



## Risques côtiers : Protection Long Terme contre l'érosion - L'Eco-PLT

Paul URSAT <sup>1</sup>, Nicolas MEYER <sup>2</sup>

1. Sand up Littoral, 22 rue des Carolingiens, Strasbourg, France.

[ursat.paul@orange.fr](mailto:ursat.paul@orange.fr)

2. Lycée Saint Geneviève, 2 rue de l'Ecole des Postes, 78000 Versailles, France.

### Résumé :

Dans cette analyse, 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 lorsqu'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 élargissant significativement l'estran rétablit ou améliore cet équilibre. Le composant en plastique PEHD initialement envisagé, ayant été classé comme polluant, a été remplacé par des dalles en béton marin.

### Mots clés :

Rechargement, Rehaussement, Accrétion naturelle, Seuil de retenue, Tapis anti affouillement. Dalle béton ajourée.

### 1. Introduction

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  $H_s$  sont déclenchés selon la règle communément admise de MUNK:  $d_c = 1,28 H_c$ . En réduisant la profondeur  $d_c$ , la hauteur des déferlantes  $H_c$  est réduite en proportion. Le gain de largeur  $dl$  résultant du rehaussement est égal à  $dl = dh/p$ ,  $dh$  étant le rehaussement recherché et  $p$  la pente. Avec  $dh = 0,6m$  et  $p = 3\%$ , le gain de largeur est de 20 m. Un tapis anti-affouillement - dense, perméable et filtrant - protège

## Thème 6 – Risques côtiers

l'assise du seuil. Sa largeur est adaptée au cas par cas, prenant en compte par ex. la présence de bancs de posidonies à préserver.

### 2. Les matériaux proposés

Les coques en PEHD initialement envisagées n'ayant pas été autorisées pour raison de pollution potentielle, l'ouvrage de retenue peut être constitué de successions de dalles en béton marin de type « dalles gazon » reconfigurées du commerce. Cette version *sans plastique*, plus économique, a été dénommée « Eco-PLT ». Comme dans la version 2022 du PLT-Littoral, le dispositif associe perméabilité et résistance, les éléments de l'ouvrage étant reliés entre eux par des chaînages tridimensionnels. Dans la variante proposée, les dalles ont une épaisseur de 12 cm.

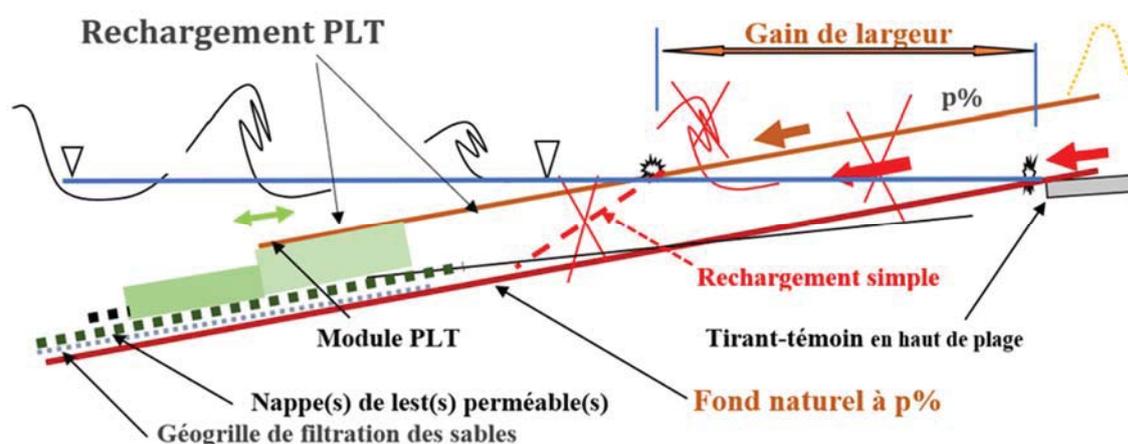


Figure 1. Seuil et rehaussement du PLT-Littoral, (URSAT & MEYER, 2022, *Sand up Littoral*). Dans la variante, Eco-PLT le seuil est composé de dalles de 12 cm.

### 3. Hydrodynamisme de l'érosion : bilan accrétion/érosion

Contrairement aux propositions actuelles qui expliquent les désordres constatés par l'action exclusive de la houle venant du large, le procédé PLT découle de l'observation de la dynamique des courants sur l'espace de plage et d'avant-plage, là où le déséquilibre des 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. Le phénomène déploré de l'érosion résulte du bilan entre ces 2 facteurs : l'un -positif- est l'accrétion (naturelle ou artificielle), l'autre – négatif- est le charriage depuis l'amont de la plage vers le large sous l'action des retours de « jets de rive », (Figure 1).



Figure 2. Mesure du pendage dans la frange des jets de rive et des courants de retour, ici de 15% à Var-Sanary, (URSAT & MEYER, 2022).

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 les charriages récents, (Figure 2).

Modifier les paramètres du transport côtier par des barrières immergées peut être une stratégie pertinente....si l'« accrétion naturelle » n'en pâtit pas outre mesure. On veillera donc à ce que le seuil ne constituer pas une barrière pour l'accrétion naturelle comme cela est le cas des « atténuateurs de houle ou brise-lames » actuellement déployés sur de grandes longueurs.

Dans le procédé PLT on applique un reprofilage des fonds dans la zone des -1,30 m et on impose un seuil de retenue auto-stable (éventuellement ancré) et de faible pente aval (pour préserver l'accrétion naturelle). La pente du rechargement est la pente d'équilibre propre aux sédiments rapportés.

Il existe une largeur critique en deçà de laquelle le processus d'érosion prédomine et s'accroît avec le temps au fur et à mesure de la réduction de l'espace d'épandage des jets de rives. En d'autres termes : « attendre » coûte plus cher en sédiments à rapporter. 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 (Figure 2) : mais il doit être pérennisé par une retenue stabilisée, autant que possible discrète dans la bande immergée des 15-30m.

#### 4. Un ouvrage structuré

Sa stabilité de l'ECO PLT est assurée par son poids et sa large assise, chaque nappe étant constituée de dalles en béton ajourées perméables. La dalle d'assise est dotée en sous-face 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,

## *Thème 6 – Risques côtiers*

sous le rechargement- sont à prévoir à la construction. Tous les ouvrages ECO PLT – notamment les plots de présentation en vraie grandeur - sont proposés avec 2 tirants de suivi, complétant ainsi l’observation visuelle de la retenue et de sa nappe aval anti-affouillement.

Sans être l’objectif premier du procédé 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. La disposition en ligne brisée confère donc au dispositif une capacité supplémentaire d’« atténuateur de houle » qui peut être quantifié à l’aide de modèles numériques ou de modèles réduits. Elle permet aussi au seuil le contournement des obstacles et des zones à préserver (posidonies...).

### 4.1 Dimensionnement du seuil

La hauteur de rechargement doit prendre en compte la « surcote » de tempête propre au site. La consultation des photos aériennes donne également 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 (Figure 2), de manière à caractériser la plage en intégrant à la fois les hauteurs de Pleine Mer et les surcotes de tempête: un logiciel de calcul est appliqué pour déterminer au cas par cas le rechargement nécessaire.



*Figure 3. Le rehaussement a permis des installations de plage, ici des cabanons saisonniers, mai 2022, Var, (URSAT & MEYER, 2022).*

## **5. Mise en œuvre des assemblages ECO PLT**

L’assemblage en immersion du dispositif est une contrainte : les opérations sont réalisées soit par la mer à partir d’un ponton, soit directement depuis la plage à partir d’une avancée provisoire ou par des engins à longue portée.

Par ailleurs, le dispositif est prolongé par la nappe para-fouille sur plusieurs mètres. Le cas échéant il est relié à des tirants subhorizontaux ou des ancrages destinés au suivi...

lesquels sont positionnés à l'avance, avant enfouissement sous le rechargement. Un pré-assemblage hors eau par modules est possible pour limiter le travail en immersion. Des exemples de montage de module PLT-Littoral sont montrés à la Figure 4 (PLT à base de coques en PEHD) et à la Figure 5 (Eco-PLT).

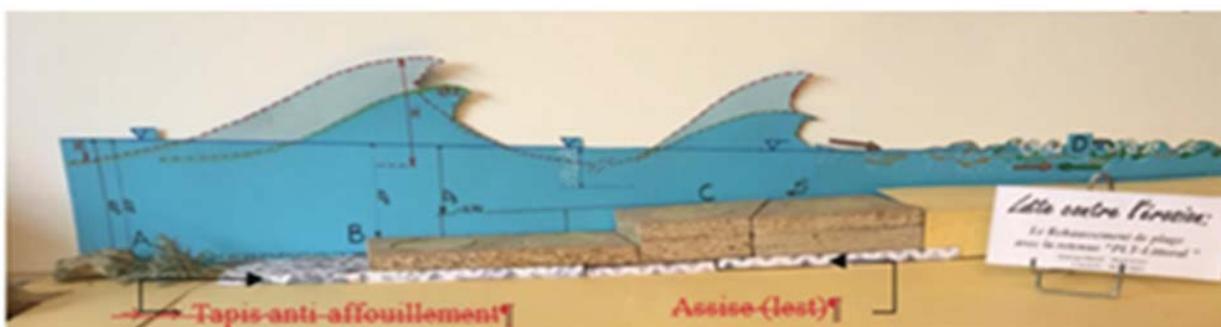


Figure 4. Exemple de montage d'un module PLT sur une nappe de lest, cas des modules à base de coques en PEHD, (URSAT & MEYER, 2022).

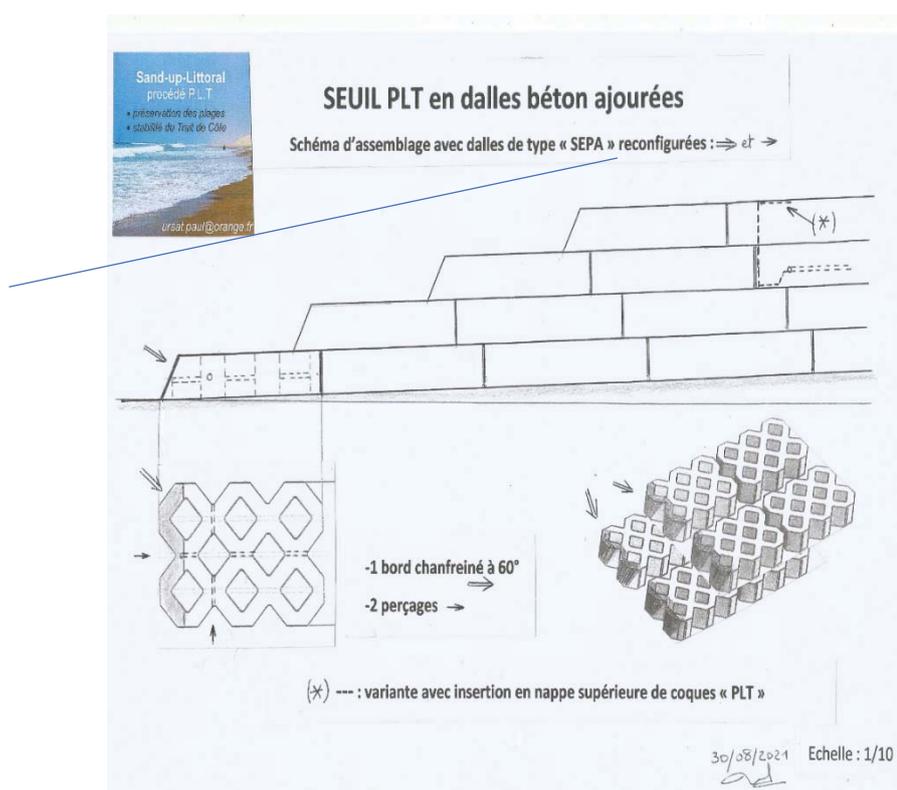


Figure 5. Exemple de rehaussement par 4 nappes de dalles ajoutées, para fouille aval non représenté : variante Eco-PLT avec des dalles de type «dalles gazon du commerce» reconfigurées pour permettre les chaînages.

## Thème 6 – Risques côtiers

### 6. Applications

Un PLT apporte une réponse simple aux enjeux environnementaux et économiques les plus courants. Par exemples :

- une insuffisance de largeur de plage, voir Figure 6 ;
- une submersion des protections de haut de plage, voir Figure 7 ;
- un recul progressif non réversible du Trait de Côte, avec en perspective une destruction d'ouvrage en dur, une rupture de falaise suite à l'affaiblissement du pied... ;
- un besoin d'espace de loisir, voir Figure 3 ;
- une insuffisance des traitements antérieurs,...et d'une manière générale de tous sites érodés dont le coût des rechargements annuels pèsent sur le budget...

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 des pentes d'avant-plages et de plages à plus de 6 % sont pénalisantes, le gain de largeur économiquement réalisable étant limité.

Sur les littoraux de la Méditerranée, la « largeur » constatée sur les plages à la PM est de l'ordre de 10 m. En deçà de cette « largeur critique », le rechargement nécessite des ouvrages plus importants et de plus en plus coûteux. En pratique l'objectif devrait être de surélever la « *plage et le haut de l'avant-plage* », de manière à viser un gain de largeur de 15 à 25 m : la largeur d'estran sera alors plus favorable à un équilibre hydro-sédimentaire, conduisant à un entretien par apports de sable allégé par rapport à la situation antérieure.



Figure 6. L'érosion de cette baie ouverte sur le SW, à l'«abri» d'un épi, signale un défaut d'accrétion structurel. Un PLT peut corriger la zone concernée en rétablissant la plage et en évitant la submersion de la digue, (Var, 2022), (URSAT & MEYER, 2022).

#### 6.1 Cas des plages avec fort aléa de submersion

La proximité d'ouvrages « en dur » (routes, voies ferrées, immeubles, murs...) peut imposer de forts rehaussements, et donc une quantité importante de sédiments matériaux nobles. Un réemploi de sédiments de dragage est possible sous certaines conditions de pentes. Des tests en bassin seront nécessaires. Des exemples de dispositions à étudier :

- un rechargement de 0,8 m au minimum ;
- une pente de plage un peu plus élevée que celle de l'état initial : par ex. 5 %, avec un sable plus grossier, après vérification sur modèle analogique ;
- par sécurité, un réflecteur de haut de plage peut être nécessaire.



Figure 7. Exemple de site présentant un fort aléa de submersion, Var, tombolo de Giens, (URSAT & MEYER, 2022).

## 7. Développement et association avec d'autres procédés

La complexité du sujet de l'érosion imposera de combiner plusieurs procédés. Sur site exposé et lorsque le merlon de haut d'estran est difficile à généraliser, voire à préserver, chercher à réduire l'énergie de la houle dès le large est une approche. Mais cette démarche se heurte à 2 difficultés :

Les « brise-lames ou atténuateurs de houle » 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...).

D'autre part, 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, voire par analyse numérique.

Sous ces réserves, la mise en œuvre d'«atténuateurs au large» peut se concevoir mais en complément d'un traitement au plus près de la plage, pour répondre à un objectif touristique essentiel, par exemple par dispositif avec rehaussement de plage et avec retenue des apports. L'Eco-PLT qui prévoit cette retenue devrait logiquement être d'un grand intérêt.

## 8. Bibliographie

CEREMA (2022). *Indicateur national de l'érosion côtière*, Ministère de la Transition écologique, Projection du trait de côte et analyse des enjeux, Plateforme documentaire.

## *Thème 6 – Risques côtiers*

FILLIAT G., CAMELAN J.C. (1981). *La pratique des sols et fondations. Analyses et essais de sols*. Ed. du Moniteur, p.154, ISBN 2-86282-162-4

MUNK W. H. (1944). *Proposed uniform procedure for observing waves and interpreting instrument records*, Wave Project Report n°26, Scripps Institute of Oceanography, La Jolla, California.

URSAT P., MEYER N. (2022). *Dispositif de retenue des sédiments adapté aux rechargements de plages : le "PLT-Littoral méditerranée"*, XVIIème Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Chatou, 11 au 13 octobre 2022 2022, pp. 963-972, doi:10.5150/jngcgc.2022.097