

Synthèse de l'étude géomorphologique du massif dunaire de Vauville à Héauville

2021 - 2024



Illustrations de couverture :

Thomas Houet – plateforme D2T - mai 2024

Rédaction du rapport :

Marie-Léa Travert

Avec la contribution de :

Laurent Lespez et Clément Virmoux (Laboratoire de Géographie Physique LGP-CNRS)

Thomas Houet et Thibaut Peres (Plateforme D2T – UMR CNRS 6554)

Sara Fargues

Validation :

Gérard Debout (Président du GONm)

Références du rapport :

Travert ML., 2025 – **Synthèse de l'étude géomorphologique du massif dunaire de Vauville à Héauville** . Groupe ornithologique normand, 27p.

SOMMAIRE

I.	INTRODUCTION ET CONTEXTE	1
II.	OBJECTIFS.....	3
III.	MATÉRIELS ET MÉTHODES	4
1.	Prospections géophysiques non destructives	4
2.	Cartographie géomorphologique.	7
3.	Acquisition de données drone RGB, multispectrales, thermiques et Lidar :.....	8
IV.	RÉSULTATS ET DISCUSSION	10
1.	Prospections ERT ET GPR 2021	10
	PROFIL ERT 1-2021	10
	PROFIL ERT 2-2021	10
	GPR - 2021	11
2.	Prospections ERT et GPR 2022	11
	PROFIL ERT 2-2022	11
	PROFIL ERT 3	12
3.	GPR 2022	13
	GPR4 - 2022	13
	GPR5 - 2022	13
4.	Cartographie géomorphologique	14
5.	Données capteurs drone.....	21
	Capteur RGB	21
	Capteur multispectral	22
	Capteur thermique	24
V.	PERSPECTIVES	25
VI.	Références bibliographiques :.....	27

I. INTRODUCTION ET CONTEXTE

La loi dite « Climat-résilience » de 2021 a fixé l'objectif de 30 % du territoire national et des eaux françaises en aires marines et terrestres protégées, dont un tiers sous protection forte.

Élaborée et mise en œuvre par l'État en concertation notamment avec des représentants des collectivités territoriales et de leurs groupements, la Stratégie nationale pour les aires protégées 2030 (SNAP) reprend les objectifs fixés dans la loi « Climat-résilience ».

La SNAP vise à la protection de l'environnement, des paysages, à la reconquête de la biodiversité, à la prévention et à l'atténuation des effets du changement climatique, à travers le développement d'un réseau cohérent d'aires protégées, à travers les objectifs suivants :

- Couvrir au moins 30 % du territoire national et des espaces maritimes associés par un réseau cohérent d'aires terrestres et maritimes protégées ;
- Mettre sous protection forte au moins 10 % de l'ensemble du territoire national et des espaces maritimes associés. Est définie comme zone de protection forte « une zone géographique dans laquelle les pressions engendrées par les activités humaines susceptibles de compromettre la conservation des enjeux écologiques sont absentes, évitées, supprimées ou fortement limitées, et ce de manière pérenne, grâce à la mise en œuvre d'une protection foncière ou d'une réglementation adaptée, associée à un contrôle effectif des activités concernées ». (Plan d'action 2022-2024, région Normandie).

Au-delà de l'extension du réseau d'aires protégées, cette stratégie vise une gestion efficace des aires protégées, afin notamment de faciliter la résilience et l'adaptation des espaces naturels et de la biodiversité qu'ils accueillent face aux changements climatiques.

Classée depuis 1976, la réserve naturelle nationale de la mare de Vauville se situe à l'extrême nord-ouest du Cotentin, au sein du site Natura 2000 du « massif dunaire de Héauville à Vauville » qui couvre près de 700 hectares. La réserve naturelle constitue un site naturel et paysager exceptionnel et se distingue du reste du massif dunaire par sa grande mare d'eau douce de près de 9 hectares, accueillant douze des dix-huit espèces d'amphibiens normandes, dont le triton crêté, espèce inscrite à l'annexe II de la Directive Européenne Habitat Faune Flore et classée comme vulnérable sur la liste rouge normande. En outre, la mare de Vauville présente donc un intérêt régional et national en termes de conservation des populations d'amphibiens.

Depuis 2019, le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) Normand travaille sur le changement climatique et ses conséquences à l'échelle régionale : recul du trait de côte, augmentation des phénomènes de submersion, de la fréquence des aléas climatiques (périodes de pluies et de sécheresse plus intenses et plus longues), progression du biseau salé dans les nappes, perte de la biodiversité, disparition des espèces à faible tolérance et apparition d'espèces plus résilientes, etc... Le dernier rapport du GIEC fait notamment état d'une hausse du niveau marin d'environ 3 mm/an et une élévation de 20 cm au cours du siècle (DREAL - Profil environnemental Normandie - Le climat en Normandie - Edition 2024 - Version du 18 octobre 2024). Par conséquent, les milieux dunaires sont menacés par le recul du trait de côte et la submersion marine. Ces phénomènes ne sont pas causés directement par les changements climatiques, mais par les activités humaines qui en sont la cause, multipliant ainsi les chances d'occurrence et l'intensité des risques.

C'est donc dans ce contexte que le cinquième plan de gestion (2018-2027) de la réserve naturelle oriente les réflexions vers l'anticipation et l'adaptation des actions de gestion face aux conséquences du changement climatique et à une inévitable intrusion d'eau de mer dans les années à venir, menaçant la pérennité de la mare d'eau douce, de la roselière et particulièrement de la diversité d'amphibiens qui s'y reproduisent

En 2021, afin d'anticiper au plus vite ces effets et ainsi mieux adapter les mesures de gestion au repli des espèces et aux changements à venir, le Groupe ornithologique normand (GONm), gestionnaire de la réserve naturelle, a engagé le Laboratoire de Géographie Physique (LGP) : environnements quaternaires et actuels (UMR 8591 CNRS), afin d'effectuer une étude géomorphologique de l'ensemble du massif dunaire.

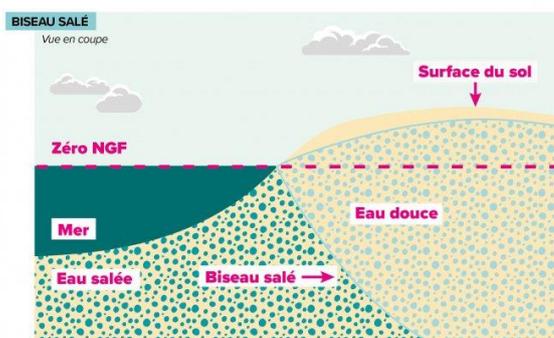
A l'issue de ces 4 années de recherche, plusieurs rapports complets et précis ont été transmis au gestionnaire. Il ne s'agit pas ici de restituer en détail l'ensemble de ces rapports, mais d'exposer une synthèse des moyens mis en œuvre et des données obtenues dans l'objectif d'alimenter la réflexion et les actions en vue de l'extension de la RNN figurant dans la liste des extensions d'aires protégées sous protection forte du Plan d'action 2022-2024 pour les aires protégées en Normandie (2022), permettant ainsi de replacer les enjeux patrimoniaux qui constituent le caractère remarquable de la réserve naturelle dans un système plus large.

II. OBJECTIFS

Ce programme de recherche avait pour objectifs :

- De compléter les connaissances déjà acquises sur la structure du massif dunaire, particulièrement au sud de la réserve naturelle de la mare de Vauville, afin notamment de mieux comprendre la composition du massif dunaire et la relation entre les sables et les formations sous-jacentes.
- L'identification des nappes souterraines, notamment plus au sud, sur le secteur Biville-Vasteville, au niveau d'une zone déprimée où s'observent de nombreuses zones humides qui pourraient être liées à la présence d'une nappe d'eau profonde, contenue dans des sables peu épais et reposant sur un substrat peu perméable.

En effet, la remontée du niveau marin va induire une remontée de l'interface eau douce/eau salée (biseau salé) dans les terres, plus à l'est, entraînant une élévation mécanique des nappes souterraines et potentiellement faire apparaître de nouvelles mares, plus au sud du massif dunaire, dans des zones déprimées.



Biseau salé (source : Plaquette Forages en milieu littoral - Préconisations pour la réalisation et l'exploitation – Région Bretagne (octobre 2022) © DREAL Bretagne et BRGM)

Les données géomorphologiques acquises à l'issue de ce programme de recherche permettront d'améliorer les connaissances sur les paysages, leur mise en place, etc... et ainsi mieux comprendre l'histoire de la formation du massif dunaire et son évolution au cours du temps.

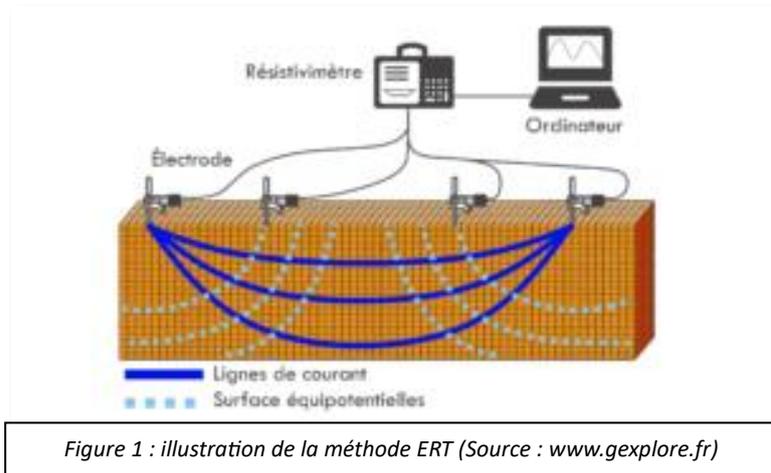
III. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Prospections géophysiques non destructives

En 2021 et 2022, l'équipe de recherche menée par Laurent Lespez et Clément Virmoux a effectué les analyses de terrain à travers deux méthodes de prospection géophysique :

- **Tomographie de résistivité**

électrique (ERT) : Cette méthode d'exploration du sous-sol repose sur la mesure de la résistivité du sous-sol, c'est-à-dire la capacité du courant à circuler dans le sous-sol afin de caractériser la structure et la nature des couches qui constituent le sol. Cette méthode va donc mettre en évidence les principaux sédiments, l'épaisseur du remplissage sableux, d'identifier des contacts entre les remplissages d'époques différentes (formations pléistocènes : -2,6 MA à - 11000 ans et holocènes -11 000 ans à aujourd'hui).



Elle nécessite la mise en place d'électrodes et d'un câble qui relie les électrodes entre elles le long d'un profil (cf. figures 1 et 2). Les câbles sont séparés par la même distance (entre 2 et 5 mètres) en fonction de la profondeur d'investigation souhaitée. Plus les électrodes sont espacées, plus la profondeur d'investigation est importante. Le câble est ensuite connecté à une batterie et un enregistreur qui mesure le potentiel électrique entre chaque électrode. Ces prospections ont été réalisées en 2021 sur 2 transects (cf. figures 5 et 6). Un profil avec une orientation sud-nord a été réalisée sur le secteur de Vasteville (ERT1) et un profil avec une orientation est-ouest (ERT2). En 2022, le profil ERT2 a été de nouveau réalisé avec une plus grande profondeur d'investigation et un autre profil avec une orientation est-ouest a été effectuées en limite sud de la réserve naturelle (ERT3), sur le secteur de Biville.



Figure 2 : Transect ERT1 – 2021 (source : LGP)

- **Prospections géoradar** : le principe du géoradar repose sur l'émission, la propagation et la réception d'ondes électromagnétiques dans le sol. Ces ondes sont émises par une antenne (cf. figure 3). Lorsqu'elles rencontrent des ruptures entre milieux, une partie est réfléchiée vers la surface et enregistrée par un récepteur. Chaque changement de milieu va permettre de caractériser les propriétés diélectriques du sol (la capacité des constituants du sol à conduire le courant électrique) et, par conséquent, cette technique va permettre de caractériser la structure du sous-sol et les discontinuités entre les milieux.

Les prospections géoradar ont été réalisées en 2021 sur cinq transects allant du sud de la réserve naturelle à la limite communale de Biville (cf. figures 5 et 6). En 2022, l'équipe de recherche a de nouveau eu recours à l'utilisation du GPR, sur les mêmes tracés que ceux effectués en 2021, mais avec une antenne radar de plus haute fréquence, afin d'obtenir plus de précision et notamment de mettre en évidence la stratigraphie des dunes en dehors des nappes.

- **Corrections topographiques** à l'aide des :
 - De relevés au DGPS (Differential Global Positioning System) ou GPS différentiel (version améliorée du GPS) ont également été effectués en parallèle des relevés ERT et GPR (cf. figure 4).
 - Des données LIDAR 2020.



Figure 3 : Transect GPR4 – 2021 (source : LGP)



Figure 4 : Relevé des profils au DGPS – 2021 (source : LGP)



Figure 5 : Localisation des zones de prospection (source LGP - restitution 2021)

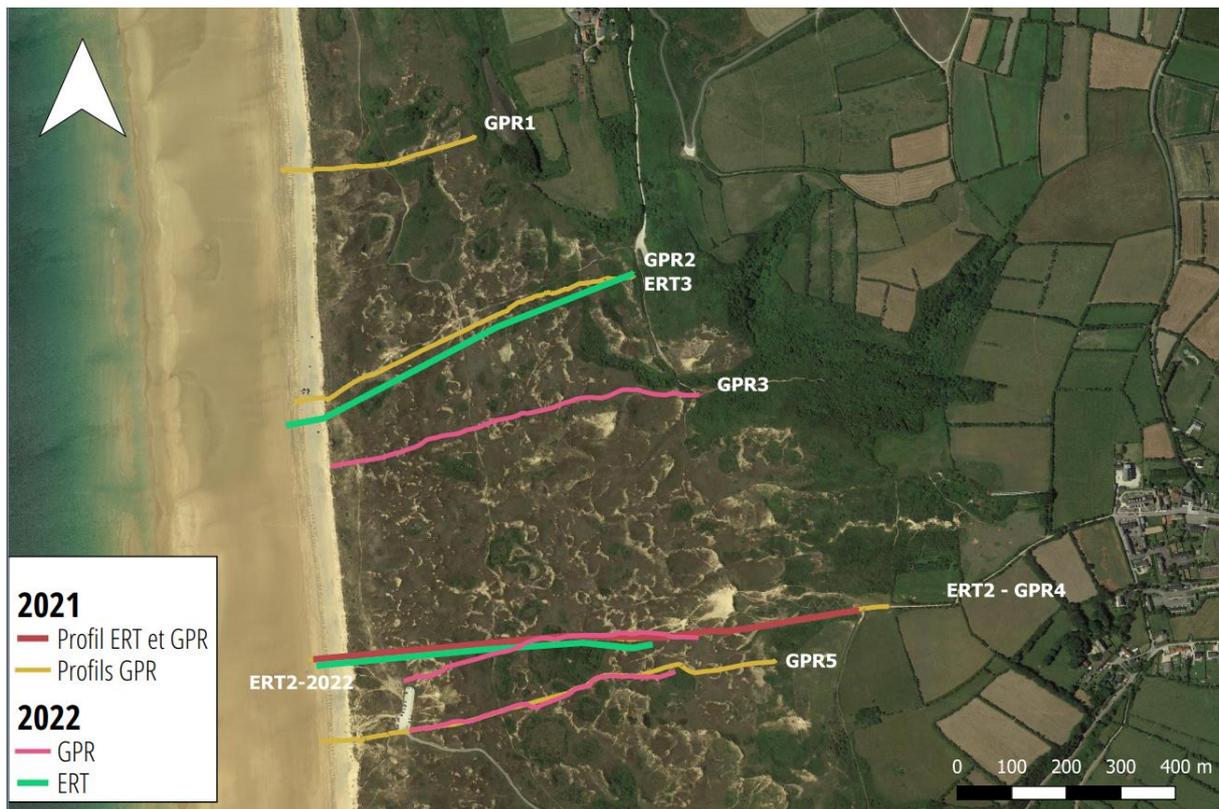


Figure 6 : Localisation des zones de prospection ERT et GPR sur le secteur de Biville (source : LGP -restitution 2022)

2. Cartographie géomorphologique.

En 2022, dans le cadre de ce programme de recherche, le LGP-CNRS a accueilli en stage de 6 mois, Sara Fargues, étudiante en Master 1 – Dynamique des Milieux et des Risques (DYNARISK) afin de mener une étude géo-historique du site, avec plusieurs objectifs :

- Réaliser une cartographie géomorphologique (formations et modelés) de l'ensemble du massif dunaire, de l'érosion, des formes d'érosion et des grandes unités écologiques (dune mobile, fixée...);
- Effectuer une étude géo-historique et diachronique de l'érosion (recul du trait de côte et érosion dunaire), de la végétation et de l'occupation/usage du massif dunaire.

Ces investigations reposaient essentiellement sur des relevés de terrain (crêtes dunaires, zones d'érosion et dépressions humides), des recherches et des comparaisons avec des données historiques issues des archives du service historique de la défense, du Manoir du Tourp et du SyMEL, puis des traitements et de la cartographie sous SIG.

A l'issue de ce stage, un mémoire a été rédigé et reprend en détail l'ensemble des données et des résultats issus des prospections 2021-2022.

3. Acquisition de données drone RGB, multispectrales, thermiques et Lidar :

En 2023, les crédits alloués à l'étude 2021-2022 n'ayant pas été consommés dans leur intégralité, sur proposition du LGP, un avenant à la convention de recherche avait été signé afin d'acquérir davantage de données par l'intermédiaire d'une approche exploratoire pour une cartographie hydro géomorphologique et de la végétation à haute fréquence et haute résolution. Ces nouvelles prospections ont été réalisées, à l'aide de drones équipés de différents capteurs : RGB, multispectrales, thermiques et Lidar, afin d'envisager :

- La détection des zones humides internes au massif dunaire
- La caractérisation des formations végétales
- Le suivi morphologique à moyen et long terme (érosion, accrétion)

Pour ce faire, la plateforme D2T (Drone, Terrain, Télédétection) de l'UMR Littoral – Environnement – Télédétection – Géomatique de l'Université de Rennes et spécialisée dans ce type d'acquisition de données est intervenue sur le massif dunaire et a eu recours à l'utilisation de plusieurs capteurs :

- RGB : ce type de capteur permet également l'acquisition de photographies aériennes « classique » et d'en extraire un relevé topographique de surface (sol et sursol) par photogrammétrie. Résolution de 3 à 5 cm.
- Multispectral (capteur proche infra_rouge) : ce type de capteur permet d'extraire des informations discriminantes sur les types de formation végétales et aussi de détecter les surfaces en eaux libres. Résolution de 8 à 10 cm selon l'altitude de vol.
- Lidar : ce type de capteur permet d'extraire des informations à très hautes résolution (<5 cm) sur la topographie du sol et du sursol, mais également des informations concernant les hauteurs de végétation (végétation arborée et arbustive). Résolution de 40 à 100 points/m².
- Thermique : ce type de capteur peut permettre la distinction des zones humides, qui par inertie thermique peuvent être plus fraîches que les zones éclairées. Résolution de 15 à 30 cm selon l'altitude de vol.

En raison des conditions météorologiques défavorables et des faibles niveaux d'eau, les investigations n'ont pas pu être réalisées en 2023 et ont été effectuées en mai 2024 où les conditions météorologiques et les niveaux d'eau exceptionnels étaient très favorables à l'acquisition de nouvelles données et à la détection des zones humides.

Les zones de prospection se sont étendues sur les mêmes secteurs que les prospection géophysique, en limite sud de la réserve naturelle, sur la commune de Biville (carré rouge figure 5).

A l'issue de ces prospections, un rapport synthétique de production a été rédigé et transmis au GONm par la plateforme D2T. L'ensemble des données brutes acquises ont également été transmises au gestionnaire.



Figure 7 : Modèle de drone utilisé dans le cadre de l'étude – 2024 (ML.Travert)

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Prospections ERT ET GPR 2021

Les résultats obtenus à l'aide de la méthode ERT, ont permis de mettre en évidence la présence d'unités stratigraphiques au sein du massif dunaire, notamment la présence d'accumulation de sable au cours du temps et de déterminer des épaisseurs de sable (entre 5 et 30 mètres selon les secteurs). Ces résultats permettent également de différencier les zones de sable sec des zones de sable saturé en eau.

PROFIL ERT 1-2021

D'une longueur de 382 mètres orienté sud-nord, le transect ERT 1 se situe parallèlement au trait de côte au niveau de l'ancien terrain militaire à la limite communale entre Vasteville et Biville. Sur ce profil, le dégradé de couleurs va rendre compte de la résistivité du substrat, c'est-à-dire sa capacité à laisser passer les ondes électriques. Plus la résistivité est faible plus le substrat laisse passer le courant et inversement. Les zones en bleu vont donc indiquer la présence de sable humide alors que les zones rouges du sable sec. A noter que les valeurs minimales de résistivité semblent indiquer la présence d'eau douce dans la zone saturée. Ce premier profil indique une épaisseur de sable minimale d'environ 16 mètres. La roche-mère ne semblant pas atteinte, il se peut donc que l'épaisseur de sable soit plus importante.

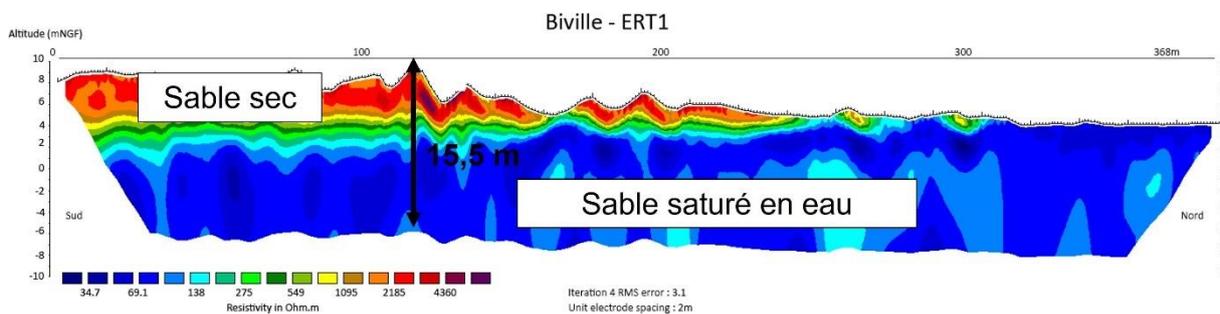


Figure 8. Profil ERT 1- 2021 (source : étude LGP)

PROFIL ERT 2-2021

Le second profil ERT 2 d'une longueur de 1035 m est orienté est-ouest, perpendiculairement au trait de côte. Le départ de ce transect est situé au calvaire des dunes à Biville et se prolonge sur l'estran. Ce profil met en évidence des dépôts de sable d'une épaisseur variant de 5 mètres (sur substrat rocheux) au niveau du calvaire des dunes et plus de 30 mètres dans la zone littorale.

Ce transect souligne également un changement de pente, probablement lié à un dépôt de Head (coulees de solifluxion constituées de sédiments grossiers mélangés avec des sédiments plus fins (limons et sables) formées sous un climat périglaciaire.

Comme observé sur l'ERT 1, la résistivité enregistrée met en évidence une nappe affleurante en arrière du cordon dunaire (sable saturé en eau douce).

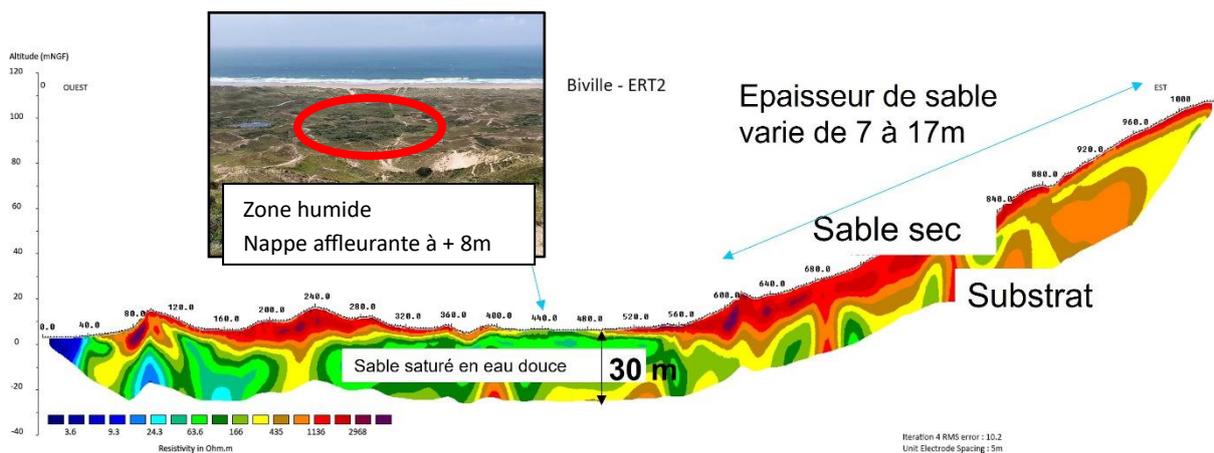


Figure 9. Profil ERT 2 - 2021 (source : étude LGP)

GPR - 2021

Les résultats obtenus avec les prospections GPR réalisées en 2021 n'apportent pas plus d'informations que celles récoltées avec l'ERT. En effet, l'onde émise par le radar est absorbée par la nappe. Par conséquent, la faible résolution des données obtenues met seulement en évidence une accumulation de sable au cours du temps.

2. Prospections ERT et GPR 2022

En raison des résultats très significatifs obtenus au cours de ces premières investigations, de nouvelles mesures ont été effectuées en avril 2022, afin d'affiner les résultats géophysiques et de préciser la formation géologique du massif dunaire.

PROFIL ERT 2-2022

Un nouveau profil ERT 2 a été réalisé sur l'axe est-ouest à partant du Calvaire des dunes de Biville. D'une longueur de 620 mètres, ce profil reprend une partie du tracé effectué en 2021, l'objectif étant d'utiliser un nouveau protocole afin d'atteindre une profondeur d'investigation plus grande (70 mètres en-dessous du sol contre 30 mètres lors de la précédente campagne).

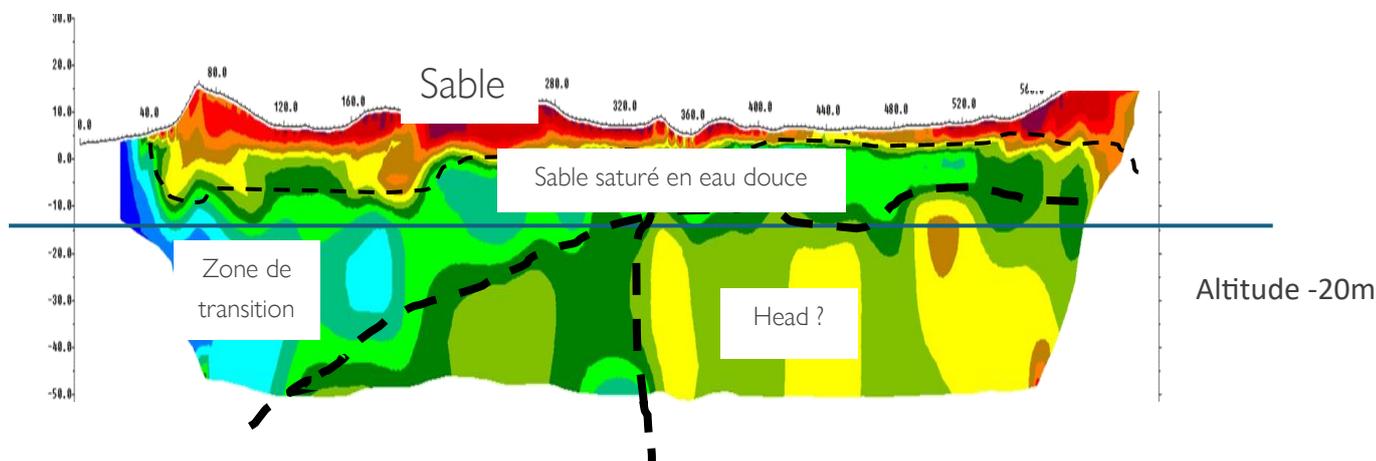


Figure 10. Profil ERT 2 - 2022 (source : étude LGP)

PROFIL ERT 3

Un autre profil ERT 3, orienté est-ouest et d'une longueur de 730 mètres a également été réalisé plus au nord, en limite de réserve naturelle, afin notamment de confirmer la présence d'une ancienne falaise de Head pouvant être à l'origine de la structuration du massif dunaire et des zones humides.

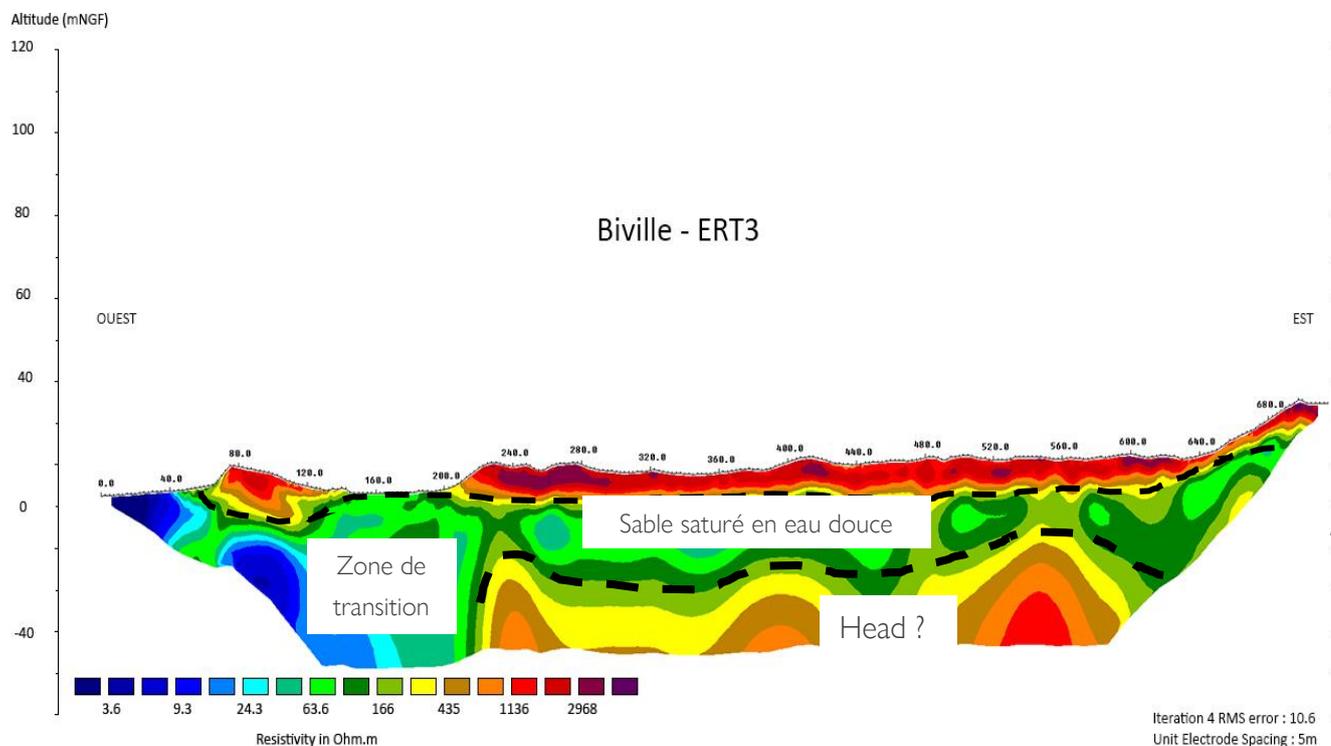


Figure 11. Profil ERT 3 - 2022 (source : étude LGP)

Tout comme observé en 2021 le long de l'ERT 2, ces deux profils (ERT 2- 2022 et ERT 3) mettent en évidence une unité plus résistante en profondeur pouvant correspondre à une falaise de Head contemporaine à une période périglaciaire.

De plus, la zone de transition eau douce/eau salée est bien représentée avec des résistivités très faibles en bordure occidentale qui augmentent au fur et à mesure que l'on s'approche de la partie centrale du cordon, mettant en évidence du sable saturé en eau douce.

3. GPR 2022

En 2022, l'équipe de recherche a de nouveau eu recours à l'utilisation du GPR, sur les mêmes tracés que ceux effectués en 2021, mais avec une antenne radar de plus haute fréquence, afin d'obtenir plus de précision et notamment de mettre en évidence la stratigraphie des dunes en dehors des nappes.

GPR4 - 2022

Les données obtenues le long du profil GPR 4 apportent plus de précisions concernant la composition du sol. En effet, un zoom sur l'épaisseur sableuse identifiée dans l'ERT 2 met en évidence deux réflecteurs liés à un changement dans les propriétés électriques et magnétiques du sous-sol supposant une superposition de plusieurs générations de dunes.

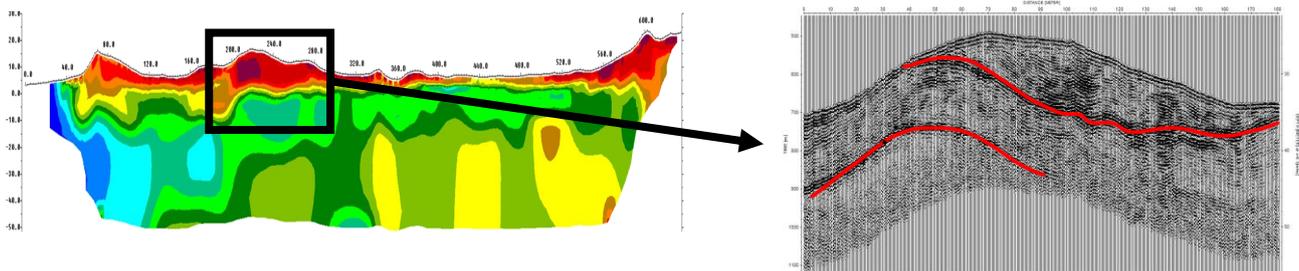


Figure 12. Données GPR 4 - 2022 (source : étude LGP)

GPR5 - 2022

Au contraire, le profil GPR 5 ne présente pas de superposition de réflecteur, mais un seul réflecteur qui met en évidence le toit de la nappe et par conséquent la présence d'une nappe d'eau souterraine.

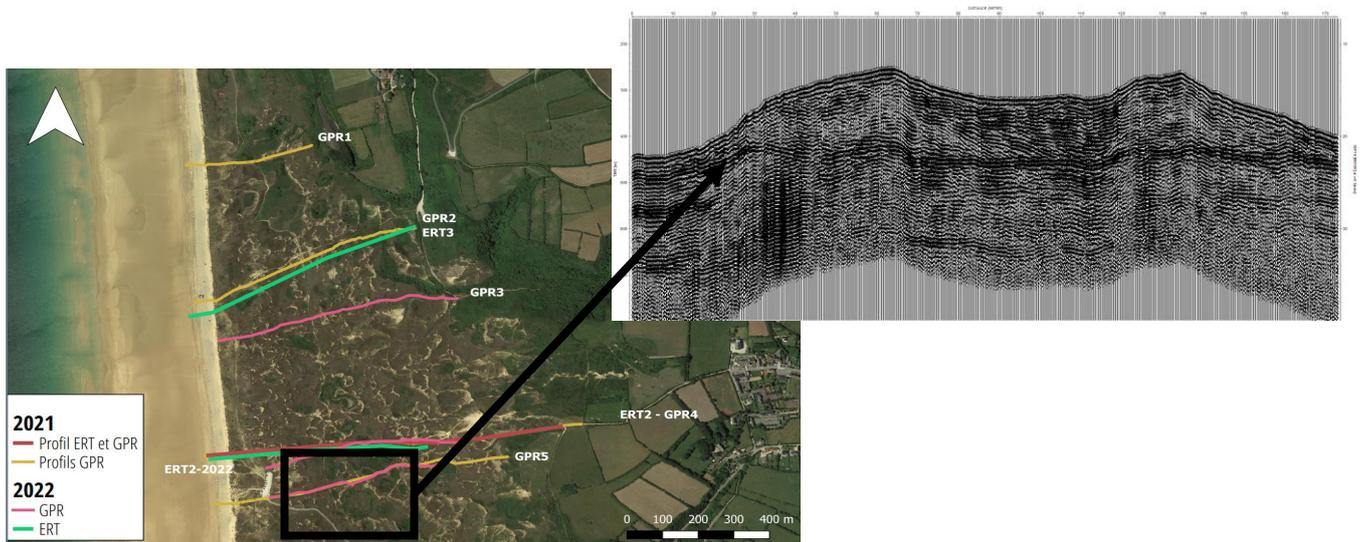


Figure 13. Données GPR 5 - 2022 (source : étude LGP)

4. Cartographie géomorphologique

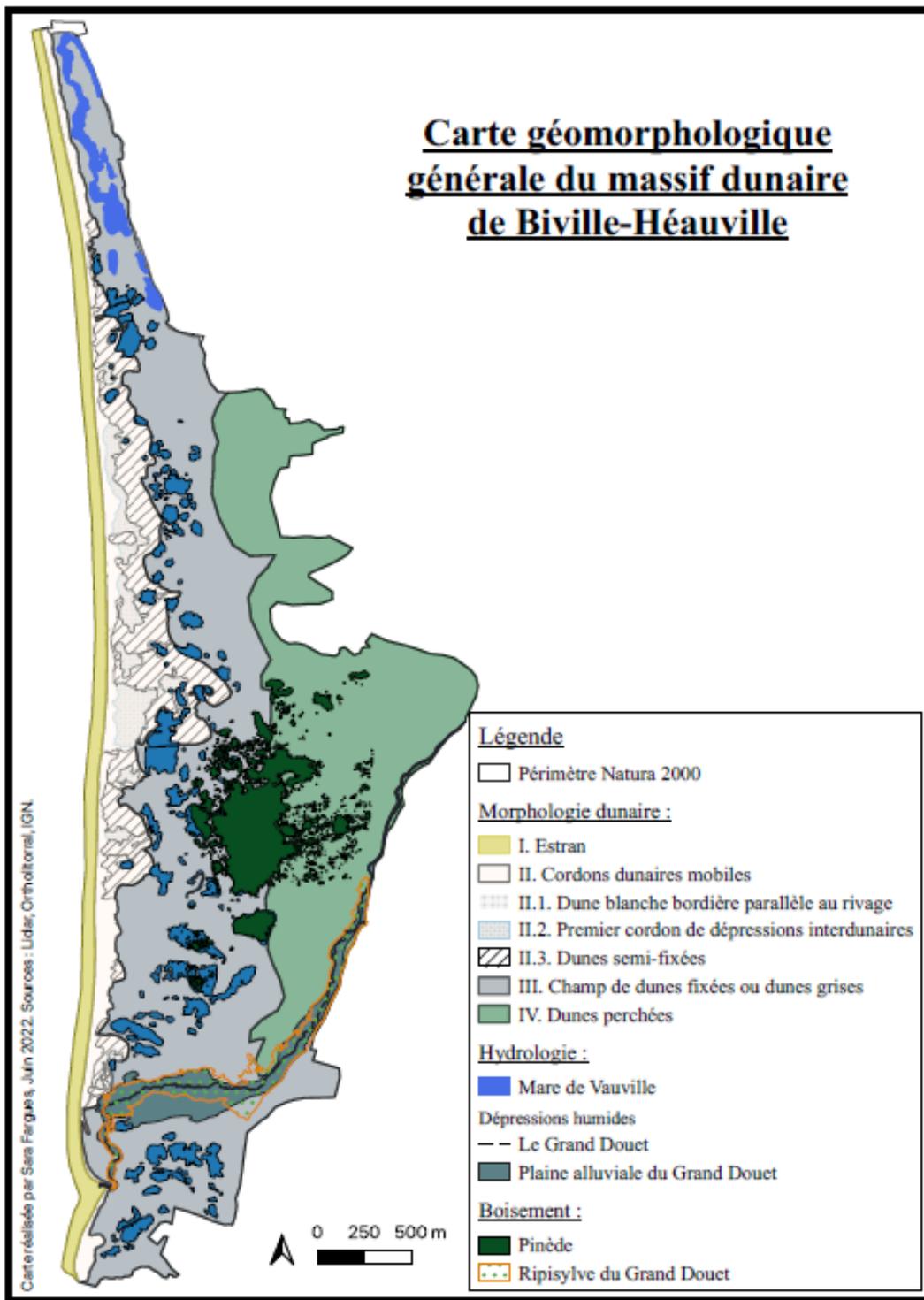


Figure 14. Carte géomorphologique générale du massif dunaire (source : Fargues, 2022)

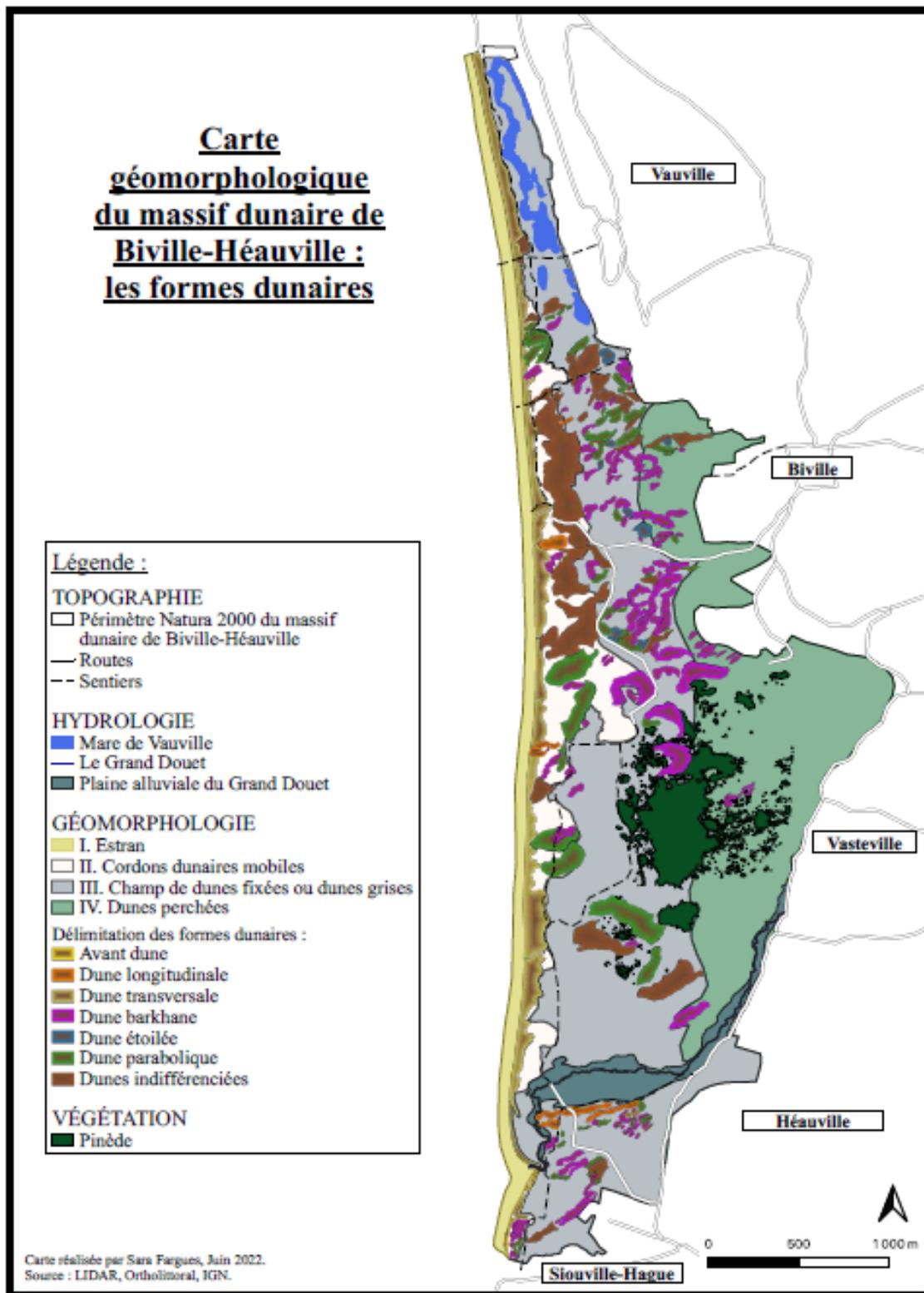


Figure 15. Carte géomorphologique : les formes dunaires différenciées (source : Fargues, 2022)

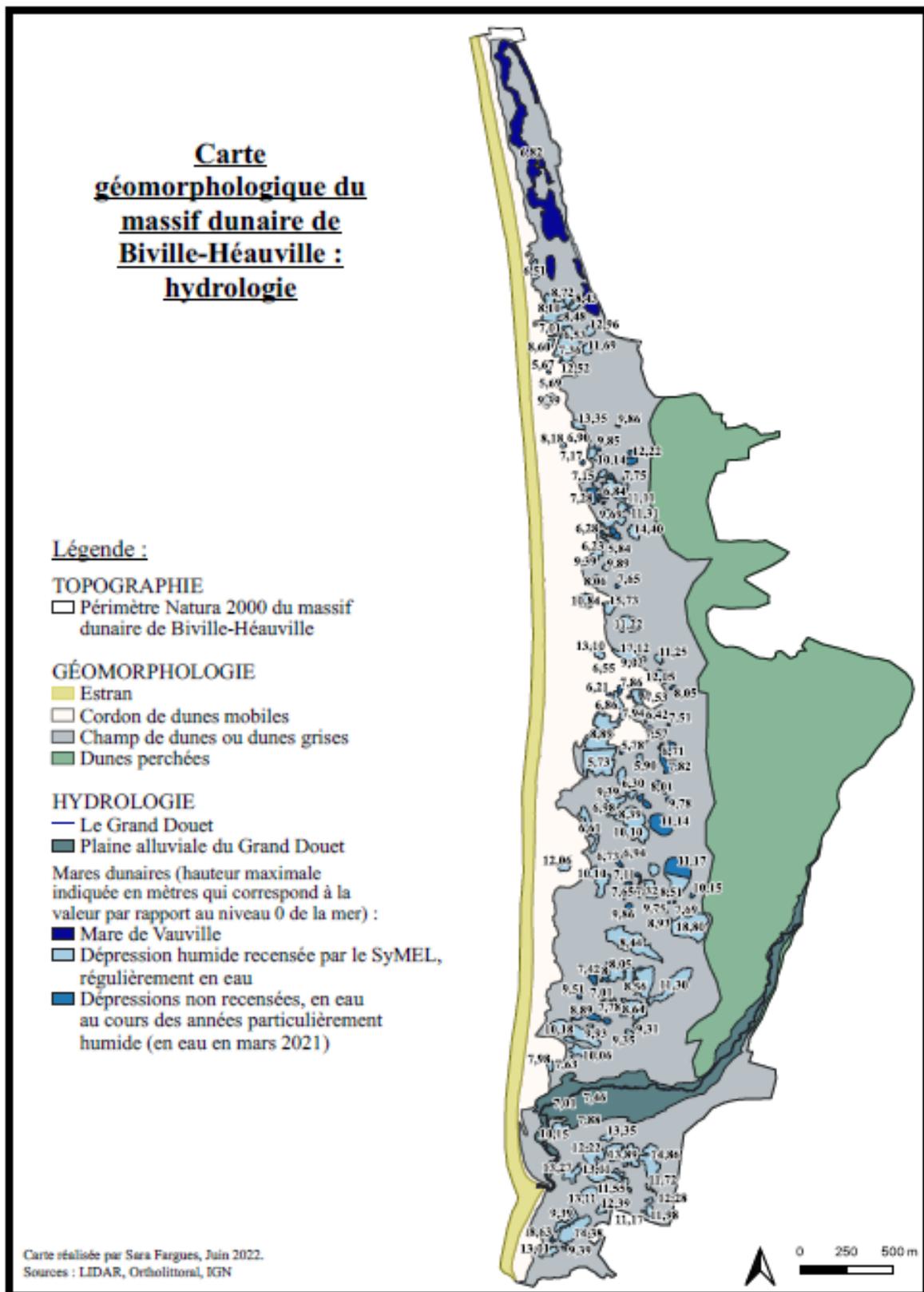


Figure 16 : Carte géomorphologique du massif dunaire : hydrologie (source : Fargues, 2022)

Les cartes de géomorphologie générale et hydrologique mettent en évidence un fonctionnement hydrologique complexe du massif dunaire, avec la grande majorité des dépressions dunaires situées à l'arrière des cordons de dune mobile, au sein des grandes étendues de dunes fixées.

En effet, les massifs dunaires sont caractérisés par des zones humides plus ou moins importantes appelées pannes dunaires et qui se développent au sein des dépressions interdunaires, dans les zones basses du massif. La formation de ces petites mares temporaires est causée par la présence de nappes phréatiques peu profondes et affleurantes, qui, lorsqu'elles sont chargées, débordent en surface.

Dans le cadre de cette étude, une attention particulière a été portée sur ces mares, afin de mieux comprendre leur fonctionnement et les connexions qui peuvent exister entre elles. Ainsi, des analyses statistiques des profondeurs et des altitudes ont été réalisées sur les 165 dépressions présentes sur l'ensemble du massif dunaire.

Ces analyses ont permis de mettre en évidence une organisation méridienne de celles-ci avec des dépressions plus basses et plus profondes au nord qu'au sud (cf. figure 17), expliquant peut-être le temps d'immersion plus long observé sur les mares présentes dans l'enceinte de la réserve naturelle.

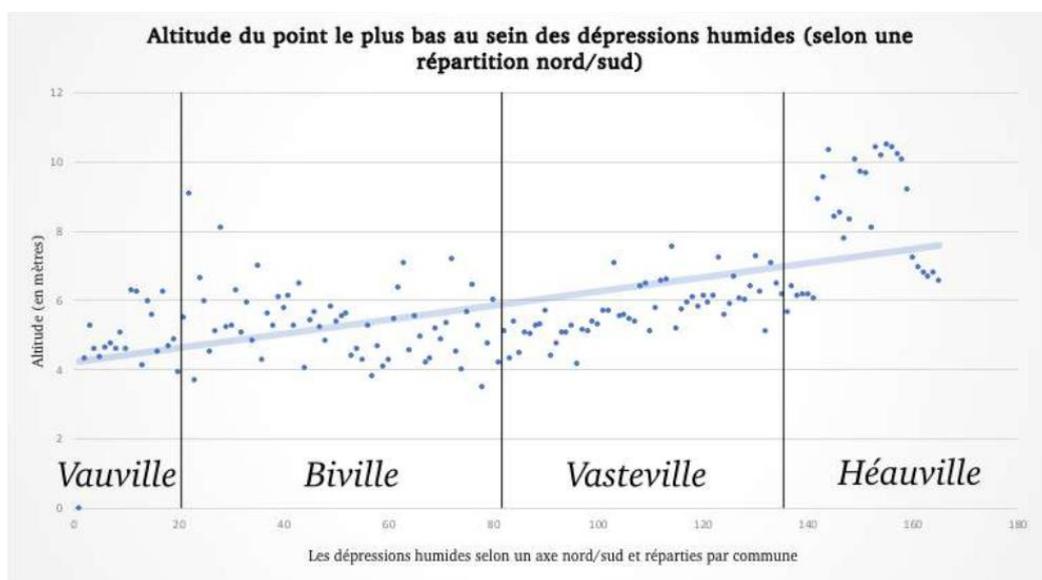


Figure 17 : Altitude du point le plus bas au sein des dépressions humides

La carte géomorphologique des formes dunaires (cf. figure 15) met en évidence la présence de différentes formes et permet de distinguer les différents types de dune (dune mobile, blanche, fixée...) et souligne la présence de dunes semi-fixées qui possèdent à la fois les caractéristiques de la dune mobile et de la dune fixée.

L'étude des formes et des modèles dunaires (cf. figure 15) permet de mieux distinguer les milieux et met en évidence la présence d'un cordon littoral actuel en érosion et d'un second cordon de dunes semi-fixées qui pourrait correspondre à un niveau marin plus haut, contemporaine à la transgression holocène. En effet, le premier semble correspondre à la dune bordière, alors que le second semble résulter d'une accumulation de dunes semi-fixées qui s'étend le long du cordon dunaire actuel. Ces observations corroborent les observations faites au cours des prospections GPR (cf. figure 12) qui laissent supposer une succession de deux générations de dunes.

Les cartographies des formes dunaires et l'étude diachronique de l'érosion permettent de mettre en avant les différentes formes d'érosion qui interagissent au sein du massif dunaire :

- L'érosion maritime qui se concentre essentiellement sur la partie occidentale du massif, visible à la fois sur l'estran et la dune mobile ;
- L'érosion éolienne qui va être en grande partie à l'origine des différentes formes dunaires ;
- L'érosion anthropique qui va s'observer sur l'ensemble du site.

L'étude géo-historique permet de mieux identifier l'impact des usages passés et présents sur la forme actuelle du massif dunaire et particulièrement l'érosion liée aux usages du massif dunaire par les hommes au cours du temps.

La comparaison de 6 photographies aériennes prises au cours du siècle, entre 1927 et 2022 (cf. figure 18), au niveau du calvaire des dunes de Biville, met bien en évidence l'érosion d'origine anthropique et son évolution en fonction de l'utilisation de ce secteur par le public et la gestion mise en place depuis. Sur le secteur délimité en bleu, la canalisation spontanée du public a entraîné la stabilisation progressive de la dune à travers la formation de pelouses dunaires et l'apparition de végétations ligneuses.

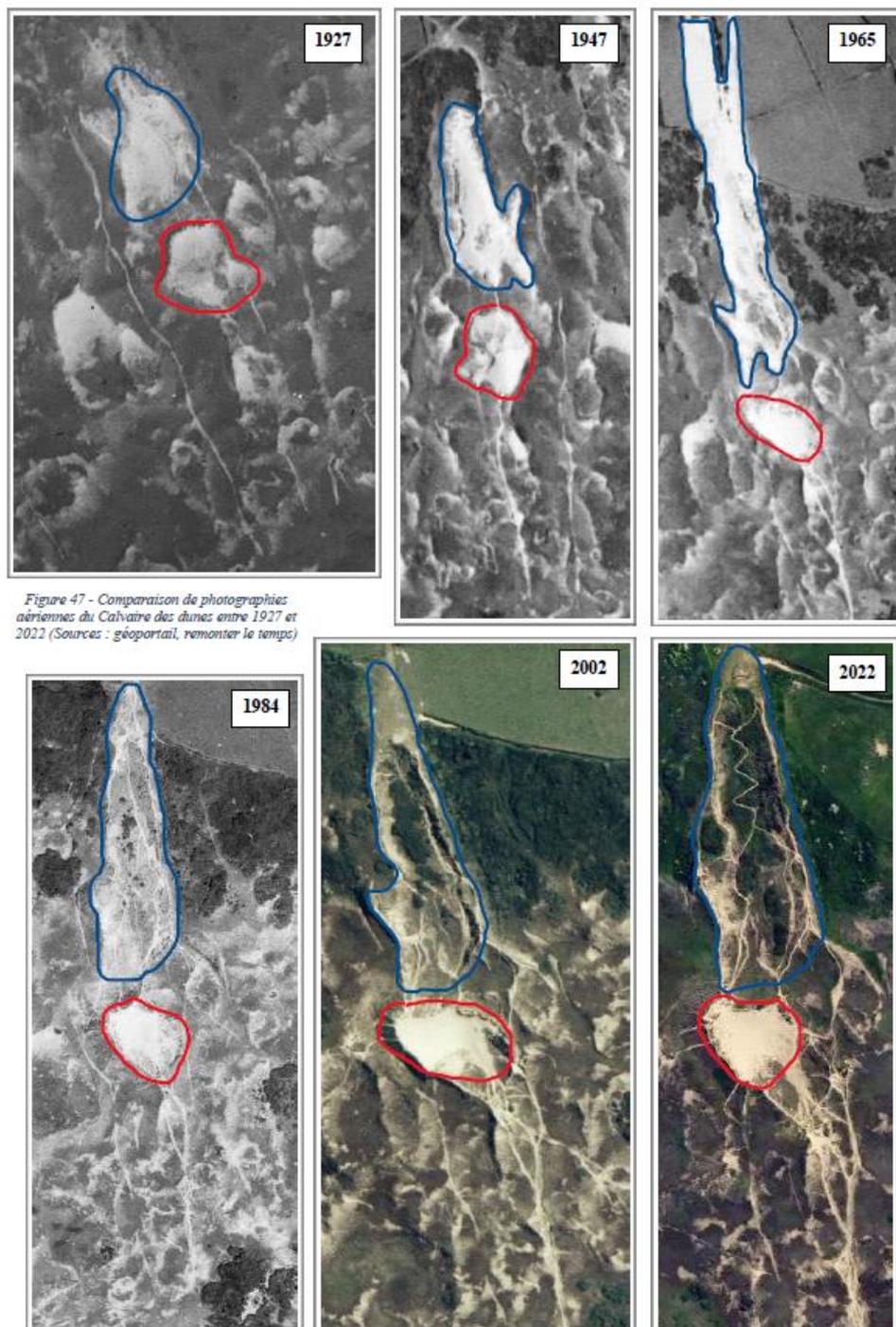


Figure 47 - Comparaison de photographies aériennes du Calvaire des dunes entre 1927 et 2022 (Sources : géoportail, remonter le temps)

Figure 18 : Comparaison de photographies aériennes du calvaire des dunes entre 1927 et 2022 (Source : Fargues, 2022)

Sur le secteur de Vasteville, l'usage militaire du site (acquisition en 1970 par le ministère de la défense) a eu un impact fort sur les formations dunaires. La comparaison de photographies aériennes prises entre 1927 et 2022 (cf. figure 19), mettent particulièrement en évidence l'érosion marquée sur ce secteur, particulièrement visible sur les photos datant de 1973 et 1992, en raison de la présence militaire, des entraînements réguliers, des passages répétés d'engins lourds et de l'utilisation d'armes qui ont modifié sa morphologie. Depuis, la dune se stabilise, les formations végétales ligneuses occupent des surfaces plus importantes au détriment des zones d'érosion.

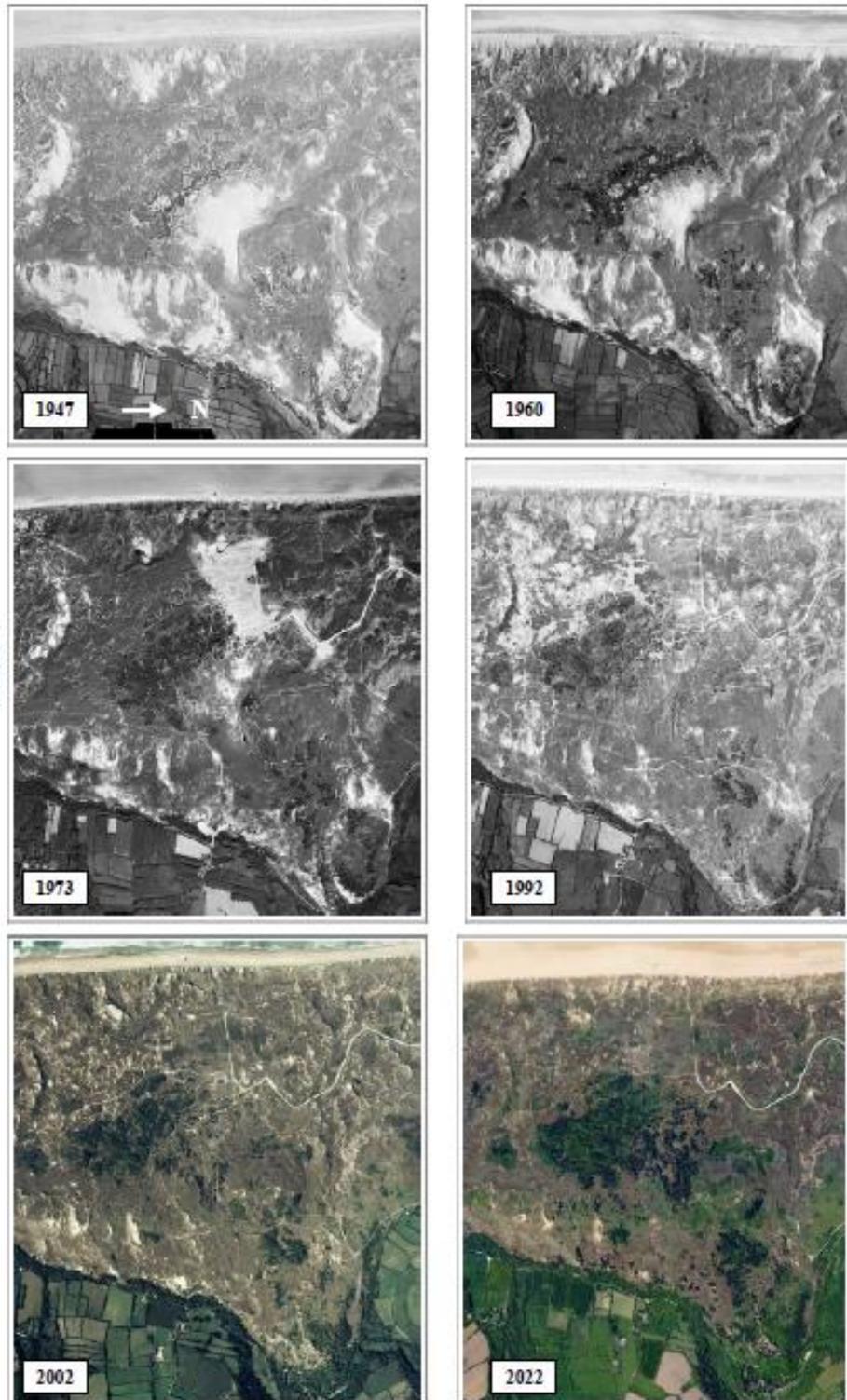


Figure 19 : Comparaison de photographies aériennes sur le secteur de Vasteville entre 1927 et 2022 (Source : Fargues, 2022)

Une étude micro-topographique (cf. figure 20) du couvert végétal a également été réalisée en limite sud de la réserve naturelle et jusqu'aux limites communales de Vauville et de Biville.

Cette analyse met en évidence une relation entre les formes dunaires et le type de couvert végétal. En effet, la carte ci-dessous montre une augmentation des zones de fourrés dunaires au fur et à mesure de l'éloignement du trait de côte. C'est donc surtout sur les zones les plus éloignées du rivage et au niveau des versants abrités des vents dominants que vont se développer les végétations arbustives (fourrés dunaires à ajoncs, pruneliers...). De plus, la présence d'eau favorise le développement de la végétation. C'est pourquoi, la quasi-totalité des dépressions dunaires en libre évolution situées sur le massif est bordée ou recouverte de végétations ligneuses. Sur la figure 20, ce phénomène est représenté sur l'axe nord-sud correspondant au tracé du cours d'eau du Val Thollé.

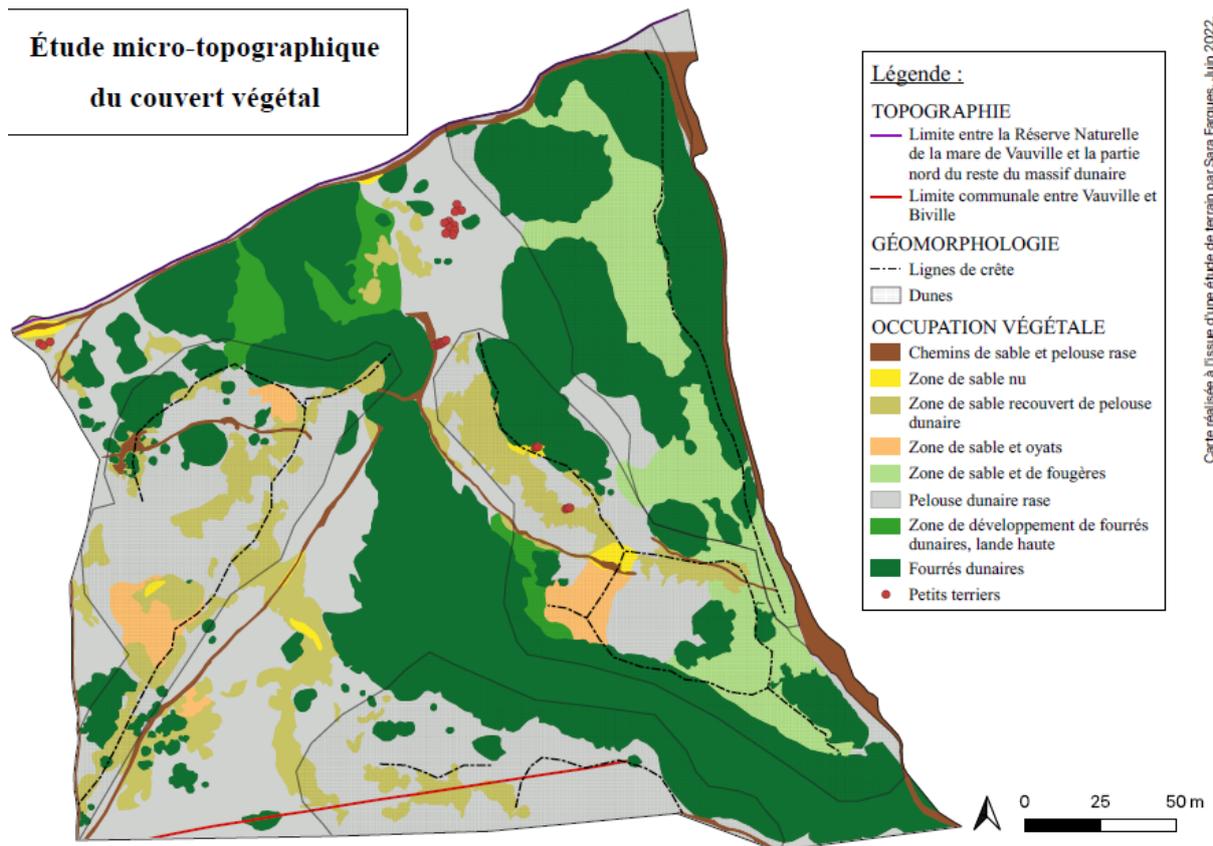


Figure 20 : Analyse micro-topographique du couvert végétal entre la limite sud de la réserve naturelle et la limite communale Vauville-Vasteville (Source : Fargues, 2022)

5. Données capteurs drone

L'ensemble des données issues des capteurs RGB, multispectraux et thermiques fournissent des images ortho-rectifiées (ortho photo) et géoréférencées. Ces images sont projetées selon le système de coordonnées projetées standard « Lambert93 ». Ces données peuvent donc être manipulées sur des logiciels type QGis.

Capteur RGB

L'image issue des données RGB récoltées entre la limite sud de la réserve et la commune de Biville (cf. figure 21) permet de localiser avec précision les dépressions qui étaient en eau en mars 2024. Cette vue met bien en évidence le faible nombre de dépressions humides en limite sud de la réserve naturelle (zone délimitée en rouge) et par conséquent l'absence de connexion entre le réseau de mare situé dans l'enceinte de la réserve naturelle et le réseau de mare situé en amont du calvaire des dunes de Biville.



Figure 21 : Aperçu des données acquises à l'aide du capteur RGB (Source : Houet et Peres, 2024)

Capteur multispectral

L'image issue des données multispectrales (cf. figure 22) permet de distinguer les différentes compositions de végétation : des habitats herbacés à arbustifs (du vert-jaune au jaune-orangé). De plus, les zones figurées en noir correspondent aux zones en eau libre et permettent également de constater la quasi-absence de dépressions humides en limite sud de la réserve naturelle (zone délimitée en rouge).

Biville - 07 mai 2024
Orthophotographie Multispectrale
Drone Trinity F90
Capteur Micasense DualMx RedEdge + Blue (10bandes)
Composition colorée IRC (10-8-2)



Acquisitions : Thomas HOUET
Traitements : Thibaut PERES
Plateforme D2T - LETG Rennes UMR 6554

Figure 22 : Aperçu des données acquises à l'aide du capteur multispectral (Source : Houet et Peres, 2024)

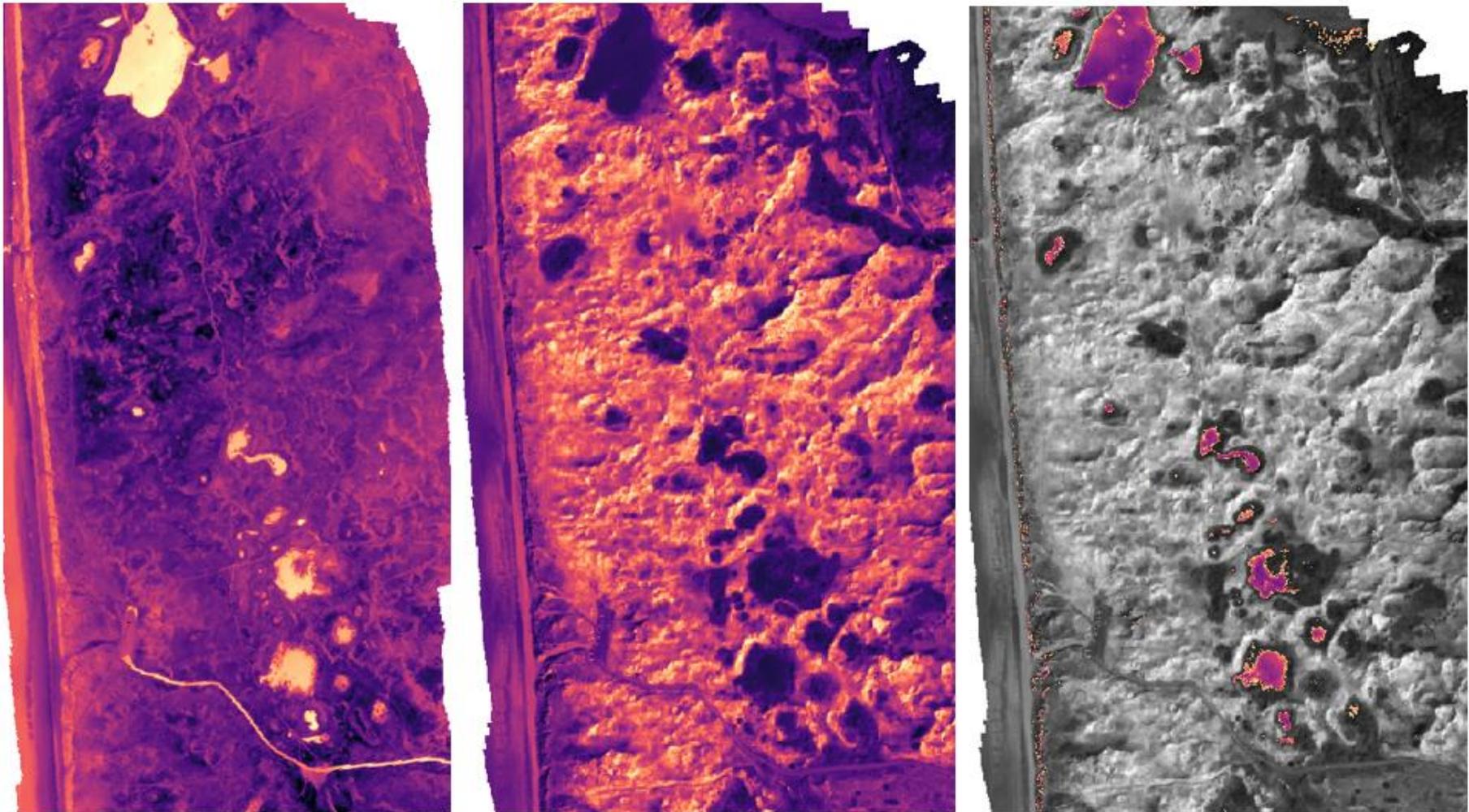


Figure 23 : De gauche à droite , image thermique acquise le 5/05/2024 à 22h, image thermique acquise le 6 mai 2024 à 12h, image représentant le Delta température entre l'image thermique prise à 22h et celle prise à 12h.

Capteur thermique

L'image issue des données thermiques enregistrées de nuit (21h40-22h) (cf. image de gauche, figure 23) met en évidence des zones claires et des zones plus sombres. Les zones claires correspondant aux zones plus chaudes et par conséquent aux zones présentant les plus fortes inerties thermiques ou potentiel d'accumulation de chaleur (eau, bitume). Les différentes nuances observables sur les zones les plus sombres vont dépendre à la fois du type de végétation, mais également de la topographie.

L'image issue des données thermiques récoltées en journée (12h) (cf. image du milieu, figure 23) met également en évidence des zones claires et des zones sombres. Dans ce cas, les zones les plus claires correspondent aux zones les plus chaudes en surface. Au contraire, les zones les plus foncées vont correspondre aux zones « fraîches », c'est-à-dire les zones à l'ombre et/ou présentant une forte inertie thermique, telles que les zones humides.

La comparaison des deux images thermiques (cf. image de droite, figure 23) permet d'identifier les zones présentant les plus faibles écarts de température entre le jour et la nuit. L'eau ayant la plus forte inertie thermique, l'hypothèse émise par les scientifiques de la plateforme D2T repose sur le fait que les zones aux plus faibles écarts, correspondent aux surfaces d'eau libre. Les mares et les zones humides se distinguent donc par les zones figurées en bleu. Dès lors que ces mares sont recouvertes de saules, l'influence de l'inertie thermique est moindre.

V. PERSPECTIVES

L'étude géomorphologique souligne l'érosion du trait de côte, dont le recul est estimé à une dizaine de mètres au cours des cent dernières années, menaçant à terme les milieux humides dunaires les plus proches du littoral et particulièrement la faune et la flore qui confèrent à la réserve naturelle de la mare de Vauville son caractère unique et remarquable.

L'analyse des formes d'érosion montre l'importance des usages anthropiques sur la morphologie actuelle du massif dunaire.

Tout comme observé lors de la mise à jour de la cartographie des végétations de la réserve naturelle en 2023, l'étude diachronique et les comparaisons de photographies aériennes prises au cours du siècle, mettent en évidence une stabilisation du massif dunaire, une fermeture et une banalisation des milieux. Sur la base de ces informations, une réflexion sera engagée afin de redynamiser la dune et pérenniser les milieux dunaires à forte valeur patrimoniale.

Cette étude met également en évidence la présence de deux cordons dunaires mobiles parallèles au trait de côte. En effet, le plus proche de l'estran semble correspondre à la dune blanche bordière. Au contraire, le second ne ressemble pas aux autres modèles dunaires et semble correspondre à plusieurs dunes accumulées, semi-fixées, pouvant dater de la transgression flandrienne (remontée du niveau de la mer d'environ 100 m survenu au Pléistocène, soit entre -20 000 et -10 000 ans). Afin de connaître l'origine exacte de cette succession de cordons dunaires mobiles, de nouvelles investigations pourraient être menées, notamment à travers la datation des dunes et des analyses granulométriques et géochimiques sur les sédiments profonds, afin d'affiner les connaissances sur la chronologie de formation du massif dunaire.

L'analyse du réseau hydrologique à travers la cartographie des mares souligne l'importance des zones humides interdunaires et une répartition inégale des mares. Cela permet d'identifier à la fois un potentiel très intéressant de zones humides interdunaires dans un contexte où la menace qui pèse sur celles les plus proches du trait de côte va grandissante, mais souligne également un fonctionnement complexe. Les mesures géophysiques ont montré la présence de sable saturé en eau douce, particulièrement sur les secteurs de dune fixées, en arrière des cordons de dune blanche.

La compilation sous SIG des données qui concernent les dépressions humides (altitude, profondeur...) et des données récoltées à l'aide des sondages et par drone pourraient apporter des informations supplémentaires quant au fonctionnement hydrologique du massif et aux connexions possibles entre certaines mares dépendantes des mêmes nappes qui est un enjeu pour la politique de conservation des espèces inféodées aux zones humides.

L'ensemble des données obtenues va permettre d'alimenter la réflexion sur les mesures de gestion à mettre en place afin de densifier le réseau de mares en limite sud de la réserve et ainsi assurer la connexion des milieux humides et des espèces qui en dépendent avec les mares situées sur la commune de Biville, particulièrement pressantes au regard des menaces d'intrusion marine.

Enfin, les données obtenues au cours des sondages par drone mettent en évidence un manque de connexion entre les mares de la réserve et les mares de Biville pouvant exercer une influence sur les populations d'amphibiens et notamment en limitant leur capacité à coloniser les sites aquatiques plus au sud du massif dunaire. La densité des points d'eau est un facteur jouant un rôle important sur la répartition des tritons crêtés (Jacob et Denoël, 2007), pouvant expliquer l'absence de cette espèce sur les autres mares du massif dunaires. En effet, à l'exception d'une mare creusée en 2015 sur l'ancien terrain militaire de Vasteville, le triton crêté n'a pas été observé ailleurs que sur la réserve naturelle.

Du fait de sa mobilité réduite, (points d'eau distants de quelques centaines de mètres), le triton crêté est une espèce particulièrement sensible à la fragmentation des habitats. La création de nouveaux sites aquatiques pourrait donc être envisagée afin notamment de permettre aux espèces à faible mobilité de coloniser ces nouveaux espaces et ainsi mieux adapter les mesures de gestion au repli des espèces aquatiques en cas d'intrusion marine au sein de la réserve naturelle.

VI. Références bibliographiques :

Anonyme., 2022 – **Plan d'action 2022 – 2024 pour les aires protégées terrestres en Normandie. Préfet de la région Normandie** – Région Normandie. 78p.

Fargues S., 2022 – **Mémoire de Master 1, Stage recherche : étude géomorphologique du massif dunaire de Biville-Héauville, Manche (50)**. Université Paris Est Créteil – Laboratoire de géographie physique – UMR 8591. 116p.

Houet T et Peres T., 2023 – Proposition de plan de vol - **acquisition de données drones RGB, multispectrales, thermiques et Lidar – Dunes de Biville – 2023**. Plateforme D2T. 8p.

Houet T et Peres T., 2024 – **Acquisition de données drones RGB, multispectrales, thermiques et Lidar – Dunes de Biville – 2024**. Plateforme D2T. 32p.

Jacob JP et Denoël M., 2007 - **Amphibiens et Reptiles de Wallonie – Le triton crêté**. Aves – Raîne et Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois (MRW – DGRNE), Série « Faune - Flore - Habitats » n° 2, Namur. Pages 72 à 85.

Lespez L et Vermoux C., 2021 – **Restitution de la prospection géophysique dans le massif dunaire de Biville-Héauville - 2021** - Laboratoire de géographie physique – UMR 8591. 37 diapos.

Lespez L et Vermoux C., 2022 – **Restitution de l'étude géomorphologique dans le massif dunaire de Biville-Héauville – 2022** - Laboratoire de géographie physique – UMR 8591. 29 diapos.

Travert ML., 2021 – **Bilan d'activités 2021 – Réserve naturelle nationale Mare de Vauville**. Groupe ornithologique normand, 148 p.

Travert ML., 2022 – **Bilan d'activités 2022 – Réserve naturelle nationale Mare de Vauville**. Groupe ornithologique normand, 76 p.

Travert ML., 2023 – **Bilan d'activités 2023 – Réserve naturelle nationale Mare de Vauville**. Groupe ornithologique normand, 90 p.

Travert ML., 2024 – **Évaluation intermédiaire, plan de gestion 2018-2027 – Réserve naturelle nationale Mare de Vauville**. Groupe ornithologique normand, 131p.