

UNIVERSITE DE CAEN

CENTRE REGIONAL
D'ETUDES COTIERES

Laboratoire de
Géologie Marine

CONSEIL
GENERAL
DE LA
MANCHE



ETUDE GLOBALE CONCERNANT LA DEFENSE CONTRE LA MER

3ème Phase

RAPPORT XI

PROPOSITION D'UN PROGRAMME DE
TRAVAUX DE PROTECTION
CONTRE LA MER
DANS LE CADRE D'UNE POLITIQUE
GLOBALE D'AMENAGEMENT

Franck LEVOY
Ingénieur d'études
Responsable technique

Claude LARSONNEUR
Responsable Scientifique

AVRIL 1994

PREAMBULE

Les **mesures sur le terrain et les travaux de modélisation** réalisés dans le cadre de l'étude globale de défense contre la mer apportent des **données de base indispensables** pour optimiser le dimensionnement des ouvrages de défense contre la mer de la côte ouest du Cotentin.

Après avoir retenu un **type de protection** en fonction de la dynamique de l'environnement hydrosédimentaire, de la nature et de la valeur des biens potentiellement menacés, les aménagements à mettre en place sont définis par rapport à **des conditions hydrodynamiques de projet**.

Différentes variantes de dimensionnement peuvent être proposées. Leur coût global est mis en parallèle de la valeur des biens menacés pour apprécier leur opportunité.

Ce rapport s'organise en trois parties distinctes:

- une **première partie générale sur les paramètres de dimensionnement** des ouvrages et aménagements de protection contre la mer, utilisant les données recueillies sur le terrain ou issues des travaux de modélisation. Un accent particulier est porté sur les aménagements légers qui peuvent apparaître, dans certains cas, comme des moyens de protection contre la mer, mais également comme des aménagements de gestion de l'espace côtier.

- une seconde partie présente, **par site, les futurs ouvrages et aménagements à mettre en oeuvre**. Un rappel des structures de protection existantes et des projets déjà programmés est également effectué.

- une troisième partie présente, **de manière synthétique, les éléments permettant de définir une politique d'aménagement du littoral ouest Cotentin**.

L'équipe qui a réalisé cette phase d'étude est composée de O.MONFORT, ingénieur hydraulicien, H.ROUSSET, ingénieure informaticienne et O.LABOMME, technicien supérieur.

P. BRETEL, ingénieur d'études, a réalisé les parties de ce rapport concernant les aménagements dunaires

La responsabilité scientifique est assurée par C.LARSONNEUR, Directeur du Laboratoire de Géologie marine de l'Université de Caen et la direction technique a été menée par F.LEVOY, ingénieur d'études de l'Université de Caen.

SOMMAIRE

PREMIERE PARTIE

CHOIX DES PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES
LOURDS ET DES AMENAGEMENTS LEGERS DE PROTECTION CONTRE
LA MER DE LA COTE OUEST DU COTENTIN.....p 4

SECONDE PARTIE

PRESENTATION PAR SECTEUR DE CÔTE DES OUVRAGES ET
AMENAGEMENTS DE PROTECTION CONTRE LA MER
PROPOSES.....p 64

TROISIEME PARTIE

ELEMENTS DE DEFINITION D'UNE POLITIQUE GLOBALE
D'AMENAGEMENT DU LITTORAL OUEST COTENTIN ENTRE CARTERET
ET GENETS.....p 194

ANNEXES.....p 205

PREMIERE PARTIE

**CHOIX DES PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT
DES OUVRAGES LOURDS ET DES AMENAGEMENTS
LEGERS DE PROTECTION CONTRE LA MER
DE LA COTE OUEST DU COTENTIN**

A) LA DETERMINATION DES CRITERES DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES LOURDS LONGITUDINAUX SUR LA COTE DU COTENTIN

1) Le niveau du plan d'eau retenu:

L'altitude du plan d'eau retenue pour le dimensionnement des ouvrages de protection contre la mer est variable le long de la côte du Cotentin, compte tenu des caractéristiques de la marée sur ce littoral. La décroissance du marnage du Sud vers le Nord de la zone d'étude est d'environ 2 m en marée de vive-eau exceptionnelle.

La figure 1 présente différents résultats sur les cotes atteintes par les pleines mers extrêmes pour les sites de mesures marégraphiques à Granville, à la Pointe d'Agon et à Portbail. Selon la méthode de calcul utilisée, le niveau du plan d'eau varie, de manière relative, de plus d'un mètre. Cependant, la période de retour de chacun des résultats obtenus n'est pas identique. Par exemple, la probabilité d'occurrence d'un événement conjuguant une pleine mer de coefficient 118 et d'une surcote centennale est faible. La période de retour d'un tel événement est supérieure à 500 ans.

Les cotes extrêmes sont bien connues pour le site de Granville. Elles sont extrapolées pour les sites de la Pointe d'Agon et de Portbail à partir des mesures réalisées sur le terrain.

en m IGN 69	GRANVILLE	PTE AGON	PORTBAIL	Observations
ht observées coef 120	7.9	8.05	7.1	ajustement nuage de points
ht extrêmes ajustées				
decennale	7.72	8.16	7.09	loi normale
cinquantennale	7.87	8.32	7.22	loi normale
centennale	7.93	8.39	7.28	loi normale
ht théorique extrapolée coef 120	7.53	7.95	6.92	enveloppe sup. du nuage de points
avec surcote annuelle	8.33	8.83	7.64	surcote estimée par méthode de renouvellement
avec surcote decennale	8.59	9.11	7.87	
avec surcote centennale	8.88	9.43	8.13	
niveaux moyens annuels	7.56	7.98	6.94	observations à Granville sur 33 ans
				valeurs déduites par analyse de corrélation

Fig. 1: niveaux d'eau extrêmes sur la côte ouest du Cotentin

Nous avons **retenu deux cotes de plan d'eau statique pour le dimensionnement des ouvrages longitudinaux.**

En accord avec les hypothèses prises en compte pour la réalisation des cartes de risque de submersion sur la côte ouest du Cotentin, le niveau du plan d'eau statique le plus élevé retenu a été extrapolé pour une **période de retour centennale**, à l'aide d'une loi normale à partir de la **série des plus hautes mers annuelles depuis 25 ans**. Les valeurs prises en compte sont +7,93 m IGN 69 à Granville et par corrélation +8,39 m à la Pointe d'Agon et +7,28 m à Portbail.

Ces niveaux de référence correspondent à la **conjonction d'une marée de coefficient 110 et d'une surcote annuelle**. En moyenne, il y a environ 14 marées par an de coefficient supérieur ou égal à 110. Mais la conjonction avec un événement hydrométéorologique engendrant une surcote d'environ 80 cm est beaucoup plus rare, ceci d'autant plus que le coefficient de marée est élevé.

Le **second plan d'eau retenu** correspond à la **moyenne des niveaux les plus élevés observés annuellement sur une série chronologique de 30 ans**, pour le site de Granville. Cette valeur a été extrapolée pour les sites de la Pointe d'Agon et de Portbail à partir des fonctions de corrélation issues des mesures marégraphiques de terrain. Ce plan d'eau est **proche du coefficient de marée 120 théorique**.

2) La hauteur des houles

Les mesures de houles réalisées sur l'avant-côte au large de Carteret, de Coutainville et de Granville ont permis de définir les hauteurs significatives de la houle de période de retour annuelle, décennale et centennale. Compte tenu de la durée des observations, moins d'un an pour chaque site, les extrapolations réalisées pour des événements de faible fréquence doivent être utilisées avec prudence.

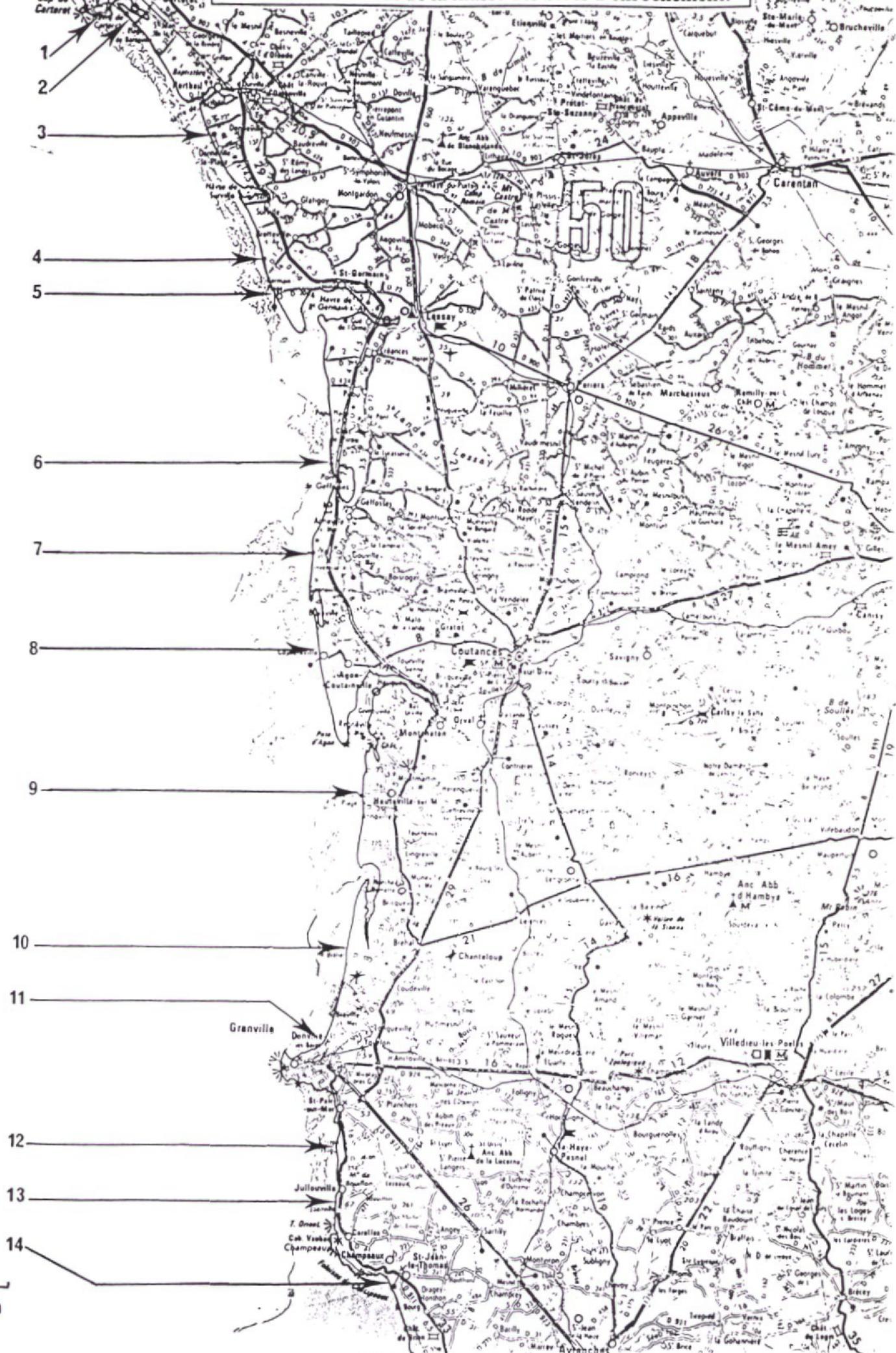
Pour le dimensionnement des ouvrages de défense des côtes, afin de tenir compte du caractère aléatoire de la houle, le Laboratoire National d'Hydraulique préconise de retenir les hauteurs 1/10. Elles sont obtenues, selon la distribution de Rayleigh, en multipliant la hauteur significative par un coefficient de 1,26.

La période de retour de l'événement doit être comptable avec la durée de vie des ouvrages. Celle-ci est estimée classiquement à une trentaine d'années. La **houle H1/10 de période de retour trentennale** sera donc retenue, en première hypothèse, pour le dimensionnement des ouvrages. Cependant, afin d'augmenter le nombre de variantes et selon les recommandations du STCPMVN, la **houle H 1/10 décennale a également été retenue** pour le calcul de la stabilité des enrochements.

Afin d'apprécier les caractéristiques des vagues sur les zones de projet, la **houle de projet a été propagée à l'aide d'un modèle numérique, des sites de mesures sur l'avant-côte jusque sur les plages ouest-Cotentin**. Les conditions suivantes ont été retenues pour ces calculs:

- un plan d'eau de période de retour centennale et annuelle pour une H 1/10 trentennale;
- un plan d'eau de période de retour annuelle pour une H 1/10 décennale;
- une période significative de 8 s, associée aux plus fortes amplitudes au large (annexe 1),

Carte de localisation des zones de calcul de la masse des blocs d'enrochement:



- une direction de propagation de 270 °.

Les **caractéristiques des vagues sur l'estran ont été calculées à la cote + 4 m IGN 69**. Cette altitude correspond à un niveau bas supposé pouvoir être atteint par la plage en tempête devant un ouvrage longitudinal. Cette valeur a été déduite des variations du niveau des plages observées devant les ouvrages existants de la côte ouest du Cotentin à partir des suivis topométriques réalisés. Pour des implantations à des cotes supérieures, l'amortissement de la houle sera plus important même si le déferlement tend à augmenter l'amplitude de la houle de projet à prendre en compte. Par conséquent, par défaut, **le dimensionnement des ouvrages tiendra compte d'un abaissement éventuel du niveau de la plage**, ce qui est observé de manière réaliste consécutivement à la construction d'un ouvrage longitudinal.

14 zones de projet ont été initialement retenues sur les bases préalables d'une analyse des cartes de risque (fig.2). Les figures 3, 4 et 5 donnent les résultats de ces calculs.

Plan d'eau annuel et houle decennale

	X	Y	Zfond	Prof	H 1/10	Dir	Ts	L
ZONE 1	299040	194200	4.00	2.93	2.40	256	8	45.52
ZONE 2	299160	194000	4.00	2.93	2.35	250	8	45.54
ZONE 3	306810	185800	3.98	2.95	2.10	257	8	45.68
ZONE 4	309610	178600	3.98	2.95	2.21	256	8	45.70
ZONE 5	310000	177400	3.95	2.98	2.35	258	8	45.87
ZONE 6	313140	168600	4.00	3.97	2.78	269	8	52.48
ZONE 7	311870	163000	3.9	4.08	3	276	8	52.64
ZONE 8	312170	158000	4.02	3.95	2.83	264	8	51.9
ZONE 9	314730	149600	3.84	4.13	2.52	262	8	53.42
ZONE 10	313740	140800	3.96	3.59	3.02	269	8	48.7
ZONE 11	312860	136600	3.34	4.21	2.82	281	8	53.59
ZONE 12	313010	127800	3.97	3.58	2.80	270	8	49.99
ZONE 13	312650	125400	3.99	3.56	3.07	272	8	49.88
ZONE 14	315940	120800	3.99	3.56	2.13	268	8	49.85

Fig.3

plan d'eau annuel et houle trentennale

	X	Y	Zfond	Prof	H 1/10	Dir	Ts	L
ZONE 1	299040	194200	4.00	2.93	2.40	256	8	45.52
ZONE 2	299160	194000	4.00	2.93	2.35	250	8	45.54
ZONE 3	306810	185800	3.98	2.95	2.10	256	8	45.68
ZONE 4	309610	178600	3.98	2.95	2.21	256	8	45.70
ZONE 5	309930	177600	3.97	2.96	2.29	258	8	45.73
ZONE 6	313140	168600	4.00	3.97	2.79	269	8	52.48
ZONE 7	311870	163000	3.9	4.08	3.03	277	8	53.14
ZONE 8	312170	158000	4.02	3.95	2.84	263	8	51.9
ZONE 9	314730	149600	3.89	4.08	2.51	262	8	53.12
ZONE 10	313740	140800	3.96	3.59	3.07	269	8	48.77
ZONE 11	312700	136200	3.86	3.69	2.88	282	7.7	46.20
ZONE 12	313010	127800	3.97	3.58	2.81	270	8	49.99
ZONE 13	312650	125400	3.99	3.56	3.10	272	8	49.88
ZONE 14	315940	120800	3.99	3.56	2.17	268	8	49.85

Fig.4

Plan d'eau centennale et houle trentennale

	X	Y	Zfond	Prof	H 1/10	Dir	Ts	L
ZONE 1	299040	194200	4.00	3.27	2.59	256	8	47.93
ZONE 2	299160	194000	4.00	3.27	2.52	250	8	47.94
ZONE 3	306670	186200	3.95	3.32	2.26	257	8	48.31
ZONE 4	309610	178600	3.98	3.29	2.39	256	8	48.08
ZONE 5	310000	177400	3.95	3.32	2.52	258	8	48.25
ZONE 6	313140	168600	4.00	4.38	2.98	269	8	54.94
ZONE 7	311870	163000	3.9	4.49	3.19	277	8	55.57
ZONE 8	312170	158200	4.02	4.36	3.01	264	8	54.46
ZONE 9	314730	149600	3.89	4.49	2.67	262	8	55.55
ZONE 10	313740	140800	3.96	3.96	3.25	269	8	51.28
ZONE 11	312900	136800	3.84	4.08	3.01	279	8	52.32
ZONE 12	313010	127800	3.97	3.95	2.99	270	8	52.33
ZONE 13	312650	125400	3.99	3.93	3.28	272	8	52.23
ZONE 14	315940	120800	3.99	3.93	2.29	268	8	52.20

Fig.5

3) La durée d'action efficace de la houle

La durée d'action d'une tempête conditionne la stabilité d'un ouvrage de haut de plage. La cote + 4 m IGN est dépassée pendant près de 4 h pour une pleine mer atteignant une cote exceptionnelle de + 8 m IGN. L'amplitude de la houle étant étroitement corrélée à la hauteur d'eau, l'action des vagues de tempête sera réellement efficace autour du niveau de pleine mer. Avant ou après, les amplitudes seront nécessairement inférieures si les conditions au large restent stationnaires. Il est donc nécessaire de définir une **durée d'action efficace des houles sur l'ouvrage**.

Dans l'exemple traité sur la figure 6, la stabilité d'un ouvrage en enrochement ayant une pente de 2/1 et des blocs d'une masse moyenne de 1750 kg a été testée. La hauteur de la houle au large est de 3,7 m correspondant à une hauteur significative décennale. Avec un plan d'eau variant entre + 3,5 et + 8 m au pied de l'ouvrage, un calcul de l'amplitude de la houle a été réalisé avec un pas de hauteur d'eau de 0,5 m. Pour chaque niveau, la **valeur des dommages, S, est évaluée selon la méthode de calcul de Van der Meer**. Cette échelle de dommage est présentée sur la figure 7.

Dans l'exemple retenu, il apparaît que l'amplitude des houles est maximale à pleine mer, atteignant 2,71 m devant l'ouvrage. La valeur des dommages est maximale, s'approchant de 2, au moment où le niveau du plan d'eau statique est le plus élevé.

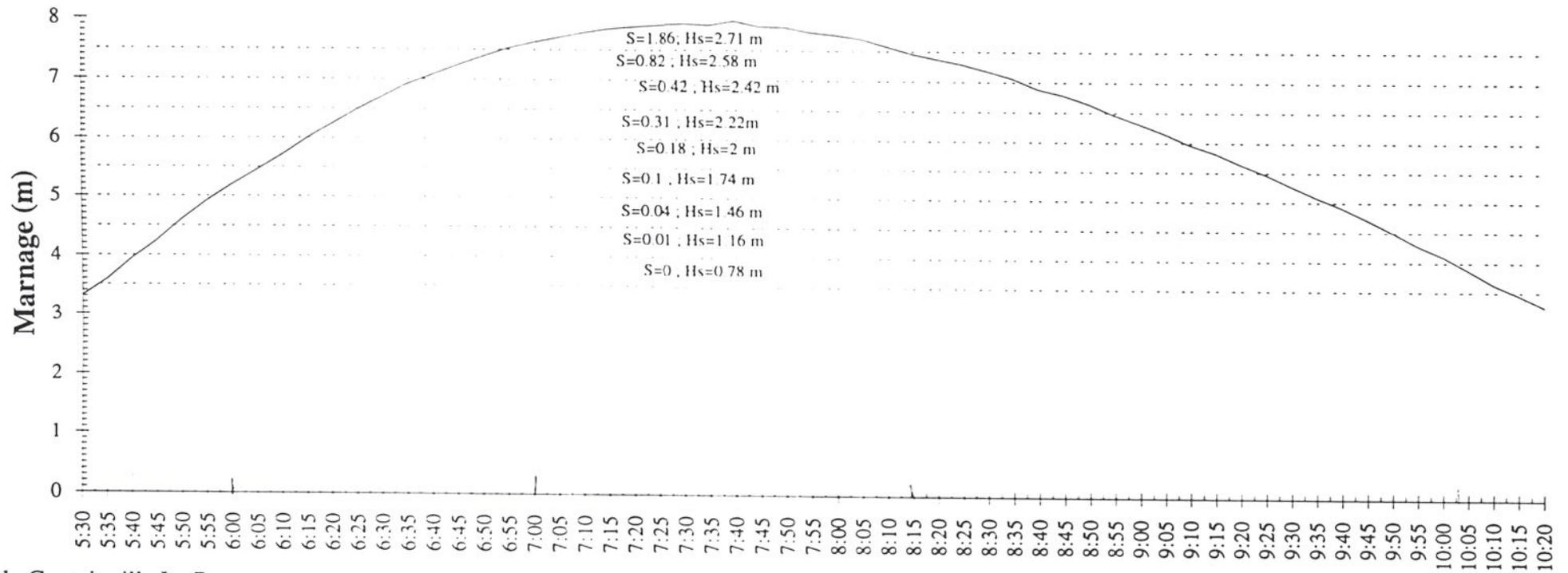
Pour la côte ouest du Cotentin, il semble raisonnable de retenir une **durée d'action efficace de la tempête de deux heures** dans les conditions extrêmes préalablement déterminées:

- H1/10 trentennale ou décennale,
- niveau d'eau statique centennal ou annuel,
- altitude de l'estran de + 4 m IGN, soit une hauteur d'eau maximale devant l'ouvrage d'environ 3,5m à 4 m.

La durée de tempête retenue aura pour effet de légèrement surestimer le calcul de la masse des blocs composant la carapace (l'altitude de la plage n'atteignant pas nécessairement la cote +4 m IGN et le plan d'eau sera exceptionnellement maintenu pendant 2 h à son niveau de pleine mer). Cette approche permettra d'avoir une marge de sécurité par rapport à des conditions hydrométéorologiques véritablement exceptionnelles, notamment en cas de vents très violents et durables.

Fig.6

Evaluation des dommages (S) et de la hauteur de houle en fonction de la hauteur d'eau en pied d'ouvrage, pour une tempête séquencée



Site de Coutainville Le Passous
Houle décennale au large de 3.69 m

Durée (en heures et minutes)

M50 = 1750 Kg Pente de la digue : 2 pour 1
Niveau d'eau = coef. 112 + surcote décennale

Fig.7

ECHELLE DES DOMMAGES (S)

C'est une échelle qualitative représentant les dégâts potentiels occasionnés sur la carapace d'un ouvrage.

Définition : Ce paramètre est défini comme une érosion de la surface de la carapace d'un ouvrage, autour du niveau statique de l'eau (s.w.l.) :

$$S = \frac{A_c}{D_{n50}^2}$$

Conditions limites : $0.5 \leq S < 20$

Valeurs des dommages (S)	Commentaires
0.5 à 2	Aucun dommage n'est observable sur l'ouvrage (0 à 5% dans la formule d'HUDSON)
> 2	Début des dégâts (les blocs commencent à se déplacer); (> 5%)
2 à 4	Dommages peu importants (certains blocs bougent, d'autres se déplacent) : les dégâts de l'ouvrage sont faciles à réparer (5% à 10%)
4 à 8	Dommages intermédiaires (les blocs sont de plus en plus nombreux à se déplacer) (10% à 20%)
8	Echec de la stabilité de la structure à tester (les blocs se déplaçant sont plus nombreux que ceux restant sur place) (20% à 30%)
8 à 12	Destruction de l'ouvrage (la couche de filtre, si elle existe apparaît) (> 30%)
12 à 20	Valeurs descriptives de l'état de dégâts observables que pour une structure dynamiquement stable

Remarques sur les dommages (pour les unités en béton) (p 17) :

Les dégâts pour les carapaces en unités de béton (cubes, tétrapodes ...) sont décrits par un dommage relatif à la largeur de l'un des diamètres nominales (des unités de béton).

Ce nouveau "dommage" est : N_0 : nombre d'unités en béton qui sont en mouvement.

N_{od} : nombre d'unités déplacés par l'action de la houle, en dehors de la couche de carapace de l'ouvrage

N_{or} : unités de béton oscillants au sein de la carapace.

N_{omov} : unités de béton bougeants, $N_{od} + N_{or} = N_{omov}$

Relation entre N_{od} et S : $N_{od} = 2 \times S$

4) La hauteur de l'ouvrage et la détermination de la cote d'arase

Le L.N.H. (1987) précise qu'il n'existe pas de résultats théoriques sur l'étude du franchissement en faible profondeur et sur des fonds de pente non nulle. La formule du L.N.H. utilisée pour l'étude des franchissements possède un domaine de validité qui exclut les ouvrages de haut de plage (hauteur d'eau devant l'ouvrage comprise entre 6 et 12 m, pente de plage nulle...). En première approximation (Migniot, 1987), la cote supérieure de l'ouvrage doit être égale à 1,25 fois l'amplitude H 1/10 de la houle au-dessus du niveau le plus haut atteint par la marée.

La **méthode de détermination de la cote d'arase de l'ouvrage** retenue pour la côte ouest du Cotentin prend en compte la hauteur d'ascension des houles sur l'ouvrage de protection (phénomène de run-up). Cette valeur est définie pour chaque ouvrage à partir des données de houle à la cote +4 m IGN, de la période de houle moyenne, de la pente de l'ouvrage et de sa perméabilité. La valeur du run-up suivant une loi de probabilité de type Weibull, en fonction de la fréquence du phénomène, différentes hauteurs d'ascension des vagues sur l'ouvrage peuvent être calculées. Un choix s'avère nécessaire pour définir le dimensionnement de la cote d'arase de l'ouvrage qui cumule alors la **hauteur du plan d'eau statique de projet et la valeur du run-up**. Le run-up significatif, R_s et le run-up 10 % (probabilité de dépassement) ont été retenus pour les calculs de franchissement.

L'altitude absolue de la cote d'arase de l'ouvrage est conditionnée par le plan d'eau statique maximal considéré.

De Carteret à Saint-Germain-sur-Ay, ce niveau statique, selon les hypothèses retenues, varie de 6,94 à 7,28 m IGN. Pour Portbail, le zéro IGN 69 est égal à 5,78 m C.M.

De Créances à Lingreville, les niveaux statiques maximum varient de 7,98 à 8,39 m IGN. A la Pointe d'Agon, le zéro IGN est égal à 6,39 m C.M.

De Saint-Martin-de-Bréhal à Saint-Jean-le-Thomas, les niveaux maximums atteignent 7,56 à environ 8 m IGN. Pour le site intermédiaire de Granville, le niveau zéro IGN est égal à 6,62 m C.M.

L'**élévation du niveau moyen de la mer prévue**, d'environ 0,6 m pour le siècle prochain, n'est **pas prise en compte** dans la détermination de la cote d'arase des ouvrages longitudinaux. Sur la durée de vie théorique des ouvrages, elle devrait être comprise entre 0,10 et 0,20 m, soit une élévation mineure par rapport aux autres grandeurs beaucoup plus variables que sont la hauteur du plan d'eau devant l'ouvrage ou la hauteur des vagues et du run-up.

5) la détermination de la profondeur d'affouillement de l'ouvrage et extrémité .

La protection de l'ouvrage contre les affouillements est fondamentale pour pérenniser sa stabilité. De récents travaux en Grande Bretagne ont montré que 34 % des destructions d'ouvrages longitudinaux sont dues directement à l'érosion de la plage ou des fondations au pied de la structure et que 14 % des ruptures sont partiellement provoquées par des affouillements liés à la présence de l'ouvrage. En effet, ce type d'aménagement conduit à amplifier la hauteur des vagues (conjonction entre la vague incidence et réfléchi), renforcer la vitesse des courants et accentuer le mouvement des fonds sédimentaires.

Le Coastal Engineering Research Center (1984) considère que la **hauteur maximale d'affouillement, ds, est égale à l'amplitude significative maximale** des vagues non déferlantes sur un fond ayant une altitude moyenne.

Pour les ouvrages de la côte ouest du Cotentin, une valeur maximale de ds égale à la hauteur de la houle Hs de projet à la cote +4 m IGN peut être retenue. Elle sera alors déduite de la hauteur H 1/10 selon la loi de Rayleigh. Cependant, il est nécessaire de **considérer également l'enveloppe de fluctuations altimétriques de la haute plage devant les ouvrages existants**, notamment en appréciant les abaissements de plages consécutifs à une tempête. Les abaissements de plage suite à la tempête d'octobre 1992 peuvent être pris en compte et comparés avec l'approche théorique évoquée ci-dessus.

Les ouvrages en enrochements induisent à leurs extrémités une agitation accrue qui est préjudiciable à la stabilité des dunes voisines. Afin de réduire cet impact, nous proposons de construire l'extrémité des ouvrages longitudinaux selon les principes décrits sur la figure 7b. La pente plus faible de l'ouvrage et son ancrage à l'intérieur du cordon dunaire reconstitué seront favorables à un meilleur amortissement de la houle et limiteront l'agitation à l'origine une érosion du trait de côte. Cette technique pourra également s'appliquer en cas de transition entre un ouvrage en enrochements et un ouvrage ancien de type perré lisse.

6) Les caractéristiques des ouvrages existants sur la côte du Cotentin

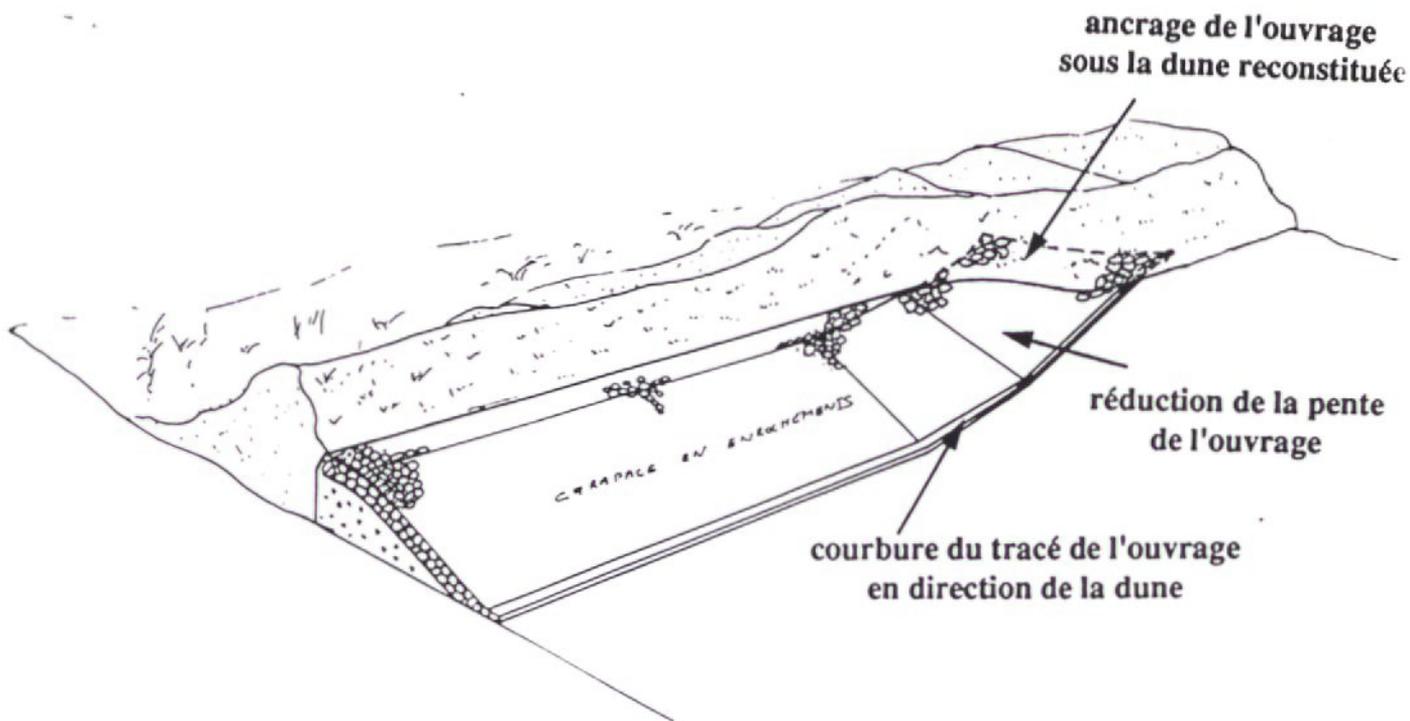
Le dimensionnement des ouvrages existants réalisé par les services de la D.D.E. de la Manche utilise la formule d'Hudson (annexe 2). La hauteur de la houle H 1/10 trentennale est actuellement retenue pour le calcul de la masse des blocs constituant les carapaces.

Les principales caractéristiques des ouvrages de protection contre la mer existants sur la côte ouest du Cotentin sont présentées sur la figure 8.

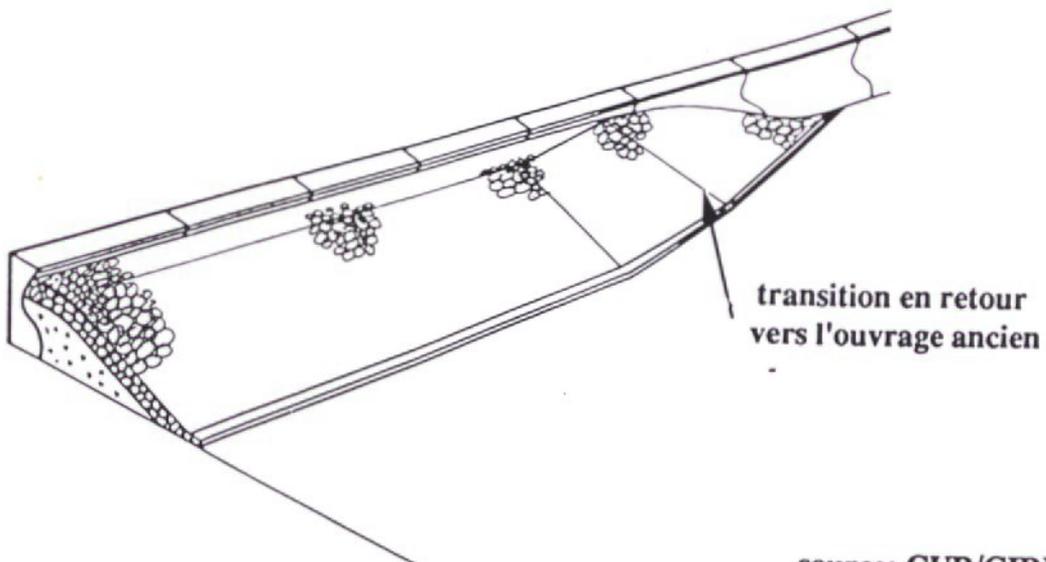
Plusieurs constatations peuvent être faites sur les ouvrages existants afin d'améliorer leur efficacité et d'affiner le dimensionnement des futurs

fig.7b

TERMINAISON D'UN OUVRAGE EN ENROCHEMENTS SUR UN MASSIF DUNAIRE



TERMINAISON D'UN OUVRAGE EN ENROCHEMENTS SUR UN OUVRAGE ANCIEN EXISTANT DE TYPE PERRE LISSE



CARACTERISTIQUES D'OUVRAGES

LOCALISATION	PENTE Transversale	MASSE	COTE PMVEE (marine)	COTE d'ARASE (cote marine)	Z	BASE des fondations / niveau de la plage
	(l/h)	(Kg)	(1) (m)	(2) (m)	(2-1) (m)	(m)
Parking de la Potinière	3/2	2000 - 3000	12.30	13.50 à 14.95	1.5 à 2.65	-
Epi de la Potinière	7/3	2000 - 3000	12.30	-	-	-
Barneville	2/1	1000 - 3000	12.30	14.50	2.20	1.50
Portbail épi court	3/2	1500 - 3000	12.50	-	-	-
Portbail Nord	2/1	500 - 2000	12.50	13.50 à 15.00	1 à 2.5	1.50
Portbail Sud	2/1	1500 - 3000	12.50	15.50	3.00	1.50
St Germain existant	7/3	500 - 2000	13.40	14.10	0.70	0.80
St Germain épi	3/1	1500 - 3000	13.40	-	-	-
Pirou	7/4	500 - 2500	14.35	15.85	1.50	2.25
Pirou Sud	2/1	500 - 2500	14.35	16.00	1.65	3.50
Anneville	2/1	1000 - 3000	13.10	15.60	2.50	2.90
Passous	2/1	500 - 2000	13.70	16.14	2.44	2.00
Coutainville digue Nord	7/4	1000 - 3000	13.70	17.00	3.30	5.10
Coutainville Sud maison bleue	3/2	1000 - 3000	13.70	16.80	3.10	2.75
Coutainville épi passous	4/3	500 - 2000	13.70	-	-	0.50
Epi Montmartin	3/2	500 - 1500	13.50	-	-	0.50
Digue basse Montmartin	3/2	1000 - 3500	13.50	14.50	1.00	1.00 à 1.80
Hauteville	3/2 et 2/1	1000 - 3500	14.80	16.00	1.20	4.90
St Martin de Bréhal	2/1	500 - 2000	14.78	16.50	1.72	2.00
Thar	3/2	1000 - 2500	14.78	15.47	0.69	1.50
St Pair sur mer / Kairon	2/1	1000 - 3500	14.78	18.50	3.72	-
St Jean le Thomas	5/3 et 4/3	-	-	16.00 à 17.40	-	0.50 à 1.40

Fig.8

aménagements en fonction des nouvelles informations disponibles sur la connaissance de l'environnement hydrosédimentaire de la côte ouest du Cotentin. L'analyse des dégâts historiquement constatés sur les ouvrages longitudinaux de la côte ouest du Cotentin est, à ce titre, très intéressante.

Sur la côte du Cotentin, **plusieurs tempêtes au cours des trente dernières années ont contribué à endommager les ouvrages de protection contre la mer existants**. A partir des informations recueillies dans la presse et auprès des services de la D.D.E. de la Manche, il apparaît que **six tempêtes majeures sont à l'origine de la ruine ou de l'endommagement d'ouvrages** de défense. Les principales caractéristiques de ces événements sont les suivantes (fig.9):

Tempête de:	Coefficient de marée	Vitesses maximales des vents en km/h	Hauteur d'eau observée à Granville en C.M.
mars 1958	117	-	-
janvier 1960	105	-	-
avril 1962	116	150	14.00
mars 1967	112	-	14.3
novembre 1967	112	130	14.2
février 1974	112	173	14.10
janvier 1978	107	140	
novembre 1984	103	133	13.9
février 1990	108	155	14.40

Fig.9

La période de retour moyenne de ces événements est d'environ 3,5 années. Elle associe, en moyenne, un niveau du plan d'eau statique de période de retour annuelle et une houle d'occurrence quinquennale. D'après les mesures réalisées dans le cadre de l'étude globale de défense contre la mer, les amplitudes H 1/10 correspondantes au large sont de :

- 6.9 m, sur le site des 3 Grunes;
- 4.3 m aux Nattes;
- 4.48 m, à Videcoq, au droit de Granville.

Les hypothèses de dimensionnement des futurs ouvrages de protection se basent donc sur un niveau d'agitation plus élevé que celui pris en compte actuellement. Il permettra de réduire la fréquence des endommagements actuellement constatés, mais devra rester compatible avec le degré de vulnérabilité des biens menacés.

7) Résultats généraux

Les hauteurs de houle H 1/10 calculées à la cote + 4 m environ varie de 2,3 m devant Denneville à 3,3 m devant Carolles pour une houle trentennale et un plan d'eau centennal.

Pour un plan d'eau annuel, les hauteurs H 1/10 sur les plages seront très proches. Elles varient de 2,1 m à Denneville à 3,1 m à Carolles.

Le niveau du plan d'eau conditionne donc principalement l'agitation devant les ouvrages.

La figure 9 présente, pour chacune des 14 zones retenues pour la réalisation d'ouvrages ou d'aménagements de protection, la masse des blocs d'enrochement à utiliser et le run-up à prendre en compte pour le calcul de la cote d'arase de l'ouvrage. Différents cas de figure ont été sélectionnés avec:

- trois situations hydrodynamiques ;
- deux types de pente, 2/1 et 3/1 ;
- une valeur de dommage, S, de 2 et 4.

Il apparaît que les **résultats sont pratiquement identiques pour un plan d'eau statique annuel et des houles trentennales ou décennales**. Ce résultat confirme l'importance du niveau d'eau statique sur les caractéristiques de la houle à la côte.

Globalement, pour un plan d'eau centennal, une valeur S de 2 et une pente de 2/1, la masse moyenne des blocs à mettre en place varie de 1800 kg à Denneville à 4150 kg à Jullouville- Carolles. Pour une valeur de dommage égale à 4, ces valeurs sont respectivement de 1200 kg et 2800 kg.

Une réduction de la pente de l'ouvrage de 2/1 à 3/1 réduit pratiquement de moitié la masse des blocs à mettre en place. Le problème de l'emprise de l'ouvrage doit cependant être pris en considération.

En ce qui concerne les **run-up**, pour un plan d'eau centennal et une pente d'ouvrage de 2/1, la valeur significative varie de 3 à 4,4 m selon les sites. En retenant un run-up ayant une probabilité de dépassement de 10%, ces valeurs varient de 3,3 à 4,7 m.

Avec une pente de 3/1, le gain de hauteur de l'ouvrage varierait de 0,25 à 0,7 m en fonction des sites.

**CALCULS : de la MASSE DES BLOCS et des RUN-UP
en fonction du niveau du plan d'eau et de la HS 1/10.**

				Carter.	Barnev.	Denn.	Brevet.	St Ger.	Pirou	Gouvil.	Coutain	Hautev.	SMB	Donvil.	Jul N	Jul S	St J.T.
				Z.1	Z.2	Z.3	Z.4	Z.5	Z.6	Z.7	Z.8	Z.9	Z.10	Z.11	Z.12	Z.13	Z.14
Plan d'eau centennal / HS trentennale	Cotg = 2	M 50	S=2	2440	2300	1800	2040	2300	3350	3395	3.420	2615	4070	3450	3370	4150	1850
		M 50	S=4	1610	1515	1185	1345	1515	2210	2240	2.257	1725	2685	2275	2225	2740	1220
		RUN 10%		3.756	3.654	3.277	3.466	3.654	4.321	4.350	4.365	3.872	4.688	4.379	4.336	4.722	3.335
		RUN Signif		3.497	3.402	3.051	3.227	3.402	4.023	4.050	4.063	3.605	4.345	4.077	4.036	4.376	3.105
	Cotg = 3	M 50	S=2	1330	1250	980	1110	1250	1820	2240	2.256	1425	2215	1880	1835	2260	1010
		M 50	S=4	880	825	645	735	825	1205	1220	1.228	940	1460	1240	1215	1490	665
		RUN 10%		3.305	3.244	2.968	3.102	3.234	3.692	3.452	3.466	3.385	3.954	3.731	3.702	3.983	2.999
		RUN Signif		3.072	3.015	2.756	2.882	3.005	3.434	3.712	3.461	3.147	3.679	3.471	3.443	3.706	2.785
Plan d'eau annuel / HS trentennale	Cotg = 2	M 50	S=2	2075	1960	1525	1710	1850	2885	3480	3.001	2275	3580	3125	2930	3660	1640
		M 50	S=4	1360	1295	1005	1130	1220	1905	2290	1.980	1500	2360	2045	1935	2415	1085
		RUN 10%		3.495	3.408	3.045	3.205	3.321	4.046	4.090	4.118	3.640	4.451	4.191	4.075	4.495	3.147
		RUN Signif		3.254	3.172	2.835	2.984	3.092	3.766	4.394	3.834	3.388	4.144	3.902	3.793	4.184	2.930
	Cotg = 3	M 50	S=2	1120	1070	830	930	1010	1570	1890	1.633	1240	1950	1690	1595	1990	895
		M 50	S=4	740	705	550	615	665	1040	1250	1.077	820	1285	1112	1055	1315	590
		RUN 10%		3.122	3.061	2.800	2.916	2.999	3.505	3.480	3.305	3.224	3.780	3.594	3.525	3.809	2.874
		RUN Signif		2.901	2.843	2.600	2.708	2.785	3.259	3.741	3.555	2.996	3.516	3.342	3.277	3.543	2.669
Plan d'eau annuel / HS décennale	Cotg = 2	M 50	S=2	2060	1965	1525	1710	1965	2865	3900	2.978	2295	3450	2980	2910	3580	1575
		M 50	S=4	1370	1295	1005	1130	1295	1890	2580	1.965	1515	2275	1965	1920	2360	1040
		RUN 10%		3.480	3.408	3.045	3.205	3.408	4.031	4.281	4.103	3.654	4.379	4.103	4.060	4.451	3.013
		RUN Signif		3.240	3.172	2.835	2.984	3.172	3.753	4.620	3.820	3.402	4.077	3.820	3.780	4.144	2.889
	Cotg = 3	M 50	S=2	1130	1070	830	930	1070	1560	2125	1.620	1250	1880	1610	1585	1950	865
		M 50	S=4	745	705	550	615	705	1030	1400	1.070	825	1240	1065	1055	1285	575
		RUN 10%		3.122	3.061	2.800	2.916	3.061	3.495	3.625	3.545	3.234	3.731	3.545	3.525	3.780	2.842
		RUN Signif		2.901	2.843	2.600	2.708	2.843	3.249	3.896	3.296	3.005	3.471	3.296	3.277	3.516	2.639

Fig.9

La profondeur d'affouillement en pied de l'ouvrage sera moins importante avec une **pente de 3/1**. Compte tenu de **l'amortissement meilleur du run-up** dans cette configuration de pente, la **hauteur totale de la structure pourrait être réduite d'environ 1 m**, voire plus sur certains sites.

B) LES OUVRAGES TRANSVERSAUX

Compte tenu des caractéristiques des mouvements sédimentaires parallèles à la côte sur les plages de l'ouest du Cotentin (rapport X), les ouvrages de protection contre la mer transversaux doivent être envisagés.

L'objectif de ces aménagements est de **maintenir la partie supérieure des plages suffisamment élevée pour amortir l'énergie des houles de tempête**.

L'efficacité de ces ouvrages s'apprécie:

- à **moyen terme**, si le **remplissage sédimentaire entre les épis s'effectue naturellement** en piègeant une partie de la dérive des sédiments qui s'effectue parallèlement à la côte ;

- à **court terme**, si des **opérations de rechargements** en sable sont réalisées pour assurer le remplissage des "casiers" entre les épis. Cette solution est **préconisée quand le matériel sédimentaire est disponible** pour recharger les plages.

1) La longueur des épis

En mer à marée, du fait du déplacement de la zone des brisants, une longueur **minimale de 70 m** est recommandée. Cependant, cette longueur doit, avant tout être déterminée par rapport au volume de la circulation sédimentaire résiduelle.

Les travaux de modélisation de la circulation sédimentaire parallèle à la côte ont montré des débits solides potentiels très variables selon les sites côtiers. La dérive littorale, en première hypothèse, affecte pratiquement la moitié supérieure de l'estran (au-dessus de la cote de mi-marée).

Les expériences de traceurs radioactifs indiquent qu'à la cote 0 m IGN 69, les transports sédimentaires résiduels annuels sont liés à la circulation de marée. Les résultats issus de la modélisation numérique des transports sédimentaires parallèles à la côte sont donc probablement surestimés.

Au regard des différentes études réalisées, nous retenons que la dérive littorale résiduelle affecte principalement la partie supérieure des estrans de la côte ouest du Cotentin, entre la cote + 2,5 m IGN 69 et pratiquement le niveau des plus hautes mers.

En moyenne, 55 % du transit sédimentaire s'effectue entre les cotes +2,5 et + 4,2 m IGN 69, 31,5 % entre les cotes 4,2 et 5,7 m, 11,5 % entre les cotes 5,7 et 7 m et moins de 2% au-dessus de la cote +7.

Afin de ne pas bloquer la totalité du transit sédimentaire, **les épis ne doivent pas s'étendre au-delà de la cote + 4 m IGN environ.** En fonction de la topographie des plages, la **longueur des épis** sera variable. Elle couvrira essentiellement la haute plage sur une largeur de **70 à 120 m**. Une extension plus importante vers le large exposerait l'extrémité des épis à des affouillements importants dus aux courants de marée intenses sur certains sites en marée de vive-eau.

Des **dispositifs de transition** présentant des épis de **longueurs décroissantes** pourront être adoptés afin de rétablir progressivement ou de réduire l'intensité du transit sédimentaire.

2) la hauteur des épis

Un **profil plongeant** est recommandé, c'est-à-dire présentant une cote longitudinale d'arase parallèle au profil de plage.

Quand les épis doivent être implantés devant un **trait de côte dunaire**, il est préférable que **l'enracinement de l'ouvrage ne soit pas jointif avec la dune**. En effet, l'agitation due à la présence de l'ouvrage a tendance à accentuer l'érosion du trait de côte localement. L'enracinement de l'ouvrage devra présenter un replat, **écrêté au niveau des plus hautes mers**. L'impact de cette disposition sur le volume en transit est mineure. En effet, du fait de la marée, le débit solide résiduel longitudinal ne représente qu'une faible partie du volume des sédiments en mouvement dans la zone de déferlement (moins de 2 % au-dessus de la cote + 7 m IGN 69).

La hauteur de l'ouvrage par rapport au niveau moyen de la plage est directement liée aux caractéristiques des transports sédimentaires dans la zone de déferlement. Les mesures réalisées sur le terrain à l'aide de pièges à sédiments ont permis de mettre en évidence:

- des transports en suspension prédominant dans le cas de houles longues ;
- des transports par charriage dominants pour les mers de vent.

En tempête, les houles courtes sont largement dominantes sur la côte ouest du Cotentin. A partir des mesures réalisées sur le terrain, la distribution moyenne verticale des flux sédimentaires indique que 80 % des volumes de sédiments transportés affectent 30 % de la hauteur d'eau à partir du fond.

L'étude de la propagation des houles entre l'avant-côte et les plages montre, dans des **conditions extrêmes**, un déferlement de 2,5 m au-dessus de la plage pour une hauteur d'eau de 2 à 3 m. Dans ce type d'agitation, **80 % des transports sédimentaires se produisent sur une hauteur de 0,75 à 1,15 m par rapport au fond.**

Afin de ne pas stopper complètement la dérive littorale, il est donc proposé que **les épis ne dépassent pas une hauteur de 1 m** par rapport au niveau moyen des fonds. Construire des épis plus élevés, conduirait à appauvrir le stock sédimentaire à l'aval-dérive et abaisser indirectement le niveau de la plage. De plus, le matériel piégé sur la partie supérieure de la tranche d'eau, du fait de sa granulométrie plus fine, serait particulièrement instable et contribuerait peu à l'élévation de la plage. Si des rechargements de sable sont envisagés, la hauteur des épis pourra être plus élevée. Elle dépendra alors du volume des apports et de leur fréquence.

L'enfoncement des fondations des épis est déterminé localement en **fonction des fluctuations altimétriques du niveau de la plage** par rapport à un niveau moyen de référence. Il devra être plus important si les épis sont réalisés devant un ouvrage longitudinal.

3) l'espacement

En suivant les recommandations données par LALAUT (1992), pour les mers à marée, l'espacement des épis est proportionnel à l'intensité du transit et à la granulométrie de la plage. Pour la côte ouest du Cotentin, où les sédiments de haut de plage sont relativement grossiers, l'espacement des épis, E, sera défini en fonction de leur longueur, L, par la relation:

$$2 < E/L < 4$$

Ainsi, pour un épi de 50 m de longueur, l'espacement entre chaque ouvrage constituant la batterie sera compris entre 100 et 200 m. Dans cette fourchette de valeur, le tracé du trait de côte peut ensuite permettre de préciser l'implantation de l'ouvrage.

4) L'orientation

Elle est fonction de l'incidence des houles par rapport à la ligne de rivage. L'analyse de la propagation de la houle de l'avant-côte jusque sur les plages du Cotentin montre généralement une faible obliquité des vagues déferlantes. Au large, le spectre directionnel varie entre 255° et 285 ° pendant 55 à 75 % du temps et s'étend plus largement entre les directions moyennes 240° et 300°. L'agitation n'est donc pas mono-directionnelle. Sauf exception, en particulier à proximité de l'embouchure des havres où la côte s'incurve de manière accentuée, l'incidence résiduelle des houles par rapport à la ligne de rivage est inférieure à 15 °. Dans ces conditions, selon MIGNIOT (1987), les épis sur la côte du Cotentin seront principalement orientés **perpendiculairement au trait de côte**.

5) La structure des épis

La **masse des blocs** constituant la carapace est **généralement identique à celle des ouvrages longitudinaux** de haut de plage. L'emploi d'enrochements est conseillé afin de réaliser une surface la moins réfléchissante possible aux vagues incidentes. La rugosité de l'épi doit donc être maximale, surtout si l'ouvrage est élevé. De ce fait, il est préférable que les arêtes des blocs utilisés soient orientées de façon à faire face directement à la houle. Le maximum d'aspérités doit être recherché pour éviter des affouillements à la base de l'ouvrage et un départ des sédiments piégés. Cette disposition est particulièrement nécessaire à l'extrémité des épis, plus durement sollicitée par les vagues.

La **penne latérale** de ce type d'ouvrage devra être **de 3/1** afin d'absorber au maximum l'énergie des vagues tout en conservant une emprise au sol acceptable.

Il est conseillé de poser la carapace en enrochement sur, respectivement de bas en haut, un **géotextile**, si la structure repose sur des sables, et des matériaux constituant une couche-filtre naturel formant le **noyau de l'ouvrage** (moellons de 200-500 mm par exemple).

C) LES RECHARGEMENTS DE PLAGE

1) Généralités

Le rechargement des plages en sable constitue un **moyen de protection contre la mer** de plus en plus fréquemment intégré dans les politiques de défense des côtes, notamment à l'étranger.

Cette technique de mise en dépôt de sédiments sur la partie supérieure de l'estran permet d'**amortir naturellement les houles de tempête** et donc de réduire, voire de stopper les processus d'érosion du trait de côte.

Les **impacts négatifs** sur l'environnement de ce type d'opération se trouvent **très réduits**.

Néanmoins, afin d'**assurer la pérennité de l'aménagement**, il est indispensable de prévoir des opérations de rechargement successives pour compenser les pertes de sédiments naturellement observées. **Une véritable gestion du stock sédimentaire côtier doit être mise en place.**

Cependant, une condition indispensable à la réalisation de ce type de projet est l'existence d'une **source potentielle de matériaux** dont les caractéristiques devront répondre à des critères de stabilité sur le lieu de dépôt.

2) L'application à la côte ouest du Cotentin

2.1) La disponibilité en sédiments

Sur la côte ouest du Cotentin, il est possible d'inventorier plusieurs types d'accumulations sédimentaires qui potentiellement pourraient être exploitées pour assurer un rechargement des plages:

- les plate-formes sédimentaires sur lesquelles reposent certaines flèches sableuses ;

- certains types de sédiments présents à l'intérieur des havres ;

- certaines parties des deltas de marée au débouché des havres ;

- les matériaux constituant les structures subtidales au large principalement de Hatainville, de Portbail et de Donville.

Dans chacun de ces sites, les impacts d'éventuels prélèvements devront être très explicitement développés. Des **contraintes techniques et de coûts sont également limitatives**. Des caractéristiques granulométriques précises sont requises pour garantir la stabilité du matériel sur les plages. La totalité des sédiments présents dans ces structures n'est pas nécessairement exploitable pour la protection des plages du Cotentin.

2.2) Les opérations de rechargement en cours

Depuis 1990, des opérations de rechargement en sable s'effectuent sur les plages de Barneville-Carteret et de Portbail, grâce à l'utilisation des sédiments qui s'accumulent en tempête dans le chenal d'accès aux havres. Sans interventions, ces accumulations aboutiraient au développement d'une plateforme sédimentaire et à terme à celui d'une flèche sableuse. A **Carteret, un by-pass d'environ 20 000 m³ par an** en moyenne est instauré pour recharger la plage de Barneville. A Portbail, les sédiments présents dans le chenal sont repris pour alimenter la plage située plus au Nord. Ces matériaux provenant de l'estran sont parfaitement adaptés au rechargement. Environ 10 000 m³ de sables par an sont dégagés du chenal.

Un chantier de rechargement de plage de grande ampleur est en cours de réalisation sur le site de Barneville-Carteret dans le cadre de l'aménagement du port de plaisance. Dans cet exemple, les sédiments mis en dépôt sur l'estran proviennent du creusement du bassin de plaisance après une sélection granulométrique. La disponibilité du matériel sédimentaire est dans ce cas occasionnelle. Néanmoins, le stock sédimentaire mis en place pourra être complété annuellement par les matériaux qui s'accumuleront, soit dans le chenal, soit au Nord de la digue ouest, afin de maintenir le volume total des sédiments de l'estran.

Il convient de noter que **les sédiments en provenance des havres ne répondent pas toujours aux critères granulométriques garantissant une stabilité du matériel sur les plages**. Les matériaux superficiels sont souvent trop fins et trop bien triés. Seuls des matériaux sableux moyens et grossiers, présents en profondeur, peuvent être exploités. La ressource est donc très ponctuelle, liée à des travaux d'aménagement de grande envergure.

2.3) Les ressources futures en sédiments

Elles seront localisées principalement à **proximité de l'embouchure des havres**. L'exploitation des structures sédimentaires subtidales ne peut être envisagée sans des études très spécifiques définissant les caractéristiques des matériaux, les volumes disponibles, l'impact d'extractions sur l'équilibre sédimentaire côtier, notamment sur la propagation des houles à la côte, les conditions techniques de prélèvements...et leurs coûts, a priori plus élevés qu'une exploitation terrestre.

Cependant, l'exploitation terrestre est également délicate à entreprendre, surtout pour des problèmes d'impacts. Il est nécessaire, pour chacun des sites où ce type d'intervention est envisagé, de préciser:

- l'estimation des volumes de sable nécessaires pour assurer une réduction de l'érosion côtière,
- la délimitation des zones d'emprunt, soit dans les chenaux d'accès au havre, sur les deltas de marée, soit sur les marges de ces structures. La distance entre la zone d'emprunt et la zone de dépôt doit être réduite du fait du coût de transport. La technique des rechargements de plage pour la côte au Sud de Granville semble plus difficile à mettre en oeuvre compte tenu de l'absence de structures sédimentaires en accrétion, à l'exception du bec d'Andaine.
- la périodicité des emprunts, tout en sachant qu'un volume critique est nécessaire en début d'opération et que l'entretien du volume de sédiments d'apport doit être régulièrement réalisé compensant les pertes naturelles liées à la circulation sédimentaire ;
- la connaissance des impacts induits par les prélèvements, notamment sur la mobilité naturelle des sables sur la plage et la stabilité du trait de côte voisin.
- la faisabilité technique de ce type de protection, en tenant compte du nombre et de la localisation des sites où ce type d'aménagement est possible. Une véritable gestion du stock sédimentaire de la côte ouest du Cotentin à l'aide un parc de matériels réduits, mais **opérant de manière préventive doit donc être prévue**.
- des mesures complémentaires, notamment la **réalisation d'épis stabilisateurs des matériaux mis en dépôt**, devra être envisagée pour réduire le volume et la fréquence des opérations de maintenance.

2.4) Le problème des extractions de sédiments et de l'exportation du matériel en dehors du système côtier

Ces **EXTRACTIONS QUI REDUISENT LE STOCK SEDIMENTAIRE DU DOMAINE COTIER SONT EXTREMEMENT PREJUDICIALES A LA STABILITE DU TRAIT DE COTE.** Compte tenu du transit sédimentaire le long de la côte du Cotentin, une zone d'extraction sur la plage aura pour impact:

- une sous-alimentation en sable à l'aval-dérive ;
- un appel de sédiments de l'amont-dérive pour combler la zone de creusement et rétablir un équilibre longitudinal de la plage.

Dans les deux cas, une érosion de la plage se traduisant par son abaissement progressif, puis un recul du trait de côte, sont les conséquences dommageables des extractions de sédiments.

Deux **zones d'extraction de sables sont encore en vigueur** sur la côte ouest du Cotentin à **Geffosse et à Blainville.**

* A Geffosse, les sédiments sableux sont prélevés à l'intérieur du havre, sur le delta de marée. Ces sédiments en provenance de la plage sont apportés par les courants au cours du flot. Une faible partie est reprise au jusant et entraînée vers l'extérieur du havre. Le bilan de ces mouvements de sable est nettement en faveur d'un colmatage, comme cela est observé pour l'ensemble des havres du Cotentin.

Actuellement, les extractions réalisées permettent de limiter localement le colmatage du havre. Les vitesses de courant restent assez fortes pour entretenir également les profondeurs autour de l'ouvrage, ce qui permet le passage des eaux marines sous la Voie de Liaison Ouest. Au-delà, vers l'intérieur, le colmatage du havre est très avancé et certains secteurs sont en voie de colonisation par une végétation continentale de graminées. **L'évolution accélérée de la sédimentation due à la fermeture pratiquement totale de l'embouchure du havre de Geffosse est irrémédiable.**

Actuellement, par rapport à l'évolution naturelle du milieu qu'il serait possible d'observer sans les extractions, un appel chronique de sédiments se crée entre la plage et le havre afin de **maintenir les équilibres hydrosédimentaires.** A terme, les débits solides de sables vers l'intérieur du havre seront donc supérieurs à ceux que l'on pourraient observer si ces prélèvements n'étaient pas effectués. **Les extractions de Geffosse sont donc défavorables à la stabilité du trait de côte et des plages voisines** en affaiblissant le stock sédimentaire des plages voisines.

L'**arrêt des extractions de sable** provoquerait un colmatage accéléré de l'embouchure du havre au niveau du delta de flot et la **condamnation à terme de l'entité morphologique** dans sa totalité. Dans cette situation, les sables de l'estran ne contribueraient plus à fournir des sédiments pour le colmatage du havre, mais participeraient à la circulation générale le long de la côte, **garantissant une meilleure stabilité du rivage**.

Afin de réduire les risques d'érosion de la côte, notamment pour les secteurs sensibles au Nord et au Sud du havre, où les cordons dunaires protègent des zones en-dessous du niveau des plus hautes mers, **deux solutions peuvent être envisagées**:

- un **arrêt complet des extractions de sables dans le havre de Geffosse** afin de réduire les entrées sédimentaires irréversibles et d'établir un équilibre hydrosédimentaire qui va tendre rapidement vers un colmatage complet du havre ;

- un **maintien des extractions de sédiments**, avec leur optimisation, **mais avec une mise en dépôt des sédiments sur les plages voisines**, afin de participer activement à la stabilité générale du trait de côte. Cette dernière solution, outre son intérêt du point de vue de la défense contre la mer, permet le **maintien du caractère maritime du havre de Geffosse**.

* pour le **havre de Blainville**, les extractions de sédiments ont lieu sur les flèches constituées de matériaux sablo-graveleux, voire sur les deltas de marée. Compte tenu de leur granulométrie, les matériaux prélevés contribuent peu au colmatage interne du havre. Les extractions réalisées permettent principalement le dégagement de la passe, maintenant des débits relativement constants du fait de la fréquence des interventions. La **fermeture de la passe observée naturellement depuis plusieurs dizaines d'années est probablement ralentie par ces extractions**.

Cependant, ces **extractions sont à l'origine d'un déficit sédimentaire** sur la côte, notamment en **réduisant le volume annuel de la dérive sédimentaire N-S**.

L'**arrêt des extractions** de sédiments orienterait l'évolution naturelle du havre de Blainville vers un colmatage progressif lié à la réduction du volume des eaux oscillantes. La **fermeture de ce havre s'effectuerait beaucoup plus tardivement que celui de Geffosse**, les équilibres hydrosédimentaires n'étant pas profondément modifiés par des aménagements anthropiques.

Dans le cadre d'une politique de protection du littoral, il est intéressant de pouvoir disposer de sédiments qui peuvent améliorer la stabilité du trait de côte. **L'entretien de la passe d'accès au havre et donc le maintien du caractère maritime du havre à moyen terme peut s'envisager grâce à des prélèvements**

de sédiments au niveau de l'embouchure du havre de Blainville et une **remise en dépôt, plus au Sud sur la commune de Coutainville**. Cette solution de type "by-pass" serait identique à la pratique en usage à Barneville-Carteret.

Un arrêt complet des extractions de sédiments qui provoquent une exportation du matériel en dehors du système côtier est donc préconisé sur la côte ouest du Cotentin. L'objectif est de ne pas affaiblir le stock sédimentaire en mouvement le long de la côte, afin de contribuer à une meilleure stabilité du trait de côte et des plages.

Cependant, des **opérations de transferts de sédiments de l'embouchure des havres vers les plages voisines apparaissent comme opportunes** pour la protection de sites voisins vulnérables. Les **pratiques déjà en usage** à Barneville-Carteret et à Portbail doivent donc être **étendues aux sites de Geffosse et de Blainville**, voire plus largement.

D) LES TECHNIQUES D'AMENAGEMENT DUNAIRE

Dans le cadre du rapport VI de l'Etude Globale (BRETEL P., LEVOY F. et LARSONNEUR C., 1991), une première reconnaissance des sites potentiels de reconstitution dunaire se basait principalement sur des **critères hydrosédimentaires** et sur les **potentialités de déflation** visant à estimer les capacités naturelles du site à se reconstituer. Dans le cadre de ce rapport, l'identification des zones potentielles d'intervention et les propositions d'aménagement vont tenir compte de la **présence ou non de valeurs menacées, de l'état et des causes de dégradation des sites**.

Une première sélection est réalisée à partir d'une vidéo aérienne oblique, de diapositives et de photographies aériennes. Vingt-sept sites sont ainsi inventoriés. Cette liste répertorie les zones qui peuvent ou doivent faire l'objet d'une intervention. Une **typologie des interventions** est dégagée à partir de la liste des sites à aménager, quatre objectifs se distinguent :

- **défense contre la mer ;**
- **gestion de fréquentation ;**
- **réhabilitation paysagère ;**
- **surveillance.**

Pour chaque type d'intervention, un inventaire et une description des techniques pouvant être mises en oeuvre sont réalisés. Ensuite, les sites font l'objet d'une proposition basée sur une fiche technique constituée lors des visites

de sites. Elle reprend aussi l'approche morphodynamique du trait de côte, la carte des risques d'érosion et de submersion à l'échéance de 100 ans.

1) LES AMENAGEMENTS DE DEFENSE CONTRE LA MER

1.1) Le rôle tampon de la dune

La dune joue un rôle primordial dans la **conservation du stock de sédiments sur les plages**. Avec une constante adaptation morphologique aux conditions hydrodynamiques, la dune réagit comme une **protection à géométrie variable**. Elle constitue un volume de sable de sécurité qui, lors d'un recul du bourrelet en période de tempête, est redistribué sur la plage. Ainsi le niveau altimétrique de la plage tend à être maintenu pour amortir les houles, en favorisant une dissipation de leur énergie, avant l'attaque directe du trait de côte. Pour entretenir ce rôle de protection, les travaux d'aménagements dunaires favorisent la reconstitution du bourrelet hors période de tempête. Le reprofilage, la pose de brise-vent, la végétalisation et la limitation de la fréquentation ont pour but de valoriser au maximum les apports éoliens naturels et obtenir une réaction optimale du système dune-plage en période de tempête.

A plus grande échelle, le bon état général des dunes sur l'ensemble de la côte ouest du Cotentin limite les risques d'érosion. Les dégradations par surfréquentation engendrent directement une accélération de l'érosion sur les sites concernés. Mais elles participent aussi indirectement au recul du trait de côte. Les **pertes de sable par érosion éolienne du bourrelet bordier participent à un déficit du stock sédimentaire global**.

Lorsque le diagnostic préliminaire établit la faisabilité d'une reconstitution dunaire pour lutter contre l'érosion marine, le choix des types d'interventions à mettre en oeuvre dépend de l'état initial du site, principalement de la morphologie de trait de côte et du niveau de dégradation du couvert végétal.

1.2) Le reprofilage mécanique

1.2.1) Son rôle et ses objectifs

Le reprofilage de la dune vise à obtenir un profil en pente suffisamment faible pour **permettre un écoulement laminaire des vents**. Il est systématiquement associé à la pose de brise-vent ou à une phytostabilisation. Le reprofilage mécanique est indispensable pour favoriser la sédimentation éolienne sur des sites où le versant marin est taillé en microfalaise, marqué d'encoche en pied de dune, ou encore dans des siffle-vent particulièrement profonds engendrant de fortes accélérations du vent.

1.2.2) Les éléments de base à respecter pour le dimensionnement

Le **reprofilage** du bourrelet bordier **ne peut induire un gain de terrain sur la mer**. Dans le meilleur des cas, la position du nouveau pied de dune correspondra à celle de l'ancien trait de côte. Elle peut même se situer légèrement en retrait. Toute tentative d'avancée directe vers la plage est vouée à l'échec. Un reprofilage de la dune, gagnant sur le haut de plage, correspond à un rechargement de plage dont la fonction de protection est différente de celle de la dune. Le rechargement, en terme de qualité de matériau à mettre en place et de quantité, est totalement différent d'une technique de reprofilage. Le sable de la dune a déjà subi un triage par le vent, sa taille est inférieure à celle des matériaux de haute plage. Il reste difficilement en place sur cette zone particulièrement dynamique.

La pente optimale du nouveau profil ne peut être donnée précisément. Les faibles pentes théoriques préconisées pour le versant marin de la dune sont souvent difficiles à obtenir. Les **profils idéaux** correspondent à des **pentés face à la mer comprises entre 10% et 30%**. Le respect de telles pentes peut, dans le cas de microfalaises supérieures à 2 m de hauteur, entraîner un recul de la crête dunaire de l'ordre de 10 m. Les conséquences d'un tel reprofilage vont perturber l'ensemble du bourrelet et nécessiter des travaux de phytostabilisation. Si possible, il est recommandé de prendre comme référence les pentes de profils d'équilibre des dunes voisines. Elles présentent souvent une granulométrie du sable et une dynamique de végétation similaires. Après reprofilage, la suppression de la végétation sur le sommet du bourrelet devra être compensée dans sa totalité par de nouvelles plantations.

Si le reprofilage du bourrelet doit être total, une plage sommitale horizontale ou légèrement inclinée vers la mer, avec une pente maximale de 5%, sera suivie d'un **versant terrestre de pente comprise entre 40% et 60%** en fonction de la taille des sables.

Le reprofilage mécanique doit s'adapter à la réalité du site, en fonction de la hauteur de la microfalaise et de l'état de dégradation de l'ensemble du cordon. L'obtention de pentes trop abruptes pourra être compensée, dans un premier temps, par une stabilisation artificielle en densifiant le réseau de brise-vent.

Dans le cas d'apports de **matériaux extérieurs**, leurs caractéristiques **doivent au maximum correspondre à celles du sable dunaire en place**. La granulométrie doit être semblable afin d'éviter les risques d'évolutions différentielles entre les zones naturelles et les zones remblayées. D'autre part, le matériau apporté doit **permettre le développement de la végétation** très spécifique du bourrelet bordier.

1.2.3) Les différents types de reprofilage

* Le reprofilage d'une microfalaise (fig.10)

Le sable déblayé est remodelé en cordon sur le sommet et en retrait sur le versant terrestre de la dune. Il peut être utilisé pour colmater des siffle-vent à proximité. Il est souhaitable de prévoir un retrait de la nouvelle crête vers l'arrière-dune. La détermination de la **position de la base du nouveau profil** utilisera les principes de positionnement des premières lignes de brise-vent. Ils sont basés sur le calcul du **niveau maximal atteint par la mer pour des tempêtes de caractéristiques fixées** (coefficient de marée de 110, surcote météorologique décennale ou annuelle associée à une houle décennale ou annuelle).

* La suppression d'une encoche éolienne (fig.11)

Ce type d'intervention est envisageable sur des **microfalaises de hauteur réduite**. La présence quasi générale d'une pelouse fixée ou de touffes denses d'oyats au contact du sommet rend la couche supérieure plus compacte. Les caoudeyres se creusent sous cette couche par érosion éolienne différentielle. Le reprofilage consiste en un creusement sous la couche compacte du sommet. Le sable prélevé peut être utilisé pour finir le colmatage du siffle-vent ou être remodelé sur le sommet. Cette technique de reprofilage concerne des zones de tailles réduites et **doit le plus souvent être réalisée manuellement**.

* Le reprofilage de siffle-vent et de brèches (fig.12)

Les siffle-vent de grande taille ont tendance à se creuser plus rapidement. La pose de brise-vent, pour être efficace, doit être précédée d'une **atténuation des pentes latérales très abruptes**. Les sommets de part et d'autre de la dépression sont rabattus en vue de colmater le creux. Le réajustement transversal mais aussi longitudinal du cordon dunaire limitera les turbulences et facilitera la mise en oeuvre des brise-vent.

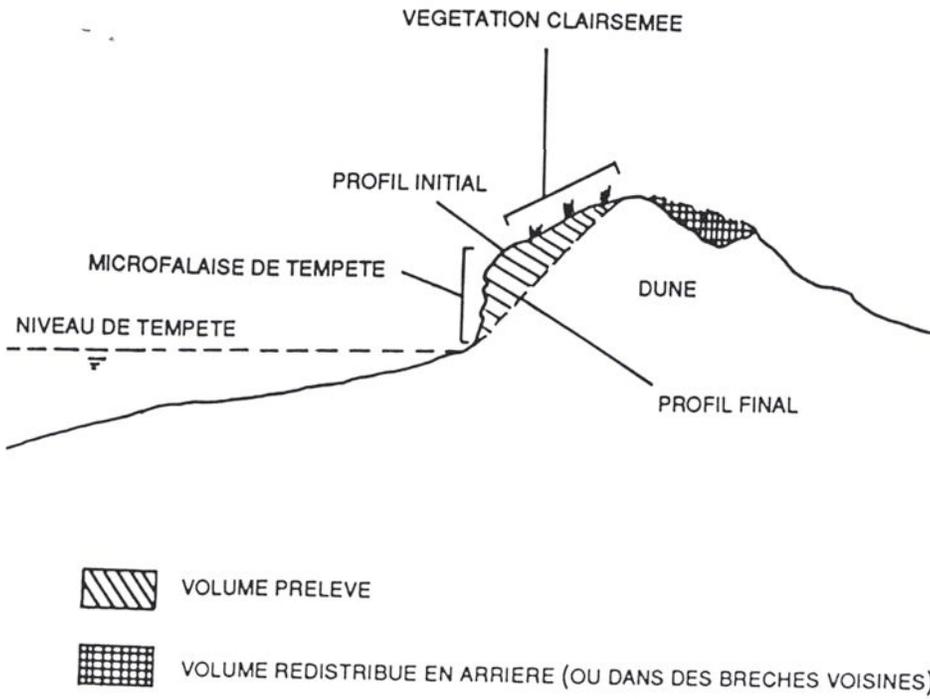
1.2.4) L'association du reprofilage à d'autres techniques d'aménagement

* Le reprofilage et les brise-vent

Le reprofilage mécanique peut être efficacement associé à l'utilisation de brise-vent. Ils limiteront l'érosion éolienne du nouveau profil pendant la période de reprise de la végétation. Ils pourront aussi assurer le colmatage total des siffle-vent, initialement impossible en n'utilisant que des brise-vent. Les caractéristiques (porosité, hauteur) et la disposition des brise-vent à utiliser (espacement entre eux, quadrillage) seront adaptées au profil final désiré.

REPROFILAGE D'UNE MICROFALAISE

Fig.10



(d'après "Aménagement et gestion des dunes du Nord de la France".
Ministère de l'Environnement).

SUPPRESSION D'UNE ENCOCHE EOLIENNE

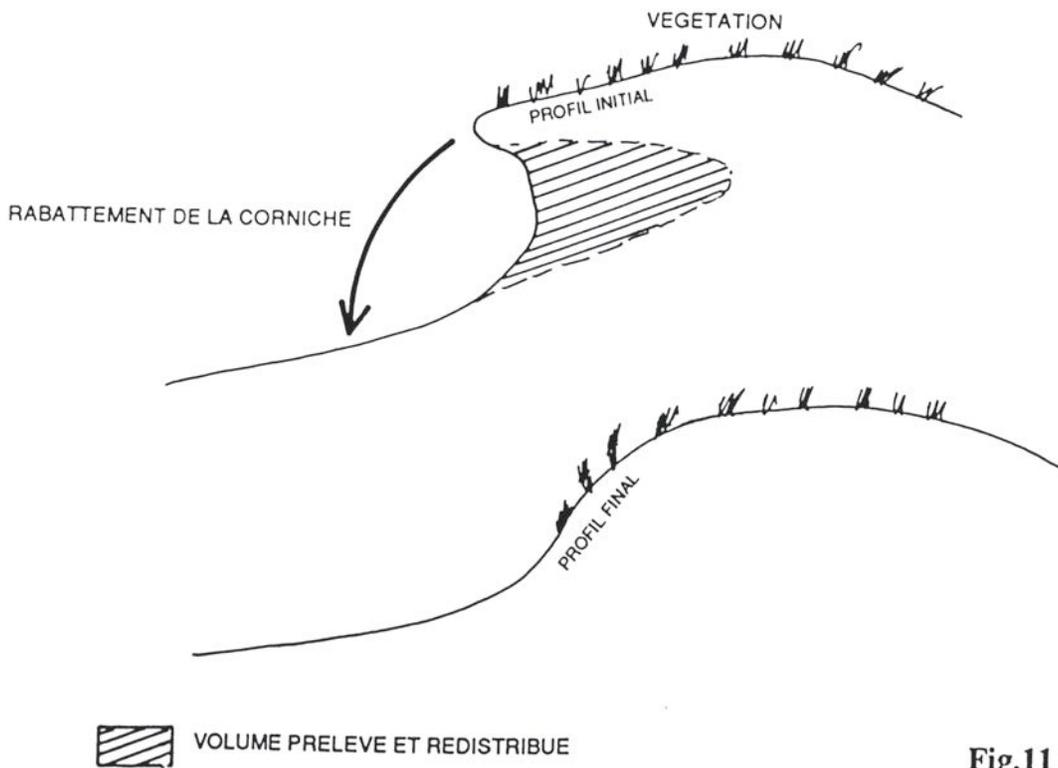
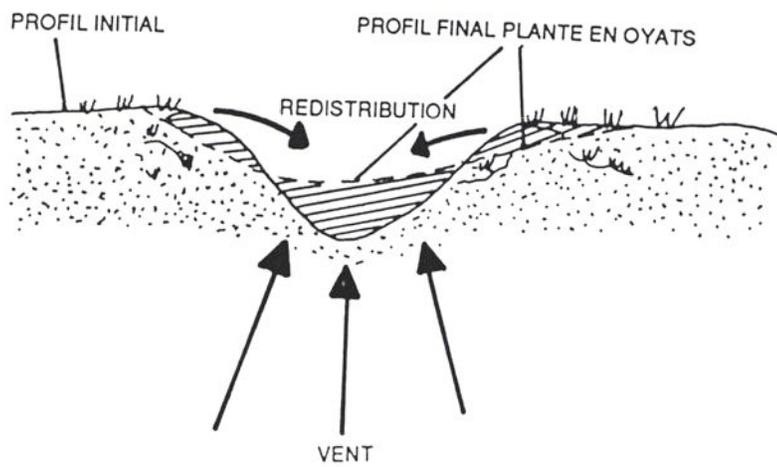


Fig.11

Ministère de l'Environnement).

REPROFILAGE DE SIFFLE-VENT ET DE BRECHES

Fig.12



 VOLUME REDISTRIBUE PAR RABATTEMENT DES ENCOCHES EOLIENNES OU EN REPROFILAGE TOTAL.

* Le reprofilage et la phytostabilisation

Le reprofilage est indissociable de la phytostabilisation. Sauf en cas de simple rabattement de corniche, après reprofilage, la zone d'intervention est dénudée. Elle nécessite une plantation, la régénération naturelle de la végétation sur un substrat totalement remanié pouvant être très lente. Les densités de plantation et la fertilisation seront fonction de la pente du nouveau profil, de son exposition et de l'association à d'éventuels brise-vent.

* Le reprofilage et la gestion de fréquentation

Le reprofilage peut intervenir sur des secteurs particulièrement fréquentés, cas répandu dans le cadre de colmatage de siffle-vent ou de brèches. La forte pression anthropique nécessite alors une gestion stricte de la fréquentation. **Les secteurs replantés seront interdits à tout passage.** Pour laisser le site ouvert au public, des cheminements et des accès à la plage (escaliers, caillebotis, traverses...) peuvent être directement intégrés lors du dimensionnement du reprofilage.

1.2.5) Le phasage des travaux et les précautions particulières :

Il faut au maximum **limiter les transports de sable, aux coûts élevés,** et organiser le chantier de manière à simplement déplacer les volumes en n'utilisant que des chargeurs par exemple. Le contrôle du chantier doit être particulièrement strict. Les déplacements des engins doivent être organisés pour **limiter la dégradation du couvert végétal.** Il est préférable d'intervenir à partir du versant marin pour préserver l'arrière-dune.

Généralement, **les déblais-remblais sont effectués rapidement.** La mise en place des brise-vent intervient dès la fin des opérations de reprofilage, car les risques de déflation sur un substrat fin et dénudé sont importants. Dans le cadre de chantiers de grande ampleur, une division par secteurs peut s'avérer nécessaire.

Si l'action des brise-vent doit compléter les travaux de reprofilage mécanique par un reprofilage éolien, les travaux de plantation n'interviendront qu'après obtention du profil désiré. **Les dates de travaux devront s'accorder avec les dates optimales de plantation** qui sont assez précises (février, mars, au plus tard avril).

1.3) Les reprofilages légers par pose de brise-vent en front de mer

1.3.1) Leurs rôles et leurs objectifs

Les brise-vent jouent le rôle d'**obstacle perméable** :

- en atténuant la vitesse du vent, ils provoquent une sédimentation éolienne ;

- ils empêchent la déflation dans la zone située en arrière ;
- ils servent aussi de protection contre l'affouillement des jeunes plants lors de travaux de phytostabilisation.

Les profils de sédimentation dépendent principalement de la porosité du brise-vent. Si elle est importante, le profil de sédimentation sera constitué de pentes douces au vent et sous le vent. Plus la porosité est importante et plus la zone d'accumulation maximale sera située en arrière du brise vent. Une porosité réduite (30% et moins) accélère la vitesse de sédimentation, qui est plus importante en avant du brise-vent. Le profil d'équilibre est atteint plus rapidement, mais le volume total piégé est réduit.

Des essais en soufflerie, des mesures in situ et des tests comparatifs entre différents types de brise-vent utilisés seuls ou disposés en rangées parallèles, ont établi que la sédimentation est optimale avec une porosité de 50% voire 65% dans le cas de sables grossiers (Hotta S., Kraus N.C. et Horikawa K., 1991).

L'utilisation des brise-vent en technique de reprofilage nécessite des conditions de milieu favorables. **Le potentiel d'alimentation en sable doit être suffisant.** Les hauts de plage, très fournis en galets, ou les zones à périodes d'exondation réduites (niveau d'affleurement de la nappe phréatique haut placé sur l'estran, proximité d'un platier) présentent des apports éoliens moins importants.

1.3.2) Les différents types de brise-vent

Les trois principales sortes de brise-vent utilisées (fig.13) sont :

* Les ganivelles :

Elles sont constituées d'un assemblage de lattes verticales de châtaignier de section triangulaire. D'une largeur de 4 cm espacées de 4 à 7 cm (**50% ou 65% de porosité**), la hauteur la plus répandue est 1.5 m. Il existe des modèles à lattes de 3 cm espacées de 7 cm, elles sont exclusivement réservées à la **réalisation de clôtures**, en raison de leur trop **forte porosité (70%)**.

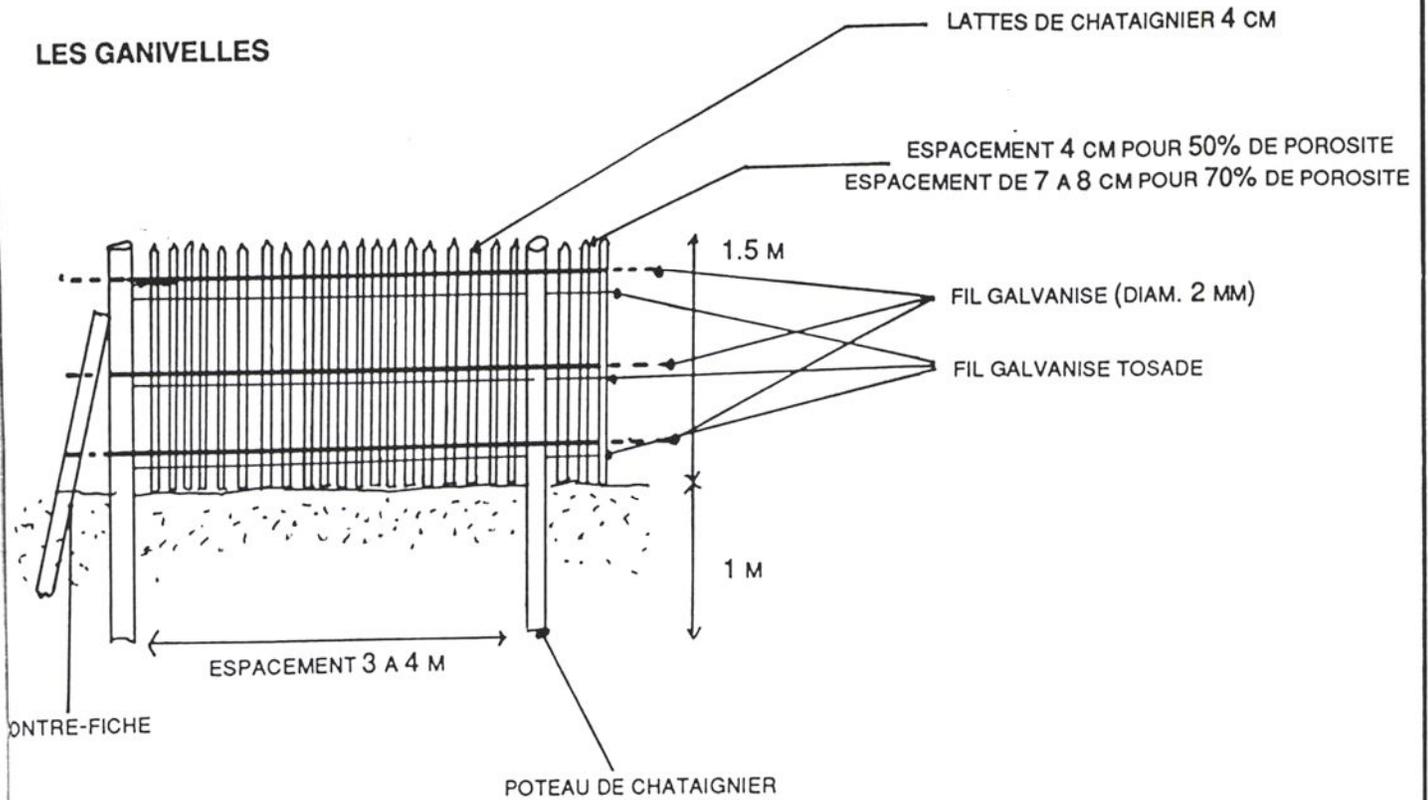
Ce clayonnage est fixé sur une clôture composée de trois rangées de fil de fer galvanisé (diamètre 2 mm), avec des piquets de 2.5 m fichés à 1 m de profondeur dans le sol. La qualité du fil de fer conditionne la durée de l'aménagement (résistance aux agressions naturelles et au vandalisme). **Les piquets sont contrefichés aux endroits où ils sont fortement sollicités** (angles, fortes ruptures de pente). L'écartement et la taille des piquets de soutien seront adaptés à la topographie du site.

* Les fascines :

Elles sont constituées par des branchages bien fournis ou par des petits fagots de 10 cm de diamètre. De 1 m à 1.5 m de hauteur, ils sont enfoncés dans le sol à une profondeur de 60 à 90 cm. **L'origine des branchages influence le**

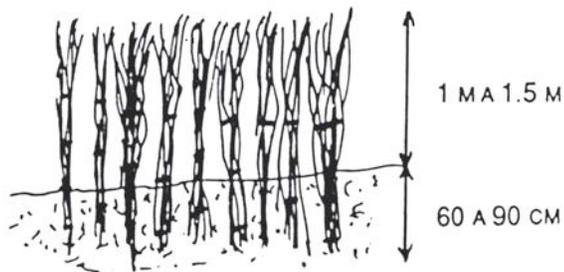
LES DIFFERENTS TYPES DE BRISE-VENT Fig.13

LES GANIVELLES



LES FASCINES

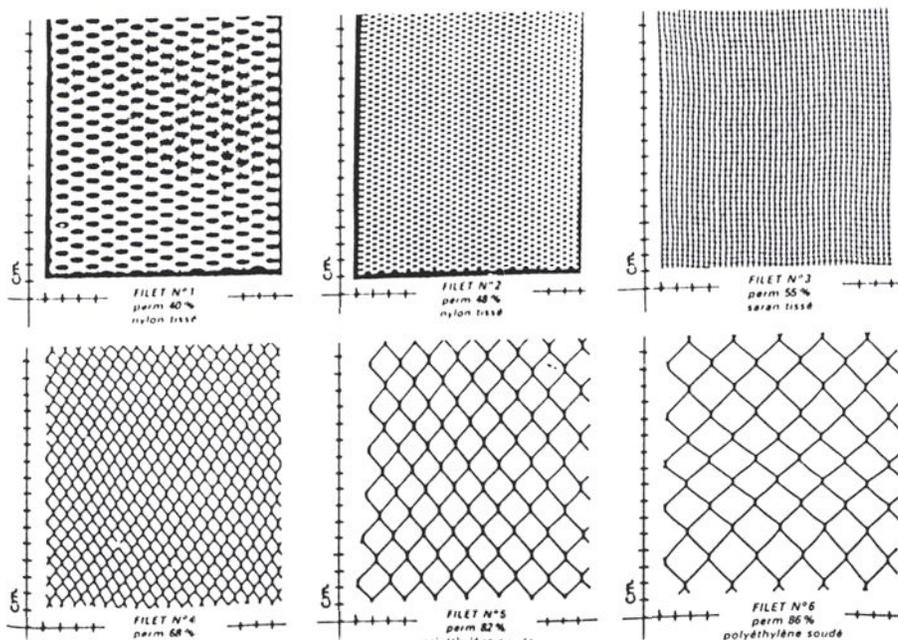
FAGOTS DE 10 CM DE DIAMETRE



POROSITE TRES VARIABLE
ELLES PEUVENT ETRE CONSTITUEES DE BRANCHAGES DIVERS.

LES FILETS

(d'après LOUIS-DUBREUIL J.P., 1984)



fonctionnement du brise-vent. Il évolue en fonction du temps de dessèchement des feuillages et de la vitesse de dégradation des branchages. La densité de fascines sera adaptée au reprofilage désiré. Mais la porosité est difficile à maîtriser et les références en la matière sont très empiriques. Ce type de brise-vent nécessite une main d'oeuvre importante, tant pour la préparation que pour la mise en place. Dans le cadre de préparation et de pose par une entreprise, son coût est élevé par rapport aux filets et aux ganivelles.

* Les filets :

Les filets de polyéthylène, de différentes porosités de 40% à 90%, sont soudés ou tissés. Faciles à mettre en oeuvre, ils sont fixés sur deux rangées de fil de fer tendues entre des piquets espacés de 3 à 4 m. Cette facilité permet de traiter à **moindre coût** d'importants linéaires (plusieurs milliers de mètres). Ils assurent de bonnes accumulations, surtout à 40% de porosité. Ils restent pourtant **moins efficaces** que les ganivelles. Leur **intégration visuelle** dans les sites naturels est **très discutable**. De plus, ils sont plus facilement déchirés par vents forts. Les filets tricotés sont, à ce titre, plus solides que les filets soudés. Pour une meilleure résistance aux vents, la taille des mailles ne devra pas être inférieure à 40 mm². La hauteur optimale du dispositif est d'environ 2 m, engendrant une traînée de sédimentation d'une dizaine de mètres.

* Autres brise-vent :

Il est courant de rencontrer, sur des initiatives privées, des poses de poches d'huîtres, des branchages irréguliers posés à même les versants marins. L'ensemble de ces initiatives présente le plus souvent une efficacité réduite. Leur dispersion sur les plages en cas de recul de la côte et leur impact visuel sur les dunes sont autant d'arguments pour **limiter leur utilisation**.

Une technique employée par le passé, consistait à utiliser des planches individuelles (1.5 m * 0.18 m * 0.03 m), qui étaient enfouies sur la moitié de leur hauteur et espacées de 3 cm entre elles. Elles ont servi à l'édification de nombreux cordons de dunes littorales artificielles en Europe (France, Grande Bretagne, Allemagne). Lorsque leur ensablement excède 90%, elles sont surélevées sur la moitié de leur hauteur.

En conclusion :

- les ganivelles présentent les meilleures performances en terme de sédimentation. Elles **s'intègrent assez bien dans les sites**. Mais leur **coût reste relativement élevé** et leur utilisation pour des reprofilages de bourrelet bordier **nécessite de nouvelles poses régulières**. Ensablé à plus de 80%, le brise-vent devient inefficace. Les ganivelles seront **préférentiellement utilisées en association avec des travaux de phytostabilisation ;**

- pour des reprofilages **sur de longs linéaires avec beaucoup d'apports éoliens, la mise en place de filets apparaît préférable**. Mais leur fragilité nécessite une maintenance accrue. **Leur utilisation peut être limitée par des soucis d'intégration ;**

- les **fascines**, en fonction de la disponibilité en matériau et surtout en main d'oeuvre, sont mieux **adaptées à la réhabilitation de siffle-vent et de brèches**.

1.3.3) Les éléments à respecter pour le dimensionnement

* La détermination de la position de la première ligne de brise-vent par rapport au haut de plage (cf fiche de diagnostic) :

Il est communément admis qu'une **érosion moyenne pluriannuelle supérieure à 1 m/an ne permet pas d'intervenir uniquement avec des aménagements légers** pour stabiliser le trait de côte. Une intervention visant à maintenir un niveau altimétrique suffisant de la plage est préalablement nécessaire. La construction d'épis, si le transit sédimentaire est suffisant, ou le rechargement de plage sont des techniques à utiliser en complément.

D'autre part, **il est nécessaire de quantifier précisément le risque de destruction d'un ouvrage léger en pied de dune**. La méthode utilisée consiste à définir, à partir de l'état actuel de la plage, une cote altimétrique atteinte par la mer lors d'un événement de période de retour élevée. Par sécurité, les conditions de calcul retenues (marée de coefficient 110, surcote météorologique décennale, houle décennale) tendent à surdimensionner le niveau d'implantation de la première ligne d'ouvrages. La cote calculée est indicative et les conditions de site (pente du profil, développement d'une dune embryonnaire...) doivent être prises en compte pour la mise en oeuvre des aménagements.

* L'orientation des rangées de brise-vent :

Les brise-vent doivent être orientés selon une direction normale aux vents dominants. Si le trait de côte est oblique par rapport à la direction des plus forts apports potentiels, une rangée parallèle au trait de côte pourra être complétée de lignes de brise-vent correctement placées par rapport aux vents.

Une seconde technique consiste à **réaliser des formes de caissons** entre les deux rangées de brise-vent positionnées parallèlement au trait de côte.

Il faut éviter les dispositions trop complexes pouvant générer des turbulences avec des phénomènes d'affouillement aux intersections des brise-vent.

* Le choix de la porosité des brise-vent et les règles pour la mise en place d'un réseau :

La porosité recherchée devra au maximum approchée les 50%. En cas de substrat de haute plage particulièrement grossier ($D_{50} > 0.5$ mm), une

porosité supérieure (60-65 %) augmente le volume de sédimentation. Pour une meilleure efficacité, la taille des espaces et des vides ne devra pas excéder 5 cm.

La pose de brise-vent en **réseau de lignes parallèles ne doit pas être systématique**. Par rapport à une rangée simple de ganivelles, l'augmentation de volume de sable ayant sédimenté ne justifie pas toujours la pose d'une ligne de ganivelles supplémentaire. Cependant, cette association permet surtout de **limiter les risques de reprise du volume sédimenté par vent forts** (supérieurs à 16 m/s).

Quelques éléments permettront de mieux adapter le dimensionnement du réseau aux conditions du site à aménager (Hotta S., Kraus N.C. et Horikawa K., 1991) :

- l'augmentation de la **distance entre les lignes de brise-vent** provoque la formation d'une accumulation plus large et plus stable. Un écart inférieur à 3 fois la hauteur du premier brise-vent (H) apparaît trop réduit. Au delà de 6.5 H, les deux lignes de brise-vent fonctionnent quasiment indépendamment. **Une valeur de 4H est empiriquement conseillée ;**

- la taille relative des brise-vent influence la stabilité de l'accumulation. Il est préférable que la taille de la première rangée de brise-vent soit plus importante.

Ces règles s'appliquent pour la formation de bourrelets à partir d'une surface quasiment horizontale. L'adaptation de brise-vent sur des profils déjà formés est plus complexe. Aucune règle particulière n'est proposée. Il faut éviter de placer la ligne juste en sommet de profil afin de limiter les risques d'affouillement. Sur des profils pentus, la pose d'une simple rangée pourra permettre, dans un premier temps, d'adoucir le profil. Dans un second temps, la pose ultérieure de deux rangées parallèles permettra de surélever le bourrelet.

Sur les zones dénudées, l'utilisation de réseaux de brise-vent au lieu d'une rangée simple, est préconisée pour la côte ouest du Cotentin, en raison de l'exposition aux vents marins puissants. De plus, les apports éoliens potentiels sont importants sur certains sites et les ensablements peuvent être particulièrement rapides.

Dans le cadre de **colmatage de brèches et de siffle-vent**, ou sur des **versants marins pentus (> 40%)**, l'utilisation de **plusieurs lignes de brise-vent** est indispensable. Les accélérations du vent sont très fortes sur les profils et la sédimentation éolienne y est d'autant plus difficile.

1.3.4) L'association des brise-vent à d'autres techniques d'aménagement

* Les brise-vent et le reprofilage mécanique

Sur les sites où le trait de côte est marqué par une **microfalaise**, l'utilisation de **brise-vent** n'est possible qu'**après un reprofilage mécanique**. Placer un aménagement en tête de microfalaise est totalement inefficace. L'accélération engendrée par le déséquilibre du profil ne permet pas de sédimentation. Il faut au moins intervenir mécaniquement pour rabattre la corniche dunaire. Seules les microfalaises de faible hauteur (inférieures à 1 m) peuvent se colmater naturellement par formation de placages éoliens en pied de dune. C'est ensuite que la mise en place de brise-vent peut s'avérer efficace pour conforter le bourrelet.

Sur des opérations plus ponctuelles de colmatage de brèches et de siffle-vent, un reprofilage mécanique permet de régulariser le profil. Le réseau de brise-vent sera plus efficace dès sa mise en place.

* Les brise-vent et la phytostabilisation

La phytostabilisation intervient logiquement après obtention du profil désiré. Mais dans un souci de reprise maximale, les jeunes plants doivent être protégés des affouillements dus au vent et soustraits à la fréquentation anthropique. Les brise-vent de type ganivelles assurent à la fois les deux rôles. Sur des secteurs particulièrement instables, un réseau complet de brise-vent peut s'avérer indispensable en complément de la phytostabilisation.

1.3.5) Le phasage et l'organisation des travaux

Les poses de brise-vent doivent immédiatement suivre les reprofilages mécaniques et précéder les **travaux de phytostabilisation**. Ces derniers, devant impérativement être réalisés **entre février et avril**, serviront de base pour établir le calendrier des opérations.

En conditions idéales, il est considéré qu'**une équipe expérimentée de 4 personnes pose 100 à 150 m de ganivelles par jour**. La pose des filets est plus rapide (Ministère de l'Environnement, 1985. "Aménagement et gestion des dunes du Nord de la France"). Mais sur des sites à la topographie irrégulière, les rendements de pose sont moins bons. Une base de 130 m/jour pour une équipe de 8 personnes peut être retenue. Les conditions de sites peuvent faire varier les vitesses de pose dans des proportions importantes.

Les chantiers de fascines sont plus aléatoires. Ils sont soumis aux difficultés de fournitures en branchages et de préparation des fagots. Si le coût en matériel est réduit, la nécessité en main d'oeuvre augmente considérablement le montant de l'intervention. **Les temps de pose sont aussi plus longs**.

Sur le site, le responsable du chantier doit être formé aux interventions dans ce type de milieu évoluant très rapidement. En période d'accrétion de la

dune, il faut toujours rester très prudent sur le positionnement des premiers ouvrages. Le caractère sensible de l'arrière-dune doit appeler à limiter les cheminements sur des zones exposées à la déflation. **Il est impératif de résorber toutes les dégradations consécutives à la réalisation du chantier.**

Les indications données sur le positionnement des premières lignes d'ouvrage doivent être respectées. Sur des chantiers importants (grandes surfaces à traiter, reprofilage mécanique de grande ampleur), une étude préliminaire pour un dimensionnement précis des ouvrages peut s'avérer nécessaire.

1.4) La phytostabilisation

1.4.1) Son rôle et ses objectifs

Le rôle premier de la phytostabilisation est de **limiter la déflation sur le profil dunaire dénudé**, engendrant des pertes de sable vers l'intérieur. La stabilisation est effective dès la plantation. Elle provoque une augmentation de rugosité de la surface dunaire.

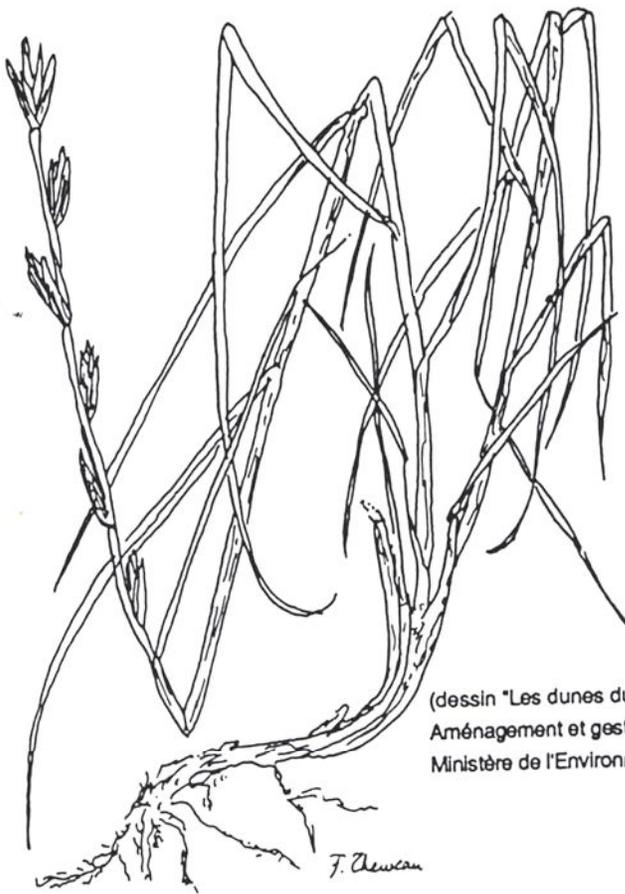
Les plantes vont aussi fonctionner tels des brise-vent en piégeant les apports en provenance de la plage. Grâce à leur croissance, les plantes réadaptent sans cesse leur capacité à accumuler le sable. **La dune peut donc se conforter sans intervention régulière de remplacement**, comme dans le cas des brise-vent qui s'ensablent. D'autre part, **l'intégration paysagère est idéale**. Si à la base, l'organisation des chantiers et l'investissement peuvent apparaître contraignants, à long terme, ce type d'intervention est sans aucun doute la moins coûteuse en milieu dunaire. Une plantation d'oyats assure une parfaite consolidation de la dune dès la deuxième ou la troisième année.

Les conditions de milieu doivent cependant être adaptées aux opérations de phytostabilisation. Des **profils trop pentus**, totalement dégradés ou **directement soumis aux influences de la mer** (embruns, submersions) **ne permettront pas le développement des plantes** et des travaux préliminaires s'avéreront nécessaires.

1.4.2) Le choix des espèces à replanter (fig.14)

Les conditions hydroclimatiques spécifiques du bourrelet bordier limitent le nombre d'espèces pouvant être introduites.

L'**oyat (*Ammophila arenaria*)** est la plante la plus répandue sur la frange maritime des cordons dunaires de la côte ouest du Cotentin et des zones tempérées en général. Son système racinaire particulièrement développé et sa rusticité justifient sa fréquente utilisation en replantation. Pour un développement vigoureux, l'oyat a besoin d'apports réguliers de sable en provenance de l'estran. Le substrat doit être assez pauvre et peu évolué, l'oyat



(dessin "Les dunes du golf du Lion :
Aménagement et gestion".
Ministère de l'Environnement.)

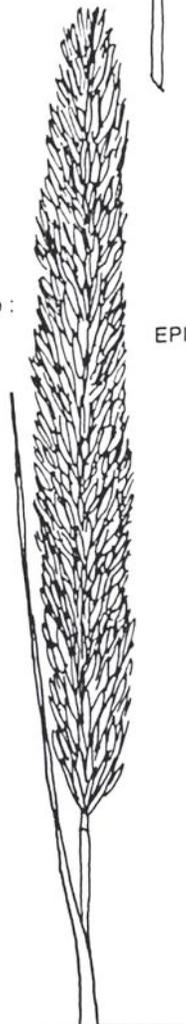


(dessin "Guide des graminées :
Carex, Joncs, Fougères".
R. Fitter, A.Fitter et A. Farrer.
Ed. Delachaux et Niestlé)"

**AGROPYRUM JUNCEUM (Agropyron junceiforme)
ou ELYMUS FARCTUS**



(dessin "Les dunes de Bretagne :
Aménagement et gestion".
Ministère de l'Environnement.)



(dessin "Guide des graminées :
Carex, Joncs, Fougères".
R. Fitter, A.Fitter et A. Farrer.
Ed. Delachaux et Niestlé)"

AMMOPHILA ARENARIA

étant très sensible aux développements des champignons et des micro-organismes.

Il est possible d'associer le **Chiendent des sables (Agropyrum junceum)** à l'oyat. La complémentarité de deux espèces bordières augmente l'efficacité de la stabilisation. Ces techniques de mixage sont encore peu répandues. Peu d'informations précises sont disponibles sur les chances de reprise et les besoins spécifiques de l'Agropyrum pour se développer.

La provenance des plants utilisés constitue un facteur important du pourcentage de reprise. L'exposition de la côte ouest du Cotentin aux agressions marines feront préférer une **provenance locale des plants** qui sont déjà adaptés à ces **conditions rudes**. Des plants vigoureux seront choisis sur des peuplements denses voisins, en arrière de la dune. Le prélèvement de la plante doit impérativement contenir des noeuds au niveau des racines. Ce sont des organes de multiplication végétative qui assurent la reprise de la plante. Les touffettes constituées de plusieurs brins (3 ou 4) doivent être nettoyées de toute matière organique en décomposition porteuse de **micro-organismes**. Ils **peuvent limiter les chances de reprise de l'oyat** affaibli par le stress de la replantation.

Il est possible d'introduire diverses espèces au pouvoir de couverture moins important (Calystegia, Eryngium). Mais cette technique est surtout utilisée en réhabilitation paysagère, pour **réintroduire une diversité floristique**. Les pourcentages de reprise sont peu connus. L'intérêt direct en technique de défense contre la mer n'apparaît pas évident.

1.4.3) Les éléments à respecter pour les plantations d'oyats

* La limite de la zone de plantation

Comme pour l'implantation de la première ligne d'ouvrages, des marges de sécurité doivent être respectées par rapport aux tempêtes. Mais la sensibilité de l'oyat aux influences marines directes (embruns, immersion) doit faire respecter une marge supplémentaire d'une dizaine de mètres au moins par rapport aux limites maximales d'affleurement du plan d'eau. Le développement des plantes vers la mer se fera ensuite naturellement.

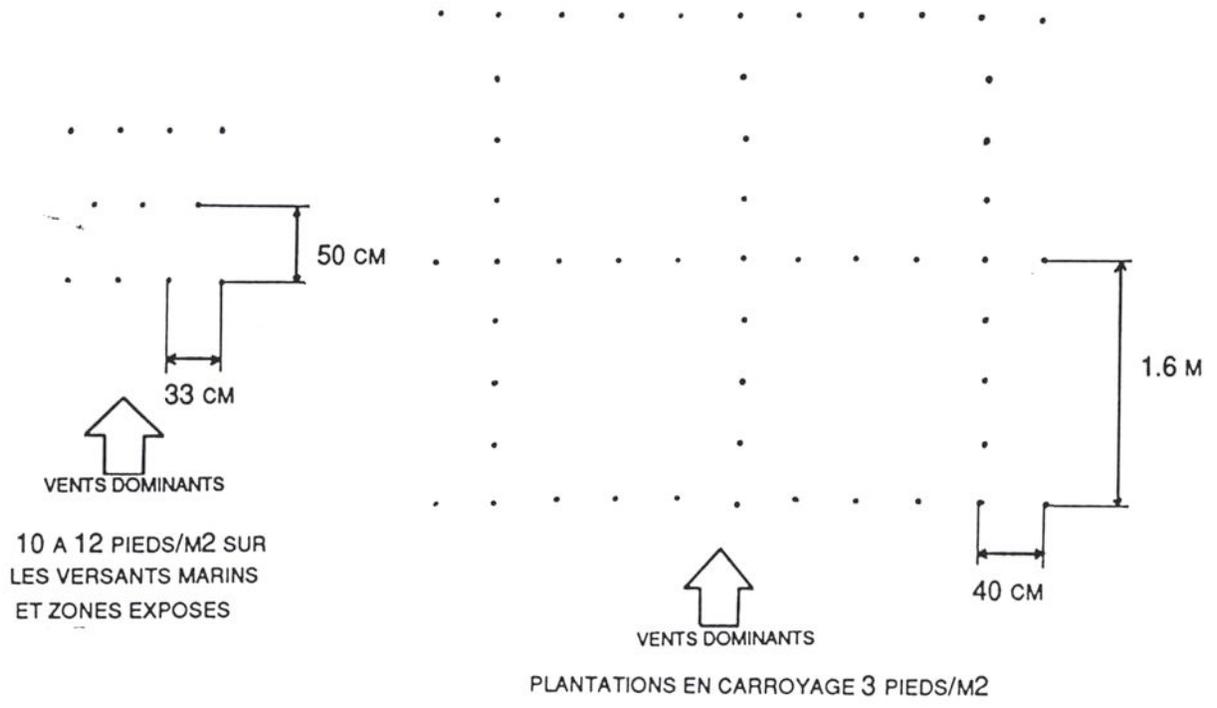
* Les dates de plantation :

Suite à différentes expérimentations (Pays-Bas, Danemark, Nord-Pas de Calais), il apparaît que les dates optimales de plantation se situent entre Février et Mars, au plus tard Avril.

* Les densités de plantation (fig. 15) :

DENSITES DE PLANTATION D'OYATS

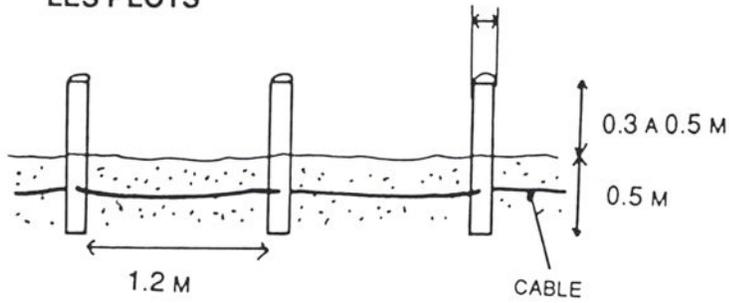
Fig.15



(d'après "Aménagement et gestion des dunes du Nord de la France". Ministère de l'Environnement).

GESTION DE LA CIRCULATION MOTORISEE

LES PLOTS



LE TALUTAGE

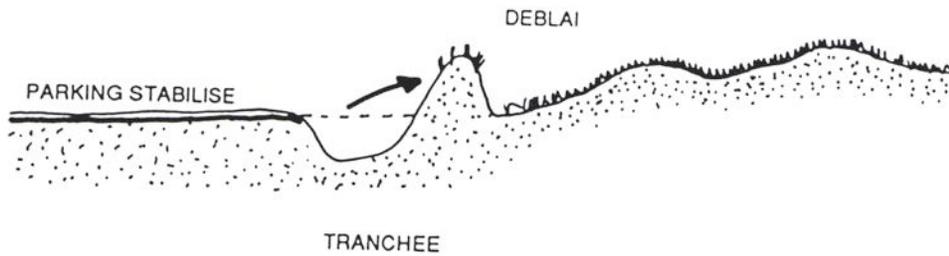


Fig.16

Sur les versants marins ou les **zones particulièrement exposées** (brèches, siffle-vent), la densité de plantation conseillée est élevée, entre **10 et 12 pieds/m²**. Pour un piégeage plus homogène du sable, un gradient de densité croissant du bas vers le haut du profil peut être respecté. Les **zones abritées** en retrait du bourrelet feront l'objet d'une plantation de densité moindre, de l'ordre de **6 à 8 pieds/m²**.

La plantation peut être réalisée de manière homogène sur l'ensemble de la surface ou sous forme de *carroyage*. Les oyats sont plantés selon une maille carrée de 1.6 m, chaque pied étant espacé de 0.4 m. Cette forme de plantation permet de réduire quasiment de moitié la densité des Oyats. Mais elle ne peut être adaptée qu'aux secteurs peu exposés aux vents violents (Ministère de l'Environnement, 1985. "Aménagement et gestion des dunes du Nord-Pas-de-Calais").

* La fertilisation

L'oyat est une plante nitrophile. L'influence des apports de phosphore apparaît réduite pour *Ammophila arenaria*. Mais l'apport d'azote dès la plantation favorise la reprise. La croissance foliaire étant stimulée, la plante assurera plus tôt son rôle de brise-vent et de stabilisation. Néanmoins, la fertilisation ne doit pas être systématique. D'abord pour une raison de coût, mais aussi pour limiter la contamination de la nappe phréatique, car les pertes par lessivage sont très importantes sur ce substrat particulièrement filtrant. Il est donc **souhaitable de limiter au maximum l'utilisation de fertilisants dans le milieu naturel**.

Les zones concernées par la fertilisation seront surtout les versants marins et les surfaces exposées aux vents, ainsi que les surfaces où le substrat a été complètement remanié.

La fertilisation doit être réalisée dès la plantation. Elle peut s'étaler sur deux ans. Au delà de la deuxième année, les apports azotés ont peu d'influence sur la croissance de la plante. Néanmoins, ils peuvent palier aux difficultés de reprise.

En fonction des secteurs et des conditions de reprise précitées, **l'apport sera compris entre 50 et 80 kg/ha**. Elle est réalisée à la volée, en prenant garde de ne pas piétiner les jeunes plants extrêmement sensibles.

* La protection contre les lapins

Dans certains secteurs, la dégradation des jeunes pieds par les lapins constitue une cause non-négligeable de l'échec à la reprise. Il existe sur le marché des produits répulsifs. Il peut être souhaitable d'**assurer une gestion cynégétique** sur les zones internes.

1.4.4) La phytostabilisation des siffle-vent et des zones exposées

Une attention particulière doit être portée sur les risques de déchaussements ou d'ensablements brutaux des plants. Un environnement

particulièrement turbulent interdit toute tentative de phytostabilisation sans associer un réseau serré (5 m sur 5 m) de brise-vent. Les densités de plantations doivent être maximales (12 pieds/m²) et il est vivement conseillé de fertiliser.

Sur des grandes surfaces moyennement exposées, la mise en place d'un réseau de fascines de 15 m sur 15 m, de 0.8 m à 1 m de hauteur, assure une protection suffisante contre le déchaussement.

1.4.5) La phytostabilisation et la gestion de fréquentation

Les zones replantées doivent impérativement être retirées de la fréquentation. L'utilisation de ganivelles qui assure à la fois le rôle de brise-vent et de clôture apparaît idéale. Mais elle reste coûteuse et sensible au vandalisme. En front de mer, lorsqu'elles sont ensablées, elles ne peuvent plus remplir leur double rôle. Dans ce cas, il faut prévoir des réajustements, ou la pose de nouvelles rangées jusqu'à reprise totale des plants.

L'utilisation de clôtures de barbelé sur les zones moins exposées est plus économique. Efficace, mais apparaissant agressive vis à vis des touristes, elle doit être associée à une information claire et succincte sur des supports résistants.

Il est important de prévoir des cheminements à l'intérieur des grandes surfaces replantées. Une contrainte trop forte sur la circulation et le contournement de zones très étendues augmentent les risques de dégradation des aménagements. Le surcoût initial doit être mis en relation avec les coûts potentiels liés à la dégradation.

1.4.6) Le phasage des travaux et l'organisation du chantier

Associée à un reprofilage mécanique et à la pose de brise-vent, la plantation d'oyats s'impose comme la dernière opération à réaliser.

Une attention particulière doit être portée sur la provenance des plants. En l'absence de pépinière d'oyats locale et pour faciliter l'organisation du chantier, il est préférable de prélever les plants sur les zones denses immédiatement en retrait. Des cheminements sur la dune interne devront être respectés.

L'idéal consiste à prélever, nettoyer et planter le même jour. Si ce n'est pas possible, un stockage d'au maximum trois jours peut être envisagé dans des trous de sable, en recouvrant la base des pieds pour conserver la fraîcheur.

Sur le chantier, en vue d'un meilleur rendement, une séparation des équipes en "préleveurs-trieurs" et "planteurs" est idéale. A titre indicatif, une équipe de deux planteurs expérimentés plante 1500 à 2000 m² par jour (prélèvement des plants non compris). Le nombre de "préleveurs-trieurs" doit être supérieur à celui des "planteurs", car la préparation des plants est longue.

Sur les versants, la plantation s'effectuera du haut vers le bas, en cherchant à limiter les éboulements par aller et retour intempestifs entre la base et le sommet du bourrelet.

Dès que les conditions le permettent, la plantation en carroyage peut être appliquée. Elle permet un gain de rendement et économise la main d'oeuvre.

Il est indispensable d'assurer un **suivi régulier du chantier** et de prévoir dans le phasage des travaux des interventions complémentaires pour **compléter les "trous", repositionner des brise-vent, voire en enlever après la reprise effective des plants.**

1.4.7) L'évolution prévisionnelle de la zone plantée

Généralement, le taux de reprise n'est pas inférieur à 80%. Mais les zones à faible reprise doivent impérativement être comblées. Les risques d'extension de la zone dénudée sont importants. Les "regarnis" ne doivent pas être négligés. Les plants dépérissant sur place doivent être enlevés et remplacés.

En fonction de la densité du couvert, la quasi totalité des apports de haut de plage sédimentera sur les 15 premiers mètres de végétation perpendiculairement au trait de côte. Les plantations plus internes, ne bénéficieront que d'une part infime de l'alimentation en sable. Elles assurent principalement un rôle de stabilisateur. Le développement d'accumulations sur la première partie du bourrelet doit être pris en compte lors des dimensionnements, surtout si un reprofilage mécanique est préalablement réalisé.

A long terme et sur les zones internes, l'oyat se dessèche en raison de la densité croissante. Les prairies d'oyats qui peuvent assurer un recouvrement total dépérissent progressivement laissant apparaître une forme de pelouse rase. Il apparaît que le développement du sol et plus particulièrement des micro-organismes engendrent une toxicité intervenant dans ce dépérissement (Van der Putten, 1989).

1.5) La fiche de diagnostic d'intervention

Les fiches présentent, de manière synthétique, l'ensemble des critères nécessaires au diagnostic d'aménagement du bourrelet bordier. Elles permettent de juger de l'opportunité de l'intervention et précisent les paramètres techniques intervenant dans le choix et le dimensionnement des ouvrages légers.

SITE : nom de la commune et du lieu-dit

- Date de visite :

La plupart des visites de sites ont été effectuées au printemps 1993. Le développement des plantes annuelles de haute plage et la reprise de végétation peut conduire à des **diagnostics trop optimistes sur l'évolution naturelle des sites**. Par contre, les zones qualifiées de "dénudées" ou à "faible dynamique de végétation" doivent faire l'objet d'une attention particulière. La date est un paramètre du diagnostic qui doit toujours être pris en considération afin de ne pas positionner des aménagements trop près des limites des plus hautes eaux.

RISQUES SPECIFIQUES AU SITE :

- Caractérisation du risque :

Erosion	Submersion

Rappel des risques identifiés dans le rapport VII de l'Etude Globale ("Carte des aléas : zonage des risques d'érosion littorale et de submersion marine").

- Evolution du trait de côte (m / an) :

Evolution moyenne pluriannuelle :	
Evolution maximale pluriannuelle :	
Evolution actuelle :	

L'évolution pluriannuelle moyenne est estimée par régression linéaire, qui est calculée à partir d'**évolutions mesurées sur une période de 40 à 60 ans**. C'est un bon indicateur de la tendance évolutive du site à moyen-terme, voire à long-terme, qui doit être impérativement pris en compte.

L'évolution maximale pluriannuelle correspond à la plus forte vitesse maximale mesurée sur le site entre deux séries de photographies aériennes. Cette grandeur permet de mieux apprécier le risque ponctuel de recul.

L'évolution actuelle est calculée à partir de levés quadri-annuels, depuis 1991. Ils sont effectués au niveau des repères situés sur la haute plage. Comparée aux évolutions pluriannuelles, elle permet de mieux identifier la phase actuelle d'évolution du site et ainsi de relativiser la prise de risque lors du positionnement de la première ligne d'ouvrages.

- Echéance du risque :

- risque à l'échéance de 100 ans :

- échéance du risque par rapport aux premières valeurs menacées :

Basée sur la comparaison entre la vitesse d'évolution pluriannuelle et la distance entre le trait de côte et les premières valeurs menacées, elle précise le **niveau d'urgence de l'intervention**.

ZONE D'INTERVENTION :

Linéaire de côte :	
Largeur du cordon :	
Surface :	
Classification P.O.S :	
Classification Atlas du Littoral :	

La classification de la zone dans le Plan d'Occupation des Sols (P.O.S) et la classification dans l'Atlas des Espaces Naturels du Littoral rendent compte de **l'utilisation future possible du site**.

ESTIMATION DES VALEURS MENACEES :

- Habitats :

Classes	Fourchettes des valeurs (KF 1990)	Nb d'habitations
classe 1	150	
classe 2	250	
classe 3	400	
classe 4	600	
classe 5	800	
classe 6	1000	
Total		

L'estimation des valeurs menacées permet de mieux juger de **l'opportunité de l'intervention** et de mieux apprécier la **limite des moyens à mettre en oeuvre**. L'estimation des valeurs menacées est établie à partir des visites de sites. Les habitations directement menacées sont dénombrées et une estimation des valeurs est réalisée en appliquant le barème du rapport VIII de l'Etude globale de défense contre la mer.

- Biens publics :

Route:	
Parking:	
Autre:	

- Formes d'utilisation de l'arrière dune :

Sans être directement menacées par l'érosion de la dune, les activités en arrière de la dune peuvent constituer une justification pour une protection à long terme du cordon dunaire. Elles sont souvent appelées à évoluer (construction, développement de nouvelles activités économiques, touristiques...), en fonction des caractéristiques du P.O.S..

CRITERES DE DEFINITION DES AMENAGEMENTS :

- Caractéristiques physiques du site :

- morphologie du trait de côte :
- fonctionnement hydrosédimentaire du site :
- dynamique de végétation :
 - * couverture végétale :
 - * dégradation de la végétation :

CRITERES DE DIMENSIONNEMENT :

- Cote d'implantation des premiers ouvrages (conjonction de conditions hydrométéorologiques) :

- hypothèse favorable (événements de période de retour annuelle) :

Evénements	Cotes associées
Pleine mer moyenne de coeff. 110 :	IGN ₆₉
+ Surcote météorologique annuelle :	
+ Run-up pour une houle annuelle :	
Cote d'implantation des 1^{er} ouvrages :	IGN₆₉

- hypothèse défavorable (événements de période de retour décennale) :

Evénements	Cotes associées
Pleine mer moyenne de coeff. 110 :	IGN ₆₉
+ Surcote météorologique décennale :	
+ Run-up pour une houle décennale :	
Cote d'implantation des 1^{er} ouvrages :	IGN₆₉

Deux scénarios de tempête sont proposés pour une marée de coefficient 110. Ils définissent un niveau altimétrique extrême d'attaque de la dune par la mer.

Les surcotes météorologiques annuelles et décennales correspondent à celles calculées à Granville (Etude Globale, Rapport I). Les hauteurs de houles annuelles et décennales sont définies à partir des mesures réalisées sur l'avant-côte. Une estimation du run-up (dénivelé ajouté au plan d'eau moyen qui est fonction de la houle au déferlement et de la pente moyenne de la haute-plage) complète le calcul du niveau d'eau maximal atteint par la mer. La cote annoncée doit être considérée avec prudence étant données les conditions de calcul (taille de la maille de calcul quelques fois supérieure au linéaire du site concerné, profils topographiques non réactualisés). Mais globalement, la probabilité d'obtenir de telles conditions, surtout avec une houle décennale, lors d'une marée de coefficient 110 est très réduite. Ceci assure une marge de sécurité suffisante pour le positionnement de la première ligne d'ouvrage. Il faut ajouter les phénomènes de réajustement de profil correspondant à la formation d'une microfalaise dont la base se situe au delà de la cote calculée.

- Orientation des ouvrages :

- potentialités naturelles de reconstitution :
 - * largeur d'estran :
 - * granulométrie :
 - * vitesse seuil de déflation (alt. 2m) :
- positionnement des aménagements :
 - * orientation du trait de côte :
 - * orientation des vents efficaces
(ordre de fréquences décroissantes)(direction/fréquences 0/00) :
 - * apports éoliens potentiels théoriques (m³/ml.an) :

Les indicateurs des apports éoliens potentiels (largeur d'estran devant la dune, granulométrie du haut de plage, vitesse seuil de déflation) et l'orientation des vents efficaces par rapport au trait de côte sont déterminants pour le positionnement des brise-vent. Ceux-ci seront préférentiellement placés perpendiculairement à la direction des apports. La prise en compte de ces paramètres est aussi importante pour la mise en place des aménagements de gestion de fréquentation. Les accès et les cheminements dans le sens des vents dominants devront être évités afin de limiter les risques d'accélération du vent sur la pente face à la mer, favorisant la formation de caoudeyres.

Les apports éoliens potentiels sont annoncés dans le rapport X de l'Etude Globale. Les grandeurs indiquées sont à pondérer en fonction des éléments d'interprétation présents dans le rapport X de L'Etude globale de défense contre la mer.

Plusieurs pièces sont jointes. :

- carte de l'état du cordon dunaire (Rapport VI) ;
- Plan d'Occupation des Sols ;

- carte des risques d'érosion et de submersion à l'échéance de 100 ans ;
- orientation du trait de côte par rapport aux normales des vents.

2) LES AMENAGEMENTS DE GESTION DE FREQUENTATION

2.1) Les principes généraux d'intervention

La gestion de la fréquentation sur un site peut intervenir à **court terme**, dans le cadre de travaux de phytostabilisation, ou à plus **long terme**, pour les secteurs possédant un important attrait touristique, soumis à une forte fréquentation ou situés au voisinage de structures d'hébergement, en limite de zones urbanisées. Le site ne peut être **totalemt interdit à la fréquentation**, sauf dans le cas de travaux importants de restauration, l'interdiction n'étant que temporaire. Il est primordial de conserver le rôle touristique de la dune.

La réussite de l'intervention repose sur le **compromis entre la protection du milieu et le maintien de la liberté de circulation sur le site**. Il faut limiter les interdictions et les obligations en conjuguant les différentes techniques disponibles et en recherchant une bonne intégration paysagère des aménagements. Par exemple, l'utilisation d'arbustes épineux dans l'arrière-dune est aussi efficace et moins coûteuse, à moyen et long terme, qu'une clôture. Son intégration est meilleure et l'obligation d'emprunter le chemin est perçue positivement.

Sur les sites dégradés, les accès aménagés doivent **tenir compte des passages habituellement utilisés** par les touristes. Ceux-ci sont modifiés lors de l'aménagement, mais leur position et leur nombre doivent, si possible, être respectés. Chaque site doit faire l'objet d'une estimation de la pression anthropique qui s'y exerce, régulière ou saisonnière, et les aménagements doivent s'adapter aux besoins des "consommateurs" du milieu.

2.2) Les techniques de gestion de la fréquentation

2.2.1) La gestion de la circulation motorisée (fig. 16)

* Les plots

Ce sont des pièces de bois imputrescibles d'un mètre de hauteur, d'environ 15 cm de diamètre, enfouies de 50 cm dans le sol. Les plots sont câblés entre-eux pour éviter le vol. Espacées de 1.2 m, elles interdisent le passage des voitures.

Leur intégration dans le site est bonne. Les plots peuvent aussi être remplacés par des pierres de grosse taille, surtout au niveau des accès menant directement sur la plage.

Ces techniques sont utilisées pour **limiter des parkings** ou **empêcher le stationnement** en bordure du massif dunaire. Mais ils restent totalement inefficaces contre la pénétration des deux roues.

* Le talutage

Cette technique consiste à creuser une tranchée suffisamment profonde pour empêcher le passage des véhicules de tourisme. Le déblai est laissé en bordure de trou, constituant un obstacle supplémentaire. Le talutage est souvent associé à la plantation d'arbustes ou à la mise en place d'une clôture. L'intégration paysagère est satisfaisante. Cependant, les véhicules tout-terrain, autos et motos peuvent souvent les franchir.

* Les passages d'homme et chicanes

Il existe de nombreux systèmes permettant de réduire l'accès de la dune aux seuls piétons : une simple chicane composée de deux barrières robustes positionnées en vis à vis, un passage étroit... L'installation sera de préférence réalisée en bois imputrescible, pour conserver un aspect rustique.

2.2.2) La gestion de la circulation piétonne (annexe 3 et fig.17)

* Les ganivelles

Les ganivelles utilisées pour gérer la fréquentation sont de porosité élevée (> 70%), et de moindre coût. Elles présentent l'avantage d'être plus efficaces qu'une clôture de fils lisses et moins agressives qu'une clôture de fils de fer barbelés. En outre, leur intégration dans le site est convenable.

Elles sont souvent utilisées comme brise-vent, mais dans le cadre d'une gestion de la fréquentation, la sédimentation éolienne n'est pas recherchée, voire même évitée. Lorsque le sable s'accumule au pied des ganivelles, il peut rendre l'obstacle franchissable. Les ganivelles font aussi souvent l'objet d'actes de vandalisme.

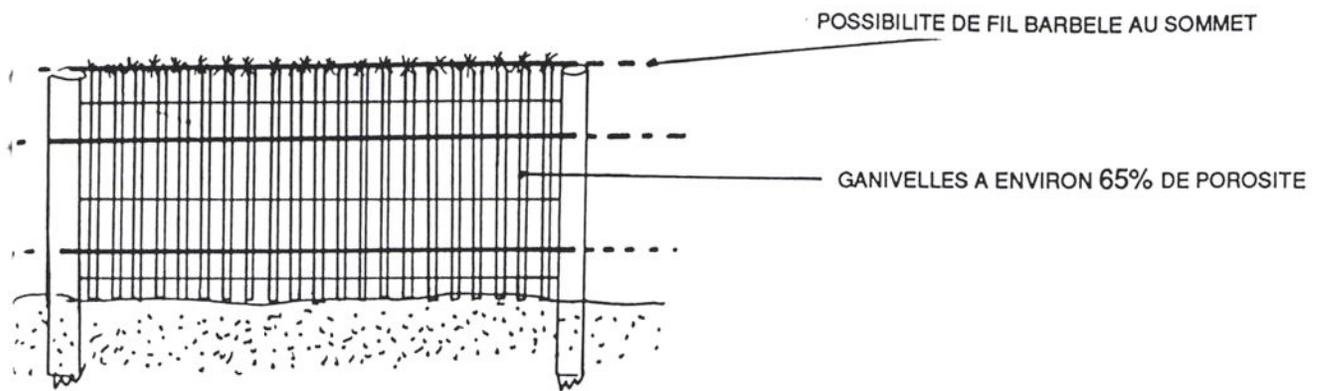
* Les clôtures

Elles peuvent être de différentes sortes :

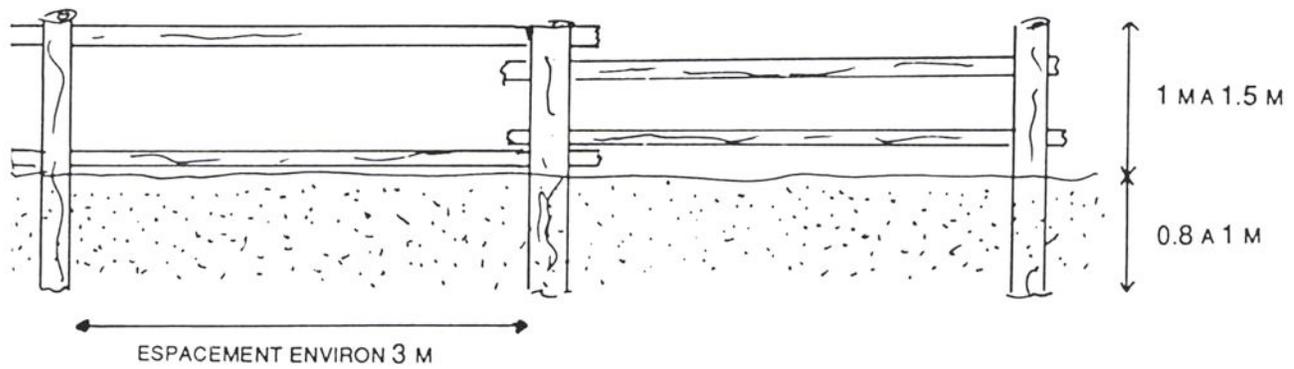
- composées de 3 ou 4 fils tendus entre des piquets de châtaignier de 2.5 m de hauteur (1.5 m hors sol), espacés de 3 à 4 m. Les fils peuvent être lisses ou barbelés. Les clôtures de barbelés sont assez mal perçues par les touristes, mais peuvent se justifier pour des interdictions strictes de passage, ou dans le cas de présence d'animaux. Il est préférable de mettre une rangée de fils barbelés au niveau supérieur et les autres en fils lisses. Généralement, les clôtures de fils lisses ne sont efficaces que sur des sites à fréquentation modérée. Ils servent plutôt à baliser les chemins ;

GESTION DE LA CIRCULATION PIETONNE

LES GANIVELLES



CLOTURE



PALISSADE DE TRAVERSESES

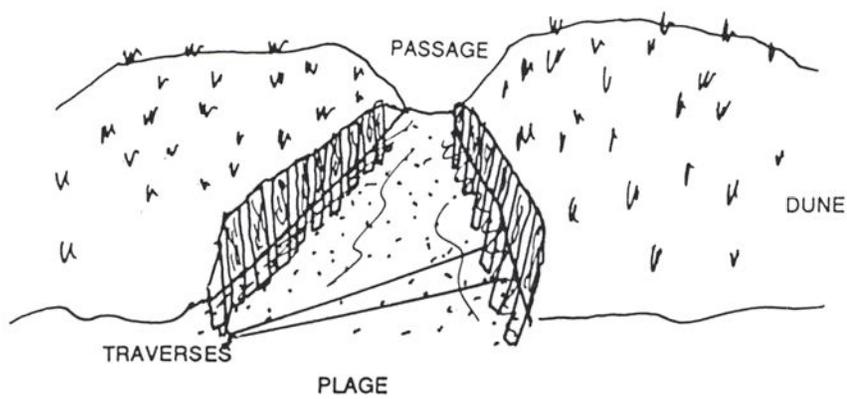


Fig.17

- réalisées entièrement en bois, avec des piquets de 1 m de hauteur hors-sol, reliés entre eux par une planche de bois brut. Leur apparence rustique s'intègre parfaitement au site. Mais elles sont facilement franchies et ne sont pas suffisamment efficaces pour canaliser la fréquentation à travers la dune bordière en direction de la plage. Elles balisent les chemins et limitent l'accès des deux-roues. Leur utilisation se restreint aux limites des zones faiblement fréquentées.

* La palissade de traverses

Elle est constituée de traverses fichées verticalement dans le sol, de manière jointive. Son rôle de gestion de fréquentation est réduit. Elle sert surtout à stabiliser les flans des accès à la plage, encaissés dans la dune, et à limiter ainsi les éboulements vers le centre du passage.

* Les arbustes

La végétation xérophile arbustive des dunes possède un aspect très dense. La compacité des buissons et la présence d'épines pour certaines espèces permettent de les utiliser pour canaliser la fréquentation. Leur intégration paysagère est idéale. Ils s'adaptent surtout en arrière de la dune bordière, car ils résistent peu aux influences marines directes et aux ensablements rapides. Les espèces les plus répandues sur les dunes du Cotentin sont :

- *Ligustrum vulgare* : Troène
- *Salix repens* : Saule rampant
- *Hippophae rhamnoides* : Argousier
- *Ulex europeus* : Ajonc
- *Prunus spinosa* : Prunellier épineux
- *Rubus* : Ronce

Leur plantation est soumise à des conditions édaphiques particulières. Ces arbustes sont assez sensibles à l'excès de calcaire. Lors de la mise en place de jeunes plants racinés, des protections contre les rongeurs peuvent s'avérer nécessaires. Leur grande faculté de multiplication permet de les espacer d'environ un mètre lors de la plantation. Ils formeront rapidement une haie homogène.

Certaines espèces résistent mieux aux influences marines directes et peuvent être utilisées sur la dune bordière :

- *Atriplex halimus* : Arroche ou Pourpier de mer
- *Tamarix gallica* : Tamaris
- *Tamarix Africana* : Tamaris

* Les escaliers (annexe 3)

En fonction de la topographie, la mise en place d'escalier s'avère parfois nécessaire pour limiter les éboulements. Ils peuvent être de plusieurs sortes :

- constitués de traverses, disposées latéralement. Leur espacement est fonction de la pente. Les escaliers de traverses seront plutôt utilisés sur le versant terrestre de la dune, plus abrité du vent, où les risques d'ensablement sont moins importants. Un aménagement semblable, en gradines, peut être réalisé en disposant des planches sur le chant. Elles sont maintenues verticales par des piquets ;

- sur le versant marin de la dune, un escalier en menuiserie sera plus adapté. Les pentes sont plus fortes et les risques d'ensablement ou d'affouillement supérieurs. La mise en place nécessite une stabilisation préalable de la pente et des abords de l'ouvrage (brise-vent, phytostabilisation), pour limiter l'érosion éolienne. Le dimensionnement de l'escalier sera différent des escaliers classiques, avec une marche plus large et une contremarche moins haute.

* Les caillebotis et les géotextiles

Ils servent surtout à baliser clairement le passage. Ils limitent le surcreusement et la déstabilisation des secteurs très fréquentés.

Les caillebotis, ou platelages, sont constitués de planches de bois transversales, fixées sur des bastings. Elles sont disposées parallèlement dans le sens du passage. Les planches sont légèrement surélevées au-dessus du sable, d'une dizaine de centimètres environ. Les caillebotis sont efficaces, mais sensibles à l'ensablement ou aux affouillements. Ils ne doivent pas être placés dans le sens des vents dominants.

Des géotextiles bidimensionnels, voire tridimensionnels, sont aussi utilisés pour stabiliser le substrat. Avant leur mise en place, le terrain doit être égalisé et nettoyé pour éviter que des débris ne les déchirent. Une tranchée est creusée de chaque côté du passage et sur toute la longueur afin d'enfouir profondément les bords. Cette opération primordiale assure la stabilité du géotextile. Le passage est ensuite légèrement recouvert, ainsi un niveau minimum de sable est maintenu dans le passage.

Le géotextile peut être mis à nu par l'érosion éolienne ou lors de dégradations. Il est alors inefficace et nuit à l'esthétique du site. Il est important de l'entretenir régulièrement. Dès que des lambeaux de tissus apparaissent en surface, la dégradation totale de l'aménagement peut être très rapide. Il devra aussi être choisi pour être résistant aux U.V..

2.3) La provenance de la population fréquentant le site

2.3.1) La proximité de zones urbanisées et de structures d'hébergement saisonnières

Il est nécessaire de **strictement canaliser l'accès à la dune à la sortie des zones habitées et limiter les accès aux seuls piétons**. Ces sites sont soumis à une fréquentation régulière et soutenue.

La limite entre la zone habitée et le secteur dunaire doit être marquée par une clôture ou de préférence par une frange dense d'arbustes, pour interdire toute pénétration diffuse dans le site. Dans un premier temps, les plantations doivent être protégées contre le piétinement par une clôture. Celle-ci pourra être retirée dès que le recouvrement sera suffisant.

Si les conditions édaphiques ne permettent pas la plantation d'arbustes, une palissade de ganivelles sera mise en place.

Des passages d'homme et des chicanes limiteront la pénétration des véhicules. Il est important de ne pas laisser d'espaces libres de part et d'autres des entrées. Ils risqueraient d'être systématiquement empruntés pour contourner les aménagements.

Les départs des cheminements tiendront compte des axes de circulation préalablement identifiés sur le site. D'une manière générale, les accès ne doivent pas être distants de plus de **150 m à 200 m**.

Il peut être nécessaire de **réglementer le stationnement des véhicules** sur les voies publiques **en bordure de site**.

2.3.2) La fréquentation à partir de routes côtières et au niveau des accès à la plage

Il est impératif d'organiser le stationnement des véhicules. La conception de l'aire de stationnement conditionne directement la dispersion des touristes dans le site et leurs cheminements vers la plage.

L'aire de stationnement sera aménagée suffisamment près de la plage, en arrière de la dune bordière. Si elle est trop éloignée, à plus de 200 m, les risques de pénétration de véhicules dans le massif dunaire augmentent fortement.

La taille du parking sera adaptée à la fréquentation estivale. Si la capacité requise doit être importante, la zone de stationnement peut être subdivisée en deux ou trois secteurs séparés entre eux par des haies pour limiter l'érosion éolienne. Une large zone de stationnement constitue une surface de déflation

idéale. D'autre part, la circulation de véhicules sur un substrat fin et très sec l'été, génère beaucoup de poussières.

La circulation sur le parking doit être fluide avec une entrée et une sortie différenciées.

La zone de stationnement sera nivelée et la portance du sol adaptée aux véhicules de tourisme. Des travaux de remblayage peuvent être nécessaires.

Il est souhaitable que le parking possède des aménagements identique aux aires de stationnement routières (poubelles...).

L'accès au site dunaire sera interdit aux véhicules par un talutage ou par des plots. Des clôtures de bois, de hauteur réduite, limiteront la divagation des piétons latéralement et vers l'arrière dune. Elles peuvent être associées à des plantations d'arbustes. L'accès à la dune bordière doit être canalisé plus strictement, en reprenant les principes énoncés pour les sites dunaires au voisinage de zones urbanisées.

L'ensemble des aménagements doivent être maintenus en bon état, pour limiter les conséquences directes liées aux divagations des piétons sur le site et surtout empêcher une aggravation des dégradations.

2.4) La circulation entre l'arrière-dune et le bourrelet bordier

Les **cheminements tiendront compte des parcours déjà marqués** sur l'arrière dune et le versant terrestre de la dune bordière.

Sur l'arrière-dune, les passages seront aménagés avec des caillebotis. La plantation d'arbustes en bordure suffit généralement à canaliser la circulation. La pelouse dunaire rase est moins soumise à la dégradation par les piétons. Par contre, l'approche de la dune bordière nécessite des mesures plus strictes.

2.5) Les aménagements sur le bourrelet bordier

En général, des caudeyres et des plages d'envols totalement dénudées s'observent sur les dunes bordières, nécessitant une gestion de fréquentation. Elles feront l'objet de reprofilages ponctuels et de plantations d'oyats. Les siffle-vent seront aussi colmatés par la pose de fascines.

L'ascension du versant terrestre de la dune bordière peut nécessiter la pose d'un escalier en traverses ou en gradines. Si le passage est profondément marqué dans la dune, une palissade latérale de traverses maintiendra les flans de la dune. Cette mesure peut s'avérer suffisante dans les passages très encaissés où la canalisation de la circulation se fait naturellement.

La circulation sur la dune bordière doit être organisée en assurant des accès à la plage suffisamment nombreux, afin d'éviter la création de descentes sauvages. Un cheminement parallèle à la crête de la dune, placé en retrait du sommet, peut assurer une distribution vers les accès à la plage aménagés.

La descente vers la plage est délicate car elle offre une dépression où s'engouffrent les vents de mer. L'accélération du vent consécutive à sa canalisation augmente les risques de formation de caoudeyres. Sur le bourrelet bordier, le passage doit être stabilisé par des caillebotis ou un géotextile. La descente sur la plage est souvent très pentue et nécessite l'installation d'un escalier en menuiserie. Les abords de l'ouvrage seront stabilisés par des plantations d'oyats et l'implantation de brise-vent.

Afin d'empêcher la divagation des piétons sur la dune bordière, les cheminements seront bordés de ganivelles. Pour limiter la formation des siffle-vent ou les saupoudrages éoliens sur les parties internes, **il est primordial de ne pas orienter les accès face aux vents dominants.**

La protection du site en front de mer pourra être assurée par la pose d'une clôture ou d'une rangée de ganivelles. La cote altimétrique de positionnement de l'ouvrage doit être élevée. Il est inutile d'exposer à l'érosion marine des aménagements légers, dont le rôle premier est de gérer la fréquentation ou de fixer les sables éoliens.

Sur certains sites extrêmement dégradés, des plantations d'oyats seront réalisées.

2.6) L'information sur le site (annexe 4)

2.6.1) Le rôle de l'information

L'information fait partie intégrante de l'aménagement du site. Elle permet d'impliquer et de responsabiliser les personnes qui fréquentent le site. Elle justifie aussi les contraintes de l'aménagement.

L'impact de l'information est différente en fonction des sites. Il est réduit sur les secteurs de petite taille, limités au voisinage des accès à la plage. Au contraire l'information est primordiale sur les sites étendus à forte valeur écologique.

2.6.2) L'aspect pédagogique

Les principaux objectifs sont :

- la sensibilisation du public à la fragilité de la dune, son rôle éventuel de protection contre la mer et sa valeur écologique ;

- la **caractérisation du site** avec une représentation schématique ;
- de signaler de manière conviviale les **contraintes sur le site**.

L'information ne doit pas être anonyme. Signaler les différents acteurs impliqués dans l'aménagement du site personnalise les interlocuteurs face au public.

Sur un site particulièrement sensible, il sera plus dissuasif de signaler la présence d'arrêtés municipaux signifiant le cadre réglementaire auquel est soumise la fréquentation du site.

2.6.3) La quantité d'information

Quelques phrases courtes suffisent. Il faut éviter la rédaction de textes complets qui ne sont lus que par une minorité de personnes généralement déjà sensibilisées au milieu dunaire. L'information doit être adaptée aux spécificités du site, dans le cadre des thèmes pédagogiques cités.

2.6.4) L'illustration

La représentation graphique doit être privilégiée. Par rapport à la rédaction, elle est plus complète et de lecture globale. Le graphisme permet une lecture de plus loin, le panneau est aussi plus attrayant.

Sur les supports graphiques, il est intéressant d'adopter un logo pour une reconnaissance du site comme faisant partie d'un ensemble géographiquement plus étendu, d'un espace dunaire désigné, l'ensemble des côtes basses sableuses de l'ouest cotentin par exemple. Chaque acteur impliqué peut aussi être identifié par un logo. Néanmoins cette technique de représentation n'est efficace que si le nombre de logos reste réduit, 4 au maximum.

2.6.5) Les supports physiques de l'information et leur disposition dans le site

Les structures sur lesquelles sont fixés les panneaux seront de préférence réalisées en bois traité. Différents types de dispositifs se rencontrent, du simple piquet, à la structure complète avec sas, toit et poubelles à proximité. Le choix du matériau constitue déjà un message en lui-même, il doit être en accord avec l'image du site désirée. Il est important que la structure soit robuste et solidement ancrée au sol. La surface des panneaux offre une prise au vent qui peut entraîner leur chute en période de tempête.

La plaque inscrite sera protégée contre les agressions marines et traitée contre les U.V..

Les panneaux sont le plus souvent de forme rectangulaire. Une taille minimum de 0.8 m sur 0.8 m est souhaitable pour assurer une bonne lisibilité.

A proximité des parkings ou à l'entrée des sites, les panneaux seront placés légèrement en retrait des aménagements limitant la fréquentation. Ceci permet de les soustraire aux actes de vandalisme. Une surveillance et un entretien régulier conserveront l'attrait de la signalétique sur le site.

Des cheminements balisés avec des panneaux d'information soulignant des particularités floristiques du milieu et les successions des zones typiques du massif dunaire peuvent être envisagés. Mais cette démarche naturaliste ne peut pas s'adapter à tous les sites. Dans certains cas, seuls des aménagements limitant strictement la circulation seront efficaces et une approche pédagogique sera illusoire.

3) LES INTERVENTIONS DE REHABILITATION PAYSAGERE

3.1) Les principes généraux d'intervention

Les techniques d'investigation et les principes généraux d'intervention en gestion de fréquentation ou en réhabilitation paysagère sont semblables. La distinction des deux types d'intervention repose sur la justification des aménagements :

- soit une accélération du recul du trait de côte sous l'effet de la surfréquentation inorganisée du site dans le cas d'une intervention de gestion de fréquentation ;

- soit un fort potentiel floristique avec un attrait touristique et paysager accru dans le cas d'une intervention de réhabilitation paysagère.

La réhabilitation paysagère d'un site a pour but de favoriser le développement naturel du site et la conservation de sa diversité biologique. Elle vise aussi à réintégrer les sites dégradés dans le paysage dunaire, en accord avec les caractéristiques physiques et biologiques des sites voisins. Cette intervention peut aussi s'imposer au voisinage des ouvrages comme **mesures compensatoires**.

3.2) Le diagnostic d'intervention

Il se base sur **un bilan écologique du site**. Il peut être très rapide sur des sites fortement dégradés, mais plus détaillé sur des sites en phase d'appauvrissement floristique. Un levé effectué au printemps permet d'évaluer la

dynamique végétale et les potentialités de reprise avant les dégradations saisonnières. Deux situations se dégagent :

- les sites modérément dégradés, où les plages d'envol et siffle-vent restent circonscrits dans des périmètres restreints et où de nombreuses traces de reprises printanières sont observées. Des aménagements de gestion de fréquentation peuvent suffire, la dynamique naturelle du site permettant une régénération spontanée ;

- les sites totalement dénudés, au sol compacté par les passages, où il ne reste pas suffisamment d'îlots de végétation permettant une reprise naturelle. Toute une intervention de revégétalisation, avec l'introduction de plusieurs espèces sur les différentes zones successives en partant de la dune bordière est nécessaire. La fréquentation strictement limitée pendant la période de reprise est plus librement balisée par la suite. Mais, afin de limiter l'aspect excessivement "jardiné", les densités de plantation seront faibles pour laisser s'exprimer la dynamique floristique du site.

3.3) Les techniques d'intervention

3.3.1) La gestion de la fréquentation

L'accès au site sera strictement limité aux piétons, par des chicanes et des passages d'homme. Ensuite en fonction de la dégradation, les cheminements seront simplement balisés. Il peut être souhaitable de conserver sur le site une part de **perturbations** qui assurent le **maintien d'une forme de diversité** et limite une banalisation rapide. Ainsi les cheminements seront matérialisés par des plots ou des caillebotis.

Les accès à la plage seront maintenus obliques par rapport aux vents dominants.

La surveillance est importante, si les aménagements de gestion de fréquentation sont peu directifs. En fonction de la taille du site, l'aménagement de zones abri sur le revers de la dune bordière peut être envisagé. Celles-ci seront réalisées sur des secteurs à moindre valeur biologique.

3.3.2) Les travaux de revégétalisation

Sauf dans le cas de nuisances importantes pour les zones en arrière de la dune (saupoudrages éoliens...), il est souhaitable de conserver quelques plages d'envol et des siffle-vent de taille réduite et évoluant peu. Ils maintiennent la présence d'espèces pionnières adaptées aux apports réguliers de sable frais.

L'introduction d'espèces arbustives sur les zones plus internes est idéale pour baliser les passages. Mais, il faut maintenir une certaine fréquentation et

observer l'évolution du recouvrement. Les fortes capacités d'extension de ces espèces peuvent aboutir à une véritable invasion du site.

Le maintien ou la réintroduction d'une diversité floristique est délicate, surtout d'un point de vue technique. Peu d'informations sont disponibles sur les méthodes et les chances de reprise avec des plantes peu répandues, telles les chardons bleus (*Eryngium maritima*) ou des Euphorbes (*Euphorbia paralias*)..., pour ne citer que les plus connues. La démarche sera expérimentale. Une attention particulière sera portée sur les conditions des sites où elles ont été prélevées et sur les compétitions qui peuvent s'exercer entre les espèces. Ces réintroductions seront faites à petite échelle et ne concerneront que quelques unités.

3.3.3) La surveillance et la gestion du site

La qualité biologique des sites faisant l'objet d'une réhabilitation paysagère suppose une surveillance régulière des peuplements végétaux et une gestion visant à entretenir la diversité.

4) LA SURVEILLANCE DES SITES NE NECESSITANT PAS D'AMENAGEMENT ACTUELLEMENT :

4.1) Les critères de surveillance

Un niveau de plage élevé en avant de la dune et un versant marin peu pentu, densément recouvert par la végétation, constituent des conditions optimales pour la valorisation des apports éoliens en provenance de l'estran et la conservation de la dune. Dans ces conditions, aucune intervention n'est nécessaire. Mais des **risques d'érosion et de submersion marine élevés**, avec d'importantes valeurs menacées, nécessiteront une surveillance accrue. Le choix de critères précis permettra de mesurer l'évolution de la dynamique hydrosédimentaire et l'impact de la pression anthropique sur le site.

* Critères de suivi de l'évolution morphologique du système dune-plage :

- variation de niveau altimétrique de la plage ;
- morphologie et cinétique d'évolution du trait de côte (pente, hauteur, vitesse de recul, réajustements...);
- conservation de la largeur du cordon dunaire et constitution de bilans sédimentaires.

* Critères de mesure de l'impact de la pression anthropique sur le site :

- évolution du nombre des accès à la plage à partir de la dune ;
- extension ou stabilité des siffle-vent ;
- maintien de la densité de végétation sur le versant marin et le revers terrestre ;
- présence de plages d'envol et de traces d'érosion éolienne vers les zones internes.

4.2) Les moyens à mettre en oeuvre

La surveillance de la capacité du cordon dunaire à résister aux tempêtes selon les critères proposés repose principalement sur des **relevés de terrain pluriannuels** comprenant :

- des levés topographiques resserrés et réguliers ;
- la mise en place de repères de sédimentation sur l'arrière-dune ;
- la comparaison de photographies aériennes (mesure de la largeur du cordon, densité de végétation, nombre et taille des cheminements...).

Des estimations des probabilités de rupture du cordon dunaire pourraient être réalisées grâce à l'utilisation de modèles d'érosion. Ces outils permettent de simuler le recul du trait de côte et les pertes sédimentaires de la dune lors d'une tempête de caractéristiques choisies. Il est alors possible de connaître le niveau de menace pour les valeurs situées en arrière du cordon dunaire.

4.3) Rappels des sites concernés

La présence de valeurs menacées en arrière du bourrelet dunaire justifie une surveillance, mais l'évolution naturelle favorable ne nécessite pas d'intervention d'aménagement dunaire dans l'immédiat, sur les sites :

- d'Anneville - Nord ;
- de Saint-Martin-de-Bréhal - Nord.
- Saint-Jean-de-la-Rivière.

Sur les sites d'Anneville et de Saint-Martin-de-Bréhal, les risques d'érosion et de submersion sont importants. A Saint-Jean-de-la-Rivière, les menaces à long terme sont réduites.

5) LA DETERMINATION DES SITES POTENTIELS D'INTERVENTION

5.1) L'identification des portions de côte non protégées par des ouvrages lourds

Une première sélection des sites dunaires a été réalisée, selon trois critères d'analyse principaux par ordre croissant d'importance :

-1- la présence en arrière de la dune de valeurs quel que soit le risque encouru et son échéance ;

-2- une dégradation accrue de la dune, liée à la proximité d'un ouvrage longitudinal, d'une cale d'accès, d'un parking ou d'une zone urbanisée et qui peut représenter une menace pour des valeurs ou des activités en arrière ;

-3- une valeur notable du patrimoine naturel, liée à l'originalité du site, à son impact paysager ou à sa valeur écologique.

INVENTAIRE DES SITES DUNAIRES :

* Critère -1- dominant :

SITES (nord vers le sud)	DESCRIPTION DU SITE
Flèche de Barneville	La partie nord-ouest est constituée d'une flèche sableuse libre majoritairement en accrétion, sauf à son extrémité, où une érosion marquée est actuellement observée. Vers le sud-est, le cordon est plus étroit. Le profil assez raide est actuellement en phase d'accrétion. Il est soumis à une forte dégradation anthropique à son sommet et son versant marin est totalement dénudé, au voisinage de l'enrochement de Barneville. De nombreuses résidences sont construites immédiatement en retrait.
Sud de la cale de Saint-Jean-de-la-Rivière	La présence de maisons en arrière du cordon nécessite un diagnostic plus détaillé. Cependant l' accrétion de la dune de ces dernières années est bien visible. Le cordon dunaire est large à cet endroit.
V.V.F de Portbail	La dune est peu élevée et très dégradée par la fréquentation. Elle constitue le seul rempart contre la mer protégeant le village de vacances situé à une centaine de mètres en retrait. Récemment, des apports de terre ont contribué à l'augmentation de volume du bourrelet bordier.
Surville, Nord de l'accès à la mer	Le cordon dunaire en légère accrétion protège un groupe d'habitations situées à plusieurs dizaines de mètres en retrait. Il est élevé et présente peu de traces de dégradation anthropique.

Bretteville-sur-Ay	Au nord de la cale, le cordon dunaire est peu élevé, en phase d' accrétion . Les maisons menacées en front de mer sont protégées par des aménagements privés hétérogènes . Mais entre les protections, le sommet de la dune se positionne nettement en retrait des ouvrages longitudinaux.
Saint-Germain-sur-Ay, la pointe du Banc	Quelques maisons situées sur la partie centrale de la flèche sont menacées par l' érosion marine . Elles sont très proches du trait de côte taillé en microfalaise élevée .
Cale de Créances	Le versant marin est raide, marqué par des passages assez profonds. Ils restent stables en raison de la compacité du substrat rapporté, principalement constitué de terre . Le bourrelet est large de plusieurs dizaines de mètres. Il constitue la seule protection pour les premières habitations situées à une centaine de mètres en retrait. Au sud de la cale, la dune est marquée par de nombreux passages .
Nord de Pirou	Le versant marin de la dune est bien végétalisé et s'avance sur la haute plage. La pente douce du profil témoigne d'une phase d'accrétion. La base de la digue de Pirou, immédiatement au sud, se situe légèrement en retrait du pied de dune. La construction d' un lotissement , à environ 200 m en arrière, nécessite une analyse détaillée pour juger de la protection effective que constitue la dune.
Anneville-sur-mer	Le cordon dunaire constituant la flèche sud de havre de Geffosse est globalement en phase d' accrétion sauf son extrémité , taillée en microfalaise. La végétation est dense. Les risques d'érosion et de brèche sur ce cordon étroit sont réels. La zone de submersion en arrière de la dune s'étend, potentiellement, jusqu'au nord de Gouville-sur-mer.
Nord de Gouville-sur-mer	La dune subit une érosion soutenue et régulière au droit du camping du Sénéquet et jusqu'au nord de la cale de Gouville. Le trait de côte est marqué par une microfalaise entre 1 et 2 m de hauteur . La route qui longe la côte est fortement menacée par endroit. A l'échéance de 100 ans, le camping et les quelques constructions situées au nord de la cale sont aussi menacés .
Montmartin-sur-mer, Sud du C.D. 73	Le bourrelet dunaire est très étroit , de l'ordre de 10 m et faiblement stabilisé par la végétation. Le secteur situé immédiatement au sud du C.D. 73 montre une sensible accrétion. Vers Hauteville-nord, la présence d'une microfalaise régulièrement activée traduit l' érosion intense du secteur. Les risques de rupture du cordon et de submersion sont très importants. Ils sont atténués par les nouveaux ouvrages de protection. La dune fait déjà l'objet d'aménagements légers.

Sud de Hauteville-sur-mer	A travers le bourrelet dunaire, de 4 à 5 m de hauteur, de nombreux accès traduisent la forte fréquentation du site. La présence d'un lotissement à proximité immédiate du cordon confère à la dune un rôle de protection primordiale .
Sud de Saint-Jean-le-Thomas	Au sud de la protection en enrochements de Saint-Jean-le-Thomas, la dune, taillée en microfalaise, d'environ 5 m de hauteur, est en érosion active . Le recul de la dune est soutenu et régulier , pouvant déboucher sur des brèches. La zone submersible potentielle s'étend vers les parties basses en arrière de Saint-Jean-le-Thomas jusqu'au Bec d'Andaine.

* Critère -2- dominant :

SITES (nord vers le sud)	DESCRIPTION
Sud de l'accès de Saint-Lô-d'Ourville (Lindbergh-plage)	De part et d'autre de la maison protégée par un enrochement, le cordon est globalement dans un état satisfaisant. Mais la présence de siffle-vent et de cheminements témoigne de la pression anthropique qui s'exerce sur le site. Une augmentation de la dégradation peut devenir préjudiciable à l' intégrité de la dune bordière qui protège un groupe d'habitations situées en retrait.
Nord de Denneville	A l'extrémité de l'enrochement, la dune est totalemt dégradée , creusée par un important siffle-vent résultant de l'action conjuguée de la mer renforcée par la surfréquentation . A cet endroit, le trait de côte est nettement en retrait de la ligne de la protection longitudinale. Le risque de contournement de l'ouvrage doit être pris en compte.
Sud de Pirou, la Bergerie	L'accès à la plage est encombré par les saupoudrages éoliens . La partie nord de l'accès est totalement dénudée, marquée par des siffle-vent de grande taille . Le sud de l'accès est constitué d'un bourrelet élevé (+ de 8 m) très étroit en phase d' érosion marine intense . A l'arrière du cordon, une zone d'activité artisanale se développe. L'ensemble du secteur est soumis à une forte pression anthropique . L'état du cordon et la présence de valeurs menacées rendent indispensable une analyse approfondie.

Cale d'Anneville-sur-mer	<p>Un espace dunaire, fortement dégradé par la fréquentation en provenance des maisons situées en arrière, relie l'extrémité sud de la protection en enrochements à la cale. Il est actuellement en phase d'accrétion.</p> <p>Au sud de la cale, bien que marquée par de nombreux passages, la végétation stabilise efficacement le cordon dunaire. Malgré une érosion modérée à l'échéance de 100 ans, de l'ordre de 10 m, un risque de brèche et de submersion est observé. Le bourrelet dunaire constitue une protection fondamentale pour la zone pavillonnaire construite en retrait.</p>
Sud de la cale de Gouville-sur-mer	<p>La dune totaletement dégradée subit une très forte pression anthropique. L'érosion marine localement réduite ne menace pas les habitations à moyen et long terme. L'absence de végétation favorise les saupoudrages éoliens vers le parking et les maisons situées à proximité immédiate.</p>
Cale de Gonneville	<p>Le bourrelet élevé, de part et d'autre de la cale, subit une forte dégradation anthropique due à la proximité d'un village-vacances.</p>
Nord de Hauteville-sur-mer	<p>Le cordon dunaire est situé en arrière d'une double ligne d'enrochements de faible hauteur. Le bourrelet bordier est très dégradé en raison de la proximité immédiate d'un camping. Le versant marin, taillé en microfalaise, est percé de nombreux accès. La dune constitue une protection indispensable pour Hauteville-nord, situé sous le niveau des plus hautes mers. Des aménagements dunaires sont déjà mis en oeuvre sur le site.</p>
Nord de Saint-Martin-de-Bréhal	<p>Le cordon dunaire étroit est actuellement peu dégradé. Néanmoins, le risque de dégradation anthropique est réel avec la proximité du camping, du golf et l'aménagement d'un accès à la mer à l'extrémité nord de la protection en enrochements de Saint-Martin-de-Bréhal. Le secteur dunaire est soumis à un risque de brèche, pouvant déboucher sur une zone de submersion très étendue.</p>
Accès à la plage de Bréville-sur-mer	<p>L'accès à la plage, à l'extrémité du terrain d'aviation de Bréville, est soumis à une forte dégradation anthropique qui accélère l'érosion marine et éolienne. De multiples cheminements vers la plage partent du parking en retrait et évoluent en caoudeyres de grande taille. Aucun aménagement ne gère la fréquentation du site.</p>

Nord de Donville-les-Bains	La dune, située immédiatement au sud de la protection en enrochements du camping de Bréville, subit une érosion marine largement amplifiée par la surfréquentation du site. Le trait de côte est en retrait de plusieurs mètres par rapport à la ligne de protection en enrochements du camping.
Donville-les-Bains, base d'hélicoptère	La dune élevée, de 5 à 6 m, est profondément entaillée par un siffle-vent , correspondant à un accès à la plage . Le couvert végétal de la dune bordière est très dégradé. La base de l'hélicoptère de la sécurité civile , placée juste en arrière de la dune bordière subit les saupoudrages éoliens en provenance de la zone totalement dénudée .
Jullouville-Carolles	Au sud de Jullouville, le secteur dunaire s'étend sur 250 m, il est bordé au nord et au sud de protections en enrochements. La végétation est très dégradée et soumise à une très forte fréquentation inorganisée . La relative stabilité du trait de côte à cet endroit permet le maintien de la dune. Un site dunaire de caractéristiques semblables, mais de taille plus réduite, de l'ordre de 100 m de longueur, s'observe au niveau de Carolles-plage.

** Critère -3- dominant :

SITES (nord au sud)	DESCRIPTIONS
Cale d'Armanville	Le cordon dunaire, large de plusieurs dizaines de mètres, protège un parking . Les habitations sont construites plus en retrait, à environ 200 mètres. La seule protection constituée par la dune est dans un état globalement satisfaisant. La présence de plantes assez rares en revers de dune confère au site un intérêt écologique indéniable .
La pointe du Thar	La pointe du Thar est constituée d'une flèche sableuse de petite taille, bien végétalisée. Elle est bordée au sud par la protection en enrochements qui s'étend sur la totalité de Kairon. Son appartenance au plus petit havre de la côte ouest du Cotentin et sa situation en zone urbaine lui confèrent un intérêt paysager et touristique qui doit être préservé.

Sur certains sites, l'évolution naturelle actuelle est favorable. Les secteurs dégradés sont en phase de régénération spontanée. La menace d'érosion et de submersion à ce jour ne justifie pas d'intervention.

Certains secteurs, où la dune joue un rôle de défense contre la mer primordial, nécessitent des analyses plus détaillées. D'autres secteurs, où la dégradation du cordon dunaire est liée à une forte pression anthropique,

serviront de support à la définition de principes d'intervention, qui pourront être adaptés à la configuration propre de chaque site.

Aux vingt-sept sites inventoriés, s'ajoutent les secteurs dunaires situés à proximité des cales d'accès à la mer. Ils constituent des zones à risques de dégradation accrue. Des interventions préventives peuvent être envisagées dans certains cas.

5.2) Les sites potentiels d'intervention retenus

Les sites retenus dans le premier inventaire font l'objet d'un diagnostic approfondi s'appuyant sur :

- les conclusions du rapport VI de l'Etude Globale (BRETEL P., LEVOY F. et LARSONNEUR C., 1991) qui définit les potentialités naturelles de reconstitution dunaire sur la côte ouest du Cotentin. Il est complété par les travaux de modélisation des transports éoliens potentiels, présentés dans le rapport X de l'Etude Globale (LEVOY F., LARSONNEUR C., 1993) ;

- une réactualisation de l'évolution du trait de côte à court terme et à long terme à partir des mesures de suivis saisonniers et une prise en compte des fluctuations du niveau de la plage mesurées lors des suivis topométriques (Rapport IX de l'Etude Globale. LEVOY F., LARSONNEUR C., 1993) ;

- les éléments du rapport VII de l'Etude Globale (LEVOY F., LARSONNEUR C., 1991) comprenant la "Carte des aléas : Zonage des risques d'érosion littorale et de submersion marine", avec une identification du type de risque et de son échéance ;

- une approche morphologique précise du trait de côte par une vidéo réalisée à partir du haut de plage ;

- des visites sur chaque site avec une zonation précise, une description détaillée des caractéristiques physiques, une estimation des valeurs menacées, une observation des formes d'utilisation de l'arrière-dune et une appréciation de la richesse naturelle globale du site ;

- les éléments du rapport VIII de l'Etude Globale (LEVOY F., LARSONNEUR C., 1992) et du rapport VIIIbis (BARBE P., LEVOY F., LARSONNEUR C. et ROUPSARD M., 1992) ;

- la classification de la zone dans le Plan d'Occupation des Sols et dans l'Atlas du Littoral, publié par le Conservatoire du Littoral, afin de connaître l'évolution probable de l'utilisation de l'arrière dune, qui pourra à terme justifier une intervention.

Certains sites n'ont donc pas été retenus pour une intervention légère de type aménagement dunaire à cause de :

Sites non retenus répondant au critère -1- de sélection initiale :

SITES NON RETENUS (nord-sud)	JUSTIFICATION
Surville, nord de l'accès à la plage	La dune en voie de progradation est très bien stabilisée. La hauteur et la largeur du cordon dunaire entre la plage et les premières habitations assurent une forte marge de sécurité . Les risques sur ce site s'inscrivent à très long terme dans le cadre de phénomènes très lents, telle l'élévation générale du niveau de la mer. L'échéance du risque ne nécessite actuellement aucune mesure particulière.
Bretteville-sur-Ay	Le trait de côte est stable sur ce secteur. La dégradation de la dune entre les ouvrages privés est principalement liée à l' hétérogénéité du dispositif de protection . Le risque encouru reste faible et le trait de côte est déjà aménagé en avant des constructions.
Saint-Germain-sur-Ay, la pointe du Banc	Les quelques maisons situées sur la moitié sud de la flèche sableuse sont directement menacées par une érosion marine très intense (environ 3 m par an). La corniche dunaire s'élève de plusieurs mètres à cet endroit. La dynamique sédimentaire à l'embouchure des havres, particulièrement active , provoque des évolutions du trait de côte très contrastées. Il n'est pas envisageable de mettre en oeuvre uniquement des aménagements dunaires pour réduire l' érosion trop intense .
Cale de Créances	La divagation des chenaux à proximité de la dune peut déplacer l'érosion vers le sud et l'intensifier. Dans ce contexte, des aménagements légers de défense contre la mer sont inadaptés du fait de l'intensité du recul de la côte.
Nord de Pirou	A long terme, le cordon dunaire est soumis à une érosion modérée . Les risques de submersion sont inexistants. La zone pavillonnaire en cours de construction à l'arrière du cordon n'est pas menacée par la mer. La présence de nombreuses habitations au voisinage de la dune augmente les risques de dégradation anthropique. L'accélération envisageable de l'érosion marine ne menacera pas les habitations en retrait.

Nord de Gouville-sur-mer	L'intensité de l'érosion, la proximité immédiate de la route par endroit ne permettent pas d'envisager une intervention de protection dunaire. Le budget sédimentaire de la dune apparaît largement déficitaire . La prise de risque pour la mise en place d'ouvrages légers est trop importante. La stabilisation du trait de côte nécessite des interventions de plus grande ampleur qui devront être justifiées par les valeurs menacées.
Sud de Saint-Jean-le-Thomas	La tendance érosive pluriannuelle, de l'ordre de 6 m/an , ne permet pas d'envisager des aménagements légers sur le site.

Sites non retenus répondant au critère -2- de sélection initiale :

SITES NON RETENUS (nord-sud)	JUSTIFICATION
Cale de Gonneville	Malgré une forte dégradation anthropique, le trait de côte est stable . A l'échéance de 100 ans, le risque de recul atteint seulement une dizaine de mètres. Les menaces et nuisances occasionnées par les dégradations anthropiques ne justifient pas d'intervention compte tenu de la dynamique du trait de côte.

Sites non retenus répondant au critère -3- de sélection initiale :

SITES NON RETENUS (nord-sud)	JUSTIFICATION
Cale d'Armanville	La dune, actuellement en phase d'accrétion, se caractérise par sa richesse floristique. Elle a déjà fait l'objet de mesures de protections dunaires privées . Les dégradations actuelles et les risques de dégradation future ne nécessitent pas d'intervention à court terme.

Une typologie des interventions sur chaque site a été dégagée à partir de l'ensemble des sites potentiels d'intervention retenus. Les limites entre les types d'intervention ne sont pas strictes.

** Intervention de défense contre la mer :*

L'objectif prioritaire de l'intervention consiste à **conforter la dune** afin que celle-ci puisse constituer une **protection efficace** en période de tempêtes répétées. L'intervention doit être **justifiée** par la présence de **valeurs menacées**. Les conditions naturelles du site doivent aussi favoriser la

reconstitution de la dune. L'érosion pluriannuelle sur ces sites est nécessairement limitée. Pour un taux d'érosion supérieur à environ 1 m/an, les aménagements légers de protection dunaire ne sont pas adaptés. Par contre, ils peuvent intervenir en **complémentarité** des aménagements lourds.

** Intervention de gestion de fréquentation :*

Cet objectif est prioritaire sur les sites où la **pression anthropique** favorise nettement la tendance érosive naturelle du cordon et les **nuisances** sur les zones plus internes comme les **saupoudrages éoliens**.

** Intervention de réhabilitation paysagère :*

Dans ce cas, la nécessité d'intervenir est justifiée par la **richesse biologique** du site et la conservation du caractère spécifique de la dune à des fins touristiques. La réhabilitation paysagère d'un site peut intervenir dans le cadre de **mesures compensatoires** à proximité d'ouvrages de protection lourds. Ces travaux pourront être précisés au niveau des **études d'impacts**. Ils sont souvent liés à des mesures de gestion de fréquentation.

** Intervention de surveillance :*

Certains sites, en **phase de stabilisation ou d'accrétion** avec un fort développement de la végétation, ne nécessitent pas actuellement d'interventions particulières. Mais l'**importance des valeurs menacées** à l'échéance de 100 ans justifie une **surveillance régulière du site**.

Le tableau suivant classifie les sites retenus par type d'intervention :

SITES RETENUS (Nord-Sud)	Défense contre la mer	Gestion de fréquentation	Réhabilitation paysagère	Surveillance
Flèche de Barneville	***	**		
Saint-Jean-de-la- Rivière, sud de la cale				***
Portbail, V.V.F	***	**	**	
Saint-Lô-d'Ourville, accès à la plage		***		**
Denneville, nord des enrochements		***	**	
Saint-Germain-sur-Ay, nord		**	***	
Sud de Pirou, la Bergerie	**	***		

Anneville-sur-mer	**	***		**
Gouville, sud de la cale		***	**	
Montmartin-sur-Mer, Sud du C.D. 73	***	**		
Hauteville, nord		***	**	
Hauteville, sud	***	**		
Saint-Martin-de- Bréhal, nord		**		***
Bréville, accès à la plage	**	***		
Donville, Sud du camping		***	**	
Donville, base d'hélicoptère		***	**	
Jullouville-Carolles		**	***	
Pointe du Thar		**	***	

*** : intervention prioritaire

** : action complémentaire