



Elaboration d'un Plan de Gestion des Sédiments sur les communes de Capbreton, Labenne et Soorts-Hossegor

Youenn JAN ¹, Floriane BOGUN ¹, Cédric OLÇOMENDY ¹

1. CASAGEC EGIS GROUP, 18 rue Maryse Bastié, Zone de Maignon, 64600 Anglet, France.

contact@casagec.fr

Résumé :

Le littoral landais, et notamment les communes de Soorts-Hossegor, Capbreton et Labenne, est soumis à des phénomènes d'érosion plus ou moins forts, entraînant un recul progressif de son trait de côte, un abaissement des plages du front de mer et une érosion de la dune. Les taux d'érosion sont particulièrement importants sur le littoral Sud de la commune de Capbreton qui, pour remédier à cela, réalise à chaque printemps depuis 2008, des transferts hydrauliques de sable par by-pass depuis la plage Notre Dame vers les plages Sud. Afin de gérer ce littoral de manière durable, ces transferts de sable ont été intégrés au sein de la Stratégie Littorale de Gestion de la Bande Côtière de Capbreton.

L'objectif aujourd'hui pour les communes de Soorts-Hossegor, Capbreton et Labenne est de rationaliser et optimiser les transferts de sables au travers la définition d'un Plan de Gestion des Sédiments (PGS). Pour ce faire, l'ensemble des données topobathymétriques acquises sur ce littoral a dans un premier temps été compilé et analysé afin de mieux appréhender les évolutions littorales passées. Par la suite, l'utilisation de modélisations couplées TELEMAT-TOMAWAC-GAIA a permis d'apporter une meilleure compréhension des processus hydrosédimentaires au droit des plages mais également de préciser les échanges complexes existants entre l'océan et le lac d'Hossegor. Cette étape de diagnostic a finalement permis de préciser les sites de besoin mais également ceux en accrétion.

Sur cette base de connaissance, l'objectif de ce travail est de proposer au maître d'ouvrage une ou plusieurs solutions opérationnelles pour gérer au mieux l'évolution des sédiments à l'échelle des 3 communes, tout en s'assurant que les solutions préconisées soient cohérentes par rapport à la problématique de chaque site.

Mots-clés :

By-pass, Modélisations couplées TELEMAT-TOMAWAC-GAIA, Analyse de données topo-bathymétriques, PGS, SLGTC, Finalité.

Thème 2 – Dynamique sédimentaire

1. Introduction

Les phénomènes d'érosions rencontrés le long du littoral landais sont une problématique majeure au regard des enjeux qu'ils impactent sur les volets socio-économiques, environnementaux et patrimoniaux. A ce titre, la commune de Capbreton réalise depuis 2008 à chaque printemps des transferts hydrauliques de sable par By-Pass depuis la plage Notre-Dame vers les plages Sud. Ces transferts de sables s'inscrivent dans une démarche de gestion durable, à travers une Stratégie de Gestion de la Bande Côtière de Capbreton. Les observations liées à cette stratégie amènent aujourd'hui la MACS et notamment les communes de Soorts-Hossegor, Capbreton et Labenne à mutualiser leurs efforts autour d'un Plan de Gestion des Sédiments (PGS), ayant pour objectif une meilleure coordination de l'ensemble des opérations de mobilisation sédimentaires. Ce PGS s'articule principalement autour de la revalorisation de stocks sédimentaires issus de zones d'accrétions, afin de lutter durablement contre l'érosion chronique affectant certains secteurs.

Pour ce faire, il a été défini un besoin de compréhension des processus hydrosédimentaires régissant la bande côtière ainsi que l'interface océan/ Lac d'Hossegor. Un bref récapitulatif du transit littoral et des acteurs majeurs du secteur est proposé ci-dessous :

Le transit littoral est directement dépendant des conditions de houle : le déferlement est la cause principale de remise en suspension des particules, et l'angle d'incidence de ces houles sur le rivage induit un courant côtier entre la ligne de déferlement et le trait de côte, transportant les sables compris dans cette zone. A l'approche du gouf de Capbreton, la réfraction des houles d'une part, et la captation des sédiments d'autre part induit une modification de ce transit littoral. Enfin, au niveau du chenal, une partie des sédiments est captée par un phénomène de dissymétrie flot/jusant se renforçant à mesure que l'on s'engouffre dans le Boucarot : ces sables alimentent alors les eaux du lac d'Hossegor. Les sédiments réussissant à franchir l'embouchure du chenal sont alors repris par la dérive littorale.

Une mise en place de modélisation couplées Telemac-Tomawac-Gaia a permis d'approcher ces transits et d'apporter une compréhension plus précise de ces interactions complexes. Cet article vise à présenter l'apport du nouveau solveur hydrosédimentaire GAIA, et à comparer les résultats obtenus à ceux issus de la formule éprouvée de Bayram, ainsi qu'aux données bibliographiques du site, voir Figure 1.

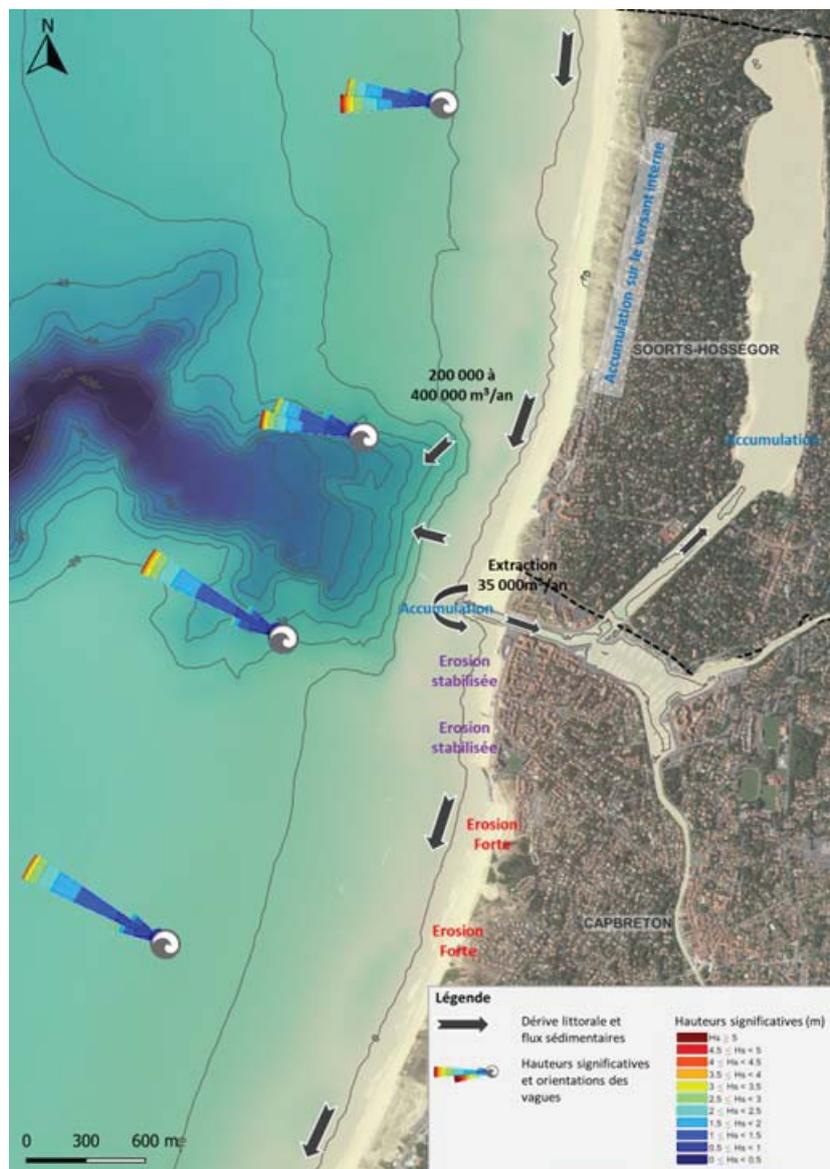


Figure 1. Comportement hydro-sédimentaire simplifié du site d'étude.

2. Caractéristiques du site d'étude

Cette partie vise à déterminer l'ensemble des caractéristiques physiques du site d'étude à insuffler au modèle.

2.1 Niveau de référence et marée astronomique

Le zéro des cartes (0 m CM) marines à Soorts-Hossegor est situé à 2,094 m (RAM, SHOM, 2022) en dessous du zéro du Nivellement Général de France (0 m NGF), voir Tableau 1.

Thème 2 – Dynamique sédimentaire

Tableau 1. Références Altimétriques Maritimes (RAM, SHOM, 2022) pour le port secondaire de Capbreton.

<i>Marée type</i>	<i>PHMA</i>	<i>PMVE</i>	<i>PMME</i>	<i>NM</i>	<i>BMME</i>	<i>BMVE</i>	<i>PBMA</i>
<i>Altitude (m CM)</i>	4,79	4,30	3,35	2,41	1,50	0,60	0,03
<i>Altitude (m NGF)</i>	2,70	2,21	1,26	0,32	-0,59	-1,49	-2,06

2.2 Etat de mer

La base de données Resourcecode développée par l'IFREMER fournit un rejeu d'état de mer couvrant le plateau continental Européen : une classification de l'état de mer est basée sur ces résultats. Au total, 10 classes de houles sont alors définies selon leurs hauteurs significatives, périodes, directions et probabilités d'occurrences annuelles. Le Tableau 2 ci-dessous récapitule ces données.

Tableau 2. Classes de houles définies sur le site d'étude.

<i>Classe</i>	<i>Hauteur significative (m)</i>	<i>Période (s)</i>	<i>Direction (°N)</i>	<i>Probabilité d'occurrence annuelle (%)</i>
1	1.45	14.6	267	7%
2	1.08	11.6	279	13%
3	0.94	9.1	290	14%
4	1.59	10.8	296	17%
5	1.11	8.7	307	16%
6	1.09	6.2	331	3%
7	3.18	14.4	273	8%
8	2.16	12.6	283	12%
9	3.18	10.7	294	6%
10	5.09	14.4	274	3%

3. Caractéristiques du modèle

3.1 Solveurs utilisés

Les logiciels issus de la suite de solveurs CFD TELEMAC-MASCARET, mis au point par EDF en 2000, sont utilisés. L'hydrodynamisme est pris en charge par le module TELEMAC 2D, que complète un second module TOMAWAC afin de prendre en compte l'influence de la houle. Les interactions hydrosédimentaires ont été modélisées par un couplage entre ces mêmes solveurs et le module GAIA, nouveau module de calculs morphosédimentaires.

3.2 Modèle littoral mis en œuvre

Le maillage s'étend sur une largeur d'environ 6 000 mètres depuis la côte vers le large et couvre 6 500 mètres du Nord au Sud le long du littoral. Il permet de plus de prendre en compte l'ensemble du lac d'Hossegor et du port de Capbreton, en remontant le Bouret et le Boudigau sur environ 3 000 mètres linéaires, permettant de modéliser correctement les échanges entre l'océan et les eaux intérieures.

Les calculs sont réalisés sur 96 000 nœuds formant environ 186 300 mailles triangulaires. Les arrêtes de ces mailles vont de 200 mètres au large, à 2 mètres au niveau des différentes zones d'intérêts.

4. Méthodes d'exploitations

L'estimation des transports sédimentaires littoraux est encore de nos jours, principalement basée sur des formules empiriques, la présence de mesures sur sites permettant d'alimenter et de calibrer ces estimations. L'émergence de solveurs hydro-sédimentaires permet désormais d'implémenter ces formules à plus grande échelle. Dans cette étude, deux méthodes sont comparées en condition de houle, dont une brève présentation est proposée ci-dessous. La première, utilisant la formule de Bayram, a été utilisé par Casagec au cours de nombreuses études, tandis que la seconde, basée sur la formule de Bijker, est implémentée directement dans le solveur Gaia. Si Gaia permet l'utilisation de nombreuses autres formules (Soulsby Van-Rijn, Bailard ...), le choix de Bijker est motivé par une étude comparative entre différentes formules de transports sédimentaires. (*Intercomparaison des formules de transport solide*, VILLARET, 2003).

4.1 Formule de Bayram

La première est issue des résultats des logiciels TELEMAR 2D et TOMAWAC et se base sur la formule de Bayram. Son champ d'application est localisé en zone de déferlement et permet donc de quantifier les transits sédimentaires de la dérive littorale. Cette méthode repose sur la mobilisation des sédiments due aux contraintes exercées sur le fond par déferlement. Le courant moyen local est alors principal vecteur du transport de ces sédiments. Ainsi, en considérant le transport sédimentaire comme étant le produit de la concentration des sédiments en suspension par la vitesse du fluide localement, on obtient :

$$Q_s = \frac{\varepsilon}{(\rho_s - \rho)(1-a)g w_s} F \bar{V} \quad (1)$$

où \bar{V} représente la vitesse moyenne sur la zone de déferlement, $(\rho_s - \rho)g$ le poids des particules, w_s leur vitesse de chute et la porosité a permet de corriger la masse totale réelle de sédiments en suspension. L'approche de Bayram consiste alors à utiliser la formule empirique suivante afin d'approcher la partie ε du flux d'énergie fourni par la houle vers la côte :

Thème 2 – Dynamique sédimentaire

$$\sigma = \left(9.0 + 4.0 \frac{H_{sb}}{H_s T_p} \right) \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

Cette formulation provient de deux sources distinctes de données de calibration : la première est constituée de conditions de houles faibles à modérées, tandis que la seconde provient de tempête le long de la plage de Duck (Caroline du Nord), permettant de considérer des conditions de houles atteignant une hauteur significative jusqu'à 3,5m. De plus, cette représentation s'appuie sur le nombre de Dean, renseignant sur la capacité de transport par suspension en condition de houle, ce qui en fait un critère approprié pour quantifier le transport sédimentaire.

Les résultats du couplage TELEMAC 2D / TOMAWAC sont alors utilisés afin d'en tirer l'ensemble des paramètres requis aux zones d'intérêts et en tout temps.

4.2 Module GAIA : formule de Bijker

La seconde méthode est issue des résultats du logiciel GAIA et dépend donc des paramètres de modélisation de ce module (formules de transports sédimentaire utilisées...). En particulier, dans cette étude, la formule de transport sédimentaire retenue pour la modélisation du transit côtier en conditions de houle est celle de Bijker :

$$Q_b = b d_{50} \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} \exp\left(-0.27 \frac{(\sigma - \sigma_c) d_{50}}{\mu \tau_{cr}}\right) \quad (3)$$

où Q_b représente le transport par charriage, d_{50} le diamètre médian des sédiments et μ un facteur de correction permettant de prendre en compte les effets de ride de courants. Les composantes τ représentent les tenseurs de contraintes exercées sur le fond : on dénote alors la tension exercée par le courant seul τ_c et celle résultante de l'action combinée des vagues et courants τ_{cw} . Le coefficient b quant à lui est un coefficient de calibrage : sa valeur est choisie à 5 afin d'approcher au mieux les effets de transports en zone de déferlement. (*Intercomparaison des formules de transport solide*, VILLARET, 2003).

Cette méthode est capable de prendre en compte les transits ayant lieux en zones de déferlement, ainsi qu'en dehors de cette zone. La section suivante permet de visualiser l'importance de cette différence entre les deux méthodes.

4.3 Comparaison des méthodes

Afin de comprendre les différences entre les résultats d'estimations du transit pour ces deux méthodes (voir section 5), une explication des différences majeurs est proposée ci-dessous :

Les calculs sont effectués le long de transects perpendiculaires à la plage : chaque transect définit alors son propre repère orthonormé d'axe \vec{L} (Longshore) et \vec{C} (Cross-shore) (Figure 2). Le transport issu de la dérive littorale est alors ramené au transport sédimentaire des deux méthodes décrites auparavant selon l'axe \vec{L} . Les classes de houles

définies auparavant permettent de synthétiser l'ensemble des conditions rencontrées sur le site d'étude, représentées par hauteurs significatives H_s , périodes T_p , directions et probabilités d'occurrence. Chacune de ces classes sont simulées en situation de vives-eaux (coefficient 95) et de mortes eaux (coefficient 45).

La Figure 2 représente un champ vectoriel instantané de transport sédimentaire estimé par la méthode n°2, soit la méthode de GAIA (formule de Bijker), le long d'un profil en condition de houle de classe 10.

La décomposition vectorielle en repère orthonormé $(\vec{o}, \vec{c}, \vec{l})$ le long de cet axe, dans les mêmes conditions et au même instant de cette estimation est proposée en Figure 3 : on peut alors y comparer les calculs de transports aux mêmes conditions par la méthode de Bayram. Le transport sédimentaire calculé par GAIA est divisé en 2 parties, permettant de visualiser pour la première la comparaison des deux formules au sein de la zone restreinte de validité de Bayram, et pour la seconde la partie du transport calculé en dehors de cette zone.

Enfin, une visualisation du calcul de transport instantané rapporté uniquement à son axe longshore, le long du transect 5, est proposée en Figure 4.

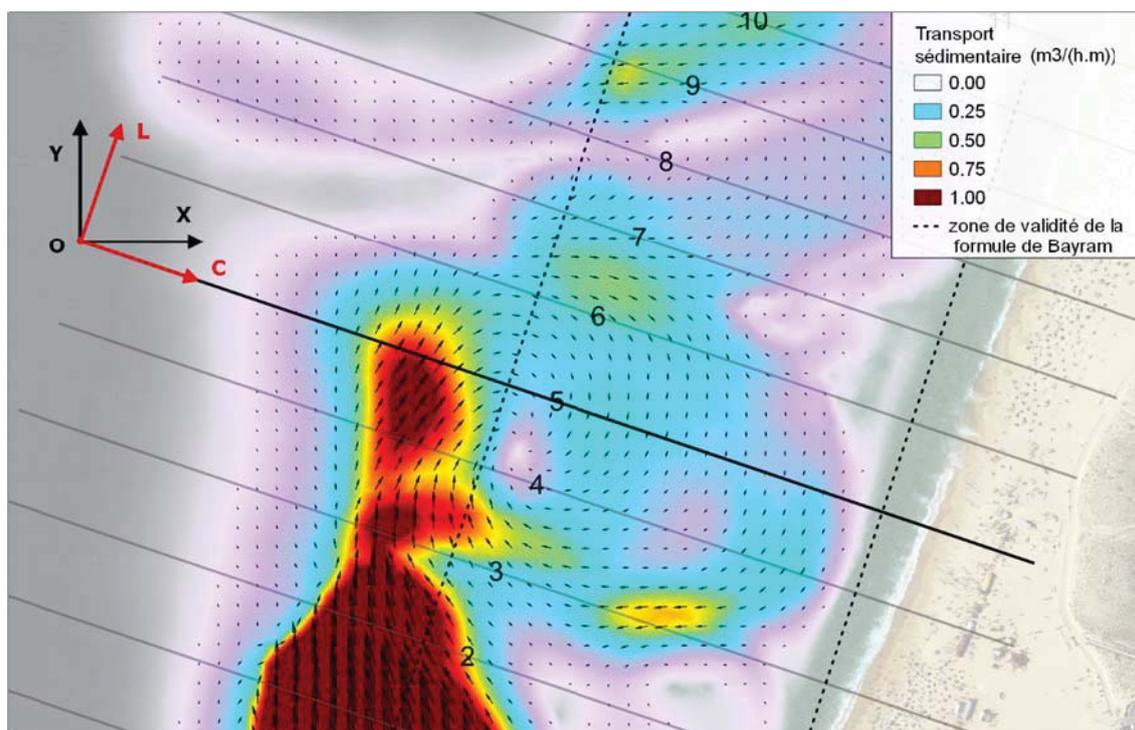


Figure 2. Exemple de transport sédimentaire instantané estimé par GAIA (transect 5 – condition de houle de classe 10).

Thème 2 – Dynamique sédimentaire

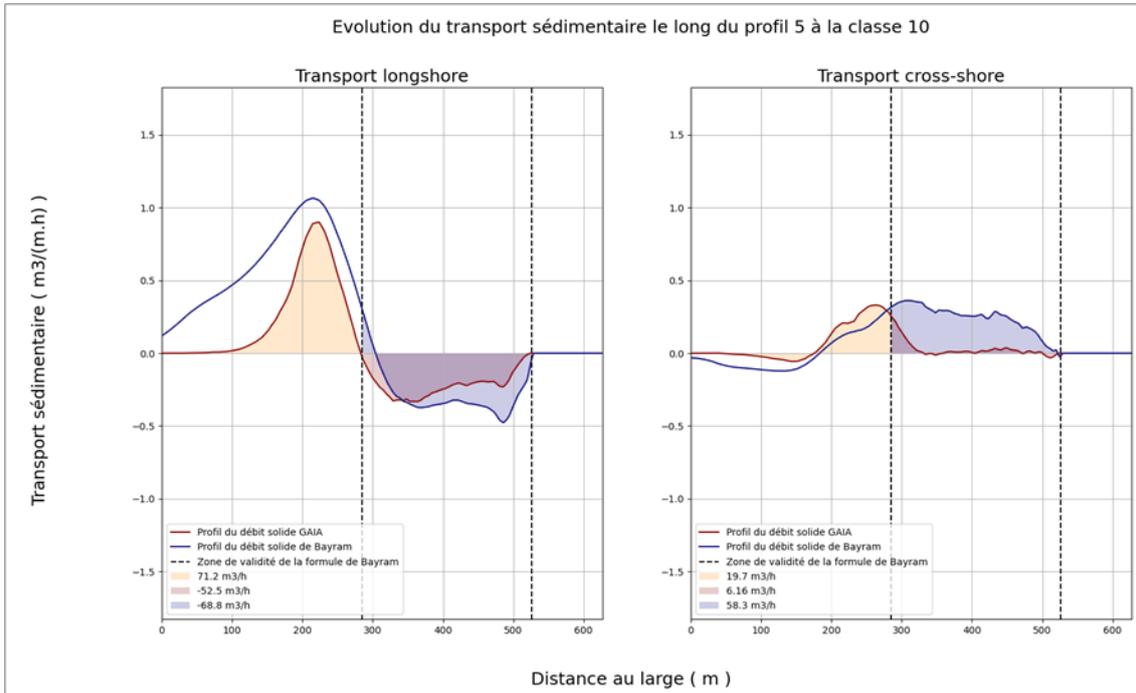


Figure 3. Décomposition vectorielle du transport sédimentaire et comparaison des deux différentes méthodes pour une même condition.

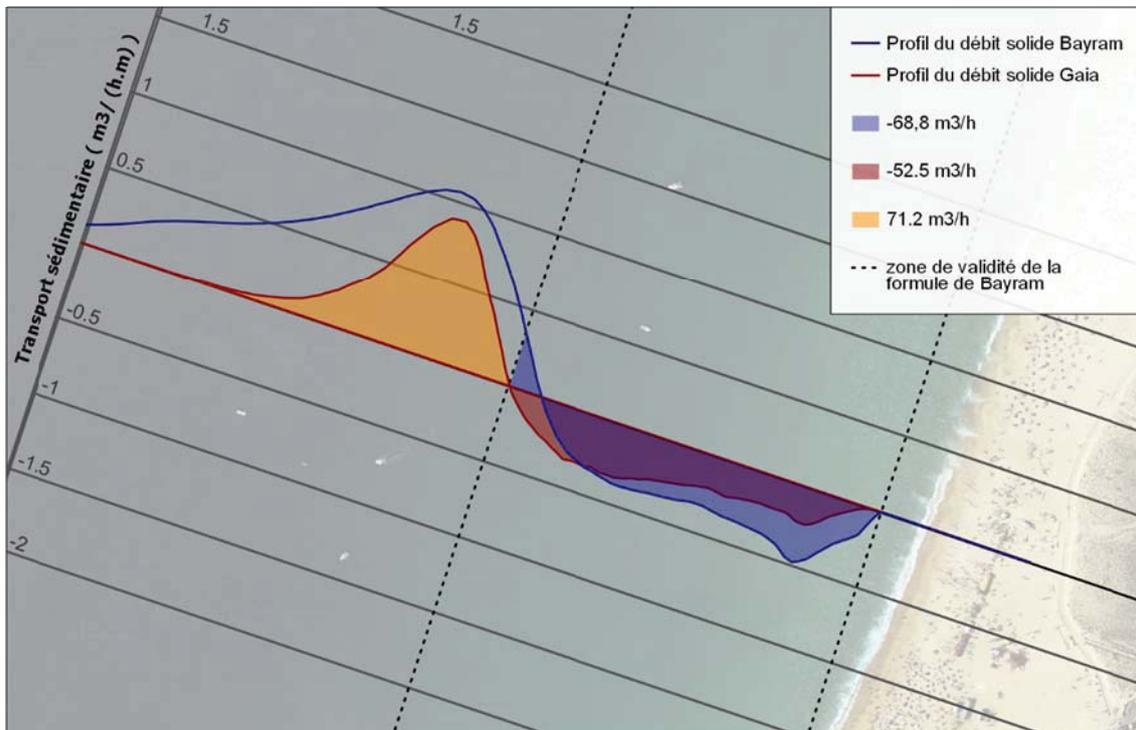


Figure 4. Exemple de transport sédimentaire instantané estimé par GAIA (transect 5 – condition de houle de classe 10).

La visualisation des courbes de transport permet de comprendre l'apport de GAIA par rapport à la formule de Bayram : en dehors de la zone de déferlement, cette dernière n'est plus valide. Par conséquent, sa composante n'est pas prise en compte sur ce secteur. Or, il semble que des phénomènes de transits inverses sont alors négligés, induisant une erreur non négligeable du transport par la formule de Bayram. Les volumes de sédiments transportés finaux permettent d'être approchés dans leur totalité par le module GAIA, à condition d'un transect suffisamment prolongé.

5. Analyse des résultats du modèle

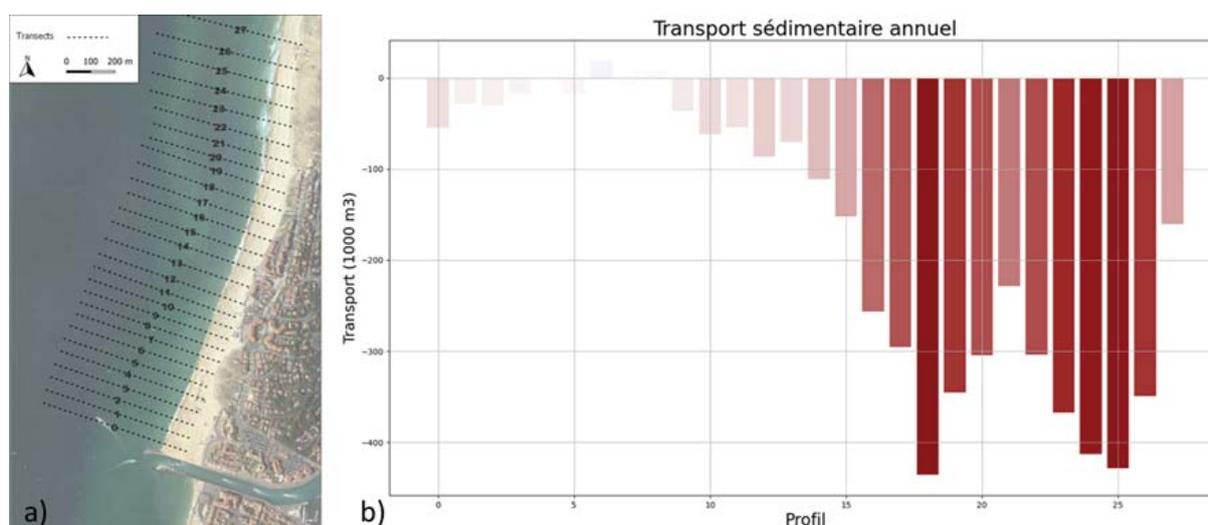
A l'aide des méthodes décrites en section 4, une estimation du taux de transport sédimentaire littoral au droit d'Hossegor a été réalisée. Les transects sur lesquels se basent ces résultats sont présentés en Figure 5, aux côtés des résultats issus de la formule de Bayram. Sur cette figure, un transit négatif indique un transit orienté Sud.

Au regard de ces résultats, deux zones se distinguent nettement :

-La zone des transects 0 à 15 : le Gouf préserve cette zone de la houle, diminuant d'une part la remise en suspension des particules et les courants de la dérive littorale de l'autre,

-La zone des transects 15 à 27 : la réfraction due au Gouf y crée une zone de « convergence » des houles, favorisant pour les conditions les plus énergétiques un transport sédimentaire des plus élevés.

Cette diminution brutale des flux est à l'origine de l'accumulation des sables observée sur la plage Notre-Dame.



Thème 2 – Dynamique sédimentaire

Ces résultats sont synthétisés et comparés avec ceux estimés par la méthode 2 (basée sur le module de calcul sédimentaire (GAIA)), issue de la formule de transport sédimentaire de Bijker, voir Tableaux 3 et 4 ci-après.

Tableau 3. Comparaison des estimations de la formule de Bayram et de la formule de Bijker sur la zone des transects 0 à 15.

Profil	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bayram ($\times 10^3$ m ³)	-55	-28	-30	-18	-3	-17	19	-8	7	-37	-62	-54	-87	-70	-	-
Bijker ($\times 10^3$ m ³)	51	19	-10	-31	-30	-27	-22	-23	-38	-39	-56	-69	-92	-	-	-
Moyenne de Bayram ($\times 10^3$ m ³)	-44															
Moyenne de Bijker ($\times 10^3$ m ³)	-52															

Tableau 4. Comparaison des estimations de la formule de Bayram et de la formule de Bijker sur la zone des transects 16 à 27.

Profil	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Bayram ($\times 10^3$ m ³)	-257	-295	-435	-345	-304	-228	-304	-367	-413	-428	-349	-160
Bijker ($\times 10^3$ m ³)	-164	-173	-203	-176	-137	-140	-165	-171	-184	-193	-142	-130
Moyenne de Bayram ($\times 10^3$ m ³)	-324											
Moyenne de Bijker ($\times 10^3$ m ³)	-165											

Si les résultats en zone n°1 (transects 0 à 15) semblent indiquer un transport de l'ordre de 50 000 m³ de sable du Nord vers le Sud pour les deux formulations, la seconde zone est quant à elle plus controversée. En effet, en raison du gouf de Capbreton, les transects 0 à 15 sont affectés par une houle d'intensité moindre par rapport à celles des transects 16 à 27. Il s'induit alors une nette différence d'intensité des transits de sens contraire à la dérive littorale : dans la première zone, la zone de validité de la formule de Bayram comporte la grande majorité des transits. Dans la seconde, la composante longshore prise en compte uniquement par GAIA diminue de moitié le volume total estimé.

Cependant, il est important de rappeler que les résultats sont issus de simulations 2D, ne permettant pas de rendre compte de nombreux phénomènes complexifiant grandement l'estimation des transits (undertow...).

En 2013, une étude faisait l'état d'une dérive présentant une forte variabilité interannuelle transportant entre 200 000 à 400 000 m³/an de sable du Nord vers le Sud du littoral. (IDIER *et al.*, 2013)

6. Conclusions

Le module de transport sédimentaire GAIA introduit de nouvelles capacités de calculs, permettant une estimation de ces transits. En particulier pour cette étude, la comparaison entre les résultats issus de la formule de Bayram et ceux de Bijker, ainsi que ceux issus de la bibliographie permettent de valider la pertinence d'un tel modèle. Cependant, la forte incertitude dans le domaine du transport sédimentaire, pratiquement exclusivement approché par des formules empiriques, induit un fort besoin de calibration de ces modèles à l'aide de données de terrains.

Ainsi, dans le cadre de cette étude, afin de répondre aux problématiques du maître d'ouvrage, les mesures topo-bathymétriques des plages et dunes à dispositions des communes ont été complétées par ces estimations. La commune de Capbreton, munie d'un système de By-Pass transitant les sédiments en accrétion de la plage Notre Dame vers les plages sud, effectue chaque année des transferts depuis les zones présentant un disponible sédimentaires vers les zones de besoin. Dans le cadre d'un Plan de Gestion Sédimentaire, ces estimations permettent de comprendre les phénomènes d'ensablement et d'érosion rencontrés, et fournissent en complément des mesures de terrains de pistes de transferts durables.

En complément des résultats de ce papier, un travail de modélisation hydro-sédimentaire sur les sites du lac marin, du chenal et son embouchure a également été réalisé. L'ensemble de ces résultats a permis notamment d'étudier l'intérêt d'un transfert par conduite depuis les plages du lac vers les plages d'Hossegor.

Le Gouf de Capbreton, un acteur majeur des échanges de sédiments au droit des plages, est à prendre en compte pour ce site. De futures études portant sur la captation des sédiments par le Gouf permettraient d'apporter un regard différent sur les solutions de gestion.

7. Références bibliographiques

- IDIER D., CASTELLE B., CHARLES E., MALLET C. (2013). *Longshore sediment flux hincast : spatio-temporal variability along the SW Atlantic coast of France*. Journal of Coastal Research - Special Issue 65, 1785–1790. <https://doi.org/10.2112/SI65-302.1>
- SHOM (2022). *Références Altimétriques Maritimes-RAM*, <https://diffusion.shom.fr/references-altimetriques-maritimes-ram.html>
- VILLARET C. (2003). *Intercomparaison des formules de transport solide*, Programme Biparti 2001, HP-75/2003/055, EDF R&D, 47p.

Thème 2 – Dynamique sédimentaire