

ECO PLT : « Protection Long Terme » contre l'érosion .

Paul URSAT (1) - Nicolas MEYER (2) - Clément STEYER (2) .

1) URSAT Paul- Ing. ECN- Sand up Littoral 22, rue des Carolingiens -Strasbourg

2) MEYER Nicolas et Clément STEYER - Université de Strasbourg

Résumé

L'érosion est principalement due à l'action des « courants de retour » générés par les « jets de rive ». Ces courants sont majorés par leur réflexion lorsque ils atteignent les obstacles de haut de plage. Par suite, l'insuffisance de largeur de plage est considérée comme le facteur aggravant de l'équilibre hydro-sédimentaire : un ouvrage PLT rétablit ou améliore cet équilibre.

Le principe du PLT est de **reconstituer le profil du littoral d'avant sa dégradation, en réalisant un rechargement significatif associé à une retenue des sédiments.**

Contrairement aux procédés en vogue (barrières au large, brise-lames,...) dont l'objectif est de réduire la houle - jugée à tort responsable du déficit hydro-sédimentaire- le PLT laisse la mer se réguler naturellement entre ses 2 actions structurantes : **l'accrétion naturelle depuis le large** et **l'érosion** par les courants de retour depuis le haut de plage.

→ L'innovation du PLT réside dans la mise en œuvre, sous lame d'eau permanente, d'un « **seuil structuré en ligne brisée** » jouant un double rôle : celui d'**atténuateur** de houle avec **déclenchement du déferlement** plus vers le large et celui de **retenue** des sédiments,

→ Grâce à un talus aval de **faible pente**, l'accrétion depuis le large est préservée - condition de tout dispositif pérenne- en évitant un effet de « barrage »,

→ Les déferlements de hauteurs **Hs** sont déclenchés selon la règle communément admise de MUNK: **$H_s \# 0,9 \times d_c$** . En réduisant la profondeur d_c , les déferlantes sont réduites en proportion. Le gain de largeur « **dl** » est :

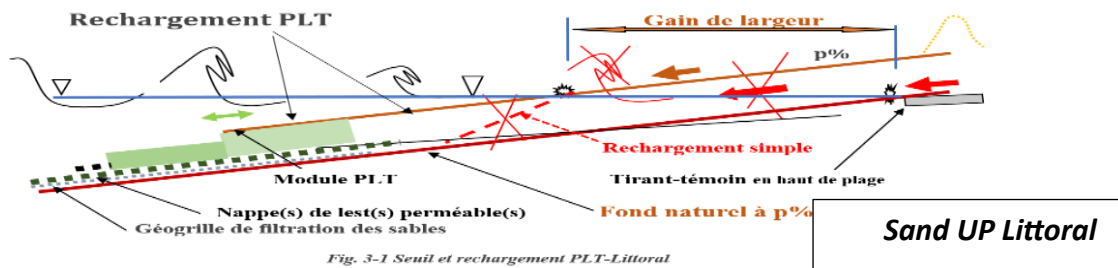
==> **$dl = dh/p$** (dh étant le rehaussement recherché et p la pente).

Ex. : avec $dh = 0,6m$ et $p=3\%$ => $dl = 0.6/0.03$ ==> soit un gain de largeur de 20 m.

→ Un **tapis anti-affouillement** - dense, perméable et filtrant - protège la partie aval de l'ouvrage. Sa largeur est adaptée au cas par cas, par ex. en présence de bancs de posidonies.

→ Les matériaux proposés pour l'assemblage sont soit: - des coques en « pehd » non dégradables et recyclables, lestées par les sédiments rapportés, soit - des successions de dalles ajourées en béton marin de type « dalles gazon » du commerce, plus denses. Cette dernière version -plus économique et sans « plastique »- est dénommée « **ECO-PLT** ». Dans les 2 cas le dispositif associe perméabilité et résistance, les éléments de l'ouvrage étant reliés entre eux par des chaînages tridimensionnels. *Brevet INPI.*

→ Un logiciel de calcul est appliqué pour déterminer le Rechargement nécessaire, avec notamment la prise en compte de la « **surcote** » propre au site.



1. Hydrodynamisme de l'érosion : bilan accrétion/érosion

Contrairement aux propositions actuelles qui axent les désordres constatés sur l'action exclusive de la houle, le procédé PLT part de l'analyse de la dynamique des courants sur l'espace de plage et d'avant-plage, là où le déséquilibre en sédiments est directement observable. Le facteur essentiel – souvent négligé car peu apparent- est celui de **l'accrétion depuis le large**, qui - idéalement- rééquilibre les pertes.

L'érosion déplorée est **le bilan entre ces 2 facteurs** : l'un -positif – est l'accrétion (naturelle ou artificielle), l'autre – négatif- est le charriage de l'amont de la plage vers l'aval sous l'action du retour des « jets de rive ». (Fig.1).



Figure 1-Mesure du pendage dans la frange des jets de rive et des courants de retour. Ici de 15%.(Var-Sanary)

Pour l'observateur, le critère d'appréciation le plus fiable est le suivi de la largeur de l'estran qui est un combiné entre la pente, les courants côtiers, les sédiments en place... et l'atténuation **ou non** des courants de retour consécutifs aux « jets de rive » eux-mêmes générés par les déferlements. Par suite :

➔ Modifier les paramètres du déferlement est une stratégie pertinente....si le paramètre « accrétion naturelle » n'en pâtit pas outre mesure.

Dans le premier cas on cherchera à réduire la profondeur des fonds par un reprofilage de l'avant-plage, par ex. selon la règle de corrélation précitée « $H_s=0.9 dc$ ». Dans le deuxième cas, on imposera un seuil d'écoulement de faible pente à une altitude suffisante pour réduire significativement le gradient d'écoulement depuis le haut de plage.

→ Il existe une **largeur critique** en deçà de laquelle le processus d'érosion prédomine et **s'accroît avec le temps**. En d'autres termes : « attendre » coûte plus cher en sédiments à rapporter.

→ On veillera à ce que le seuil ne constitue pas une barrière pour l'accrétion naturelle comme cela peut être le cas des « atténuateurs de houle ou brises-lame » actuellement déployés sur de grandes longueurs.

→ Ce procédé « par rechargement » -ancestral- répond le mieux aux enjeux des littoraux car il agit au plus près des désordres, des sollicitations et des besoins : mais il doit être pérennisé par une **retenue stabilisée** et autant que possible discrète dans la bande immergée des 15-30m.(Fig. 2)

2-Un ouvrage structuré :

Sans être l'objectif premier du dispositif PLT, une disposition en **ligne brisée** est favorable à **la dislocation du front de la houle**, en créant des fonds différenciés dans la zone des déferlements : des courants transversaux se forment absorbant une part de l'énergie de la houle (*). Cette disposition en ligne brisée confère donc au dispositif PLT une fonction « **atténuateur de houle** ».

(*)Nota: ce phénomène d'atténuation de la houle peut être exploité sur des conceptions plus complexes à l'aide par exemple de modèles numériques ou modèles réduits.

Sa stabilité est assurée par son poids et sa large assise, chaque nappe étant constituée de dalles en béton ajourées perméables, dotée à la base de l'ouvrage d'un filtre pour sables fins.

L'ouvrage lui-même est renforcé en interne par des **liens formant des chaînages**, nappe par nappe et entre nappes.

Pour en assurer le **suivi**, voire au besoin pour en **augmenter la stabilité globale**, la mise en œuvre de **tirants horizontaux est possible**. En ce cas, les tirants -ancrés en haut de plage, sous le rechargement- sont à prévoir à la construction.

Tous les ouvrages – notamment les plots de présentation en vraie grandeur - sont proposés avec 2 tirants de suivi, complétant ainsi l'observation visuelle aisée du talus ECO PLT et de sa nappe anti-affouillement.

Dimensionnement de la hauteur du seuil PLT :

La hauteur de rechargement requise doit prendre en compte la « **surcote** » de tempête propre au site. Pour se faire :

→ a consultation des photos aériennes donne une indication, mais les relevés directs sur sites sont recommandés, avec indications du jour, de l'heure et de la pente de la frange aval des jets de rive, de manière à caractériser la plage visitée en intégrant à la fois les situations de pleine Mer et celles de tempête.



Figure 2: Le rehaussement a permis des installations de plage (ici des cabanons saisonniers. (Var-Mai 2022).

3. Mise en oeuvre des assemblages ECO PLT :

La fig.3-1 décrit un assemblage de modules PLT-Littoral en « pehd ». L'assemblage en immersion du dispositif est une contrainte forte pour le procédé : les opérations sont réalisées soit par la mer à partir d'un ponton, soit directement depuis la plage par une avancée provisoire ou des engins à longue portée.

Ce dispositif - avec ou sans la ligne brisée mais avec un dessin en plan permettant les contournements d'obstacles - constitue le système défensif du procédé. Soit: -un contenant permettant de confiner des lests et des agrégats réalisant un filtre pour les sables, -un contact serré entre coques ou dalles pour une semi-étanchéité vis-à-vis des sables fins, -des chaînages sur l'ensemble de l'ouvrage par crochets métalliques (pour le montage serré entre coques) et des amarres, ... Par ailleurs le dispositif est prolongé par la nappe parafouille et le cas échéant relié à des tirants subhorizontaux ou verticaux...

Un assemblage hors eau par modules pré-assemblés est possible pour limiter le travail en immersion

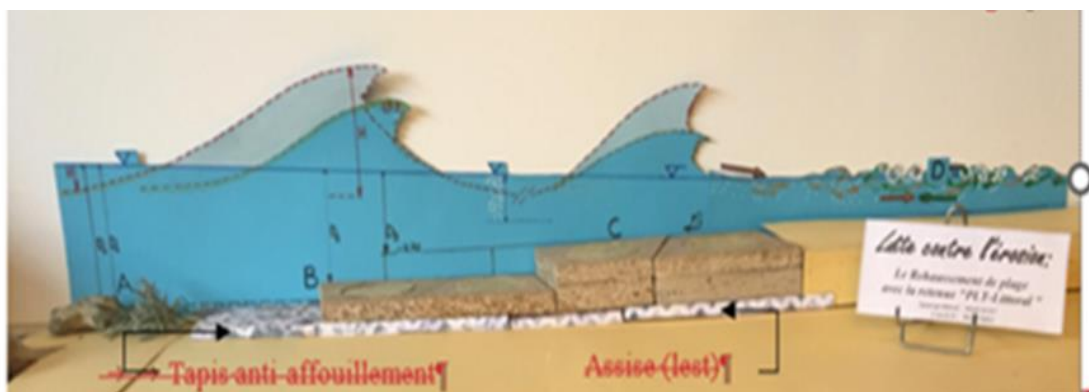
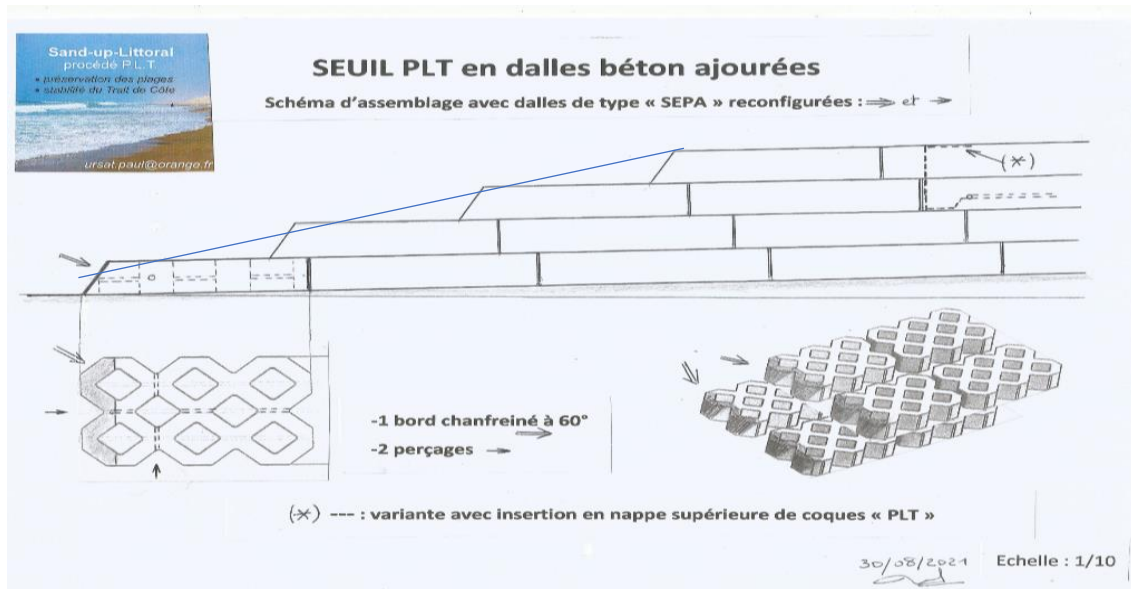


Fig. 3-1 Exemple de montage d'un module PLT sur une nappe de lest.

La figure 3-2 décrit un module similaire mais avec des successions de dalles type « dalles gazon du commerce » reconfigurées, associé également avec un parafouille. Cette variante n'introduit donc pas d'éléments en matériau « plastique ».



Exemple de rehaussement par 4 nappes de dalles, parafouille aval non représenté

Fig. 3-2 Variante Eco-PLT, par dalle type sepa reconditionnées

4. Applications et limitations :

Le PLT-Littoral apporte une réponse simple aux enjeux environnementaux et économiques les plus courants. Par exemples en cas :

- d'une insuffisance de largeur de plage,
- d'une submersion des protections de haut de plage,
- d'un recul progressif non réversible du Trait de Côte, avec en perspective une destruction d'ouvrage en dur, une rupture de falaise,...
- d'un besoin d'espace de loisir supplémentaire,
- d'une insuffisance des traitements antérieurs,...et d'une manière générale de tous sites érodés dont le coût des rechargements annuels pèsent sur le budget...

4-1 Les sites dont les avant-plages présentent une pente régulière sont plus favorables au procédé grâce à la dissipation progressive de l'énergie de la houle. Par contre les pentes d'avant-plages à plus de 6 à 7% sont pénalisantes : le gain de largeur économiquement réalisable est plus faible.

Sur les littoraux de la Méditerranée, la « largeur critique » de plage à la PM est de l'ordre de 10 m. En deçà de ce seuil, le rechargement nécessite des ouvrages plus importants et de plus en plus coûteux. (voir figures 4 à 6). En pratique :

- ⇒ L'objectif devrait être de surélever la « *plage et haut de l'avant-plage* », de manière à viser avec **un gain de largeur de 15 à 25 m**,
 - ⇒ la largeur d'estran se situera alors à une valeur plus favorable à un équilibre hydro-sédimentaire.
 - ⇒ Les dispositions suivantes sont à étudier :
 - un rechargement de 0,6 m au minimum,
 - une pente de plage un peu plus élevée que celle de l'état initial : par ex. 5 voire 6 %,
 - un choix de sédiments d'apports plus grossier que le sable en place,
- ➔ L'entretien - par apports complémentaires de sable- sera allégé par rapport à la situation antérieure.

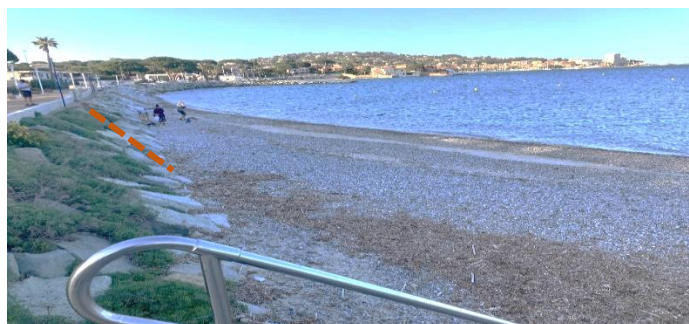


Figure 4. L'érosion de cette baie ouverte sur le SW, à l'«abri » d'un épave, signale un défaut d'accrétion structurel. Un PLT-Littoral peut corriger la zone concernée en rétablissant la plage et en évitant la submersion de la digue.(Var)

4.2 Cas des plages avec fort aléa de submersion :

La problématique est la même que ci-dessus, mais la proximité des ouvrages « en dur » (routes, voies ferrée...) impose des dispositions plus coûteuses, nécessitant un fort rehaussement et donc une quantité importante de sédiments matériaux nobles, voire d'envisager une solution de repli. Un ré-emploi de sédiments de dragage est possible sous certaines conditions.

➔ On adaptera l'altitude du haut de plage de telle sorte que les ganivelles à la base du merlon (point 4 de la Fig.5) présentent une marge de sécurité par rapport au haut des jets de rive (point 3).

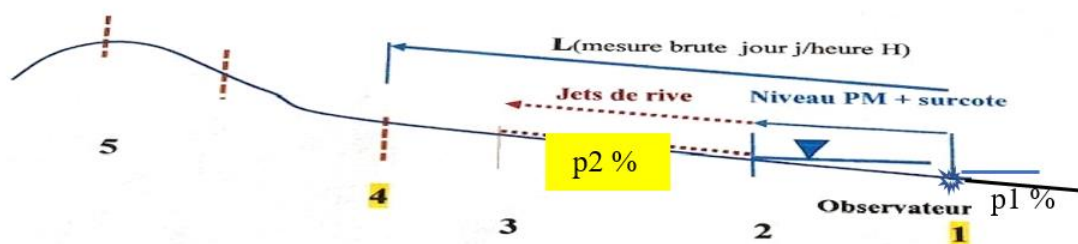


Fig.5 Détermination du niveau du haut d'estran



Fig. 6. Exemple de site présentant un fort aléa de submersion (Var-Tombolo de Giens).

5-Association avec d'autres procédés :

Sur site exposé et lorsque le merlon de haut d'estran est difficile à généraliser, chercher à réduire l'énergie de la houle est une approche. Mais cette démarche se heurte à 2 difficultés :

- les « brise-lames ou atténuateurs de houle au large » dont les lames d'eau de submersion en épisode de tempête peuvent dépasser 1,5 m de hauteur ne sont plus d'une efficacité optimale.

→ C'est le cas notamment des sites qui présentent des **surcotes importantes** (par ex. + 0,9m au Lido de Sète).

→ Pour ne pas pénaliser l'accrétion naturelle par « effet «barrière », on recherchera de préférence des ouvrages discontinus, à préciser par analyse en bassin ou en canal à houle.

→ Sous ces réserves, la mise en œuvre d'«atténuateurs au large» en complément d'un traitement au plus près de la plage, par exemple par **un dispositif de type ECO-PLT**, devrait logiquement être d'un grand intérêt.

6- Bibliographie :

- Sols et Fondations (FILLIAT)

-Indicateur national de l'érosion côtière - Ministère de la Transition écologique (CEREMA- Oct. 2022)
