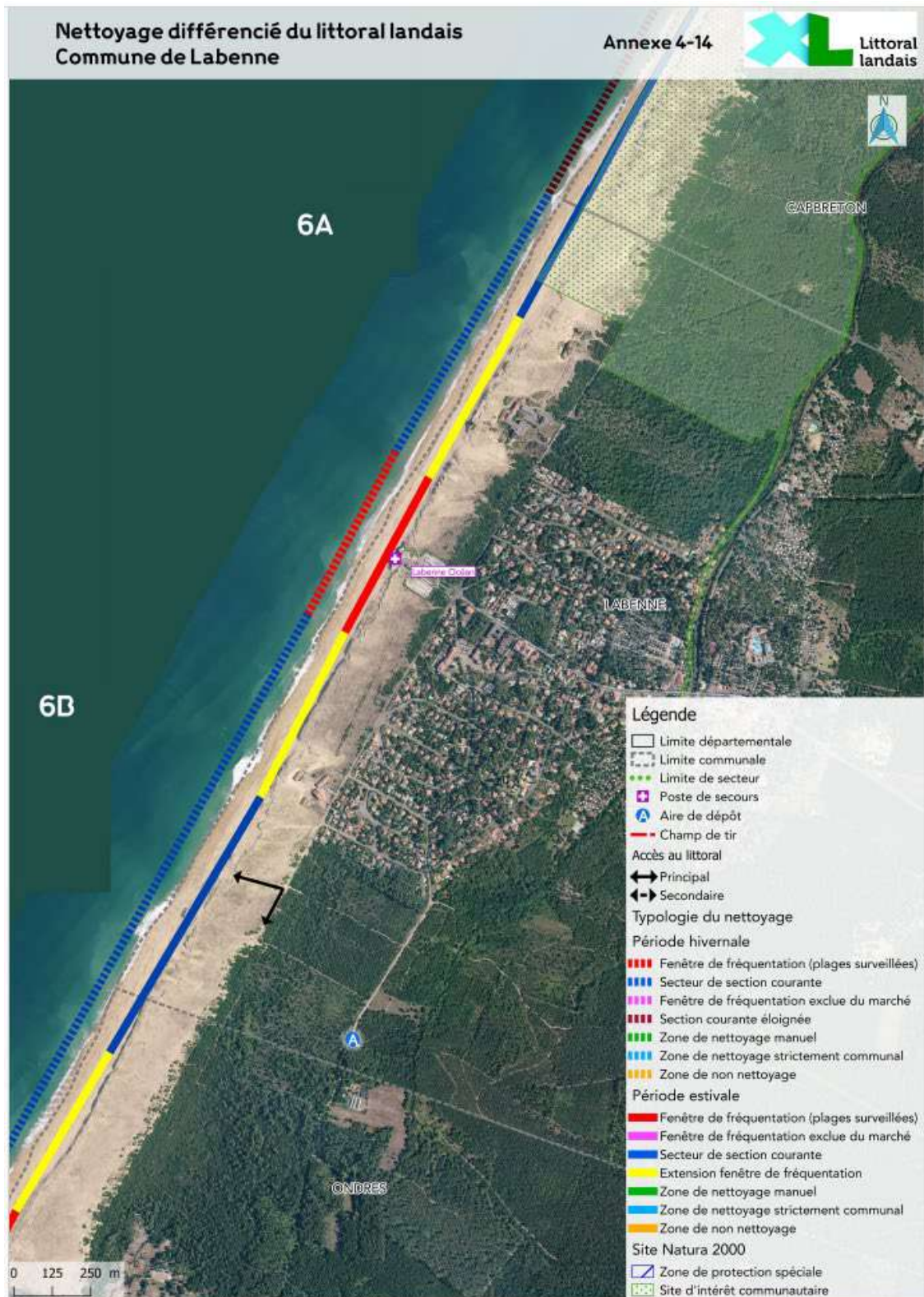
Cartographie - Soorts-Hossegor



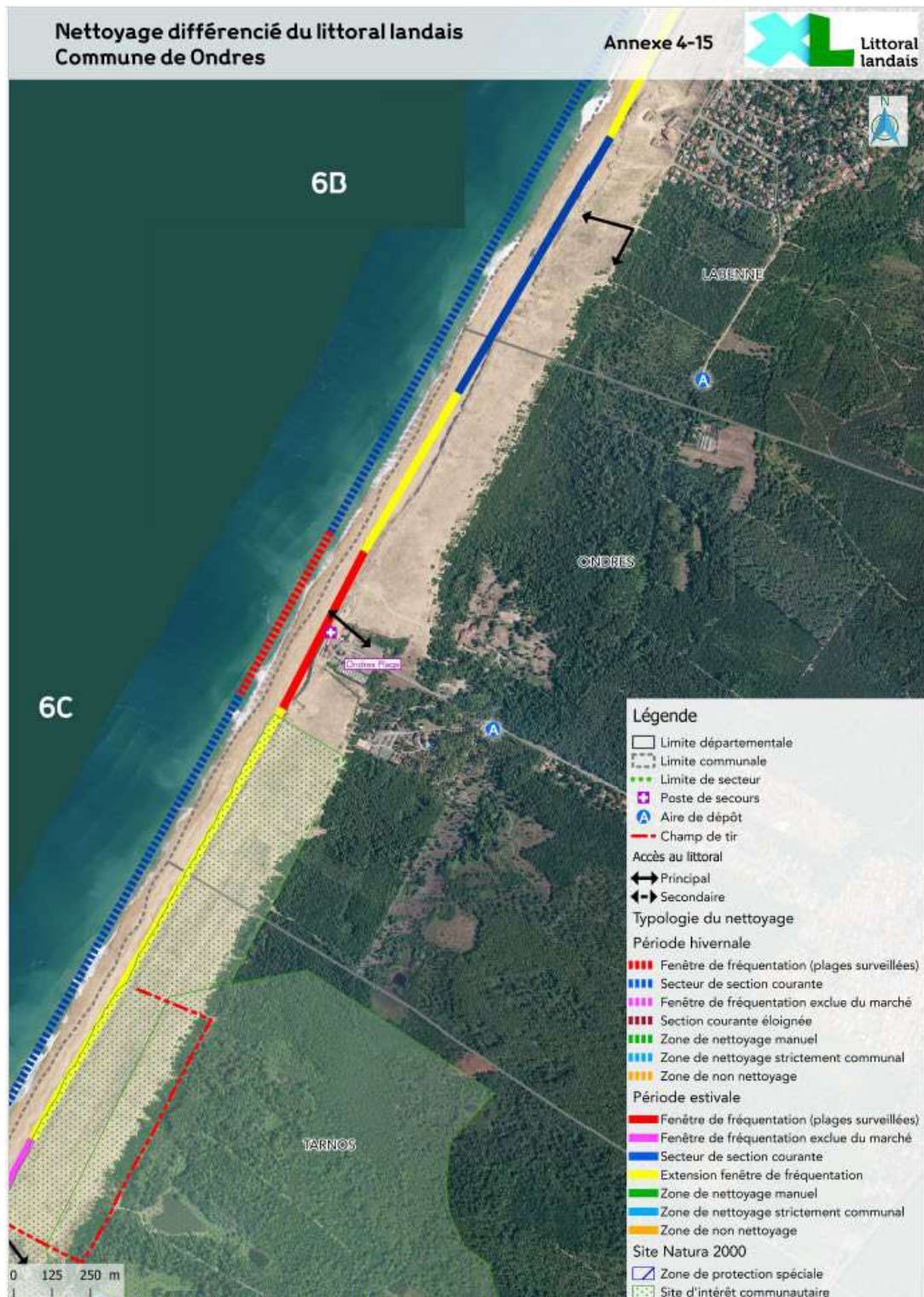
Cartographie - Capbreton



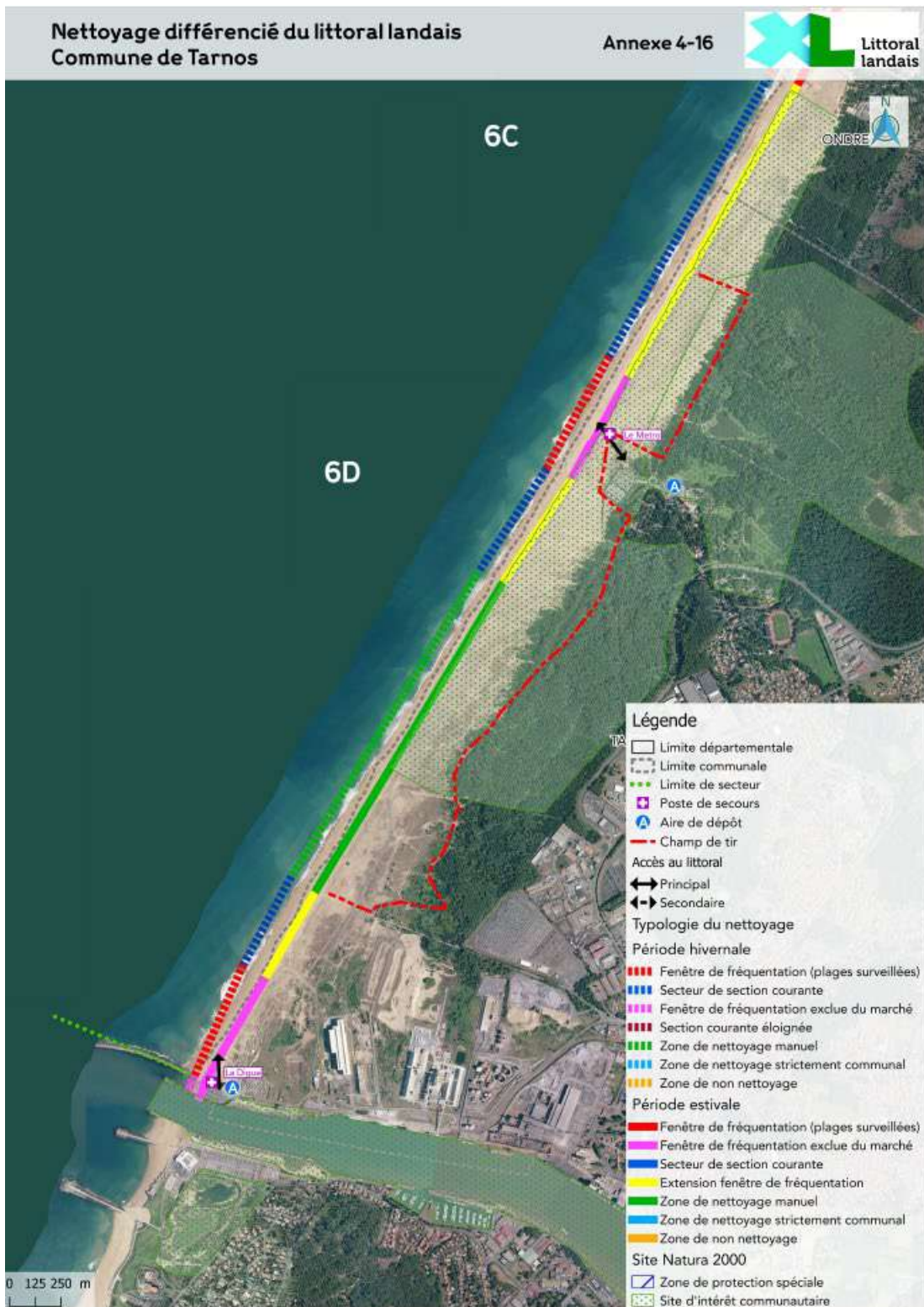
Cartographie - Labenne



Cartographie - Ondres



Cartographie - Tarnos



Cartographie - Courant de Contis

Courant de Contis
Nettoyage différencié du littoral landais

Annexe 16-1



Direction Environnement



Cartographie - Courant d'Huchet

Courant d'Huchet
Nettoyage différencié du littoral landais

Annexe 16-2



Direction Environnement





OBSERVATOIRE DE LA CÔTE
NOUVELLE-AQUITAINE
Réseau d'experts au service du littoral



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 - Orléans Cedex 2 - France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

BRGM Nouvelle-Aquitaine
Parc Technologique Europarc
24, Avenue Léonard de Vinci
33600 Pessac - France
Tél. : 05 57 26 52 70

A propos de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine

Véritable réseau d'experts au service du littoral, l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine est chargé de suivre l'érosion et la submersion sur le littoral régional. Le BRGM et l'ONF sont les porteurs techniques du projet, financé par l'Union Européenne (via le fonds FEDER), l'État, la Région Nouvelle-Aquitaine, les départements de la Gironde, des Landes, des Pyrénées-Atlantiques, de la Charente-Maritime, le Syndicat intercommunal du bassin d'Arcachon (SIBA), le BRGM et l'ONF.

Le rôle de l'Observatoire est de mettre au service de l'ensemble des acteurs du littoral un outil scientifique et technique d'observation, d'aide à la décision et de partage de la connaissance pour la gestion et la prévention des risques côtiers.

L'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine travaille en étroite collaboration avec le GIP Littoral et les Universités de Bordeaux (unité mixte de recherche EPOC), de Pau et des Pays de l'Adour (laboratoire SIAME) et de La Rochelle (unité mixte de recherche LIENSs), ainsi que le Centre de la mer de Biarritz (programme ERMMA), l'Unima, le Conservatoire du littoral et le Cerema.

L'enjeu est d'accompagner les stratégies de développement durable, de manière à prendre en compte l'évolution morphologique du littoral et les richesses de son patrimoine naturel tout en s'adaptant au changement climatique.

Les actions de l'Observatoire sont multiples : mesures, suivis, expertises, diffusion des données et information vers le grand public... www.observatoire-cote-aquitaine.fr