



DECHARGES DE DOLLEMARD

LE HAVRE (76)

DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL ET PROPOSITIONS DE SOLUTIONS DE GESTION DES DECHARGES DE DOLLEMARD

TRANCHE CONDITIONNELLE : DEFINITION DE SOLUTIONS D'OPTIMISATION DE GESTION

I. OBJET DE L'ETUDE.....	3
II. SYNTHÈSE DES IMPACTS ET DES RISQUES SUR L'ENVIRONNEMENT ET SUR LA SANTÉ HUMAINE	5
A. IMPACTS ET RISQUES SUR LES HAUTS DE FALAISE	6
1. <i>Impact sur le milieu naturel</i>	6
2. <i>Impact sur la santé humaine</i>	7
B. IMPACTS ET RISQUES SUR LES TALUS	8
1. <i>Impact sur le milieu naturel</i>	8
2. <i>Impact sur la santé humaine</i>	10
C. IMPACTS ET RISQUES SUR L'ESTRAN	11
1. <i>Impact sur le milieu naturel</i>	11
2. <i>Impact et risques sur la santé humaine</i>	12
D. IMPACTS ET RISQUES SUR LA MER	12
1. <i>Qualité des eaux</i>	12
2. <i>Faune - Flore</i>	12
III. DÉFINITION DES SOLUTIONS D'OPTIMISATION DE GESTION DES DECHARGES	14
A. REPRISE ET ÉVACUATION DES DÉCHETS.....	16
1. <i>Solution A1 : Excavation, tri et évacuation de la totalité des matériaux excavés.....</i>	<i>16</i>
2. <i>Solution A2 : Excavation, tri et évacuation des déchets hors matériaux inertes</i>	<i>21</i>
B. PROTECTION CONTRE L'ÉROSION MARINE.....	23
1. <i>Solution B1 : Ouvrages longitudinaux en haut de plage.....</i>	<i>24</i>
2. <i>Solution B2 : Ouvrages transversaux – Batterie d'épis</i>	<i>27</i>
3. <i>Solution B3 : Combinaison ouvrages longitudinaux et ouvrages transversaux</i>	<i>33</i>
4. <i>Généralités sur cette alternative</i>	<i>34</i>
5. <i>Solutions envisagées</i>	<i>35</i>
IV. BILAN DES SOLUTIONS PROPOSÉES	41
V. ANNEXES	45

I. OBJET DE L'ETUDE

Les anciennes décharges de Dollemard, sont situées à la base des falaises du Pays de Caux au Nord du Havre. Durant plusieurs décennies, des déchets de démolition et autres matériaux de construction ont été déversés depuis le haut des falaises afin de les conforter face au phénomène d'érosion. Cependant, les déchets qui à l'origine ne devaient être que des inertes, ne l'ont pas toujours été. A l'heure actuelle, ces basses falaises sont soumises à l'érosion marine qui remet au fur et à mesure à jour les déchets ensevelis. Ces déchets sont par la suite pour certains repris par la mer polluant ainsi le littoral alentour.

SCE a été mandaté par la Ville du Havre (Pôle Environnement et Développement Durable) pour la réalisation d'un diagnostic environnemental et la formulation de propositions de solutions de gestion des décharges de Dollemard.

Cette étude s'inscrit dans le cadre du futur projet d'aménagement et de valorisation du Haut Plateau de Dollemard et a pour objectifs :

- D'acquérir un niveau de connaissance précis de l'état environnemental du site,
- De définir les enjeux propres au site et à la présence de déchets sur cette partie du territoire havrais,
- De définir les outils de suivi et d'optimisation de gestion du site
- Et de proposer des solutions de gestion de ces décharges.

Cette étude se décompose en plusieurs phases itératives :

- Phase 1 : Etat des lieux et compilation documentaire,
- Phase 2 : Investigations de terrain,
- Phase 3 : Estimation des impacts et des risques sur l'environnement.
- Phase 4 : Etablissement d'un dispositif de suivi et du protocole de gestion de crise,
- Tranche conditionnelle : Définition des solutions d'optimisation de gestion du site.

Ce rapport marque la fin de la tranche conditionnelle : « Définition des solutions d'optimisation de gestion du site » et s'articule de la façon suivante :

- Synthèse des impacts et des risques générés sur l'environnement et la santé humaine,
- Proposition de différentes solutions de gestion,
- Bilan comparatif de ses différentes solutions

II. SYNTHÈSE DES IMPACTS ET DES RISQUES SUR L'ENVIRONNEMENT ET SUR LA SANTÉ HUMAINE

Nous proposons de rappeler ici la synthèse des impacts et risques selon la localisation des zones à savoir : les hauts de falaise, les talus correspondant dans le cas présent aux cônes de déversement, l'estran et la mer.

Une vue globale du site en annexe 1 permet de positionner les différents sites d'exploitation des décharges (du Nord au Sud) : Still, Papauré, Palfray et Pelicant.

A. IMPACTS ET RISQUES SUR LES HAUTS DE FALAISE

1. Impact sur le milieu naturel

a) *Morphologie*

D'un point de vue morphologique, l'impact de l'activité des décharges en partie haute des falaises se traduit par un recul prématuré de la falaise de 10 à 20 m selon les secteurs au droit des zones de déversements des déchets.

Ce décrochement bien que perceptible depuis le haut de falaise ou des vues aériennes ne constitue cependant pas un impact significatif car il pourrait être généré de façon naturelle. Il s'estompe dans le temps sous l'effet de l'érosion des falaises qui tend à réajuster la ligne de crête.

b) *Paysage - visibilité*

Les structures liées à l'exploitation des décharges ont été totalement retirées sur les sites Still et Papauré (exceptée une cuve ensevelie à proximité du site Palfray) une fois acquis par le conservatoire du littoral laissant ainsi place à une parcelle plane en prairie. Seuls les quais de déversements sont maintenus ne générant pas d'impact visuel notable depuis le plateau de Dollemard.

Les merlons en bordure de falaise sur l'ancien site Papauré et sur le site Palfray réalisés à la demande de l'administration pour éviter les accidents de falaise et d'une hauteur d'environ 1,5m occultent la vue sur la mer. Le merlon sur le site Papauré s'intègre mieux dans le paysage du fait qu'il soit enherbé que celui sur le site Palfray réalisé avec des blocs béton et remblais grossiers.

Sur le site Palfray sont encore présentes des structures en bordure de falaise datant du fonctionnement de la décharge. Elles abritent aujourd'hui le club de tir et sont constituées de conteneurs et bungalows disposés à moins de 50 m du bord de la falaise. Ces infrastructures seront amenées à disparaître dans le cadre de l'aménagement du plateau de Dollemard.

Sur le site Pelicant, s'est développé un habitat spontané hétéroclite regroupant par zone des squats et des maisonnettes secondaires,...

L'aménagement du Plateau de Dollemard visera à supprimer et/ou modifier ces structures ou habitats spontanés afin de minimiser l'impact paysager et redonner un côté naturel au plateau de Dollemard.

c) Qualité des sols

Diagnostiquer une éventuelle pollution des sols au niveau des sites des décharges ne faisait pas partie de l'étude globale. Du fait de l'utilisation d'engins à moteur thermique, d'ouvrages de stockage de carburant (cuve encore présente sur le site Papauré) et des pratiques environnementales vraisemblablement peu scrupuleuses, un impact sur la qualité des sols peut être suspecté.

d) Faune - Flore

De même que pour la qualité des sols, l'étude globale n'intégrait pas le volet Faune-Flore en partie haute des falaises.

Selon les activités exercées aux alentours des décharges (activité agricole essentiellement) et de l'activité antérieure sur le site des décharges (agricole), l'impact lié à l'exploitation des décharges devrait-être minime. Aujourd'hui, depuis l'arrêt des décharges et le démantèlement des infrastructures associées, sur les parcelles Still et Papauré une amélioration du point de vue faunistique et floristique serait même probable.

2. Impact sur la santé humaine

Deux types de risques sont recensés sur la partie haute des falaises :

- Les risques de chute, d'éboulement de la falaise pour lesquels l'évaluation est délicate du fait du caractère ponctuel et spontané des ruptures.
- Les risques liés à la qualité des sols qui peut générer une exposition aux éventuels polluants. Ce risque ne peut être évalué du fait de l'absence de reconnaissance sur ce secteur.

B. IMPACTS ET RISQUES SUR LES TALUS

1. Impact sur le milieu naturel

a) *Morphologie*

Au niveau des talus, l'impact est très significatif notamment en partie basse avec la création de bourrelets de 15 à 20 m de hauteur s'avancant sur l'estran par rapport au trait de côte et qui forment les basses falaises abruptes. Ces bourrelets résultent de plusieurs glissements sur l'horizon argileux du Kimméridgien sous l'effet de la charge pondérale des déblais et déchets déversés.

Cet impact bien que majeur tend à s'atténuer au fil du temps sous l'effet de l'érosion marine. En effet selon les vues satellites extraites du site GoogleEarth, les bourrelets formaient une avancée par rapport au trait de côte hors emprise des décharges d'environ 70 à 100 m en 2003 réduite à environ 50 à 60 m en 2008. Selon Créocéan, le trait de côte au droit des décharges devrait se réajuster sur celui en dehors des décharges dans environ 40 ans.

b) *Paysage - visibilité*

Depuis le haut de falaise

L'impact visuel des décharges est nettement visible sur les talus du fait de la modification morphologique qu'elles génèrent : bourrelet s'avancant sur l'estran. Toutefois, les talus étant végétalisés, les déchets de maçonnerie peu visibles et les déchets de type plastique non visibles, cet impact visuel ne tend pas à dégrader le paysage ni la visibilité.

Depuis les talus

De façon ponctuelle, émergent de la végétation des déchets encombrants de type pneus, fûts métalliques,... qui sont visibles uniquement lorsque l'observateur se situe sur les cônes à proximité immédiate d'eux.

Les cônes de déversements étant peu accessibles et très peu fréquentés, l'impact visuel depuis les cônes de déversement même s'il dégrade localement le paysage n'est pas considéré comme prioritaire.

Depuis l'estran

Depuis l'estran, plusieurs impacts visuels peuvent être distingués :

- l'impact visuel lié à la morphologie des cônes érodés par la mer qui forme les basses falaises abruptes s'avancent sur l'estran d'une hauteur d'environ 15 à 20 m. Cet impact n'est pas considéré comme particulièrement dégradant,
- La présence de déchets à l'affleurement des basses falaises et notamment des déchets plastiques génère un impact visuel très négatif sur le paysage. Le volume de ces plastiques et autres déchets non inertes mis en évidence annuellement par l'érosion marine est estimé à environ 30 m³.

c) Qualité des sols

Du point de vue de la lithologie, l'impact des décharges est très significatif. En effet, les talus ne sont plus constitués de matériaux issus de la falaise mais des déblais et déchets déversés depuis les quais des décharges selon les proportions suivantes :

- Environ 80 % de déblais issus des terrassements aux alentours,
- Environ 15 % de blocs (béton, maçonnerie,..),
- Environ 5 % de déchets en tout genre (plastique, ferraille, bois, tissus,..).

L'érosion de ces talus au lieu de générer des galets de silex, produit des galets de béton ou de maçonnerie, des amas de ferrailles et des déchets plastiques qui sont repris par la mer et dispersés selon la dérive littorale et les conditions météoro-océanographiques. Ces résidus présents sur le rivage génèrent également un impact significatif sur la lithologie de l'estran comme en témoigne les nombreux blocs amoncelés en sa partie basse au droit des bourrelets.

Du point de vue de la qualité chimique des sols, les sols ainsi que les eaux souterraines et les gaz du sol ne présentent pas de pollution notable cf. rapport phase II – 10525B). Toutefois, certains déchets qui contiennent des substances chimiques (transformateur EDF, fûts...) peuvent générer une pollution des sols et des sources.

d) Faune - Flore

Effets sur la flore

La différence de végétation au droit et hors des cônes des déchets montre un impact notable de l'activité des décharges. Il tend même à s'accroître du fait de l'introduction d'espèce invasive et constitue une réelle menace dans ce contexte naturel exceptionnel.

La Renouée du Japon (*Fallopia japonica*, *syn. Reynoutria japonica*) développe des rhizomes puissants, très importants et profonds, qui lui confèrent une capacité à se disperser potentiellement sur toutes les falaises environnantes et ainsi à faire décroître la biodiversité végétale de manière très importante. Il est à noter également que les parties aériennes de la Renouée du Japon meurent en hiver laissant ainsi les sols ou déchets à nu qui sont alors soumis à l'érosion terrestre.

Le Buddléia (*Buddleia davidii*) est moins inquiétant que la Renouée. Bien qu'il se dissémine par voie végétative et par graine, il ne développe pas des massifs exclusifs mais se mélange à la végétation locale dont il diminue cependant la diversité et dénature l'habitat. Bien que cette espèce soit connue pour attirer les papillons cela ne représente qu'un attrait visuel et esthétique dans un jardin car si l'odeur et le nectar attirent les lépidoptères, cette essence ne permet la reproduction d'aucune espèce locale. Il n'y a donc aucun bénéfice biologique à l'expansion du Buddléia.

Effets sur la faune

Les falaises du littoral cauchois sont surtout remarquables pour leur avifaune nicheuse. L'impact sur la faune est d'autant plus important que l'impact sur la flore terrestre est significatif générant alors une diminution de la biodiversité.

La présence de déchets plastiques génère cependant un impact sur la faune qui lorsqu'elle les ingère risque un étouffement ou une occlusion intestinale.

2. Impact sur la santé humaine

Le principal risque sur les talus est d'ordre physique et concerne les blessures du fait que les talus sont chaotiques et peu propices à la marche,

Le risque sanitaire ne peut cependant pas être écarté du fait de la présence de déchets potentiellement dangereux ou pouvant contenir des substances dangereuses.

C. IMPACTS ET RISQUES SUR L'ESTRAN

1. Impact sur le milieu naturel

a) *Morphologie*

Au niveau de l'estran, l'impact est également très important du point de vue morphologique et tend à s'atténuer sous l'effet de l'érosion marine. Par des coefficients d'environ 70 et selon les conditions météorologiques, au niveau des cônes des décharges, la morphologie de l'estran est telle que la mer sape directement la partie basse des bourrelets reprenant ainsi les déchets.

b) *Paysage - visibilité*

L'impact majeur est visuel généré par la présence de déchets sur les plages au droit des décharges mais également aux alentours. Les déchets les plus observés au droit des décharges sont les déchets de maçonnerie et les ferrailles qui selon la dérive littorale migrent vers le Sud en direction des plages de Sainte Adresse et du Havre. Ces déchets génèrent un impact notable sur le paysage et potentiellement sur la santé humaine (blessure).

Les caoutchoucs ancrés dans l'estran génèrent également un impact visuel mais limité à l'emprise des décharges du fait de leur résistance face à l'érosion marine.

Les déchets immergés ou émergés de toute nature génèrent un impact visuel notable sur l'estran, des risques sanitaires et de ce fait un probable impact économique notamment au niveau des stations balnéaires de Sainte Adresse et du Havre. Toutefois, compte tenu de la mobilité des déchets immergés ou émergés en mer sujette aux conditions météo-océanographiques, du contexte industrialo-portuaire et de l'embouchure de la Seine à proximité de la zone d'étude, la présence de ces déchets sur les plages aux alentours des décharges ne peut être imputée qu'à la présence des décharges.

c) *Qualité des sols*

La qualité chimique des sols au droit de l'estran ne semble pas altérée du fait de la présence sous les galets de l'horizon argileux du Kimméridgien de nature peu perméable.

d) *Faune - Flore*

L'impact des décharges est notable sur la flore de l'estran puisque l'avancement des cônes à générer une suppression quasi-totale de l'estran. A l'heure actuelle, l'estran étant immergé à marée haute lors de coefficient d'environ 70, la flore ne peut donc pas se reconstituer.

2. Impact et risques sur la santé humaine

Les principaux risques sur ce secteur sont de type physique :

- Risque lié au glissement de terrain ou aux chutes de blocs au niveau des abrupts des basses falaises.
- Risque de blessure lié à la présence de déchet et notamment fers à béton sur l'estran.

D. IMPACTS ET RISQUES SUR LA MER

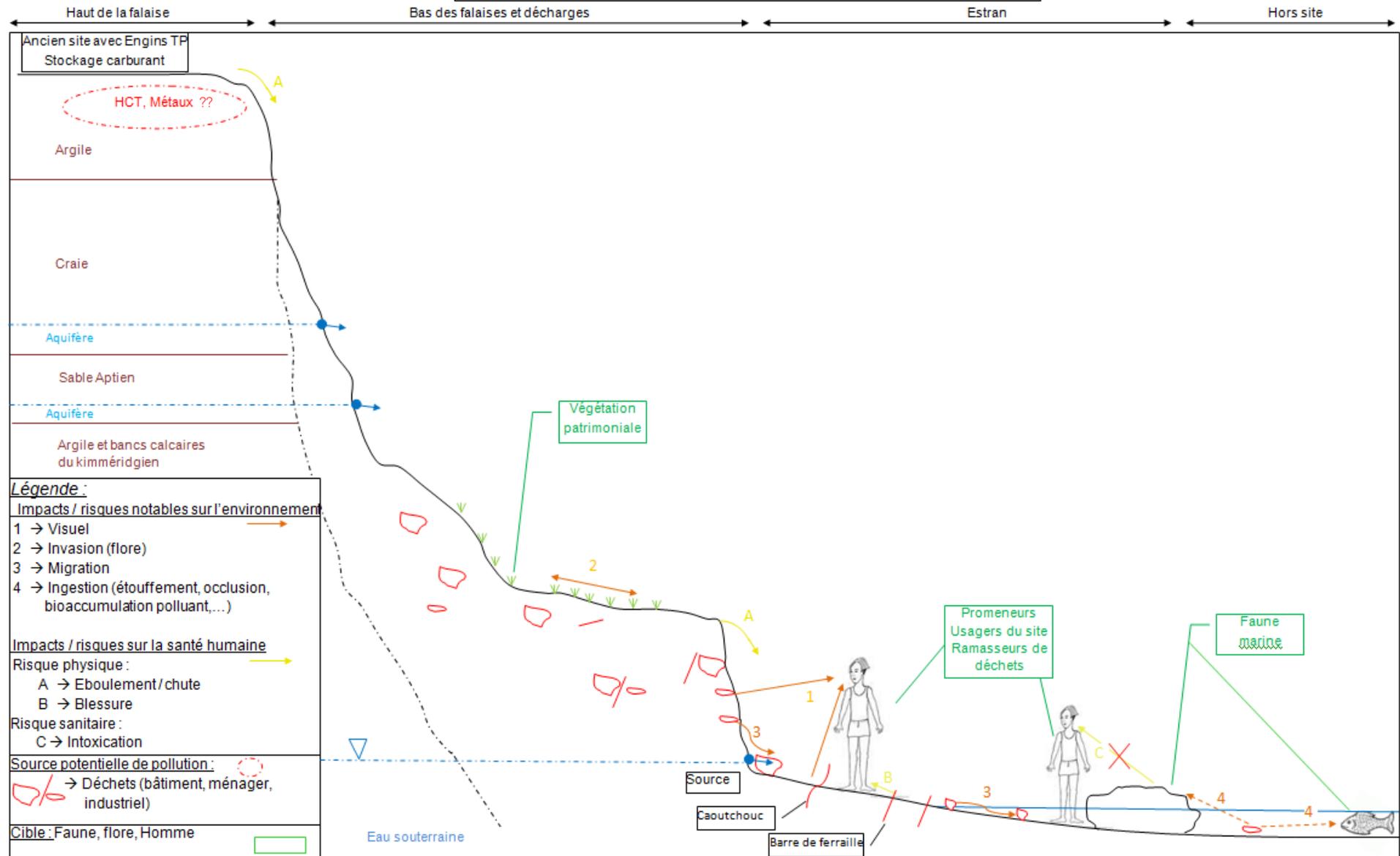
1. Qualité des eaux

Les prélèvements d'eau de mer et analyses réalisées en avril 2011 mettent en évidence l'absence de pollution selon les critères de potabilité. Compte tenu de la présence à proximité du complexe industrialo-portuaire, il serait intéressant d'analyser les moules qui ont des capacités de bioaccumulation importantes dans leur chair en polluants de type métaux lourds et PCB du fait de leur grande capacité de filtration des eaux.

2. Faune - Flore

La présence de déchets en mer génère un impact notable sur la faune et la flore. Mais du fait de la présence du complexe portuaire et de l'embouchure de la Seine, l'origine des déchets est multiple et l'impact des décharges de Dollemard sur le milieu marin ne peut être mesuré à l'heure actuelle.

Synthèse des risques et impacts notables lié aux décharges



III. DEFINITION DES SOLUTIONS D'OPTIMISATION DE GESTION DES DECHARGES

A partir des éléments collectés lors des phases précédentes et présentés ci-avant, l'impact des décharges de Dollemard sur le littoral est lié à deux phénomènes :

- La présence de déchets de diverses natures au sein des bourrelets qui peuvent être considérés comme :
 - Inertes : déchet de démolitions, déconstruction, terres non polluées,
 - Non inertes et non revalorisables : déchets industriels banals (plastiques, joints,...), ordures ménagères, déchets industriels spéciaux (fûts ayant pu contenir des produits dangereux, transformateurs).
 - Non inertes et révalorisables : ferrailles,...
- L'érosion marine, qui est considérable notamment au droit des bourrelets avec des vitesses d'érosion de l'ordre de 1 à 2 m/an voir ponctuellement 3 à 4 m/an, fait ressurgir les déchets enfouis qui sont ensuite pour certains repris par la mer et dispersés sur le littoral alentour.

Selon ces deux phénomènes plusieurs solutions des gestions des décharges sont proposées ci-après et répartis selon deux grandes alternatives :

- Suppression de la source (déchets),
- Protection contre l'érosion marine,

Une troisième alternative qui consiste à procéder au nettoyage du littoral est également envisagée sachant que le rétablissement du linéaire côtier sur l'emprise des décharges de Dollemard selon Créocéan est estimé à une quarantaine d'années.

Ces solutions de gestion des décharges sont à distinguer des mesures d'urgence présentées dans le rapport 10525D de la tranche 4 bien que dans le cas du nettoyage du littoral, les deux actions sont similaires.

Chaque alternative fait l'objet ci-après d'une description succincte des différentes phases de réalisation associées à une estimation financière globale.

Ces estimations financières nécessiteront d'être ajustées par la réalisation d'études spécifiques ou essais pilote une fois l'orientation stratégique de gestion des décharges établie.

A. REPRISE ET EVACUATION DES DECHETS

Cette alternative (A) consiste à excaver les matériaux constituant les cônes des décharges jusqu'au réalignement du linéaire côtier ou l'atteinte des talus naturels exempts de déchets supprimant ainsi la source des nuisances.

Plusieurs solutions peuvent être envisagées selon cette alternative :

- Solution A1 : Excavation, tri et évacuation de l'ensemble des matériaux excavés selon les filières adaptées,
- Solution A2 : Excavation, tri et évacuation des matériaux non inertes uniquement selon les filières adaptées.

1. Solution A1 : Excavation, tri et évacuation de la totalité des matériaux excavés

a) Généralités

Cette solution se décompose en plusieurs étapes :

- 1) excavation des matériaux constituant les bourrelets jusqu'au réalignement du linéaire côtier ou l'atteinte des talus naturels exempts de déchets,
- 2) transfert de ces matériaux en partie haute des falaises
- 3) tri permettant d'optimiser les coûts d'évacuation/élimination selon les différentes filières,
- 4) évacuation vers les différentes filières adaptées :
 - ISDI pour les inertes (terres, gravats, déchets maçonnerie,..)
 - ISDND pour les plastiques, les cordages, toiles et tissus,
 - Filière de revalorisation matière pour les ferrailles.

Cette solution très ambitieuse vise à restituer au milieu son état « naturel ». Elle repose sur un curage total des cônes des décharges et des déchets associés (estimé à 400 000 tonnes).

Lors du terrassement de l'ensemble des bourrelets, une fois l'estran accessible aisément, les déchets présents sur ce dernier (joints, ferrailles,...) seront excavés et évacués également.

b) Aspect technique

D'un point de vu technique, cette solution est envisageable mais révèle plusieurs difficultés majeures telles que :

- Déstabilisation potentielle des talus naturels et des falaises (consolidation à prévoir),
- l'accès au site pour les engins de chantiers et le personnel : Il pourra être réalisé à partir de la piste Aquacaux alors renforcée et prolongée ou d'une piste créée spécifiquement depuis le plateau de Dollemard. Cette dernière pour qu'elle soit praticable devra avoir une pente maximale de 15 à 20 %. Les éléments relatifs à la piste seront développés dans le paragraphe suivant.
- le mode de transfert des matériaux en haut de falaise ou s'effectuera le tri : utilisation d'engins de chantier de type tractobenne/tombereau/camion chenille nécessitant une piste renforcée depuis le plateau de Dollemard ou de bandes transporteuses,
- Le transport des matériaux inertes vers la filière d'évacuation adaptée (ISDI) nécessite un renforcement des voies d'accès à la zone de tri des matériaux,
- L'acceptation des matériaux inertes à proximité du site. Il est nécessaire d'identifier à l'avance des sites d'accueil (en local ou régional) de ces matériaux inertes en ayant validé au préalable la compatibilité chimique des matériaux avec l'environnement du site d'accueil et son usage futur,
- L'acceptation des DIB et assimilés en filière adaptée sur le secteur (Etares),
- Présence potentielle d'engins explosifs datant de la seconde guerre mondiale.

c) Aspect environnemental

D'un point de vu environnemental cette solution permet de restituer le littoral dans son état « naturel » et ce après que la végétation locale introduite aura réinvesti les lieux (suppression des espèces invasives).

Cette solution génère des nuisances (bruit, poussières, vibrations,...) pour les alentours et une quantité notable de gaz à effet de serre (5 à 6 pelles mécaniques 25 t à temps plein durant 1 an sans compter les émissions liées au transfert des matériaux en haut de falaise ni leur évacuation vers les différentes filières).

d) Aspect financier

D'un point de vu financier, cette solution est la plus onéreuse. Les hypothèses d'estimation de chiffrage reposent sur les éléments suivants :

Volume de matériaux à évacuer :

Les volumes de matériaux ont été établis à partir de l'orthophotographie transmise par la ville du Havre en date de 2008 et des observations effectuées sur les abrupts des basses falaises.

Ces hypothèses pourront être affinées par :

- la réalisation sur les bourrelets de sondages profonds jusqu'à atteindre le « terrain naturel » sous jacent et selon un maillage d'environ 500 m² (environ 40 à 50 sondages) permettrait de cartographier en trois dimensions la présence de déchets permettant ainsi de prioriser les zones à excaver,
- la réalisation de relevés topographiques permettant de quantifier précisément le volume des zones à terrasser.

Pour établir la présente estimation financière, nous avons considéré comme volume à terrasser :

- les zones des bourrelets localisées en avant par rapport au linéaire côtier (secteur 1, 3 et 4),
- les zones en retrait présentant des amas visibles de déchets (secteur 2).

A savoir que cette solution de traitement peut-être menée par tranche ou par secteur d'intervention.

Secteur	longueur (m)	largeur (m)	hauteur (m)	Volume total (m3)	Estimation tonnage total	Estimation tonnage inerte (96%)	Estimation tonnage métaux (3)%	Estimation tonnage DIB (1)%
1	240	30	14	100 800	180 000	172 800	5 400	1 800
2	55	16	17	14 960	30 000	28 800	900	300
3	275	30	12	99 000	180 000	172 800	5 400	1 800
4	50	10	5	2 500	5 000	4 800	150	50
Total	620			217 260	395 000	379 200	11 850	3 950

Création de la piste :

La piste créée depuis le plateau de Dollemard devra avoir une pente maximale de 15 à 20% pour permettre le passage des engins. Pour ce faire, la piste devra avoir une longueur totale d'environ 500 à 600 m à flan de falaise en surplomb des deux bourrelets principaux (secteur 1 et secteur 3).

Du fait de la présence d'un abrupt d'environ 20 mètres en partie haute des falaises un décaissement d'environ 150 m en bordure de falaise depuis le plateau de

Dollemard devra être effectué pour amorcer la piste représentant un volume d'environ 250 000 m³ de matériaux à décaisser.

Estimation financière solution A1 :

	Inertes	Métaux	DIB ou assimilés
Estimation tonnage t	380 000	12 000	4 000
Création plateforme (5 000 m ²)	65 à 75 k€		
Création piste	450 à 600 k€		
Excavation 6 à 8 €/t	2 400 à 3 200 k€		
Transfert 6 à 8 €/t	2 400 à 3 200 k€		
Criblage 18 à 21 €/t	7 100 à 8 300 k€		
Evacuation en filière adaptée ISDI : 12 à 15 €/t Métaux : 0 €/t ISDND : 90 à 100 €/t	4 560 à 5 700 k€	Valorisation matière	360 à 400 k€
Total	17,5 à 21,5 M€HT		

Cette estimation ne prend pas en compte les coûts liés :

- à la maîtrise d'œuvre,
- à la stabilité de la falaise,
- à la variation des prix du marché.

A savoir que cette solution de gestion peut-être menée par tranche ou par secteur d'intervention permettant de répartir le budget sur une plus longue échéance. Il faudra dans ce cas prévoir des frais de mobilisation et démobilisation de chantier.

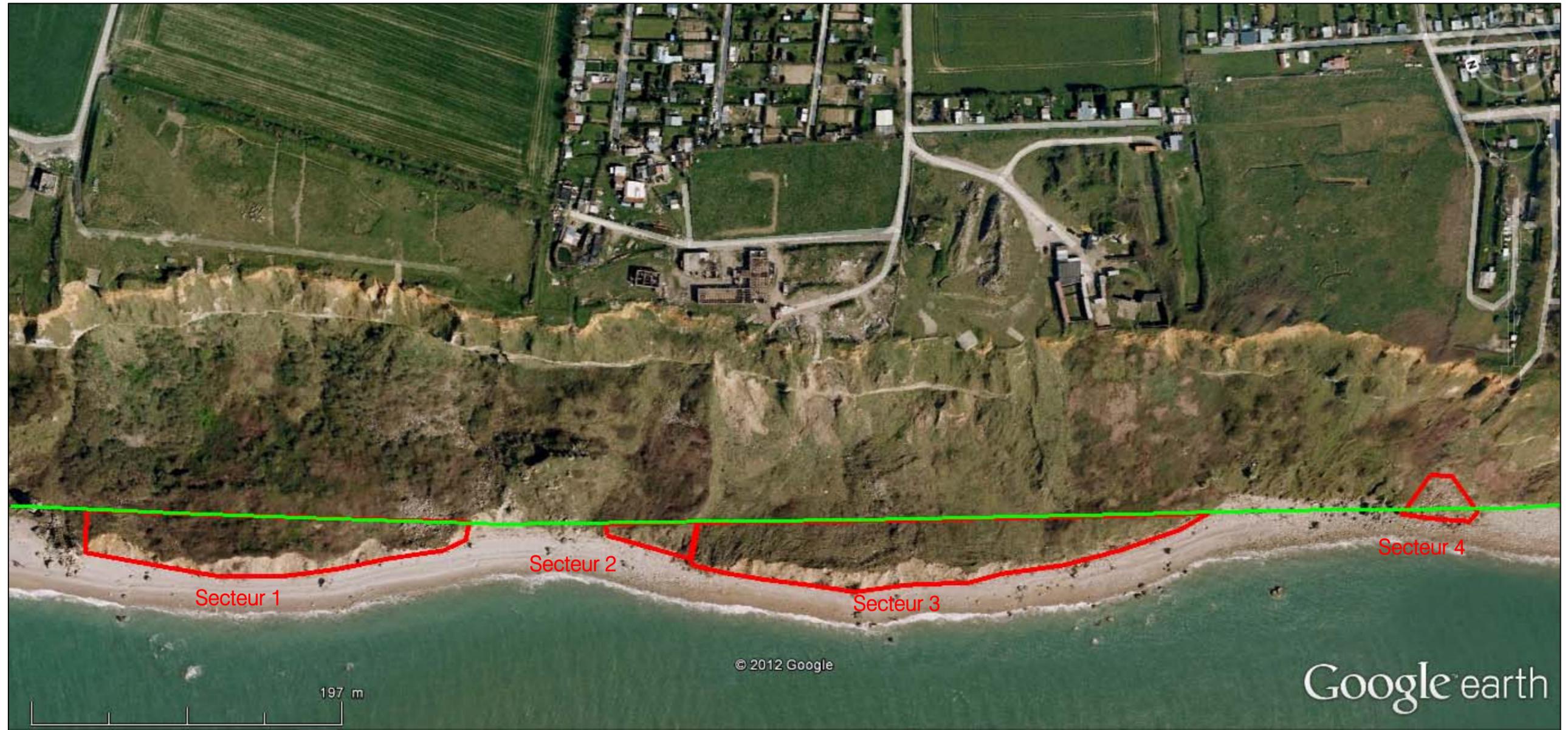


Figure 1. Emprise des zones à excaver au niveau des bourrelets

2. Solution A2 : Excavation, tri et évacuation des déchets hors matériaux inertes

a) Généralités

Cette solution est une variante de la solution précédente qui consiste à excaver les matériaux constituant les bourrelets jusqu'au réalignement du linéaire côtier ou l'atteinte des talus naturels exempts de déchets, les trier sur place et n'évacuer que les matériaux non inertes ou valorisable (ferraille). Lors du terrassement de l'ensemble des bourrelets, les déchets de type joints implantés dans l'estran au droit du secteur 1 pourront de même être excavés.

Cette solution limite le transfert et l'évacuation des matériaux inertes qui constituent environ 96 % des bourrelets.

Cette solution ambitieuse vise à supprimer les déchets non inertes (source de nuisance) et permet le cas échéant de reprofiler les talus.

b) Aspect technique

Les difficultés sont similaires à la solution A1 à savoir :

- Déstabilisation potentielle des talus naturels et des falaises (consolidation à prévoir),
- l'accès au site pour les engins de chantiers et le personnel : l'accès pourra être réalisé à partir de la piste Aquacaux ou créer spécifiquement depuis le plateau de Dollemard,
- l'évacuation des matériaux valorisables ou non inertes : utilisation d'engins de chantier de type tractobenne/dumper nécessitant une piste carrossable.
- L'acceptation des DIB et assimilés en filière adaptée sur le secteur (Etares),
- Présence potentielle d'engins explosifs datant de la seconde guerre mondiale.

c) Aspect environnemental

D'un point de vu environnemental, cette solution permet le retrait des déchets non inertes et de réaliser un reprofilage/revégétalisation des talus avec éventuellement l'aménagement d'un accès à l'estran depuis le plateau de Dollemard revalorisant ainsi ce tronçon du littoral ou l'aménagement en zone de pâture pour les chèvres.

Cette solution génère comme pour la solution A1 des nuisances (bruit, poussières, vibrations,...) pour les alentours. Cependant, du fait de ne pas avoir à transférer et évacuer 380 000 tonnes de matériaux inertes, le rejet de gaz à effet de serre bien que notable est inférieur à celui de la solution A1.

d) Aspect financier

D'un point de vu financier, cette solution même si elle est moins onéreuse que la précédente, reste couteuse. Les hypothèses d'estimation de chiffrage sont similaires à la solution A1. Les volumes à excaver sont similaires à ceux de la solution A1 et peuvent être affinés par la réalisation de sondages complémentaires et de relevé topographique.

Estimation financière solution A2 :

	Inertes	Métaux	DIB ou assimilés
Estimation tonnage t	380 000	12 000	4 000
Création plateforme (5 000 m²)	65 à 75 k€		
Création piste	450 à 600 k€		
Excavation 6 à 8 €/t	2 400 à 3 200 k€		
Criblage 18 à 21 €/t	7 100 à 8 300 k€		
Remodelage du profil 6 à 8 €/t	2 300 à 3 000 k€		
Transfert haut de falaise 6 à 8 €/t	-	72 à 96 k€	24 à 32 k€
Evacuation en filière adaptée ISDI : 12 à 15 €/t Métaux : 0 €/t ISDND : 90 à 100 €/t	-	0 k€	360 à 400 k€
Total	12,7 à 15,7 M€HT		

Cette estimation ne prend pas en compte les coûts liés :

- à la maîtrise d'œuvre,
- à la stabilité de la falaise,
- à la variation des prix du marché.

A savoir que cette solution de gestion tout comme la solution A1 peut-être menée par tranche ou par secteur d'intervention permettant de répartir le budget sur une plus longue échéance. Il faudra dans ce cas prévoir des frais de mobilisation et démobilisation de chantier.

B. PROTECTION CONTRE L'ÉROSION MARINE

En général, lorsqu'un estran de galets est bien développé et se trouve en état d'équilibre, il s'avère être lui-même un remarquable protecteur du littoral.

Sur le secteur d'étude et notamment au droit des bourrelets des décharges, le cordons de galets est très limité voir inexistant du fait que :

- l'estran entre le cap d'Antifer et le Cap de la Hève fait l'objet d'un appauvrissement en galets (liées à diverses causes telles que le ramassage intense antérieur, la construction d'ouvrage sur Antifer ?,...),
- ces bourrelets empiètent aujourd'hui de l'ordre de 30 mètres sur l'estran suite à l'activité des décharges et aux différents glissements de terrain. A partir de coefficients d'environ 70, la mer sape le pied des basses falaises générant ainsi des éboulements et une libération des déchets enfouis.

Cette alternative consiste alors à mettre en œuvre des moyens pour limiter l'érosion marine au niveau des basses falaises et ainsi atténuer l'apparition et la reprise des déchets par la mer. Elle n'a cependant aucune action sur la source même des nuisances à savoir les déchets non inertes. De plus, cette alternative ne concerne que les secteurs 1 et 4 présentant ces bourrelets.

Du fait que les basses falaises soient constituées dans le cas présent par des remblais et terres compactées naturellement au gré du temps et des glissements, les techniques de gestion de l'érosion côtière applicables dans le cas présent sont celles correspondant à une plage de galets.

Au vu des éléments pré-cités (falaises meubles, sapement direct par la mer), seules les techniques dures sont envisageables pour protéger efficacement de l'érosion marine à savoir les solutions suivantes :

- Solution B1 : Réalisation d'un ouvrage longitudinal de haut de plage,
- Solution B2 : Réalisation d'ouvrages transversaux (batterie d'épis).

Ces solutions pour être efficaces nécessitent la mise en œuvre de matériaux ayant une blocométrie bien particulière, ainsi, l'utilisation de blocs présents sur le site est fortement déconseillée.

1. Solution B1 : Ouvrages longitudinaux en haut de plage

a) Généralités

Les ouvrages longitudinaux de haut de plage ont pour objectif de fixer la limite du trait de côte. De nos jours, ces ouvrages sont essentiellement réalisés en enrochements naturels ce qui permet une bonne dissipation de l'énergie de la houle, et qui de plus bénéficie d'une facilité de mise en œuvre et d'entretien.

L'objectif de ce type d'aménagement sera d'une part de stopper l'érosion des basses falaises mais aussi de limiter la reprise des déchets par la mer.

L'ouvrage devra être dimensionné selon les conditions hydrodynamiques du site afin de lui assurer une stabilité face aux événements tempétueux.

A noter qu'avec cette solution, l'érosion de part et d'autre de l'ouvrage longitudinal se poursuit générant un recul du trait de côte et mettant d'autant plus en avant les bourelets contenant toujours les déchets.

b) Aspect technique

La protection frontale de haut de plage sera réalisée en enrochements. Ce type d'ouvrage offre :

- un bon amortissement de la réflexion de la houle,
- n'engendre pas de coûts de réalisation trop importants,
- une bonne durabilité et des coûts de réfection modérés,
- parmi les meilleures intégrations paysagères pour des ouvrages de ce type et dans ce contexte.

L'ouvrage sera composé depuis le centre vers l'extérieur :

- d'une toile géotextile assurant le maintien des éléments du noyau,
- d'une couche filtre composée de petits enrochements de blocométrie 60-300Kg,
- d'une carapace d'enrochements de blocométrie minimum de 1-3 tonnes avec une pente maximum de 2H/1V, dimensionnée en fonction des conditions d'agitation extrêmes pouvant survenir sur le site.

La blocométrie des enrochements est donnée à titre indicatif à partir des données consultées sur les environs du site. Des études complémentaires spécifiques au site d'étude seront à mener afin de déterminer avec précision la masse des enrochements à mettre en place ainsi que les caractéristiques dimensionnelles de

l'ouvrage. Ces caractéristiques, notamment la position du pied de talus (qui sera un élément important dans la durée de vie de l'ouvrage) devra tenir compte des phénomènes d'érosion.

La mise en œuvre de cet ouvrage nécessite préalablement les opérations suivantes :

- création d'un accès au site pour les engins de chantiers, le personnel ainsi que pour amener les blocs sur la zone. Il pourra être réalisé à partir de la piste Aquacaux ou créé spécifiquement depuis le plateau de Dollemard (cf. solution A1),
- talutage préalable des basses falaises selon une pente 3H/2V permettant de placer l'ouvrage au plus près des basses falaises et d'assurer des conditions de sécurité satisfaisantes.

A noter également que la réalisation de cet ouvrage devra tenir compte des marées.

c) Aspect environnemental

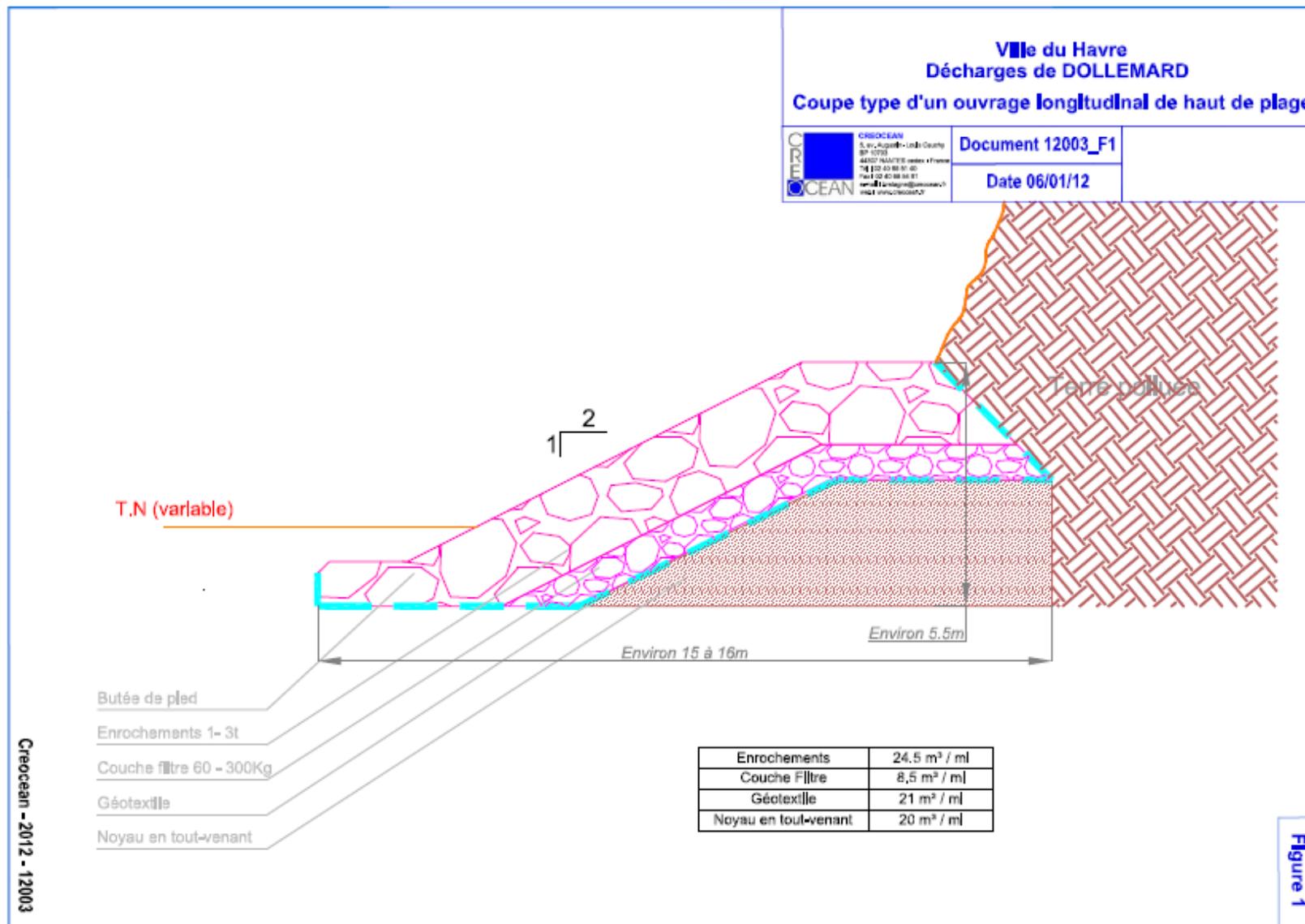
Du point de vu environnemental, cette solution consiste à confiner les déblais et déchets contenus au sein des bourrelets et ne permet pas de supprimer les sources de nuisances. A noter qu'avec cette solution, l'érosion de part et d'autre de l'ouvrage longitudinal se poursuit générant un recul du trait de côte mettant d'autant plus en évidence le bourrelet contenant toujours les déchets.

Cette solution nécessite des aménagements notables (piste d'accès renforcée) qui dénature le site ainsi que les moyens de terrassements et de transports conséquents avec les désagréments que cela implique (bruit, vibration, poussière, gaz à effet de serre,...).

d) Aspect financier

Le coût de réalisation sera fonction de différents paramètres :

- La présence d'une carrière à proximité apte à fournir en quantité et en qualité les enrochements désirés,
- Les conditions d'accès au site pour l'acheminement des matériaux,
- La possibilité de réutilisation ou non des matériaux du site, à savoir que les matériaux du site ne pourront pas convenir à la réalisation de la carapace des épis (masse, forme,...). Les matériaux du site pourraient éventuellement remplacer les enrochements de la couche filtre, cependant vu les faibles volumes à mettre en place, le gain serait minime par rapport au coût global.
- La proximité de l'ouvrage aux basses falaises qui détermine le volume de déblais à terrasser des basses falaises (pente 3H/2V).



En première approximation le coût de réalisation de l'ouvrage en lui-même en enrochement est de l'ordre de 3 500 à 4 500 € par mètre linéaire.

Estimation financière solution B1 :

		Secteur 1	Secteur 3
Longueur ouvrage	m	260	450
Hauteur ouvrage	m	2,5	2,5
Largeur ouvrage	m	16	16
Coût ouvrage	3 500 à 4 500 €/ml	910 à 1 170 k€	1 575 à 2 025 k€
Terrassement basses falaises (ouvrage adossé aux basses falaises)	10 à 12 €/t	460 à 550 k€	530 à 630 k€
Création d'une piste		450 à 600 k€	
Etudes préalables		80 k€	
Total		4 à 5 M€HT	

2. Solution B2 : Ouvrages transversaux – Batterie d'épis

a) Généralités

Les épis devront permettre de bloquer une partie du transit littoral afin de permettre un engraissement de la plage en amont sans créer de déficit de sable important à l'aval.

L'objectif des épis est de recréer un haut de plage en fixant les sédiments sur le littoral et donc de limiter le recul du trait de côte.

Cette solution n'est envisageable que si les conditions suivantes sont réunies :

- Présence d'une capacité au transport sédimentaire (dérive littorale),
- Présence d'un stock sédimentaire.

Si l'une de ces deux conditions est absente, la mise en place d'épis ne sera en rien justifiée.

De plus, il ne faut pas perdre de vue, que l'ouvrage ne sera pas efficace dès sa réalisation. En effet, il faudra attendre que les casiers situés entre chaque épi se remplissent en sédiment afin de constater une réelle action de l'ouvrage.

b) Type d'ouvrage

Il existe différentes sortes d'épis d'un point de vue technique. Les solutions envisageables sont les suivantes :

- Les épis en rideau de palplanches auto-stables,
- Les épis en géotextiles de type "stabiplage",
- Les épis en bois,
- Les épis en enrochement.

Chaque type d'épi possède ses avantages et ses inconvénients qui sont dépendant des conditions hydrodynamiques et hydrosédimentaires du site.

Epis en rideau de palplanches auto-stable

Ces ouvrages sont constitués :

- D'un rideau de palplanche acier auto-stable, assurant la stabilité de l'épi vis-à-vis des efforts exercés par la poussée des terres et liés à la différence de niveau de plage entre l'amont et l'aval de l'épi.
- D'une couverture de la tête du rideau par un couronnement béton ou bois. Ces éléments de couverture permettant de protéger les palplanches de l'abrasion des galets, d'améliorer l'aspect esthétique des épis.

Ce type d'ouvrage, bien qu'il permette une bonne intégration visuelle des ouvrages, possède des coûts de réalisation élevés. Ce type d'épi n'est donc pas a priori le mieux adapté au site.



Figure 3. Epi en rideau de palplanches auto-stable et couronnement béton/bois (Saint Adresse)

Epis en géotextile

Les épis en géotextile n'ont fait leur apparition que très récemment en France et on ne dispose pas d'un retour d'expérience suffisant en ce qui concerne leur durabilité. Ils sont composés d'une chaussette en géotextile dans laquelle des sédiments sont injectés.

Etant donné, les fortes contraintes hydrodynamiques la présence de galets et de débris (métalliques notamment) sur la plage pouvant endommager la structure, ce type d'ouvrage n'est pas conseillé.



Figure 4. Epi en géotextile

Epis en bois

Un très grand nombre d'épis en bois ont été réalisés sur le littoral français. Ces épis sont classiquement constitués d'un ensemble de poteaux et de planches en bois lestés ou non par des enrochements. Ces ouvrages de conception simple et peu onéreux ne sont généralement pas suffisamment stables pour permettre un dénivelé supérieur à 1m et pour résister à des conditions hydrodynamiques fortes.

L'utilisation d'un bois très dur, de type Azobé serait souhaitable, cependant, cela aura un impact non négligeable sur les coûts de réalisations. La plage étant composée de débris et de galets, l'utilisation de bois ne semble pas judicieuse d'un point de vue durabilité de l'ouvrage.



Figure 5. Epi en bois classique

Épis en enrochement

Les épis en enrochement profitent d'un grand nombre de retour d'expériences en France. Ceux-ci sont dimensionnés face aux conditions hydrodynamiques du site afin de leur assurer une stabilité face aux événements tempétueux.

Dans notre cas, les épis en enrochements apparaissent les plus adaptés pour les raisons suivantes :

- Facilité de mise en œuvre,
- Facilité d'entretien,
- Durabilité de l'ouvrage.



Figure 6. Epi en enrochements

c) Caractéristiques des épis en enrochements

Les épis seront réalisés en enrochements. Ce type d'ouvrage offre un bon amortissement de la réflexion de la houle et n'engendre pas de coûts de réalisation trop importants.

L'ouvrage sera donc composé :

- d'une toile géotextile assurant le maintien des éléments du noyau,
- d'une couche filtre composée de petits enrochements de blocométrie 60-300Kg,
- d'une carapace d'enrochements de blocométrie minimum de 1-3 tonnes avec une pente de 2H/1V. La masse des enrochements sera dimensionnée en fonction des conditions d'agitation pouvant survenir sur le site,
- et éventuellement d'une seconde nappe de géotextile, disposée verticalement à travers la partie centrale de la carapace, permettant d'améliorer l'étanchéité de la partie supérieure de l'épi.

La configuration des batteries d'épis définie dans le cas présent est la plus probable mais la cote d'arase ainsi que la longueur des épis seront à déterminer et confirmer par des études hydro-sédimentaires.

La blocométrie des enrochements est donnée à titre indicatif et devra être vérifiée lors des études ultérieures.

La mise en œuvre de cet ouvrage nécessite préalablement la création d'un accès au site pour les engins de chantiers, le personnel ainsi que pour l'amenée des blocs sur la zone. Il pourra être réalisé à partir de la piste Aquacaux ou créé spécifiquement depuis le plateau de Dollemard (cf. solution A1),

A noter également que la réalisation de cet ouvrage devra tenir compte des marées.

d) Aspect environnemental

Du point de vue environnemental, cette solution consiste à confiner les déblais et déchets contenus au sein des bourrelets et ne permet pas de supprimer les sources des nuisances. A noter que cette solution sera dimensionnée pour limiter également le recul du linéaire côtier aux abords immédiats de la zone à protéger.

Cette solution nécessite des aménagements notables (piste d'accès renforcée) qui dénature le site ainsi que les moyens de terrassements et de transports conséquents avec les désagréments que cela implique (bruit, vibration, poussière, gaz à effet de serre,...).

e) Aspect financier

Le coût de réalisation sera fonction de différents paramètres :

- La présence d'une carrière à proximité apte à fournir en quantité et en qualité les enrochements désirés,
- Les conditions d'accès au site pour l'acheminement des matériaux,
- La possibilité de réutilisation ou non des matériaux du site, à savoir que les matériaux du site ne pourront pas convenir à la réalisation de la carapace des épis (masse, forme,..). Les matériaux du site pourraient éventuellement remplacer les enrochements de la couche filtre, cependant vu les faibles volumes à mettre en place, le gain serait minime par rapport au coût global.

En première approximation le coût de réalisation de l'ouvrage en lui-même en enrochement est de l'ordre de 3 000 à 4 000 € par mètre linéaire.

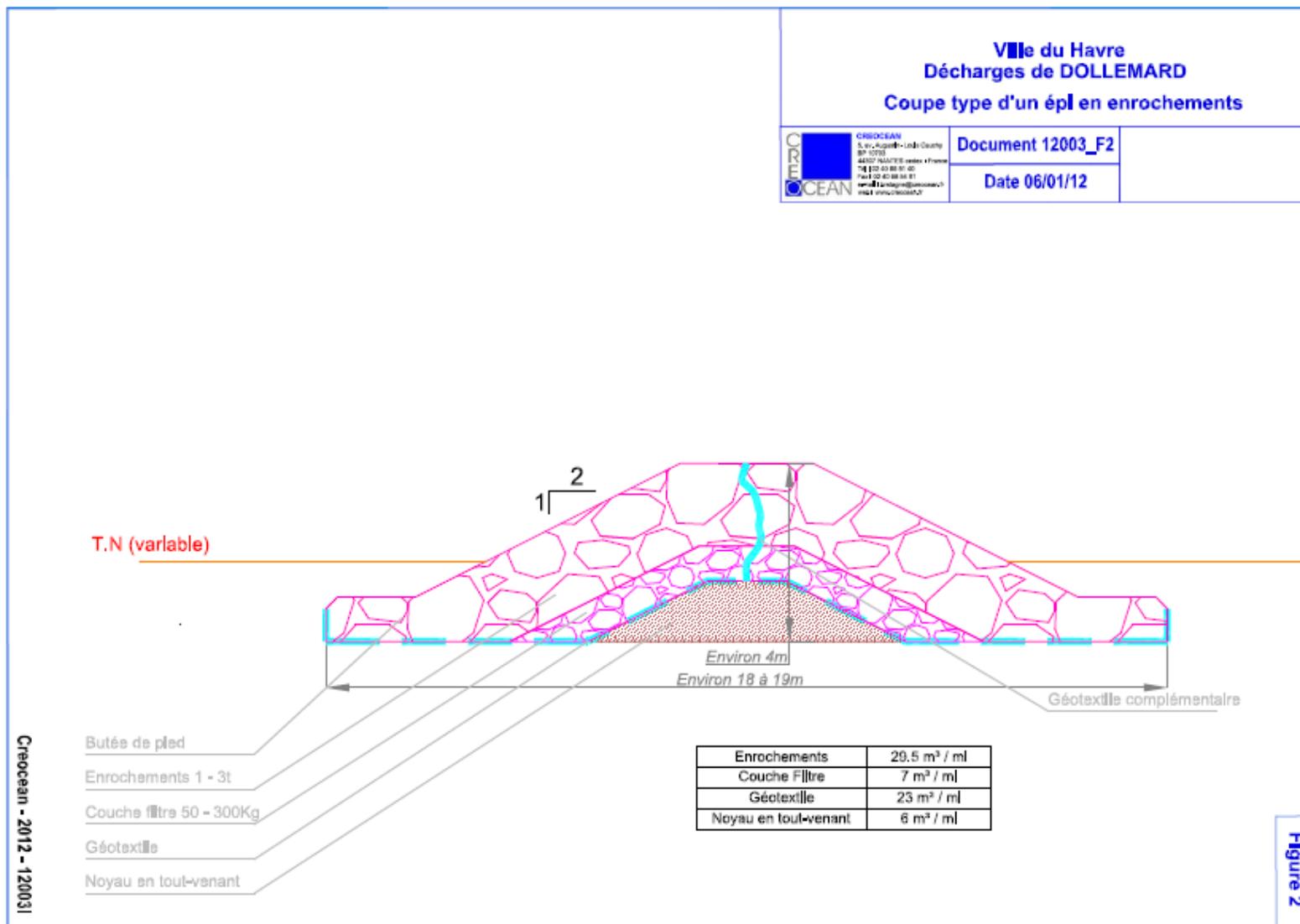


Figure 7. Coupe d'un ouvrage transversal (Source Créocéan)

Estimation financière solution B2 :

		Secteur 1	Secteur 3
Longueur ouvrage	m	60	60
Hauteur ouvrage	m	2 m/TN	2 m/TN
Largeur ouvrage	m	16	16
Nombre ouvrage		6	9
Linéaire ouvrage	m	360	540
Coût batterie épis	3 000 à 4 000 €/ml	1 000 à 1 500 k€	1 620 à 2 160 k€
Création d'une piste		450 à 600 k€	
Etudes préalables		80 k€	
Total		3,1 à 4,4 M€HT	

3. Solution B3 : Combinaison ouvrages longitudinaux et ouvrages transversaux

Une solution mixte combinant les ouvrages longitudinaux et transversaux (solutions B1 et B2) pourrait être envisageable mais serait de ce fait plus coûteuse.

Cette solution pourrait être approfondie comme les deux autres une fois les études hydrosédimentaires spécifiques menées.

Nettoyage du littoral

4. Généralités sur cette alternative

Le nettoyage du littoral par rapport aux solutions présentées précédemment est une technique douce qui consiste à :

- ramasser sur l'estran les déchets échoués non inertes,
- découper/collecter les déchets non inertes apparaissant sur les abrupts des basses falaises et qui présentent l'impact visuel le plus fort : plastiques.

L'intérêt de cette technique est qu'elle permet de moduler les coûts en fonction des catégories de déchets à collecter et du résultat escompté. En effet, le ramassage peut être orienté selon différents critères :

- nature des déchets : déchets non inertes (plastiques, joints ancrés dans l'estran) et ou ferrailles,
- fréquence de collecte : trimestrielle, semestrielle ou adaptée selon les observations de terrain.

Cette solution pourra être confiée en totalité à l'association Aquacaux qui dispose :

- de l'accès à l'estran,
- d'une très bonne connaissance du secteur,
- de matériel adapté : pelle mécanique, tracteur-remorque, mini-dumper sur chenilles,...),
- de personnel qualifié et/ou formé à l'utilisation de ce matériel,
- et de réactivité.

a) Aspect technique général

Accès au secteur des décharges

L'accès au secteur à nettoyer s'effectue à ce jour via la piste aquacaux puis l'estran sur environ 900 m. A terme, si cette technique de gestion est choisie, nous recommandons le prolongement de la piste Aquacaux jusqu'au secteur des décharges.

Cette piste sera peu fréquentée dans le cadre du chantier (par rapport aux solutions A et B) et sera limité à des engins de gabarit limité (19 tonnes). Elle ne nécessitera alors pas un renforcement particulier.

Par rapport à une piste qui descendrait depuis le plateau de Dollemard, elle a l'intérêt d'être moins onéreuse, de moins dénaturer les falaises ainsi que le plateau de Dollemard.

Moyens mis en œuvre

L'estran au droit de l'emprise des décharges étant recouvert de galets, blocs et roches de dimensions variables (5 cm à 3 m de diamètre), ainsi que de fers à béton susceptibles de crever les pneus d'engins TP, il est nécessaire de prévoir préférentiellement des engins montés sur chenilles (caoutchouc ou métallique) ou sur roues munies de pneus pleins crantés.

Marée

Les opérations de ramassage et collecte des déchets devront tenir compte des marées.

b) Aspect environnemental

D'un point de vu environnemental, cette solution génère peu de désordre car elle repose sur le principe d'accompagner l'érosion de façon à limiter la reprise des déchets par la mer.

Peu d'engins de chantier sont prévus limitant ainsi les nuisances.

Cette solution en revanche ne permet qu'une anticipation faible vis-à-vis d'une éventuelle reprise de déchets par la mer et s'inscrit dans la durée (estimation du réalignement du linéaire côtier à 40 ans).

5. Solutions envisagées

En fonction de la nature des déchets, de leur localisation et de leur importance, différentes solutions peuvent être mises en œuvre :

a) Ramassage au sol des déchets non inertes et non valorisables (plastiques, tissus,..)

Ces déchets sont présents sur l'ensemble de l'emprise des décharges et notamment en partie haute de l'estran hors emprise des bourrelets.

Du fait de leur taille relativement réduite, de leur faible densité ou de leur structure permettant de les plier ou de les couper aisément, ces déchets seront ramassés à la main et mis dans un sac de type toile pour assurer un minimum de compactage. Selon l'importance des déchets collectés et de leur nature, ils seront :

- soit transportés à dos d'homme permettant une meilleure mobilité,
- soit déposés sur un engin de type porte benne sur chenille.

Les ramasseurs seront munis de vêtements de travail et de gants de manutention pour des questions d'hygiène.

A noter que les déchets non inertes tels que plastiques, filet, polystyrène, bidon et bouteille plastique ont pour la plupart (voir pour une grande majorité) une origine autre que les décharges de Dollemard et que leur ramassage sera à prévoir même en cas de mise en œuvre des solutions A ou B.

Aspect technique et environnemental

Cf. remarques générales à cette alternative.

Aspect financier

L'estimation financière pour cette opération dépend de plusieurs paramètres tels que les conditions météo-océanographiques, la politique de gestion des déchets à bord des navires, le transit de déchets lié à la Seine,....

A ce stade, sur le secteur des décharges, nous estimons le coût à environ 20 à 25 k€/an sur la base d'un ramassage par semaine en binôme incluant le mini dumper sur chenille et l'évacuation des déchets collectés.

b) Extraction et ramassage des déchets ancrés dans l'estran

Ces déchets sont localisés au droit du secteur 3 (emprise Papauré) et le volume est estimé à environ 10 m³/10 tonnes,

Le principe consiste à :

- 1) Extraire les caoutchoucs soit à l'aide d'une mini pelle mécanique à chenilles soit de les couper au ras de l'estran à l'aide d'un cutter sécurisé. La première technique a l'intérêt de supprimer l'ensemble des joints mais aussi de mettre en évidence d'éventuels autres déchets ou engins explosifs. La seconde à l'inconvénient de laisser une partie des déchets sous l'estran mais l'avantage d'être plus douce, moins onéreuse et également de pouvoir observer l'éventuel abaissement de l'estran dans le temps.
- 2) Transférer les matériaux jusqu'au centre aquacaux via le mini dumper jusqu'à port Manec puis tractobenne,
- 3) Evacuer les déchets en filière adaptée : ISDND (Etares) pour les joints.

D'un point de vu technique et environnemental, cette opération ne présente pas d'enjeux particuliers.

L'estimation financière pour cette opération est la suivante :

Désignation	Estimation financière*
Extraction des joints	2 à 2,5 k€
Transfert	1,8 à 2,2 k€
Evacuation/traitement	1,2 à 1,5 k€
TOTAL	5 à 6,2 k€

* : chiffrage en tant que prestation Aquacaux

- Moyens humains :	1 800 à 2 250 €
- Matériel :	1 800 à 2 250 €
- Autre (évacuation déchets, logistique) :	1 400 à 1 700 €

c) Ramassage au sol des déchets métalliques valorisables

Les déchets métalliques représentant environ 30 m³/ 30 tonnes sont constitués de :

- ferrailles à béton en pelote généralement positionnées en partie haute de l'estran principalement sur le secteur 4 et qui peuvent être parfois ancrées dans l'estran,
- ferrailles à béton émergent des blocs bétons,

Le principe consiste à :

- 1) Extraire les ferrailles selon les techniques suivantes :
 - Excavation à l'aide d'une mini pelle mécanique à chenilles pour celle ancrées dans l'estran,
 - Sectionnement au ras à l'aide d'un coupe-boulon ou d'un oxycoupeur pour celles qui sont ancrées dans des blocs béton,
 - Ramassage à la main pour les ferrailles de dimension réduite.
- 2) Sectionner les ferrailles à l'aide de l'oxycoupeur pour pouvoir les insérer dans le mini dumper,
- 3) Transférer des matériaux jusqu'à port Manec à l'aide du mini dumper puis jusqu'au centre Aquacaux à l'aide du tractobenne,
- 4) Evacuer les déchets en filière adaptée : valorisation matière.

Aspect technique et environnemental

D'un point de vu technique et environnemental, cette opération ne présente pas d'enjeux particuliers. Elle le mérite de collecter à la « source » les déchets métallique évitant leur migration vers les stations balnéaires en aval.

Aspect financier

L'estimation financière pour cette opération est la suivante :

Désignation	Estimation financière *
Découpage / ramassage des ferrailles et conditionnement	14 à 17 k€
Transfert	6 à 7 k€
Evacuation/traitement	0 k€
TOTAL	20 à 24 k€

* : chiffrage en tant que prestation aquacaux

- Moyens humains :	10 000 à 12 000 €
- Matériel :	9 000 à 11 000 €
- Autre (logistique, consommables,...) :	1 000 €

d) Collecte déchets plastiques affleurant des basses falaises

Cette solution a pour objectif de minimiser la quantité de plastique repris par la mer et minimiser l'impact visuel des décharges. Elle ne sera mise en œuvre que sur les zones ou les plastiques affleurent des bourrelets eux même sapés par la mer. Ces déchets ont été observés au droit :

- Du secteur 1 : avec une répartition éparse des plastiques sur l'ensemble des 240 m de long et 15 m de haut que présente l'abrupt représentant une surface de l'ordre du m²,
- Du secteur 2 avec :
 - La présence d'un horizon très dense en plastiques positionné à hauteur d'homme, ayant une hauteur d'environ 2,5 m et une longueur d'environ 12 m représentant ainsi environ 30 m²,
 - Une répartition éparse comme sur le secteur 1 représentant une surface de l'ordre du m².

Les étapes pour cette solution sont les suivantes :

- 1) Découpe des lambeaux de plastiques à leur base. Cette opération s'effectuera de façon thermique et plus précisément à l'aide d'un

chalumeau soudeur / oxycoupeur. En effet l'essai mené sur le site par SCE en décembre 2011 à l'aide d'un brûleur butane n'a pas donné satisfaction du fait que le flux thermique n'était pas assez canalisé ni suffisamment intense pour découper les films et bâches plastiques. Aquacaux se propose d'effectuer un essai au printemps à l'aide d'un chalumeau soudeur / oxycoupeur. Un revêtement (type bâche) sera disposé au sol sous les déchets à couper pour récupérer ces derniers ainsi que les égouttures liées au brûlage de la base des plastiques.

2) Ramassage des plastiques et évacuation des plastiques en filière adaptée (Etares)

Cette solution de gestion des plastiques possède les avantages suivants :

- Absence de contact avec la terre minimisant ainsi les risques déboulement,
- Suppression des plastiques à l'affleurement,
- Moyens mis en œuvre relativement légers ce qui permet de réitérer l'opération dans le temps au besoin,
- Durée d'intervention relativement courte.

Cette technique possède cependant les inconvénients suivants :

- La base des déchets est brûlée à l'air libre,
- L'utilisation du chalumeau nécessite une formation spécifique du personnel,
- Vérification de l'absence de déchets dangereux à proximité de la zone d'intervention,
- Nécessite d'intervenir à minima en binôme et de prévoir un moyen d'extinction sur les lieux d'intervention (extincteur à eau pulvérisée),
- Nécessite un moyen de transport du matériel jusqu'aux lieux d'intervention de type mini-dumper à chenille,
- Nécessite l'utilisation d'une perche ou d'un engin type nacelle pour éviter les risques d'écrasement liés aux éventuels éboulements,
- Nécessite de réaliser un essai préalable pour valider la faisabilité de cette technique,
- Nécessite de renouveler l'opération 2 à 3 fois par an permettant ainsi de limiter la reprise des déchets par la mer,
- Nécessite la prise en compte des marées.

D'un point de vu technique cette solution est complexe et nécessite des moyens particuliers tels que la nacelle tout terrain pour :

- éviter les risques d'ensevelissement sous les éventuels éboulements,
- atteindre des déchets présents en partie haute des abrupts des basses falaises.

Aspect environnemental

D'un point de vu environnemental, cette solution génère un brûlage des plastique à l'air libre mais contrairement aux solutions A et B, elle nécessite peu de d'engins à moteur thermique.

Aspect financier

L'estimation financière pour une campagne est la suivante :

Désignation	Estimation financière *
Découpage / ramassage des plastiques et conditionnement	5 à 6 k€
Transfert/évacuation/traitement	4 à 5 k€
TOTAL	9 à 11 k€

* : chiffrage en tant que prestation Aquacaux

- Moyens humains :	3 000 à 3 600 €
- Matériel :	4 000 à 4 600 €
- Autre (évacuation déchets, logistique) :	2 000 à 2 800 €

Bilan financier de la solution : nettoyage

Désignation	Estimation financière sur année 1*	Estimation financière les années suivantes *
Ramassage des déchets non inertes sur estran et évacuation	20 à 25 k€	20 à 25 k€
Extraction et ramassage des déchets ancrés dans l'estran	5 à 6,2 k€	2 à 3 k€
Ramassage au sol des déchets métalliques valorisables	20 à 24 k€	2 à 3 k€
Collecte déchets plastiques affleurant des basses falaises	18 à 22 k€	5 à 6 k€
Prolongement de la piste Aquacaux	400 k€	5 k€
TOTAL	463 à 477 k€HT	34 à 42 k€HT
TOTAL sur 40 ans	1,8 à 2,1 M€HT	

* : chiffrage en tant que prestation Aquacaux

IV. BILAN DES SOLUTIONS PROPOSEES

L'approche coût–avantage permet, parmi les différentes solutions proposées ci-avant, de valider une orientation stratégique de gestion tout en veillant à rechercher par ordre de priorité :

- Les mesures qui permettent l'élimination des sources de nuisance compte tenu des techniques disponibles et de leurs couts économiques,
- à défaut, celles qui conduisent à supprimer de façon pérenne les possibilités de contact ou de migration de polluant.

Les solutions visant à supprimer les sources de pollution doivent être privilégiées ou a défaut celles qui coupent les voies d'exposition.

L'examen des différentes solutions est synthétisé dans le tableau suivant.

Solution	Avantage	Inconvénient	Estimation du coût de traitement	Observation
A1 Excavation, transfert et criblage de l'ensemble des bourrelets et évacuation de l'ensemble vers les filières adaptées	<ul style="list-style-type: none"> - Suppression de la source de pollution - Restitution proche de l'état naturel - Technique reconnue ne tenant pas compte des marées - Arrêt des suivis de qualité des eaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût prohibitif - Concept de vider une décharge pour en remplir une autre - Forte dénaturation du site lors des travaux et jusqu'au nouveau développement de la végétation - Forte nuisances (bruit, poussière, GES,..) et ce durant 1 à 2 ans - Découverte potentielle d'engins explosifs - Saturation des centres d'accueil des inertes - Déstabilisation potentiel des falaises 	17,5 à 21,5 M€HT	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'une campagne d'investigation de 40 à 50 sondages permettant de cartographier en 3D la présence de déchet sur le site et de définir ainsi les zones prioritaires à terrasser - Possibilité de réaliser les travaux selon plusieurs tranches - Maintient d'un ramassage de déchets sur l'estran (origine autre que Dollemard) env 15 k€/an - Etudes géotechniques nécessaires
A2 Excavation et criblage de l'ensemble des bourrelets, transfert et évacuation de matériaux non inertes et/ou valorisables	<ul style="list-style-type: none"> - Suppression de la source de pollution - Restitution proche de l'état naturel - Technique reconnue ne tenant pas compte des marées - Emission de nuisance en partie basse - Moins onéreuse que la solution A1 - Possibilité d'aménagement du talus (chemin, accès permanent à l'estran,...) - Arrêt des suivis de qualité des eaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût élevé, - Forte dénaturation du site lors des travaux et jusqu'au nouveau développement de la végétation, mais valorisation ultérieure envisageable, - Emissions GES, vibrations, bruits notables et ce durant 1 à 2 ans, - Découverte potentielle d'engins explosifs - Déstabilisation potentiel des falaises 	12,7 à 15,7 M€HT	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'une campagne d'investigation de 40 à 50 sondages permettant de cartographier en 3D la présence de déchet sur le site et de définir ainsi les zones prioritaires à terrasser - Possibilité de réaliser les travaux selon plusieurs tranches - Maintient d'un ramassage de déchets sur l'estran (origine autre que Dollemard) env. 15 k€/an - Etudes géotechniques nécessaires
B1 Création d'ouvrages longitudinaux en haut de plage	<ul style="list-style-type: none"> - Moins couteux que les solutions A - Moins d'émissions GES, vibrations, bruits notables que les solutions A, - Meilleure intégration que la solution B2 	<ul style="list-style-type: none"> - Maintient de la source de pollution dans un contexte de recul du trait de côte, nécessité de maintenir le suivi (eaux) - Découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation de la piste d'accès (prolongement Aquacaux ou création depuis plateau Dollemard) - Durée estimée des travaux 6 mois à 1 an - Etude préalable spécifiques nécessaires - Conserver la mémoire du site et mettre en place un balisage 	4 à 5 M€HT	<ul style="list-style-type: none"> - Terrassement des basses falaises variables selon le positionnement de l'ouvrage - Nécessité de réaliser des études spécifiques préalables - Maintient d'une surveillance de la qualité des eaux s'écoulant des bourrelets - Maintient d'un ramassage de déchets sur l'estran (origine autre que Dollemard) env. 15 k€/an
B2 Création d'ouvrages transversaux sur l'estran	<ul style="list-style-type: none"> - Moins couteux que les solutions A - Moins d'émissions GES, vibrations, bruits notables que les solutions A, lié au faible terrassement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maintient de la source de pollution dans un contexte de recul du trait de côte, nécessité de maintenir le suivi (eaux) - Découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation de la piste d'accès (prolongement Aquacaux ou création depuis plateau Dollemard) - Attente de la saturation des épis pour que le dispositif soit efficace - Durée estimée des travaux 6 mois à 1 an - Etude préalable spécifiques nécessaires - Conserver la mémoire du site et mettre en place un balisage 	3,1 à 4,4 M€HT	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité de réaliser des études spécifiques préalables - Maintient d'une surveillance de la qualité des eaux s'écoulant des bourrelets - Maintient d'un ramassage de déchets sur l'estran (origine autre que Dollemard) env. 15 k€/an
C Ramassage de déchets	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts faibles - Peu de perturbations et désordres sur site - Pas de transport ni élimination de terres - Solution lente mais définitive 	<ul style="list-style-type: none"> - Manque d'anticipation vis-à-vis de la reprise des déchets par la mer, - Nécessité d'être présents en quasi-continu sur le secteur, - Durée estimée à 40 ans, - Rôle social 	463 à 477 k€HT/an la première année (prolongement piste Aquacaux) puis environ 34 à 42 k€HT/an	<ul style="list-style-type: none"> - Chiffrage établi avec Aquacaux en tant que prestataire - Mise en place d'une surveillance de la qualité des eaux souterraines et de la qualité de l'air ambiant au droit du bâtiment, - En cas de teneurs résiduelles, S'assurer que les dispositions constructives du projet soient adaptées.

Tableau 1. Examen des solutions de gestion envisageables

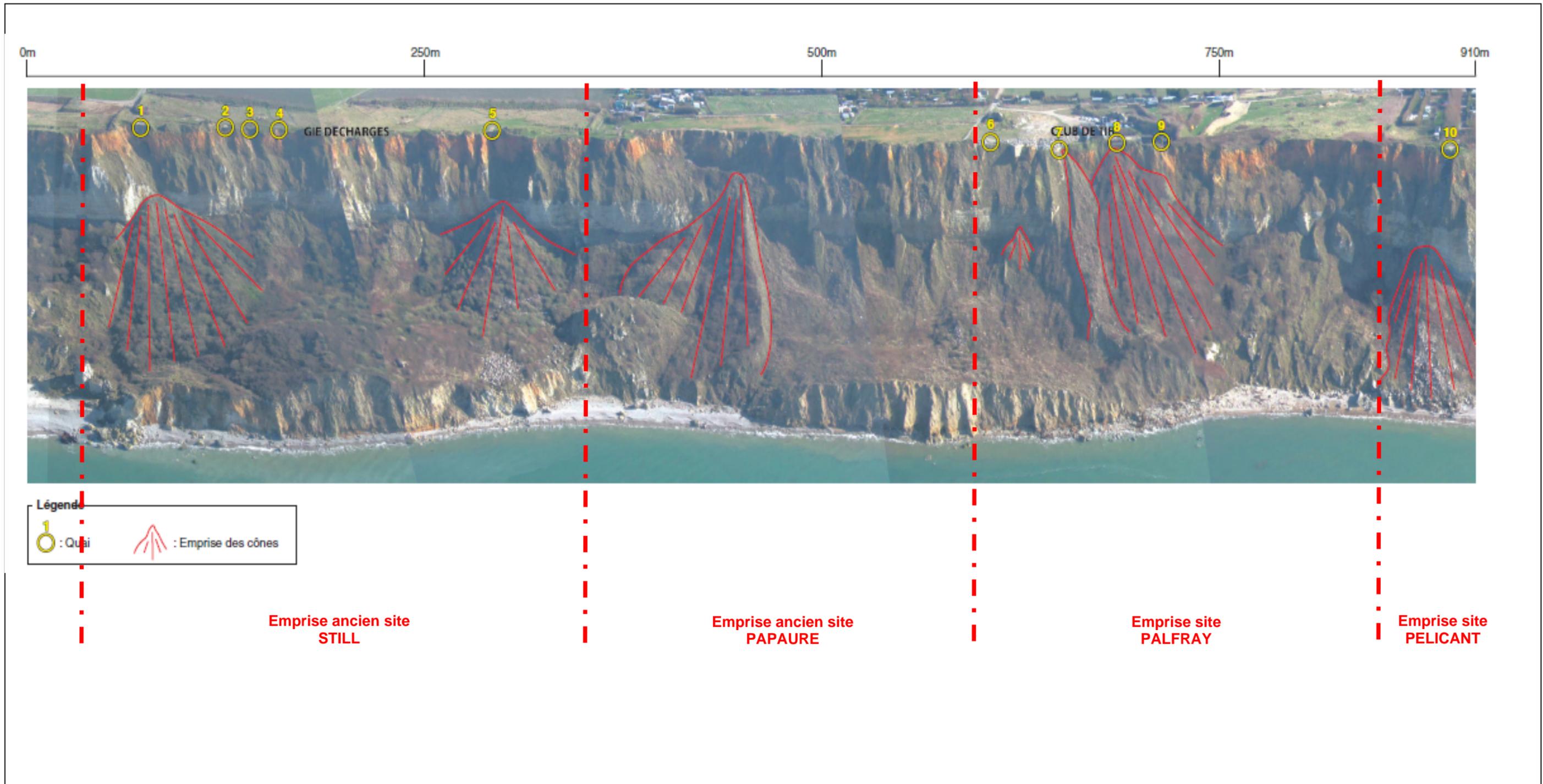
Solutions	Empreinte environnementale court terme (travaux)		Empreinte environnementale long terme		Impact psychologique		Critère économique		Durée travaux		Technique		Synthèse (note)
A1 Excavation, transfert et criblage de l'ensemble des bourrelets et évacuation de l'ensemble vers les filières adaptées	Forte		Modérée car retrait partiel des talus qui protège de l'érosion marine et continentale		Concept de vider une décharge pour en remplir une autre		Fort mais possibilité d'échelonner les tranches		1 à 2 ans		Forte liée à la déstabilisation probable des falaises		9
A2 Excavation et criblage de l'ensemble des bourrelets, transfert et évacuation de matériaux non inertes et/ou valorisables	Forte		Confortement des falaises avec les matériaux inertes et possibilité d'aménagement / valorisation suite remodelage		Optimisation dans la suppression de la source : évacuation du strict nécessaire, valorisation possible des talus		Fort mais possibilité d'échelonner les tranches		1 à 2 ans		Modéré lié à l'accessibilité et déstabilisation des falaises		12
B1 Création d'ouvrages longitudinaux en haut de plage	Modérée		Maintien de la source qu'il faudra un jour gérer définitivement		Maintien de la source dans le contexte de recul du trait de côte		Modéré		6 à 12 mois		Modéré lié à l'accessibilité et nécessite études spécifiques préalables		11
B2 Création d'ouvrages transversaux sur l'estran	Modérée		Maintien de la source qu'il faudra un jour gérer définitivement		Maintien de la source dans le contexte de recul du trait de côte		Modéré		6 à 12 mois		Fort lié au déficit sédimentaire sur le secteur. Nécessite études spécifiques préalables		10
C Ramassage de déchets	Faible		Problèmes non réglés avant 40 ans : maintien des opérations de ramassage-nettoyage.		Même si impact visuel limité, la pollution sera toujours visible		Modéré la première année puis faible		40 ans		Faible et modéré pour la partie collecte déchet sur les abrupts		14

Tableau 2. Tableau comparatifs des solutions envisageables

Contrainte forte  Contrainte médiane  Contrainte faible

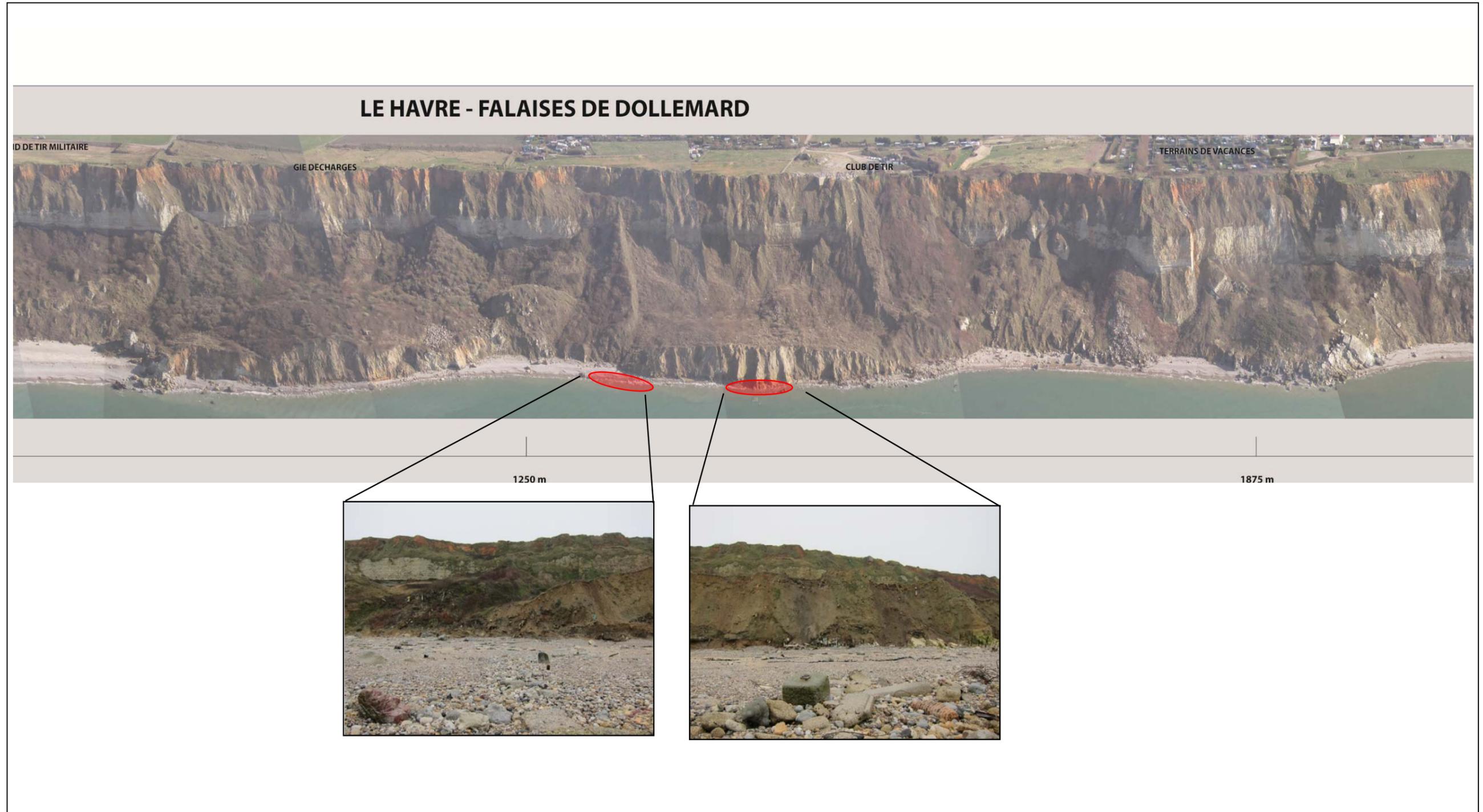
V. ANNEXES

ANNEXE 1 : Plan du site d'étude

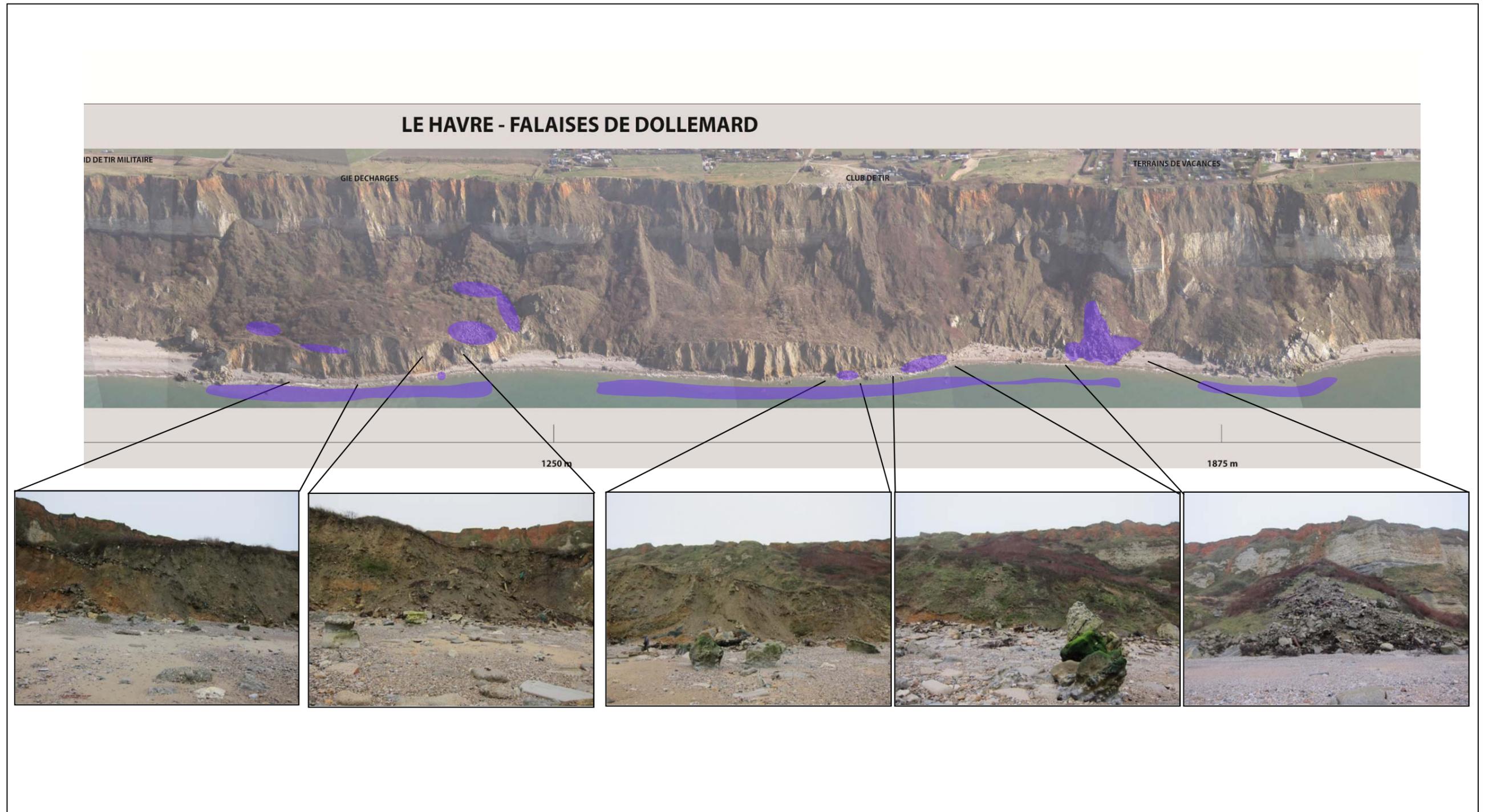


Plan du site d'étude

ANNEXE 2 : Cartographie de la
répartition des déchets
(Avril 2011)



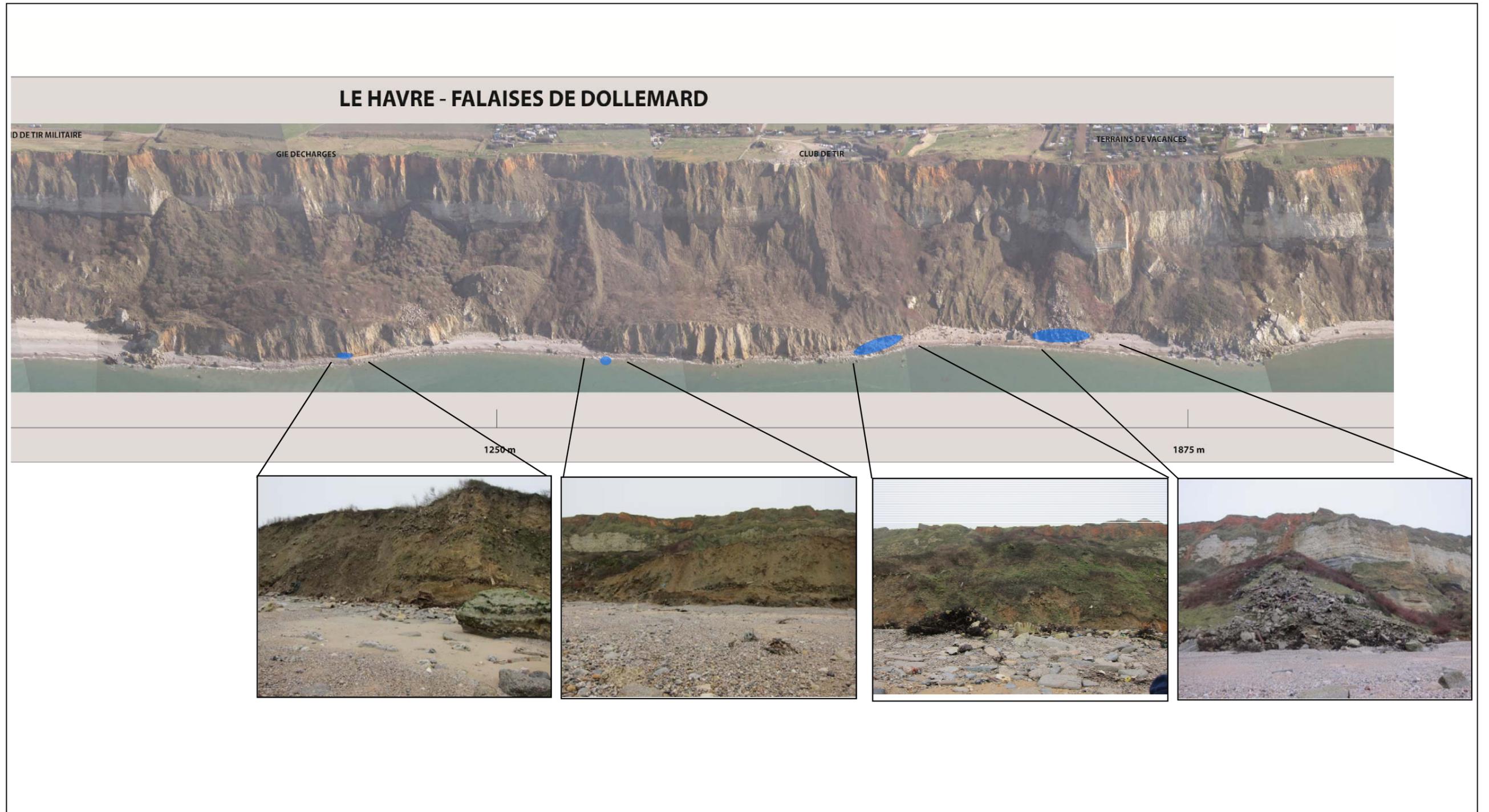
Photomontage – Cartographie des caoutchoucs selon les observations d'avril 2011



Photomontage – Cartographie des blocs béton selon les observations d'avril 2011



Photomontage – Cartographie des déchets plastiques selon les observations d’avril 2011



Photomontage – Cartographie des ferrailles selon les observations d'avril 2011

ANNEXE 3 : Rapport d'étude Créocéan

Ville du Havre

DECHARGES DE DOLLEMARD

Note technique

Nantes, Janvier 2012
Dossier 1-12303I



CREOCEAN Agence Bretagne
5, avenue. Augustin- Louis Cauchy
BP 10703
44307 NANTES cedex - France
Tél : 02 40 68 79 00
Fax : 02 40 68 54 91

e-mail : bretagne@creocean.fr
web : www.creocean.fr

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	2
1 - DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE	3
1.1.1 - Marée	3
1.1.2 - Niveaux marins extrêmes	4
1.1.3 - Agitation au large	4
1.1.4 - Agitation sur la zone d'étude.....	6
1.1.5 - Transit sédimentaire	6
2 - RECHERCHE DE SOLUTIONS.....	7
2.1 - RAPPEL DES ENJEUX	7
2.2 - CONTRAINTES DU SITE	7
2.3 - SCENARIOS DE PROTECTION ENVISAGEABLES	8
2.3.1 - Ouvrage longitudinal de haut de plage en enrochements	8
2.3.1.1 - Généralités	8
2.3.1.2 - Caractéristiques de l'ouvrage de haut de plage	8
2.3.1.3 - Estimation des coûts	9
2.3.2 - Réalisation d'une batterie d'épis	9
2.3.2.1 - Type d'ouvrage.....	10
2.3.2.1 - Caractéristiques des épis en enrochements.....	13
2.3.2.2 - Estimation des coûts	13
2.3.3 - Solution mixte : Ouvrage de haut de plage et épis.....	14
2.3.3.1 - Généralités	14
2.3.3.2 - Estimation des coûts	14
Les coûts de réalisation de ces aménagements au mètre linéaire restent inchangés par rapport aux solutions précédentes.....	14
2.3.4 - Analyse multicritères.....	14
2.3.1 - Etudes complémentaires	15
3 - SOURCES	16

INTRODUCTION

Les anciennes décharges de Dollemard, sont situées à la base des falaises du Pays de Caux au Nord du Havre. Durant plusieurs décennies, des déchets issus de démolition et autres matériaux de construction ont été déversés depuis le haut des falaises afin de les conforter face au phénomène d'érosion. Cependant, les déchets qui à l'origine ne devaient être que inertes, ne le sont pas toujours. A l'heure actuelle, ces falaises sont soumises à l'érosion marine qui remet au fur et à mesure à jour les déchets ensevelis. Ces déchets vont par la suite être repris par la mer et polluer le milieu naturel.

Face à ce constat, la ville du Havre a commandé à la société SCE un diagnostic environnemental.

La société CREOCEAN intervient en sous-traitance sur la recherche de solutions techniques chiffrées permettant de limiter l'érosion de la falaise et donc de limiter la reprise des déchets par la mer.

1 - DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE

1.1.1 -Marée

Dans la Baie de Seine, la marée est semi-diurne de période moyenne de 12 h 25.

Les valeurs caractéristiques des niveaux de marée astronomiques sont les suivantes (Source SHOM, Le Havre) :

Coefficient de marée	MAREE HAUTE		MAREE BASSE	
	Cote Marine (CM)	IGN69 (NGF)	Cote Marine (CM)	IGN69 (NGF)
Coef. 120	+ 8.42	+ 4.04	+ 0.28	-4.10
Coef.95	+ 7.90	+ 3.52	+ 1.20	- 3.178
Coef. 45	+ 6.60	+ 2.22	+2.85	- 1.53

	Cote Marine (CM)	Nivellement général de France (NGF)
Niveau moyen	+ 4.88	+ 0.50
Relation CM / NGF	0 CM	- 4.378 NGF

A ces niveaux théoriques de marée, s'ajoutent des phénomènes de surcote et décote. La surcote est la différence d'amplitude entre le niveau d'eau prédit et le niveau d'eau enregistré lorsque ce niveau a atteint son maximum (définition du SHOM).

1.1.2 -Niveaux marins extrêmes

Selon le SHOM, dans « Statistiques des niveaux marins extrêmes de pleine mer Manche et Atlantique, (Simon, 2008) », les niveaux extrêmes au Havre sont, pour des périodes de retour :

- Annuelle : environ 8.70m CM
- Décennale : environ 8.95m CM
- Centennale : environ 9.3m CM

1.1.3 -Agitation au large

Les observations visuelles de la hauteur des plus grosses vagues bien formées, réalisées entre 1958 et 1980 au sémaphore du cap de la Hève (Ascensio et coll., 1985), permettent de distinguer deux régimes distincts :

- Entre avril et septembre, la mer est qualifiée de « calme » à « belle » (hauteurs de vague < 1 mètre) pendant plus de 50% du temps. La fréquence des vagues ≥ 2.5 mètres est très faible (maximum 3.4% en avril et 5.0% en septembre).
- Entre septembre et mars, la mer est « forte » (vagues ≥ 2.5 m) pendant plus de 5% du temps. Elle est « calme » à « belle » pendant moins de 50% du temps (34.1% en novembre, moins de 37% en décembre et janvier).

Les enregistrements réalisés entre 1954 et 1968 en 5 points de la rade et du banc de Seine (Parfond, bateau feu, La Hève, bouée A1 et haut rade) permettent, en les regroupant, d'obtenir 756 jours de mesure et ainsi des valeurs statistiques jugées représentatives de l'état moyen de la mer sur le secteur (STNMTE, 1995). L'analyse de ces données fournit les valeurs suivantes :

- Hauteurs significatives :
 - annuelle = 3.5 m,
 - décennale = 4.6 m.

- Périodes maximales :
 - < à 11s pendant 80% du temps (soit plus de 20% de houles longues océaniques, de période maximale ≥ 11 secondes),
 - < à 9 s pendant environ 58% du temps,
 - les plus fréquentes (environ 18% du temps) = 7 a 8 s.

Des données complémentaires sont fournies par un point de la base de données ANEMOC (Atlas Numérique d'Etats de Mers Océaniques et Côtiers) situé au large de Sainte Adresse (COAST 2865).

En condition annuelle, la hauteur significative (H_s) de la houle est inférieure ou égale à 0,5 m pour 50% en fréquence et n'excèdent que très rarement 2 m (moins de 10 %).

La période pic de la houle est comprise entre 5 et 6 secondes ce qui représente 50% des fréquences. 70% des houles ont une période comprise entre 4 et 7 secondes. Cependant, le spectre périodique de la houle est relativement étalé et environ 23% des houles ont une période comprise entre 8 et 12 secondes.

La direction dominante est le NNW (N300°) et représente environ 37% des fréquences. Le second secteur dominant est N015 à N045 avec environ 23% des fréquences.

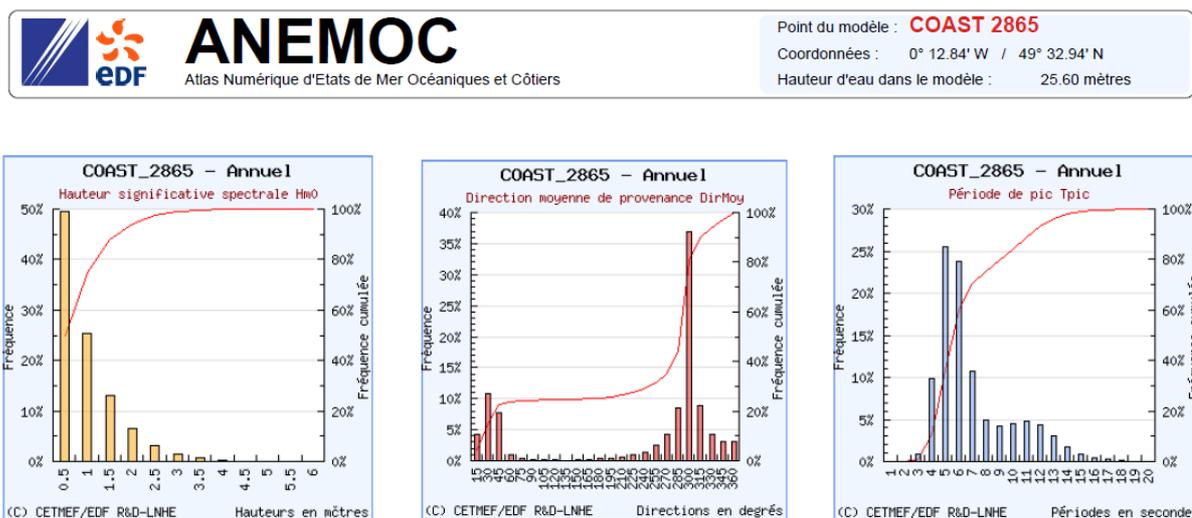


Figure 1 : Caractéristiques de la houle annuelle (ANEMOC)

1.1.4 -Agitation sur la zone d'étude

Aucune mesure de houle n'a été réalisée sur la zone d'étude.

En première approche, nous allons retenir les caractéristiques suivantes pour la houle :

- $T_p = 12$ s,
- $H_s = 2$ à 2.5 m.

Ces valeurs ont été estimés selon la formule de GODA qui permet de déterminer le coefficient de shoaling. S'agissant d'une estimation, des études complémentaires seront indispensables afin de caractériser précisément les houles en pied d'ouvrage.

1.1.5 -Transit sédimentaire

L'orientation dominante des houles sur le site d'étude induit une dérive littorale du Nord vers le Sud entre Antifer et Le Havre, ceci est visible au niveau des épis mis en place sur la plage de Sainte-Adresse qui présentent une accumulation de sédiment au Nord.

L'effet de la dérive littorale plus au Nord est peu visible. Aucune zone d'accumulation sédimentaire marquée induite par la dérive n'est observée. Les accumulations de galets ou de déchets sont généralement réparties de manière relativement uniforme au pied de falaise et ce de manière plus nette dans les zones en renforcement. L'action de la dérive littorale serait donc plus faible sur notre zone d'étude.

2 - RECHERCHE DE SOLUTIONS

2.1 - Rappel des enjeux

A l'heure actuelle, les décharges de DOLLEMARD sont directement soumises à l'érosion marine et par conséquent les déchets qui s'y trouvent sont repris par la mer polluant ainsi le milieu marin.

Afin de limiter l'érosion marine et la pollution qui en découle, la ville du havre souhaite trouver des solutions techniques permettant de répondre à cette problématique.

Les enjeux principaux sont les suivants :

- Assurer la protection des microfalaises contre l'érosion marine,
- Limiter la reprise des polluants par la mer.

2.2 - Contraintes du site

Les contraintes suivantes ont pu être recensées :

- L'accès au site : L'accès au site est très limité, il se fait par une route située à environ 1km. De cette contrainte en découle les suivantes :
 - L'approvisionnement en matériaux sera très difficile à gérer,
 - Le temps de travail sera réduit vu la distance reliant la zone de travaux à la route.
- Les contraintes hydrodynamiques en pied d'ouvrage, mal connues à l'heure actuelle.
- L'érosion du littoral, à l'origine du phénomène, qui sera probablement du même ordre de grandeur (voire plus importante avec le réchauffement climatique), pour les décennies à venir,
- La durée de vie des ouvrages qui seront mis en place, par principe limitée dans le temps, et qui sera d'autant plus faible qu'un coût raisonnable des ouvrages sera recherché,
- La nécessité d'entretenir les ouvrages pour prolonger leur durée de vie, sous peine de perdre tout le bénéfice acquis par ces ouvrages de protection.

2.3 - Scénarios de protection envisageables

2.3.1 - Ouvrage longitudinal de haut de plage en enrochements

2.3.1.1 - Généralités

Les ouvrages longitudinaux de haut de plage ont pour objectif de fixer la limite du trait de côte. De nos jours, ces ouvrages sont essentiellement réalisés en enrochements naturels ce qui permet une bonne dissipation de l'énergie de la houle, et qui de plus bénéficie d'une facilité de mise en œuvre et d'entretien.

L'objectif de ce type d'aménagement sera d'une part de stopper l'érosion des microfalaises mais aussi de limiter la reprise des déchets par la mer.

L'ouvrage devra être dimensionné face aux conditions hydrodynamiques du site afin de lui assurer une stabilité face aux événements tempétueux.

2.3.1.2 - Caractéristiques de l'ouvrage de haut de plage

La protection frontale de haut de plage sera réalisée en enrochements. Ce type d'ouvrage offre un bon amortissement de la réflexion de la houle et n'engendre pas de coûts de réalisation trop importants.

L'ouvrage sera composé :

- d'une toile géotextile assurant le maintien des éléments du noyau,
- d'une couche filtre composée de petits enrochements de blocométrie 60-300Kg,
- d'une carapace d'enrochements de blocométrie minimum de 1-3 tonnes avec une pente maximum de 2H/1V, dimensionnée en fonction des conditions d'agitation extrêmes pouvant survenir sur le site.

La blocométrie des enrochements est donnée à titre indicatif.

Des études complémentaires seront à mener afin de déterminer avec précision la masse des enrochements à mettre en place ainsi que les caractéristiques dimensionnelles de l'ouvrage. Ces

caractéristiques, notamment la position du pied de talus (qui sera un élément important dans la durée de vie de l'ouvrage) devra tenir compte des phénomènes d'érosion.

2.3.1.3 - Estimation des coûts

Le coût de réalisation sera fonction de différents paramètres :

- La présence d'une carrière à proximité apte à fournir en quantité et en qualité les enrochements désirés,
- Les conditions d'accès au site pour l'acheminement des matériaux,
- La possibilité de réutilisation ou non des matériaux du site.

En première approximation le coût de réalisation de l'ouvrage en enrochement serait de l'ordre de 3 500 à 4 500 € par mètre linéaire.

Cette estimation n'intègre pas la réutilisation des matériaux du site pour les raisons suivantes :

- Les matériaux du site ne pourront pas convenir à la réalisation de la carapace des épis,
- Les matériaux du site pourraient éventuellement remplacer les enrochements de la couche filtre, cependant vu les faibles volumes à mettre en place, le gain serait minime par rapport au coût globale.

2.3.2 - Réalisation d'une batterie d'épis

Les épis devront permettre de bloquer une partie du transit littoral afin de permettre un engraissement de la plage en amont sans créer de déficit de sable important à l'aval.

L'objectif des épis est de recréer un haut de plage en fixant les sédiments sur le littoral et donc de limiter le recul du trait de côte.

Cette solution n'est envisageable que si les conditions suivantes sont réunies :

- Présence d'une capacité au transport sédimentaire (dérive littoral),
- Présence d'un stock sédimentaire.

Si l'une de ces deux conditions est absente, la mise en place d'épis ne sera en rien justifiée.

De plus, il ne faut pas perdre de vue, que l'ouvrage ne sera pas efficace dès sa réalisation. En effet, il faudra attendre que les casiers situés entre chaque épi se remplissent en sédiment afin de constater une réelle action de l'ouvrage.

2.3.2.1 - Type d'ouvrage

Il existe différentes sortes d'épis d'un point de vue technique. Les solutions envisageables sont les suivantes :

- Les épis en rideau de palplanches auto-stables,
- Les épis en géotextiles de type "stabiilage",
- Les épis en bois,
- Les épis en enrochement.

Chaque type d'épi possède ses avantages et ses inconvénients qui sont dépendant des conditions hydrodynamiques et hydrosédimentaires du site.

2.3.2.1.1 - Epis en rideau de palplanches auto-stable

Ces ouvrages sont constitués :

- D'un rideau de palplanche acier auto-stable, assurant la stabilité de l'épi vis-à-vis des efforts exercés par la poussée des terres et liés à la différence de niveau de plage entre l'amont et l'aval de l'épi.
- D'une couverture de la tête du rideau par un couronnement béton ou bois. Ces éléments de couverture permettant de protéger les palplanches de l'abrasion des galets, d'améliorer l'aspect esthétique des épis.

Ce type d'ouvrage, bien qu'il permette une bonne intégration visuelle des ouvrages, possède des coûts de réalisation élevés. Ce type d'épi n'est donc pas a priori le mieux adapté au site.



Figure 2 : Epi en rideau de palplanches auto-stable et couronnement béton/bois

2.3.2.1.2 - *Epis en géotextile*

Les épis en géotextile n'ont fait leur apparition que très récemment en France et on ne dispose pas d'un retour d'expérience suffisant en ce qui concerne leur durabilité. Ils sont composés d'une chaussette en géotextile dans laquelle des sédiments sont injectés.

Etant donné, les fortes contraintes hydrodynamiques la présence de galets et de débris (métalliques notamment) sur la plage pouvant endommager la structure, ce type d'ouvrage n'est pas conseillé.



Figure 3 : Epi en géotextile

2.3.2.1.3 - *Epis en bois*

Un très grand nombre d'épis en bois ont été réalisés sur le littoral français. Ces épis sont classiquement constitués d'un ensemble de poteaux et de planches en bois lestés ou non par des enrochements. Ces ouvrages de conception simple et peu onéreux ne sont généralement pas suffisamment stables pour permettre un dénivelé supérieur à 1m et pour résister à des conditions hydrodynamiques fortes.

L'utilisation d'un bois très dur, de type Azobé serait souhaitable, cependant, cela aura un impact non négligeable sur les coûts de réalisations. La plage étant composée de débris et de galets, l'utilisation de bois ne semble pas judicieuse d'un point de vue durabilité de l'ouvrage.



Figure 4 : Epi en bois classique

2.3.2.1.4 - *Épis en enrochement*

Les épis en enrochement profitent d'un grand nombre de retours d'expériences en France.

Ceux-ci sont dimensionnés face aux conditions hydrodynamiques du site afin de leur assurer une stabilité face aux événements tempétueux.

Dans notre cas, les épis en enrochements apparaissent les plus adaptés pour les raisons suivantes :

- Facilité de mise en œuvre,
- Facilité d'entretien,
- Durabilité de l'ouvrage.



Figure 5 : Epi en enrochements

2.3.2.1 - Caractéristiques des épis en enrochements

Les épis seront réalisés en enrochements. Ce type d'ouvrage offre un bon amortissement de la réflexion de la houle et n'engendre pas de coûts de réalisation trop importants.

L'ouvrage sera donc composé :

- d'une toile géotextile assurant le maintien des éléments du noyau,
- d'une couche filtre composée de petits enrochements de blocométrie 60-300Kg,
- d'une carapace d'enrochements de blocométrie minimum de 1-3 tonnes avec une pente de 2H/1V. La masse des enrochements sera dimensionnée en fonction des conditions d'agitation pouvant survenir sur le site,
- et éventuellement d'une seconde nappe de géotextile, disposée verticalement à travers la partie centrale de la carapace, permettant d'améliorer l'étanchéité de la partie supérieure de l'épi.

La cote d'arase ainsi que la longueur des épis seront à déterminer par des études hydro-sédimentaires.

La blocométrie des enrochements est donnée à titre indicatif et devra être vérifiée lors des études ultérieures.

2.3.2.2 - Estimation des coûts

En première approximation le coût de réalisation des épis en enrochement serait de l'ordre de 3 000 à 4 000 € par mètre linéaire.

Ce coût n'intègre pas la réutilisation des matériaux du site pour les mêmes raisons que pour l'ouvrage longitudinal de haut de plage.

2.3.3 -Solution mixte : Ouvrage de haut de plage et épis

2.3.3.1 - Généralités

Cette dernière solution propose la mise en place à la fois d'un ouvrage longitudinal de haut de plage et une batterie d'épis en enrochements.

Cette solution bien qu'elle soit efficace (si la dérive littorale est suffisante) permettrait d'endiguer l'érosion des microfalaises. Cependant, les aménagements à entreprendre sont relativement lourds par rapport au bénéfice que la solution procure en comparaison à la première.

2.3.3.2 - Estimation des coûts

Cette solution est relativement onéreuse puisqu'elle préconise à la fois la mise en place de l'ouvrage longitudinal de haut de plage et une batterie d'épis en enrochements.

Les coûts de réalisation de ces aménagements au mètre linéaire restent inchangés par rapport aux solutions précédentes.

2.3.4 -Analyse multicritères

Solution	Faisabilité technique	Efficacité	Coût	Note
N°1 : Digue	2	3	3	8
N°2 : Epis	2	2	2	6
N°3 : Mixte	1	3	1	5

Les notes s'échelonnent de 1 à 3, 1 étant la note la plus basse.

La faisabilité technique sera essentiellement conditionnée par les possibilités d'approvisionnement des enrochements en pied d'ouvrage.

De ce tableau, il en ressort que la solution la plus adaptée au site est la première solution technique préconisant la mise en place d'un ouvrage de type protection frontale en enrochement en haut de plage.

Remarque : la durée de vie d'un tel ouvrage (potentiellement de quelques décennies) est un élément important dans le choix de la solution et de ses caractéristiques techniques. Une conception plus "lourde" permettra d'améliorer sa durée de vie (mais augmentera son coût). A long terme, la conception des futurs ouvrages, intégrant l'érosion et le recul du trait de côte, aboutira à des ouvrages de plus en plus imposants.

2.3.1 -Etudes complémentaires

Les données actuelles sont insuffisantes pour la continuité de cette étude. Les études complémentaires à réaliser sont les suivantes :

- Des relevés bathymétriques au niveau de la zone d'étude,
- Des relevés topographiques,
- Réalisation d'un modèle de propagation de houle pour définir l'agitation à la côte, et ainsi dimensionner au mieux les ouvrages de protection,
- Réalisation d'une étude hydro-sédimentaire, pour intégrer le recul du trait de côte et les variations du niveau de la plage.

3 - SOURCES

- Créocéan, Diagnostic environnemental et proposition de solutions de gestion des décharges de Dollemard, mars 2011.
- Créocéan 2002, Granulats marins de Normandie, 2002
- CIRIA, CUR et CETMEF, Guide Enrochement, 2009.
- Base de données ANEMOC, Atlas Numérique d'Etats de mer Océanique et Côtier.

Ville du Havre
Décharges de DOLLEMARD

Coupe type d'un ouvrage longitudinal de haut de plage

CREOCEAN
Société Ingénieur - Louis Cauchy
84, rue Eugène Iéru
44307 NANTES cedex - France
Tél : 02 40 68 51 40
Fax : 02 40 68 54 91
e-mail : breagne@creocean.fr
web : www.creocean.fr

Document 12003_F1

Date 06/01/12

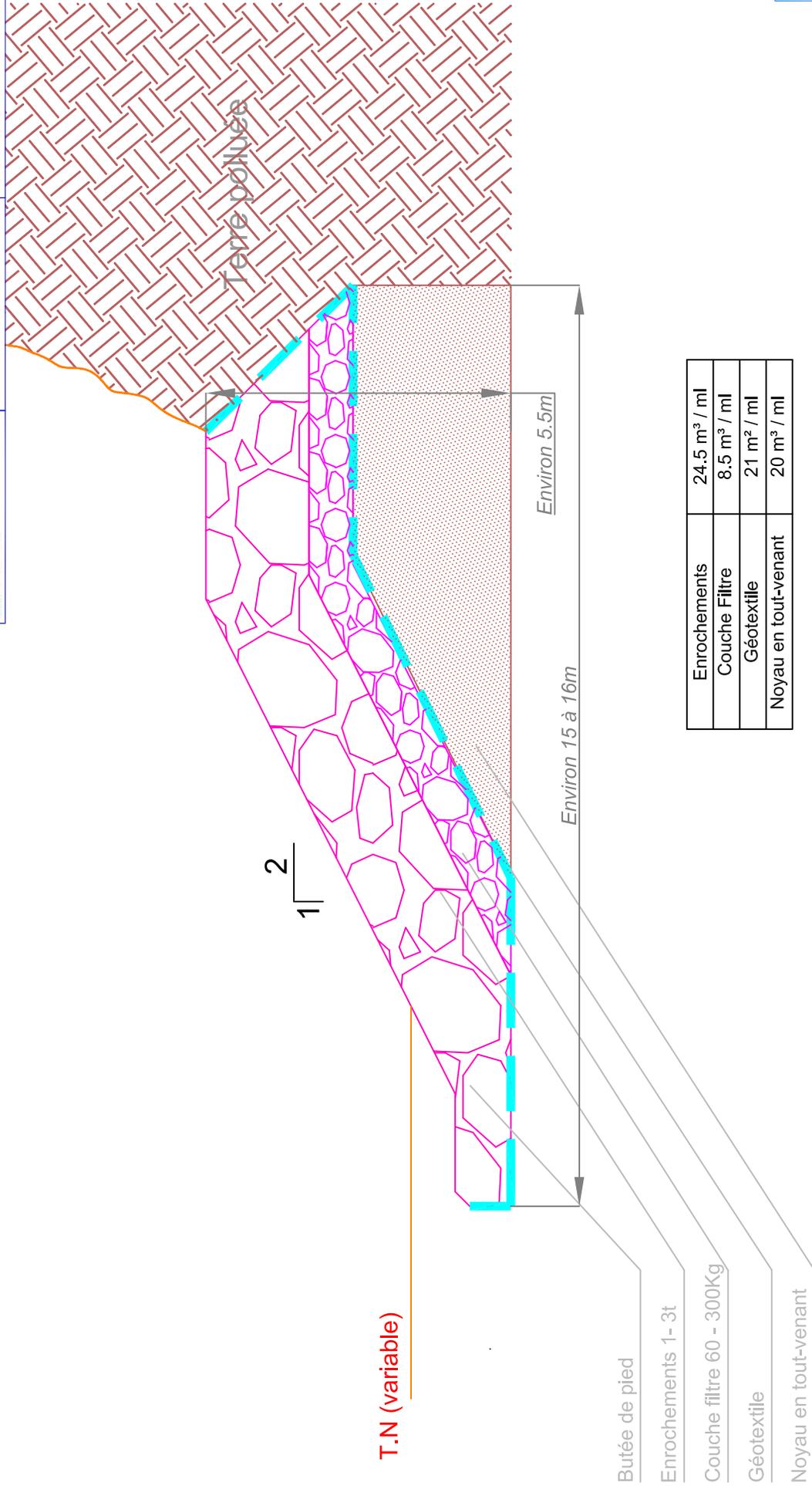


Figure 1

Ville du Havre
 Décharges de DOLLEMARD
 Coupe type d'un épi en enrochements

CREOCEAN
 S.A. - rue Eugène-Louis Cauchy
 BP 44307 NANTES cedex 3 - France
 Tél. : 02 40 68 51 40
 Fax : 02 40 68 54 91
 e-mail : breaigne@creocean.fr
 web : www.creocean.fr

Document 12003_F2

Date 06/01/12

Figure 2

