



Impact du système de drainage de plage sur l'évolution morphologique d'une plage sableuse mésotidale de fond de baie – exemple de La Baule

Christelle BRETON¹, Arnaud BALLAY¹

1. ECOPLAGE, 243 rue de la Bougrière, 44980 Sainte-Luce-Sur-Loire, France.

christelle.breton@ecoplage.fr; arnaud.ballay@ecoplage.fr

Résumé :

L'importance des interactions entre la hauteur de la nappe dans la zone de swash et l'équilibre érosion/accrétion des plages a largement été démontrée dans la littérature scientifique. La commune de La Baule-Escoublac, confrontée à l'érosion côtière a installé un système de drainage de plage Ecoplage durant l'hiver 2018/2019. Ce système composé de drains enfouis parallèlement au trait de côte dans la zone de swash sur 950 mètres linéaires, vise à favoriser l'accrétion et à limiter l'érosion. Quel est l'impact du drainage sur l'évolution morphologique cette plage sableuse mésotidale de fond de baie ?

L'article suivant présente les résultats intermédiaires du suivi, correspondant à l'analyse des levés topographiques biannuels de 2013 à 2023. Ces résultats sont interprétés à la lumière des conditions météorologiques, océanographiques et du temps de pompage de système de drainage.

Le rabattement de la nappe de plage au niveau des drains induit un assèchement immédiat, perceptible à l'œil nu en moins de 10 minutes, jusqu'à 30m au-delà de l'extrémité des drains. Un second effet visuel confirmé par l'étude des profils est une rupture de pente moins prononcée dans la zone drainée comparé aux zones non drainées. L'étude met également en évidence l'impact direct du pompage et de son efficacité sur l'évolution de la plage. La panne d'une des 3 pompes au printemps 2020 a entraîné une insuffisance de pompage, réduisant l'efficacité du système. En effet en 2020, la zone drainée observe un gain de 6906m³. Tandis qu'au printemps 2021, le fonctionnement optimal lors du printemps a permis un gain de 13 500m³. Depuis le printemps 2021, aucun reprofilage mécanique (nivellement, rechargement) n'a été réalisé dans la zone drainée contrairement aux autres zones témoins et aux années précédentes.

En conclusion, les résultats des premières années de fonctionnement du système de pompage montrent des effets visibles (assèchement, rupture de pente plus douce) directement liés à l'efficacité du drainage.

Mots-clés : Ecoplage[®], Système de drainage, Drainage de plage, Erosion, Plage, La Baule-Escoublac, Rabattement de nappe de plage.

Thème 6 – Risques côtiers

1. Présentation du site et du projet

1.1 Plage de La Baule-Escoublac

Sur le littoral Atlantique Français, la baie du Pouliguen, où se niche la plage de La Baule-Escoublac, constituait historiquement le bras est d'un tombolo reliant le continent à une ancienne île rocheuse (SELLIER, 2007). Aujourd'hui, cette baie s'étend sur 9,3 kilomètres, avec des limites définies par la pointe de Penchâteau à l'ouest et la pointe du Bec ainsi que le port de Pornichet à l'est. La morphologie de la plage se caractérise par un estran sableux protégé en haut de plage par un perré, derrière lequel s'étend une zone urbanisée densément peuplée (MAZEIRAUD *et al.*, 2012).

La Baie est soumise à un rythme de marée semi-diurne avec un marnage de 2,25m en morte-eau et de 4,65m lors de vive eau, avec un niveau moyen à 0,15m NGF (SHOM, 2023). Les courants de marée proviennent du sud-ouest lors du flot, et se divisent en deux branches : l'une en direction du port du Pouliguen, l'autre en direction du port de Pornichet. La plage de La Baule est également influencée par les houles dominantes du sud-ouest et les vents principaux de l'ouest, avec une nette prédominance des vents d'Ouest-sud-Ouest (MAZEIRAUD *et al.*, 2012).

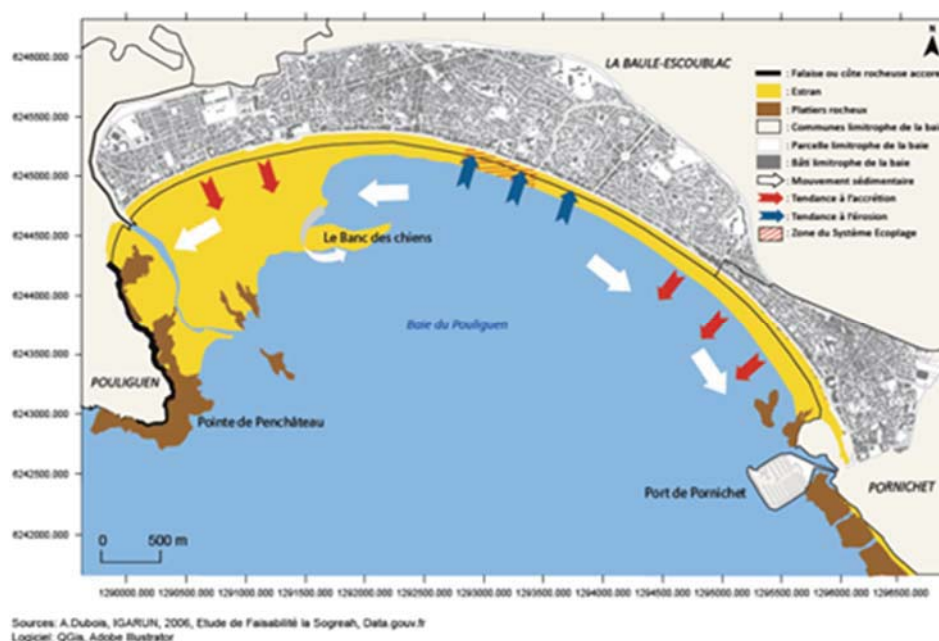


Figure 1. Caractéristiques géomorphologiques de la Baie du Pouliguen et de ses transferts sédimentaires (CHOTARD, 2019, ECOPLAGE).

La baie du Pouliguen est considérée comme une cellule sédimentaire quasiment close. Les îlots de l'entrée de la baie constituent un obstacle à l'apport sédimentaire venant du large vers la côte et les pointes rocheuses de part et d'autre de la baie bloquent les apports par dérive littorale.

Malgré une urbanisation des anciennes dunes à la fin du XIX^e siècle, supprimant les échanges sédimentaires plage/dune, des échanges transversaux sont observés. Lors de période de beau temps, le haut de plage tend à s'engraisser au dépend du bas de plage, et inversement lors de mauvais-temps. Le démaigrissement du haut de plage favorise les attaques de la mer contre le perré ce qui entraîne une érosion intense au pied de ce dernier. En plus de ces échanges transversaux, un transit longitudinal entraîne 10 à 20 000m³ de sédiments du centre de la baie vers ses extrémités (MAZEIRAUD *et al.*, 2012). Ces mouvements sont schématisés dans la Figure 1.

1.2 Origine et objectifs du projet

Afin de lutter contre cette érosion sur la plage de La Baule-Escoublac, des rechargements ont été mis en place depuis les années 80, avec un déplacement d'environ 15 000m³ de sable par an, du port de Pornichet vers le centre de la Baie. Le volume est adapté chaque printemps en fonction de l'évolution de la plage durant l'hiver. En complément, un rechargement de 215 000m³ a été réalisé lors de l'hiver 2003/2004. Malgré ces mesures, l'ensemble de la baie a perdu 80 000m³ entre 2000 et 2009, dont 55 000m³ sur la plage centrale de La Baule-Escoublac.

Compte tenu de cette érosion, et après des études de faisabilité et de conception, la commune de La Baule-Escoublac a souhaité s'équiper d'un système de drainage de plage. L'objectif principal était de réduire de 60% l'érosion d'1km de plage, entre l'avenue du Pilier et l'Avenue Lajarrige (BALLAY & BRETON, 2019). La commune a instauré un suivi topographique de la plage pour suivre l'évolution du site et estimer l'efficacité du système.

L'objectif complémentaire était de récupérer grâce au drainage 100m³/h d'eau de mer filtrée pour alimenter les bassins et la pompe à chaleur du centre aquatique AQUABAULE. Installé lors de l'hiver 2018/2019, le système de drainage a été mis en fonction en avril 2019.

2. Le projet

2.1 Le système de drainage : Ecoplage[®]

Le système de drainage Ecoplage[®], fondé sur une compréhension approfondie des interactions entre la nappe de plage et la zone de swash, vise à maintenir un équilibre entre les mouvements sédimentaires.

De nombreuses études ont établi que le niveau de la nappe de plage exerce une influence significative sur les processus d'érosion et d'accrétion (HORN, 2002). Lorsque la nappe est élevée par rapport au niveau de la mer, l'érosion est favorisée. En effet, la saturation en eau de la plage entraîne une augmentation de l'exfiltration de la nappe sur la plage, empêche l'infiltration du jet de rive et le dépôt des sédiments en suspension (FATTAL &

Thème 6 – Risques côtiers

WALKER, 2008). De plus, l'énergie des vagues est transmise à l'aquifère par des ondes de pression, contribuant ainsi à l'érosion côtière (DREZIGUE *et al.*, 2010).

A l'inverse, une nappe de plage inférieure au niveau de la mer augmente l'infiltration de l'eau, ne permet pas la propagation des ondes de pression et rend favorable le dépôt de sédiments sur la côte (TURNER & LEATHERMAN, 1997).

La hauteur de la nappe influe également sur le transport éolien des sédiments. En effet, lorsque la nappe est haute, le sable humide ne permet pas le transport éolien. Lorsque la nappe est basse, le sable s'assèche et permet le transport éolien, notamment vers les dunes pour leur reconstitution (GALIFORNI SILVA *et al.*, 2018).

En rabattant la nappe de la plage au moyen de drains gravitaires enfouis sous la plage, le drainage de plage fait partie des méthodes « douces » de lutte contre l'érosion (VESTERBY, 1995). En opposition aux méthodes « dures » visant à fixer le trait de côte par la construction d'ouvrages (digues, enrochements, épis...), les méthodes « douces » basées sur la résilience côtière privilégient des solutions basées sur la gestion des processus côtiers et intègrent par leurs principes la dynamique naturelle du trait de côte (recharge sédimentaire, gestion souple des dunes, récifs artificiels, ouvrages en géotextile, les pieux hydrauliques, rétablissement du transit littoral ...) (MICHARD B., 2023).

Le rabattement de nappe par drainage de plage entraîne 4 phénomènes :

- La plage est désaturée sur une épaisseur suffisante pour favoriser les processus d'infiltration dans la zone de swash, et donc favoriser le dépôt de sédiments en suspension dans l'eau. Dans le même temps, la désaturation permet d'absorber une partie de l'énergie des vagues et par conséquent d'atténuer les effets érosifs du reflux.
- Réduire la capacité d'entraînement des sédiments par écoulement de la nappe
- Une réorganisation des grains de sable, augmentant la compacité de ce dernier
- Un assèchement de la surface de la nappe favorisant le transport éolien

Ainsi, l'accrétion est favorisée au dépend de l'érosion (JOHN & DUCAN, 1964) (WADDELL, 1976). (FATTAL & PACAUD, 2005).

Depuis 1990, plus de trente plages à travers le monde ont été équipées de systèmes de drainage, notamment au Danemark, aux États-Unis, au Royaume-Uni, au Japon, en Suède, en France, en Italie, en Malaisie et aux Émirats Arabes Unis. En France, la société ECOPLAGE détentrice du brevet depuis 1996 (Figure 2), a implanté un système de drainage éponyme sur 8 plages pour lutter contre l'érosion, notamment aux Sables d'Olonne (85) en 1999, à Villers-sur-Mer (14) en 2002, et à Saint-Raphaël et Sainte-Maxime (83) en 2003 et 2004, à Quend-Plage (80) en 2008, à Sète (34) en 2012 ou encore à Merlimont (80) en 2014. Plus récemment, un système Ecoplage® a vu le jour sur la plage de La Baule-Escoublac(44) lors de l'hiver 2018/2019. Dans le cas des systèmes de drainage installé par la société ECOPLAGE, l'eau présente dans les drains installés parallèlement au trait de côte, s'écoule gravitairement jusqu'à une station où des pompes se déclenchent en fonction du niveau d'eau.

Le niveau d'eau dans ce puits doit être inférieur au fil d'eau des drains pour permettre l'écoulement dans ces derniers et donc le rabattement de la nappe. L'eau est ensuite soit rejetée en mer, soit utilisée pour diverses applications (thalassothérapie, thalassothérapie, dessalement...).

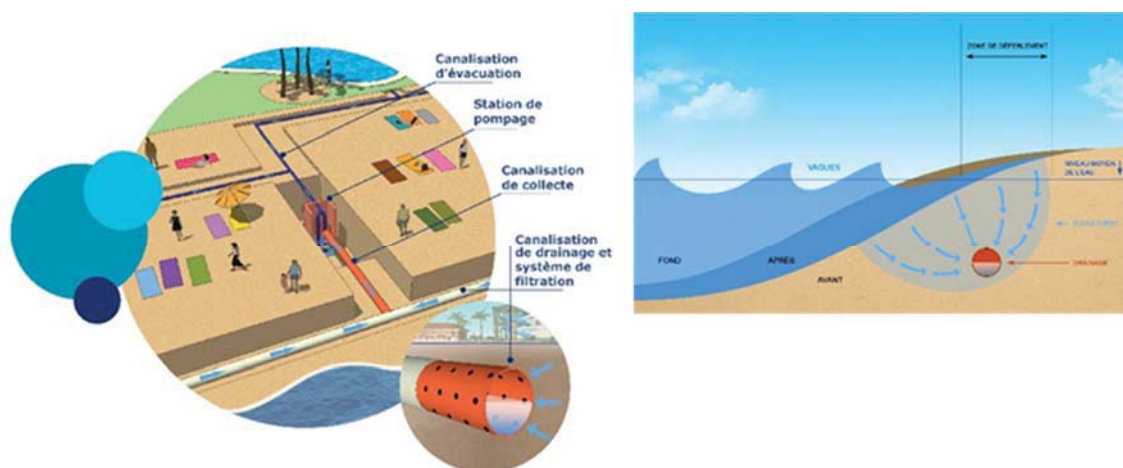


Figure 2. Schémas de principe d'un système Ecoplage®.

Avant la mise en place d'un tel dispositif, Hormis les diagnostics hydro-sédimentaires initiaux permettant de définir les causes de l'érosion, une étude de faisabilité doit être réalisée afin de vérifier l'adaptabilité du système au site. Cette étude implique une analyse approfondie de l'érosion du site ainsi que des investigations géotechniques (sondages, forages) et hydrogéologiques. Un système de drainage Ecoplage® requiert une plage de sable présentant des variations saisonnières significatives et une tendance à l'érosion sur le long terme, avec une granulométrie entre 0,06 et 2mm. Pour garantir l'efficacité du rabattement de nappe et la protection adéquate des drains en cas d'abaissement du niveau de la plage, celle-ci doit avoir une épaisseur de sable minimale de 1,5m. La réalisation des travaux nécessite un accès à marée basse ou une plage sèche d'au moins 15m, surtout dans les régions à faible marnage comme en Méditerranée.

Une étude de conception approfondie, incluant des investigations supplémentaires sur site, est ensuite menée pour dimensionner le système en fonction des paramètres hydrogéologiques de la plage, garantissant ainsi son bon fonctionnement et prévenant tout risque de colmatage.

Il est recommandé de poursuivre un suivi morphologique régulier de la plage après l'installation d'un système de drainage.

Pour la plage de La Baule, le système est présent sur une longueur de 950m, entre l'avenue du Pilier et l'avenue Saint Saëns. Comme l'illustre la Figure 3, il est constitué de deux ensembles de 6 canalisations drainantes, déployés sur 450m environ de part et d'autre de l'avenue Victor Hugo (BALLAY & BRETON, 2019). Au droit de cette avenue, sur la plage, se trouve un ouvrage de collecte dans lequel les lignes de drains

Thème 6 – Risques côtiers

viennent se déverser. De cet ouvrage de collecte, l'eau s'écoule jusqu'à une station de pompage située en haut de plage. La station de pompage est constituée de 3 pompes submersibles, chacune conçue pour un débit maximum de 330m³/h. Ce poste de pompage permet le transfert des eaux collectées par les drains vers un ouvrage de diffusion situé à 98m de la station de pompage vers la mer.

Les drains ont été implantés à la côte -0,60m NGF (FE), soit environ 2m sous la surface de la plage, au niveau de la rupture de pente, soit entre 45 et 65m du perré.

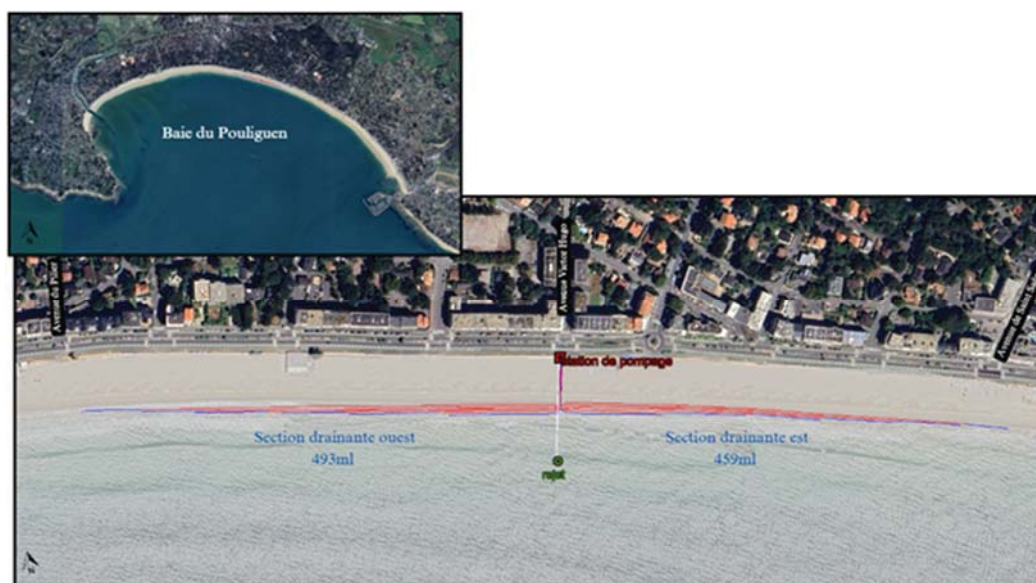


Figure 3. Localisation du système de drainage Ecoplage® sur la plage de La Baule-Escoublac.

2.3 Méthodologie de suivi

Pour déterminer objectivement l'impact du système de drainage Ecoplage® sur l'érosion de la plage de La Baule-Escoublac, la commune a mandaté un géomètre expert pour réaliser des levés topographiques. Des profils sont réalisés tous les 50m. Alors que les levés de février/mars et octobre/novembre, couvrent la totalité de la plage de La Baule, les levés de janvier et juin, sont concentrés sur la zone drainée. Certains levés supplémentaires ont pu être effectués avant et/ou après des tempêtes exceptionnelles.

En parallèle, les levés réalisés depuis 2014 ont été récupérés auprès de la collectivité.

Afin de pouvoir comparer l'évolution de la plage en zone drainée et non drainée, trois zones d'étude différentes, ont été créées. L'une représentant les 1000m de la zone drainée. Les deux autres, d'une longueur de 1000m également sont situées de part et d'autre du système de drainage (Figure 3).

Afin d'illustrer l'évolution de la plage, des profils, présentés dans la Figure 4, ont été extraits : 1 à l'extrémité ouest de la zone d'étude (P1), 3 dans la zone Ecoplage (un à

chaque extrémité du système de drainage et un au centre de ce dernier) (P2,P3 et P4) et 1 à l'extrémité est de la zone d'étude (P5).

Une zone plus centrée sur les drains et le haut de plage a été déterminée par la commune comme zone de mesure contractuelle de l'évolution de l'érosion de la zone, nous l'appellerons ici : zone de référence.

Le levé topographique considéré comme l'état initial après la mise en place du système Ecoplage[®] est celui réalisé en février 2019. Le système de drainage était en place mais pas encore en fonctionnement.



Figure 4. Localisation des zones d'études (Gauche), de la zone de référence et des profils (Droite). Le système de drainage est matérialisé par une ligne rouge pointillée.

Pour permettre une analyse éclairée des données topographiques, les données météorologiques et océanographique de chaque mois ont été prises en considération. Le fonctionnement du poste de pompage a été analysé et pris en compte dans l'interprétation des levés topographiques. Les données de temps de pompage de chacune des pompes, ainsi que les données de hauteur d'eau dans le poste de pompage sont récupérées et analysées. Pour compléter ces données, une sonde piézométrique a été installée dans la zone drainée, proche du centre du réseau de drains. Cette sonde permet de mesurer la hauteur de la nappe dans la zone drainée.

Depuis 2015, des photographies sont réalisées à chaque passage sur site. Ces photographies permettent de se rendre compte de l'évolution de la plage au fil des années.

3. Résultats

3.1 Evolution hivernale depuis septembre 2013

De septembre 2013 à mars 2018, avant l'installation du procédé Ecoplage[®], la zone drainée perdait en moyenne 12 455m³ par hiver. La première année après l'installation du système de drainage, la perte fut similaire (11 264m³). Mais depuis l'hiver 2020/2021, la plage tend à s'engraisser l'hiver, avec un gain de 1 318m³ lors de l'hiver 2021/2022 et de 5 732m³ lors de l'hiver 2022/2023. Comme le montre le graphique de la Figure 5, les zones est et ouest continuent de perdre des sédiments.

Thème 6 – Risques côtiers

Depuis le nivellement printanier de 2021, et contrairement au reste de la plage et aux années précédentes, aucun mouvement de sable (reprofilage/rechargement) n'est réalisé sur la zone drainée.

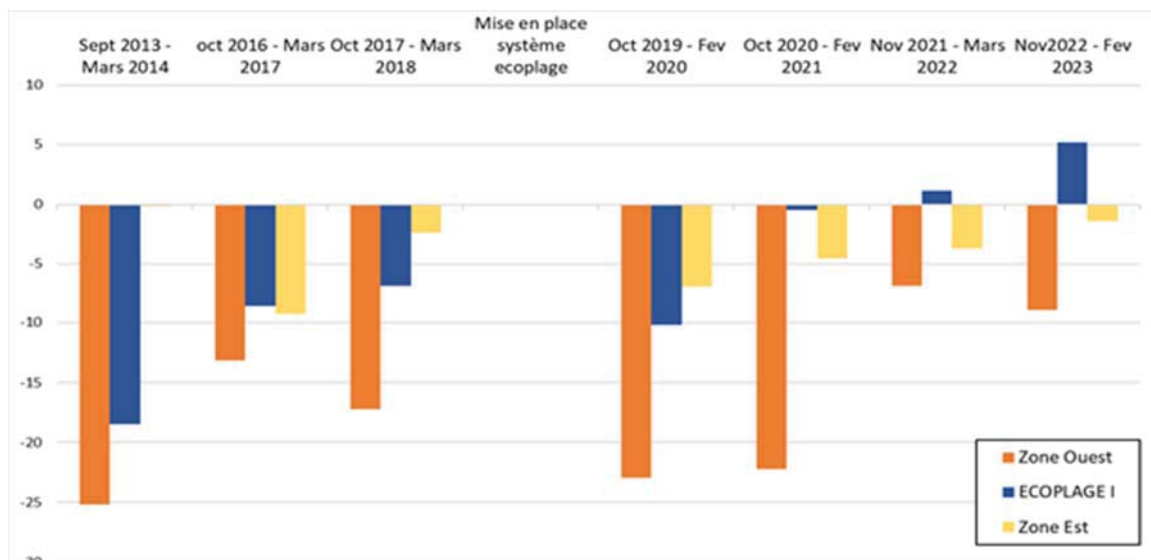


Figure 5. Variation des volumes par mètre linéaire chaque hiver.

3.2 Fonctionnement du poste de pompage et rabattement de nappe

Lors du fonctionnement optimal du poste de pompage, le niveau d'eau dans le poste est maintenu à un niveau moyen sous le niveau du fil d'eau des drains, afin de permettre l'écoulement et le rabattement de la nappe. Le déclenchement des pompes après un arrêt du pompage entraîne un rabattement instantané de 10cm. Le rabattement de la nappe à moyen puis long terme oscille entre 25 et 60cm. Il apparaît que 2 pompes ne suffisent pas à maintenir ce niveau constant lors des phases de marée haute. Cela explique la proportion importante du poste à fonctionner avec 3 pompes en même temps (40% du temps). Depuis sa mise en route, plusieurs pannes ont affecté le poste de pompage. Seules les pannes supérieures à 10 jours sont considérées impactantes. Un dysfonctionnement partiel du pompage entraîne un niveau d'eau trop élevé dans le poste, comme l'illustre la Figure 6, et donc réduit l'efficacité du drainage.

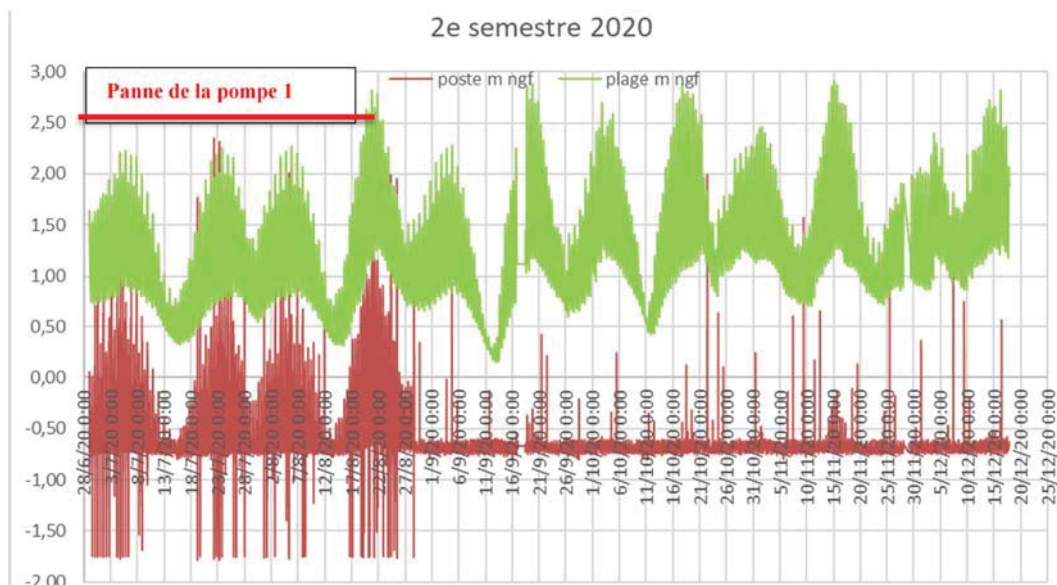


Figure 6. Niveaux d'eau en m NGF dans le poste (rouge) et dans la nappe (vert) - mise en valeur du défaut de la pompe 1 du 19/04 au 27/08/2020.

3.3 Effet visuel du rabattement de la nappe

Depuis la mise en fonction du système de drainage Ecoplage[®] sur la plage de La Baule-Escoublac, l'effet le plus marquant, car visible à l'œil nu et sur la Figure 7, est l'assèchement de l'estran. Avant la mise en place du drainage, et sur les portions non équipées, la nappe s'écoule à partir du milieu de plage et forme un miroir d'eau sur l'estran. Après la mise en route des pompes, permettant de rabattre la nappe, l'assèchement commence à être visible en 10 minutes. Environ 1h après la mise en route du système, l'assèchement est total sur la zone drainée, comparé aux zones témoins de part et d'autre. A marée basse, l'assèchement a été mesuré jusqu'à 30m de part et d'autre des extrémités des drains, délimitant ainsi sa zone d'influence. L'assèchement est plus net sur la moitié est (côté Pornichet) que la moitié ouest (côté Pouliguen).

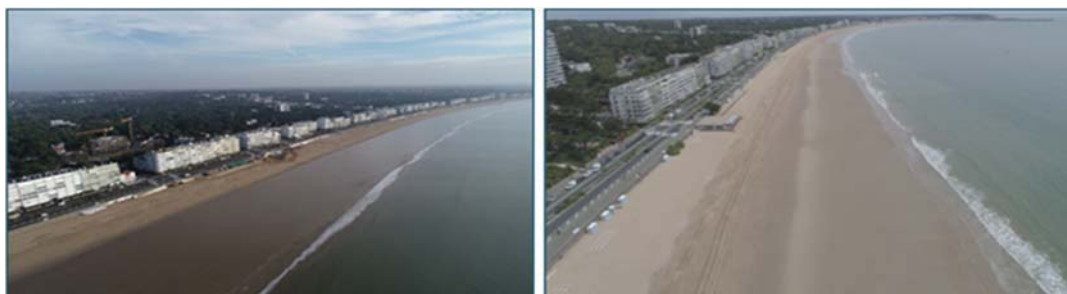


Figure 7. Photo de la zone d'étude avant la mise en place du drainage (à gauche - décembre 2018) et après sa mise en fonction (à droite - mai 2019).

Thème 6 – Risques côtiers

3.4 Effet sur le profil de la plage

Un second effet, appréciable à l'œil nu et confirmé par l'étude des profils topographiques est la rupture de pente moins prononcée sur la zone drainée que sur les zones témoins. Comme le montre la Figure 8, depuis la mise en route du système de drainage (jusqu'en mars 2022), en fin d'hiver, la rupture de pente de P1 (non drainé) est en moyenne 10° plus prononcée que la rupture de pente de P2 (drainé). A l'est la différence est moins marquée avec une rupture de pente 3° plus prononcée pour P5 (non drainé) que pour P4 (drainé).

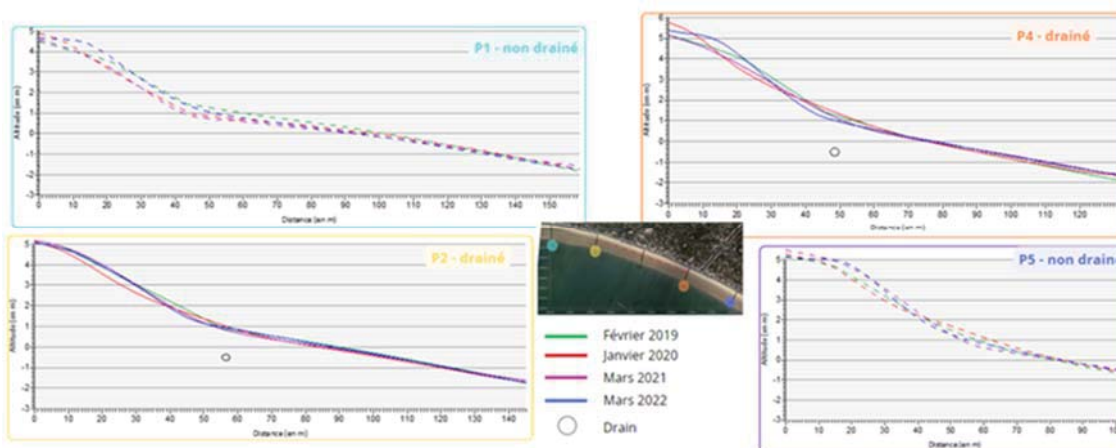


Figure 8. Comparaison des profils des zones drainées et non drainées, en fin d'hiver, de 2019 à 2022.

3.5 Corrélation fonctionnement du drainage / évolution de la zone de référence

L'évolution de la zone de référence, visible dans le graphique de la Figure 9, met en avant la périodicité naturelle de l'évolution de la plage avec des pertes de sédiments en automne/hiver et un gain printemps/été. Cette évolution est évidemment corrélée aux conditions météo, mais on observe que l'efficacité du système a un impact direct sur ces variations. En effet lorsque le système fonctionne de manière optimale comme au printemps 2021 (+13 500m³) ou au printemps 2022 (+22 203m³), le gain de sédiments est conséquent. A contrario, lorsqu'une des pompes est en panne, son impact sur la plage est immédiatement réduit, et la récupération de sédiments diminuée, comme lors de l'été 2020 (+6906m³). Bien que la perte de sédiments hivernale soit du même ordre de grandeur que le gain de l'été précédent, le volume de la plage depuis janvier 2020, ne cesse d'augmenter en fin d'hiver. En février 2023, pour la première fois depuis la mise en place du système, le volume de sable de la zone drainée dépasse celui de février 2019 (+4141m³). Cette observation est intéressante car le levé de février 2019 a eu lieu après un hiver clément avec une seule tempête (janvier 2019). Cette météo et la réalisation des travaux ayant entraîné un nivellement de la zone drainée, font considérer le levé de février

2019 comme un niveau haut de la plage tandis que le levé de février 2024 fait suite à un hiver avec 5 tempêtes.

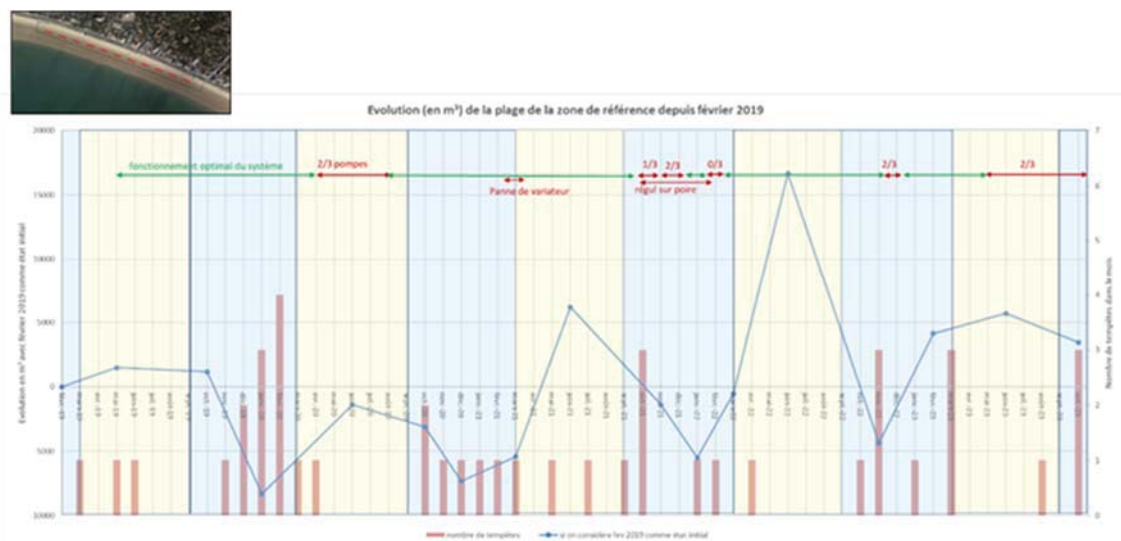


Figure 9. Courbe d'évolution de la zone de référence en m³ avec février 2019 comme état initial. Les histogrammes rosés indiquent le nombre de tempête par mois.

3.6 Analyse du coût d'un système de drainage Ecoplage[®]

Afin d'approfondir ce raisonnement, un comparatif de coût entre un rechargement comme celui réalisé en 2004 (215 000m³/3,380km) sur la plage de La Baule-Escoublac et la mise en place du système de drainage Ecoplage[®] sur 950m de cette même plage en 2019 a été réalisé. Les montants liés aux travaux de rechargement ont été actualisés en fonction de l'inflation à l'année 2019.

Il convient de noter que les coûts des études préalables à la mise en place du système ou au rechargement ne sont pas incluses dans ces calculs. Les coûts considérés sont ceux des travaux, de l'entretien annuel pour les deux méthodes et le coût de l'énergie pour l'alimentation des pompes du système Ecoplage[®]. Selon LEONARD *et al.*, (1990), seulement 12 % des rechargements ont une durée de vie de plus de 5 ans, ce qui implique la nécessité de renouveler l'opération de rechargement tous les 5 ans. Ainsi, le comparatif des deux méthodes est effectué sur une période de 5 ans.

Tableau 1. Comparaison des coûts par mètre linéaire de plage, du rechargement effectué en 2004 et du système de drainage Ecoplage[®] installé en 2019, coûts compensés de l'inflation.

Poste de dépense	Rechargement	Système Ecoplage
Travaux	1733€/ml	1411€/ml
Entretien /an	44,38€/ml	17,26€/ml
Energie /an	0	59,75€/ml
TOTAL sur 5 ans	1955€/ml	1796€/ml

Thème 6 – Risques côtiers

Le Tableau 1 présente les coûts des travaux, de l'entretien et de l'énergie par mètre linéaire de plage protégée sur 5 années. Il révèle une différence de coût entre ces deux techniques douces, démontrant que le système Ecoplage est une solution plus économique. Il convient de souligner que pour le système de La Baule, le coût de l'énergie indiqué est en réalité amorti et absorbé par l'utilisation de l'eau de mer du système pour alimenter une pompe à chaleur de 400 KW destinée au centre aquatique Aquabaule, entraînant ainsi des économies énergétiques considérables par rapport au chauffage gaz initialement prévu. Grâce à cela, la consommation totale d'énergie (Ecoplage+PAC) est plus de la moitié inférieure (1,159MWh) à ce que consommerait une chaudière gaz (3,505MWh). L'impact sur les émissions de GES est notable.

Il est crucial de noter que tandis que le rechargement est une solution temporaire nécessitant des interventions répétées, le système de drainage conserve son efficacité continue tant que le pompage est maintenu en activité. En outre, les coûts de rechargement ici indiqués ne tiennent pas compte de l'éventuelle indisponibilité ou difficulté d'accès de la ressource en sable pouvant jouer aussi sur le montant final de l'opération.

4. Conclusion

Depuis la mise en place du système de drainage Ecoplage[®], l'estran continue d'évoluer avec des transferts sédimentaires latéraux et longitudinaux. Le système de drainage ne bloquant pas le transit sédimentaire, ces échanges saisonniers et dépendants des conditions océanographiques et météorologiques étaient attendus. Cependant la zone drainée passe d'une moyenne de -574m^3 par an entre mars 2014 et février 2019 à une moyenne de $+719\text{m}^3$ depuis la mise en place du drainage. L'objectif des -60% d'érosion est atteint. Un signal concordant avec les premiers résultats encourageant de réduction de l'érosion est que depuis le printemps 2021 inclus, il n'a pas été nécessaire de procéder à un reprofilage (nivellement, rechargement) sur la zone drainée, contrairement aux années précédentes et aux zones voisines.

L'effet du pompage est mesurable avec un rabattement immédiat de 10cm, puis de 25 à 60cm à moyen et long terme. Ce rabattement est visible à l'œil nu avec un assèchement de l'estran en moins de 10minutes et jusqu'à 30m de part et d'autre des drains.

Bien qu'encourageants, les résultats des premières années de fonctionnement du système de pompage ont été minimisés par des dysfonctionnement du pompage. En effet, la panne d'une des pompes entraîne une insuffisance de pompage avec un impact immédiat sur le rabattement de la nappe dans la plage. Par conséquent, l'effet du drainage dans la lutte contre l'érosion est considérablement réduit sur ces périodes de dysfonctionnement. C'est concordant avec d'autres études où l'efficacité du système ou parfois son arrêt ont mis en évidence l'effet du drainage sur une plage (CHOTARD, 2019 ; BALLAY & BRETON 2020). Ces premiers résultats demandent à être confirmés par un suivi prolongé, afin de pouvoir comparer les 5 années avant la mise en place du système de drainage avec 5 années après son installation. De plus fonctionnement optimal du pompage sur les 2

années à venir permettrait de mieux mesurer l'impact du drainage sur l'évolution de la plage de La Baule-Escoublac.

5. Références bibliographiques

- BALLAY A., BRETON C. (2019). *Dossier des ouvrages exécutés – Notice d'exploitation du poste ECOPLAGE*, Société ECOPLAGE, 13p.
- BALLAY A., BRETON C. (2020). *Première combinaison de système de drainage de plage Ecoplage® et de rechargement sableux à Jumeirah, Dubai, UAE*. 551-562. doi:10.5150/JNGCGC.2020.062
- CHOTARD M. (2019). *Diagnostic de l'état actuel de deux plages équipées d'un système Ecoplage : Les Sables d'Olonne et La Baule*. Mémoire de stage de Master 2. Université de Nantes. 110p.
- DREZIGUE O., SOUS D., LAMBERT A. (2010). *Réponse de la nappe d'eau sous forçage infra-gravitaire sur la plage du Truc Vert*, XI^{ème} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Les Sables d'Olonne, 22-25 juin 2010, pp. 203-210, doi: 10.5150/jngcgc.2010.025-D
- FATTAL P., WALKER P. (2008). *Le drainage de plage : une méthode douce de stabilisation d'un littoral meuble – Etude de cas aux Sables d'Olonne (Vendée)*.
- FATTAL P., PACAUD S. (2005). *Rapport de synthèse du procédé Ecoplage sur la plage des Sables d'Olonne*. Ville des Sables d'Olonne, 20 p.
- GALIFORNI SILVA F., WIJNBERG K., DE GROOT A., HULSCHER S. (2018). *The influence of groundwater depth on coastal dune development at sand flats close to inlets*. Ocean Dynamics, 68, 1-13. doi: 10.1007/s10236-018-1162-8
- HORN D. (2002). Beach groundwater dynamics. *Geomorphology*, 48, pp 121-146, doi: 10.1016/S0169-555X(02)00178-2
- JOHN J., DUCAN JR. (1964). *Effect of water table and cycle on swash-backwash sediment distribution and beach profile development*. Marine Geology, 2, pp 186-197. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(64\)90039-8](https://doi.org/10.1016/0025-3227(64)90039-8)
- LEONARD L., CLAYTON T., PILKEY O. (1990) *Effects of hard stabilization on dry beach width for New Jersey*. Journal of Coastal Research, v.7, n°3, Fort Lauderdale, Florida, pp. 771-785.
- MAZEIRAUD V., PALLUT V., LEDOUX S. (2012). *Etude relative à la gestion du trait de côte de la Région des Pays de la Loire*. Fascicule USII : de la pointe du Castelli à la pointe du Chemoulin. Société SOGREAH, pp 57-66.
- MICHARD B. (2023). *Méthodes souples. Retour d'expériences pour le littoral – Etude et rapport*. CEREMA, 145p.
- SELLIER D. (2007). *Relief et patrimoine géomorphologique du Pays de Guérande*. Les Cahiers du Pays de Guérande. 39-61.
- SHOM (2023). *Annuaire des marées. Ports de France Métropolitaine*, Tome 1, 169p.

Thème 6 – Risques côtiers

TURNER I.L., LEATHERMAN S.P. (1997). *Beach dewatering as soft engineering solution to coastal erosion: a history and critical review*. Journal of coastal research, 13 (4), pp. 1050-1063. <https://www.jstor.org/stable/4298714>

VESTERBY H. (1995). *Beach face dewatering – The eco-friendly approach to coastal restoration*. COPEDEC IV, September 1995, Rio de Janeiro, Brazil, 14p.

WADDELL E. (1976). *Swash – Groundwater – Beach profile interaction*. In R.L. Davis & R.L. Ethington Beach and Nearshore Sedimentation, Soc Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Publ., pp 115-125