

## LITTORAL ENTRE ANTIBES ET CAP D'AIL

### BILAN, ANALYSE ET PRECONISATIONS SUR LE PHENOMENE EROSIF

---

**FASCICULE N°6**

**NICE**

**RAPPORT FINAL**

---

---

**Observation sur la lecture et l'utilisation de ce fascicule:**

**Ce fascicule n°6 concernant « la commune de Nice » constitue un ensemble indissociable avec les autres fascicules n°1 à 12 et toutes autres pièces annexées de cette étude hydrosédimentaire pour une compréhension correcte des données présentées.**

En conséquence, l'utilisation, la communication ou la reproduction partielle de ce fascicule et des autres fascicules et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications précisées dans l'étude ne saurait être correcte.

## VOLET I: RECUEIL ET SYNTHÈSE DES DONNÉES

❑ I SITUATION GEOGRAPHIQUE ET DESCRIPTION DU SECTEUR	Page 4
❑ II DECOUPAGE EN CELLULES	Page 5
❑ III LES OUVRAGES SUR LE LITTORAL	Page 6
❑ IV ETAT ACTUEL DU LITTORAL	Page 20
➤ IV.1 La bathymétrie	Page 20
➤ IV.2 Les sédiments	Page 21
➤ IV.3 La flore aquatique	Page 24
➤ IV.4 Zones et sites d'intérêts	Page 25
❑ V CONDITIONS NATURELLES	Page 26

## VOLET II: MODELISATION ET DIAGNOSTIC HYDRO-SEDIMENTAIRE

❑ VI DIAGNOSTIC HYDRO-SEDIMENTAIRE PAR CELLULE SEDIMENTAIRE	Page 32
➤ VI.1 Détermination de l'aléa érosion / agression mécanique de la houle	Page 33
✓ Evolution passée du trait de côte	
✓ Tendances de l'évolution du trait de côte sur le long terme (GENESIS, SMC)	
✓ Analyse des courants côtiers (MOPLA)	
➤ VI.2 Détermination de l'aléa submersion	Page 56
✓ Calcul de run-up (Formules de Stockdon, 2006)	
✓ Hauteur de la houle dans le profil en tempête (REPLA)	
✓ Modélisation de l'agitation devant la plage (MOPLA)	
➤ VI.3 Synthèse du diagnostic à l'échelle de la commune	Page 64
➤ VI.4 Les risques littoraux	Page 66

## VOLET III: PROGRAMME DE GESTION

❑ VII LES OBJECTIFS DE LA COMMUNE	Page 68
❑ VIII SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC ET PROGRAMME DE GESTION PAR CELLULE SEDIMENTAIRE	Page 70
<b>Conclusion</b>	<b>Page 102</b>

## I. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET DESCRIPTION DU SECTEUR

La zone d'étude se situe dans la partie Est de la Baie des Anges, qui est limitée à l'Ouest par le Cap d'Antibes et à l'Est par le Cap de Nice.

Le littoral de Nice s'étend sur un linéaire côtier de près de 5 km. Ce littoral présente des longues plages de galets entrecoupées par des épis transversaux le long de la promenade des Anglais.

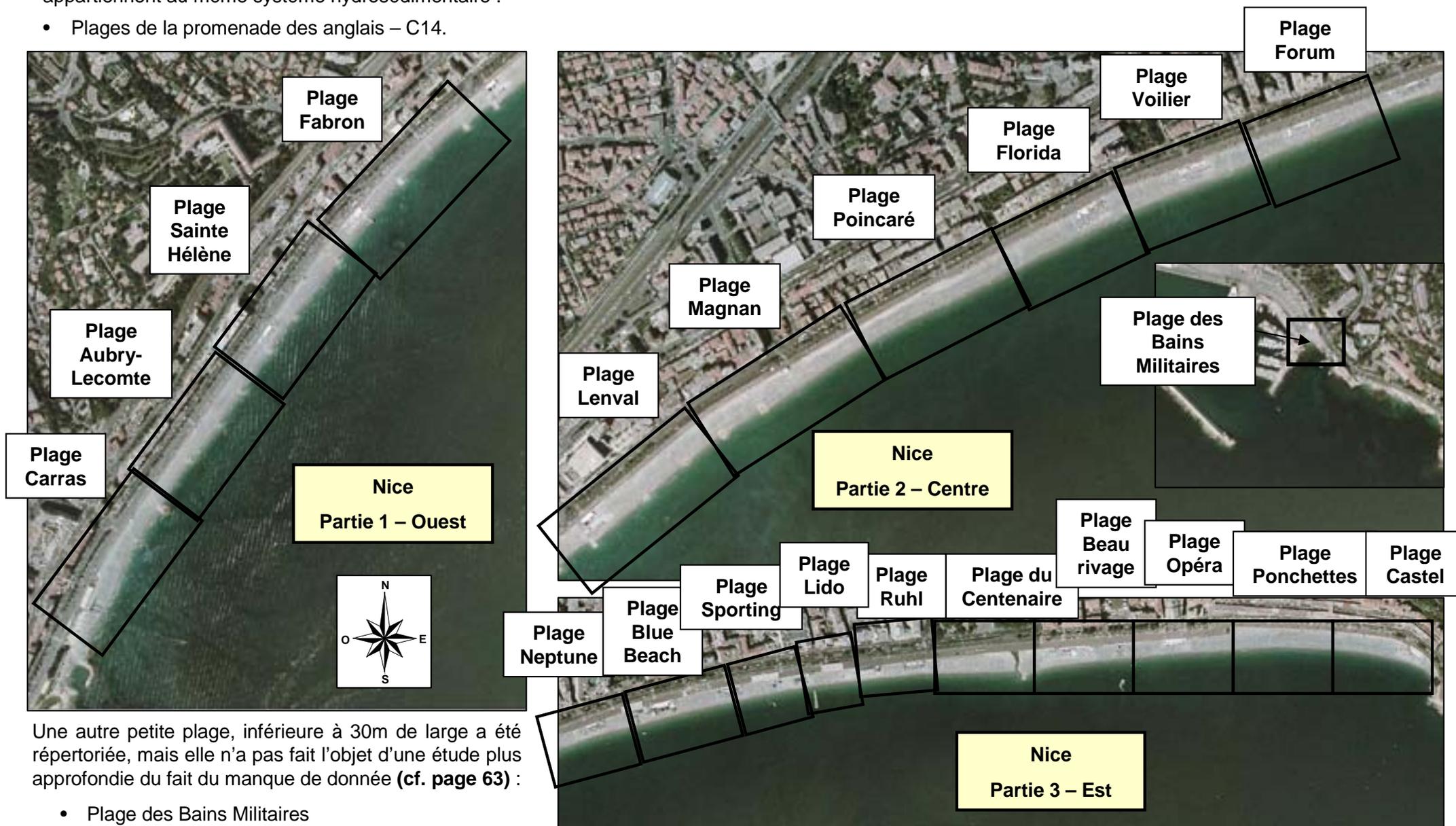
Les plages à l'étude appartiennent à la commune de Nice qui se situe à l'Est de Saint-Laurent-du-Var et à l'Ouest de Villefranche-sur-Mer, dans le département des Alpes Maritimes. La limite de commune entre Saint-Laurent-du-Var et Nice se situe au niveau de l'aéroport Nice Côte d'Azur et celle entre Villefranche-sur-Mer et Nice à l'Est du Cap de Nice. Il n'y a donc aucune interaction sédimentaire entre les plages de Nice et celles de ses communes voisines.



## II. DECOURPAGE EN CELLULES

Le littoral de Nice ne présente qu'une seule cellule sédimentaire que nous allons étudier, en effet, les plages présentes le long de la promenade des anglais appartiennent au même système hydrosédimentaire :

- Plages de la promenade des anglais – C14.



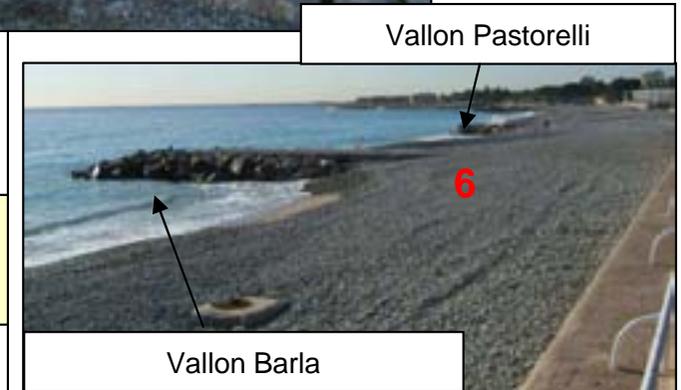
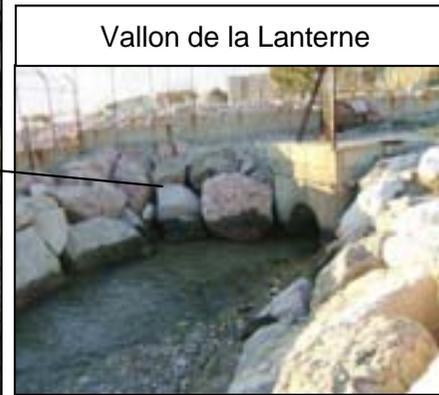
Une autre petite plage, inférieure à 30m de large a été répertoriée, mais elle n'a pas fait l'objet d'une étude plus approfondie du fait du manque de donnée (cf. page 63) :

- Plage des Bains Militaires

### III. OUVRAGES SUR LE LITTORAL

#### III.1 NICE – PARTIE 1 – OUEST

Plages de galets/graviers



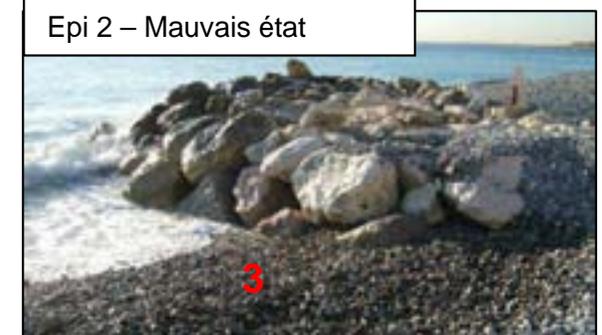
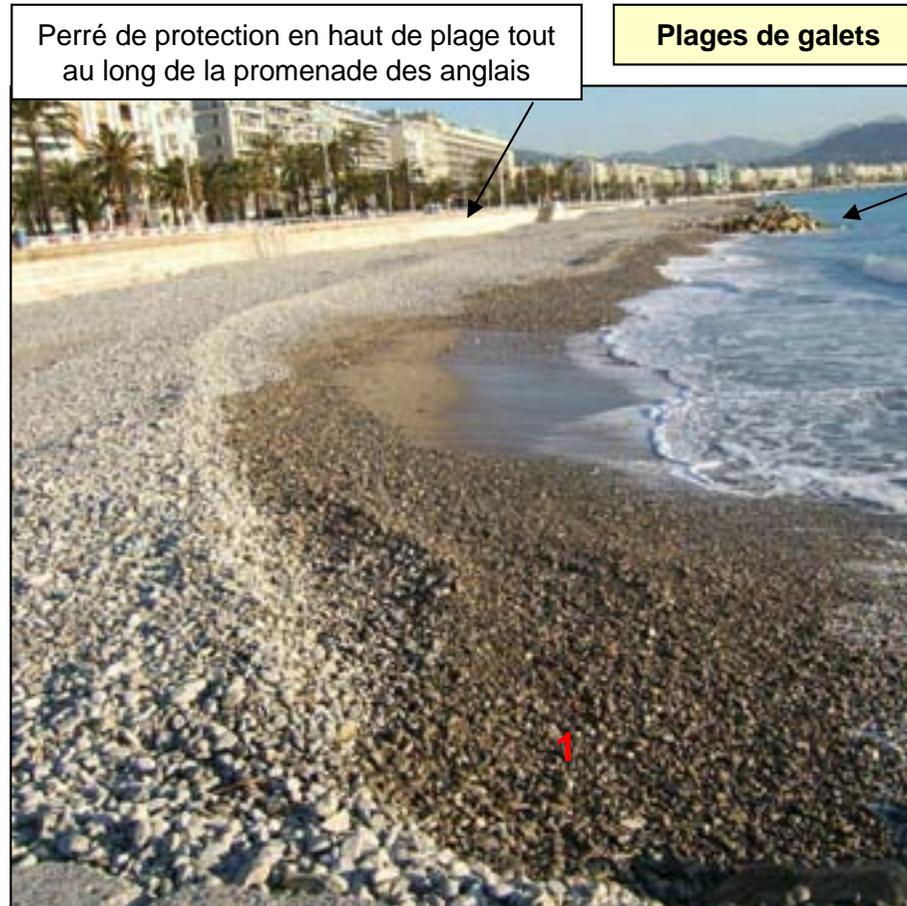
**Ouvrages de plage:**

- Les 3 vallons sont en mauvais état.
- Les contre-épîs du port de Carras sont en état moyen.

**Remarque:** Le rôle des ouvrages existants sera précisé et analysé dans la partie Programme de gestion – Synthèse du diagnostic du site (VIII) de ce rapport.

**Commentaires:**

- Les plages sont composées d'un mélange de galets et graviers.



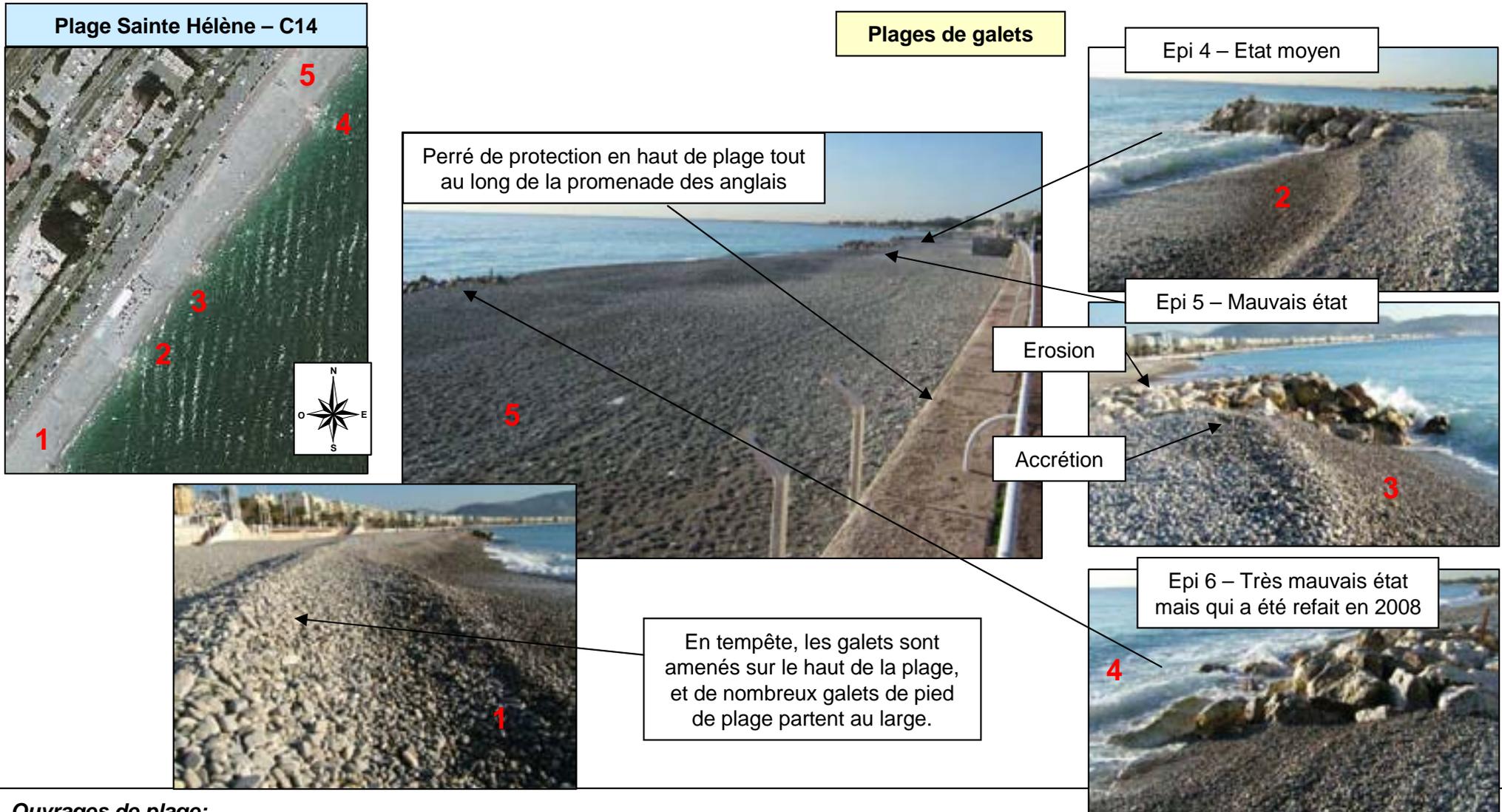
**Ouvrages de plage:**

- Les 3 épis ont été mis en place au milieu des années 70, ils sont en mauvais état.

**Remarque:** Le rôle des ouvrages existants sera précisé et analysé dans la partie Programme de gestion – Synthèse du diagnostic du site (VIII) de ce rapport.

**Commentaires:**

- Le Côté Est des épis est en érosion et le côté Ouest en engraissement, ceci laisserait imaginer un transit sédimentaire d'Ouest en Est.



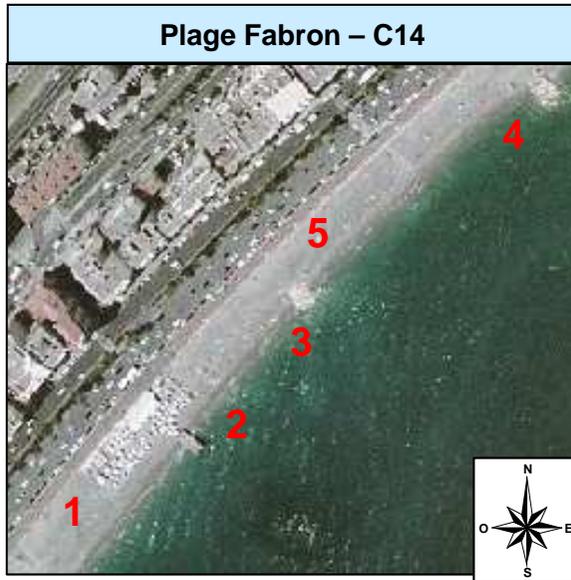
**Ouvrages de plage:**

- Les 3 épis ont été mis en place au milieu des années 70, ils sont en mauvais état (surtout l'épi n°6 qui est éclaté mais qui a été refait au cours de l'année 2008).

**Remarque:** Le rôle des ouvrages existants sera précisé et analysé dans la partie Programme de gestion – Synthèse du diagnostic du site (VIII) de ce rapport.

**Commentaires:**

- Le Côté Est des épis est en érosion et le côté Ouest en engraissement, ceci laisserait imaginer un transit sédimentaire d'Ouest en Est.



**Plages de galets**

Perré de protection en haut de plage tout au long de la promenade des anglais



**Vallon Fabron en état moyen**



**Epi 7 – Etat moyen**



**Epi 8 – Mauvais état, blocs déplacés**



**Ouvrages de plage:**

- Les 3 épis ont été mis en place au milieu des années 70, ils sont en mauvais état (surtout l'épi n°8 qui a des blocs déplacés).

**Remarque:** Le rôle des ouvrages existants sera précisé et analysé dans la partie Programme de gestion – Synthèse du diagnostic du site (VIII) de ce rapport.

**Commentaires:**

- Le Côté Est des épis est en érosion et le côté Ouest en engraissement, ceci laisserait imaginer un transit sédimentaire d'Ouest en Est.

III.2 NICE – PARTIE 2 – CENTRE



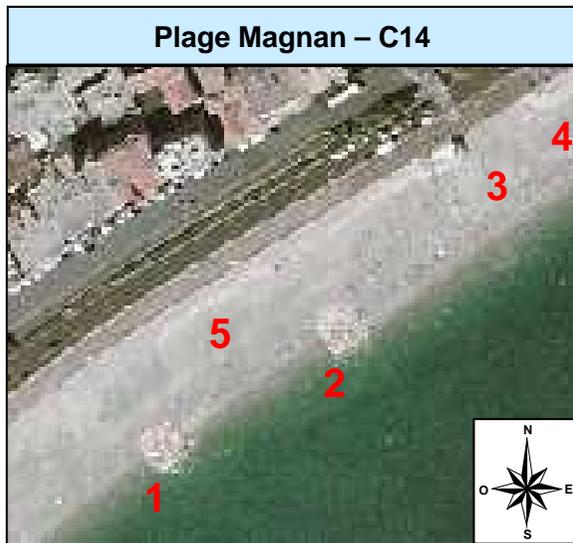
**Ouvrages de plage:**

- Les 3 épis ont été mis en place au milieu des années 70, ils sont en mauvais état (surtout l'épi n°10 qui a des blocs déplacés).

**Remarque:** Le rôle des ouvrages existants sera précisé et analysé dans la partie Programme de gestion – Synthèse du diagnostic du site (VIII) de ce rapport.

**Commentaires:**

- Le Côté Est des épis est en érosion et le côté Ouest en engraissement, ceci laisserait imaginer un transit sédimentaire d'Ouest en Est.



Perré de protection en haut de plage + enrochements

**Plages de galets**



Vallon Magnan



En période hivernale, des galets sont stockés en haut de plage

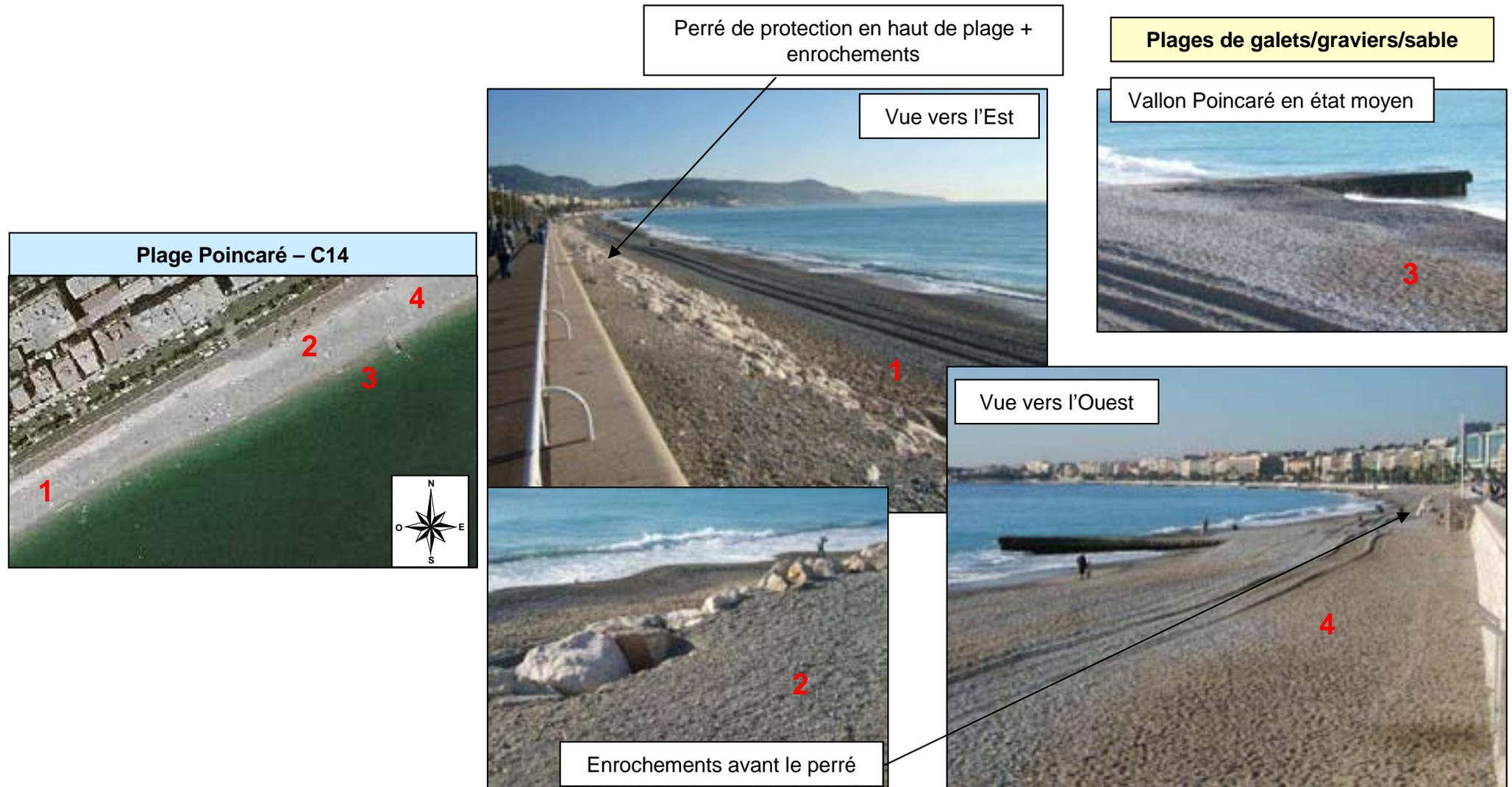
**Ouvrages de plage:**

- Ce sont les deux derniers épis de la série de 13 épis qui ont été mis en place au milieu des années 70, ils sont en assez bon état.

**Remarque:** Le rôle des ouvrages existants sera précisé et analysé dans la partie Programme de gestion – Synthèse du diagnostic du site (VIII) de ce rapport.

**Commentaires:**

- Le Côté Est des épis est en érosion et le côté Ouest en engraissement, ceci laisserait imaginer un transit sédimentaire d'Ouest en Est.



**Ouvrages de plage:**

- Le vallon de Poincaré est en état moyen.

**Remarque:** Le rôle de cet ouvrage sera précisé et analysé dans la partie Programme de gestion – Synthèse du diagnostic du site (VIII) de ce rapport.

- Le Côté Est du vallon est en érosion et le côté Ouest en engraissement, ceci laisserait imaginer un transit sédimentaire d'Ouest en Est.
- Les galets/graviers sont fins et sont mélangés avec du sable.



Perré de protection le long de la promenade des Anglais

**Plages de galets/graviers/sable**

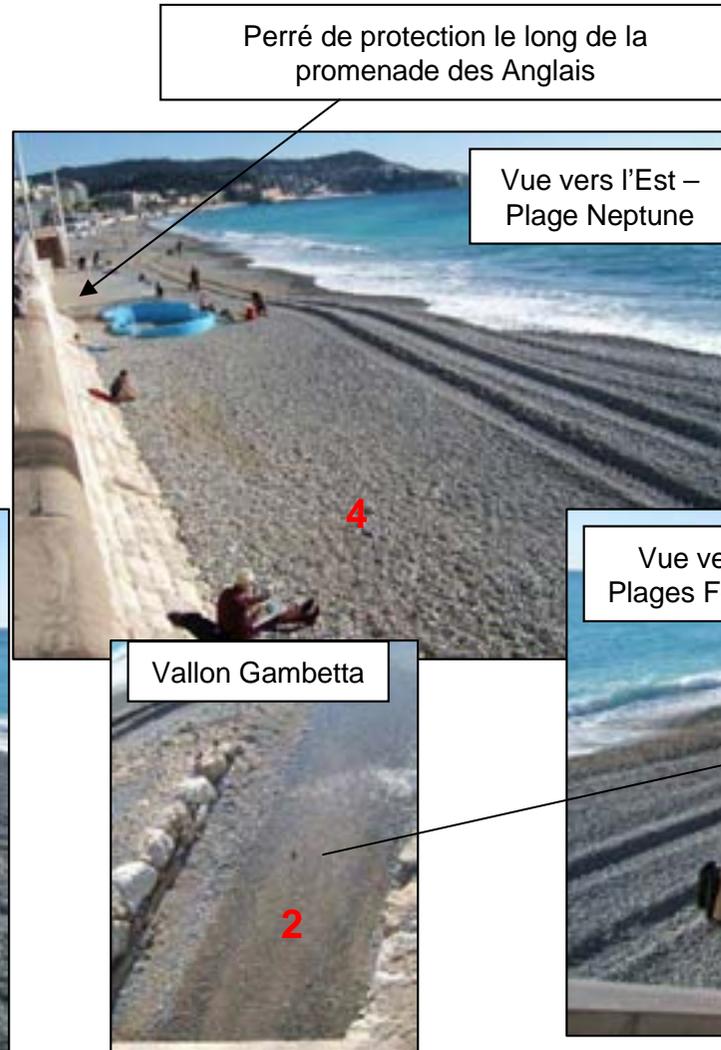


**Ouvrages de plage:**

- Il n'y a aucun ouvrages maritimes sur ces deux plages.

**Commentaires:**

- Les galets/graviers sont fins et sont mélangés avec du sable.
- Ces deux plages sont les plus larges des plages de Nice (40 m de large).



**Plages de galets/graviers/sable**



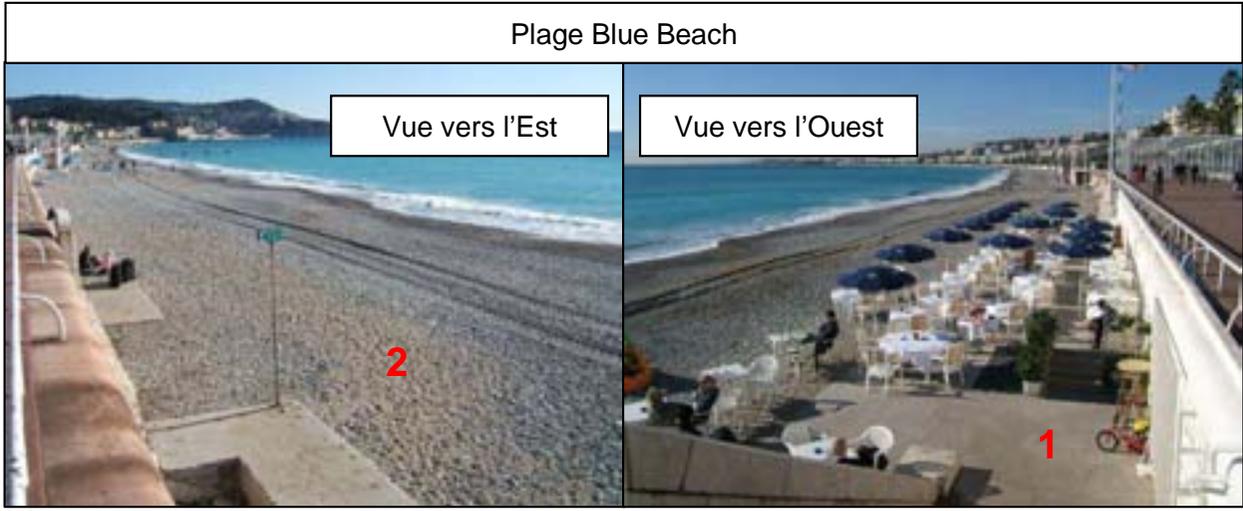
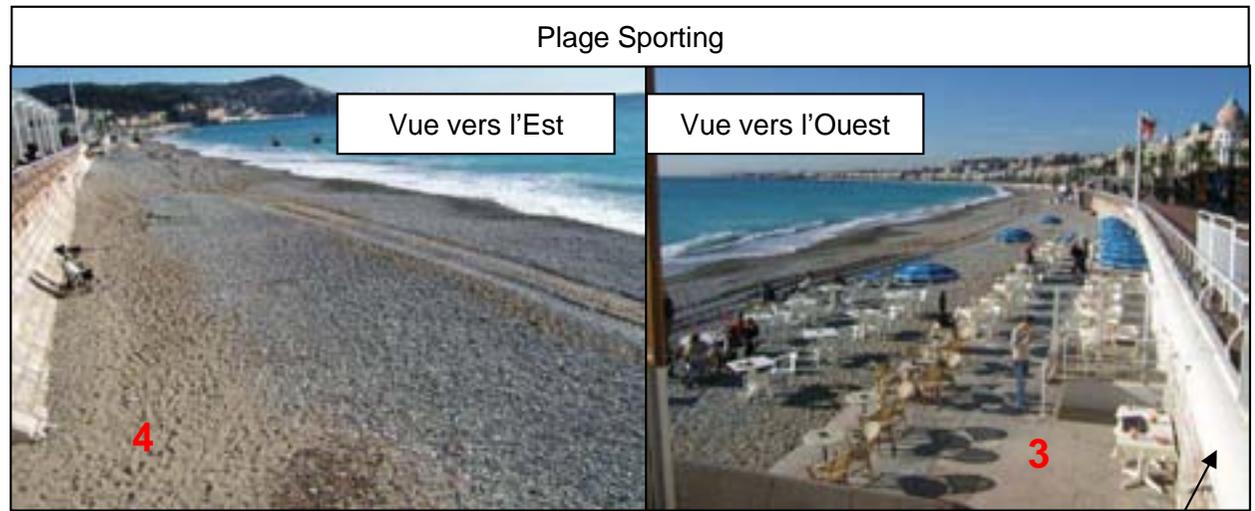
**Ouvrages de plage:**

- Les deux sorties de vallons se jettent sur le haut des plages. Il sont en assez bon état.

**Commentaires:**

- Les galets/graviers sont mélangés avec un peu de sable.

III.3 NICE – PARTIE 3 – EST



Plages de galets/graviers/sable

Perré de protection en haut de plage tout au long de la promenade des anglais

**Ouvrages de plage:**

- Il n'y a aucun ouvrage maritime sur ces deux plages.

**Commentaires:**

- Les plages sont composées majoritairement de galets/graviers mélangés avec du sable.



Plages de galets/graviers/sable



Perré de protection le long de la promenade des Anglais

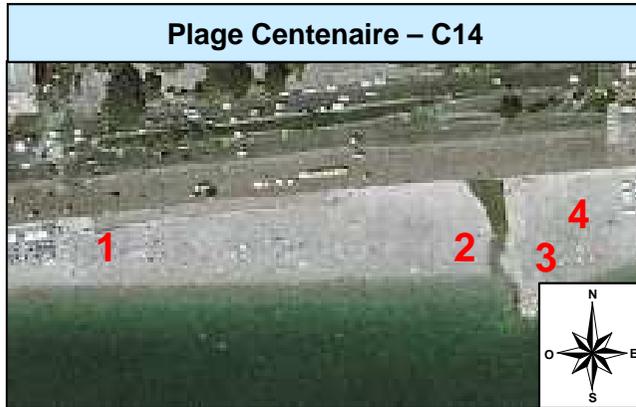


**Ouvrages de plage:**

- Un vieux ponton sur pilotis en mauvais état au devant de la plage du Lido.

**Commentaires:**

- Les galets/graviers sont mélangés avec un peu de sable.



**Plages de galets/graviers/sable**



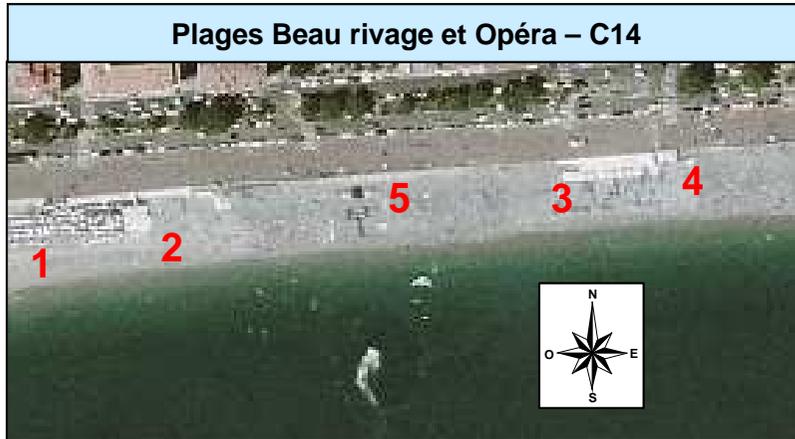
**Ouvrages de plage:**

- L'épi du paillon est en bon état, il est dans sa forme actuelle depuis le début des années 90.

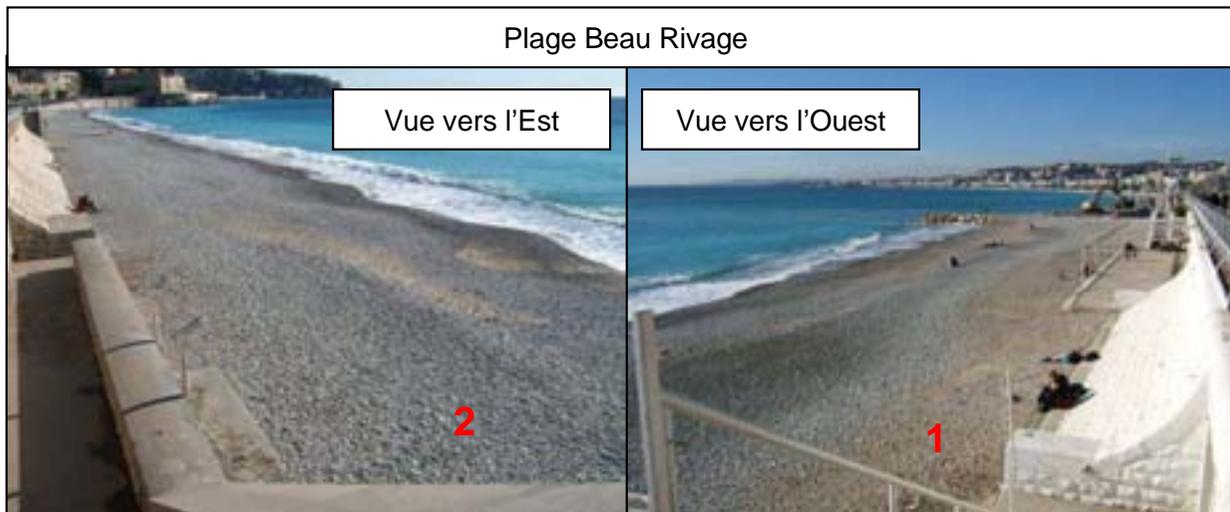
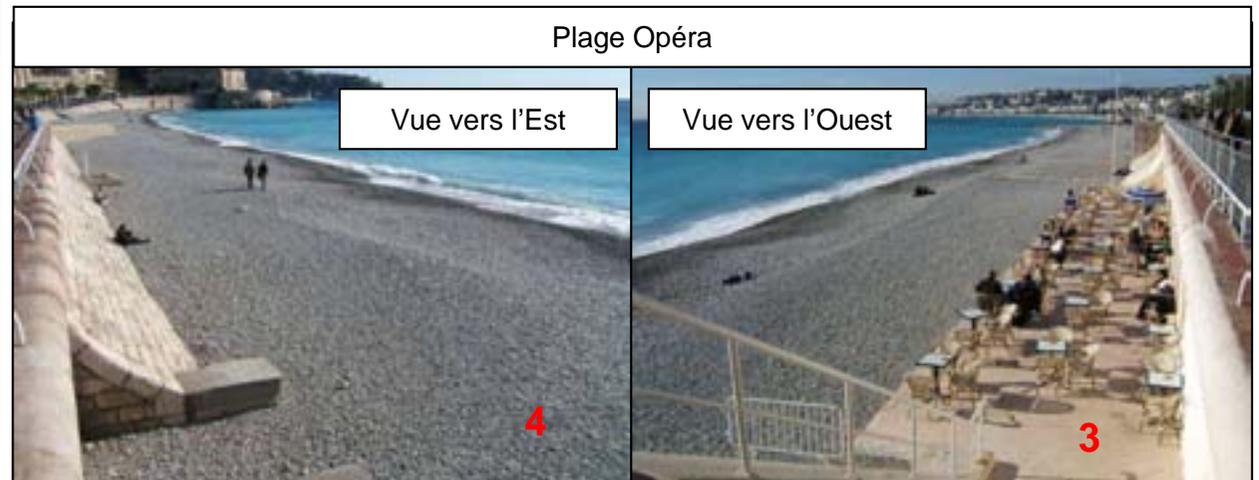
**Remarque:** Le rôle de cet ouvrage sera précisé et analysé dans la partie Programme de gestion – Synthèse du diagnostic du site (VIII) de ce rapport.

**Commentaires:**

- Les galets/graviers sont mélangés avec un peu de sable.



Plages de galets/graviers/sable

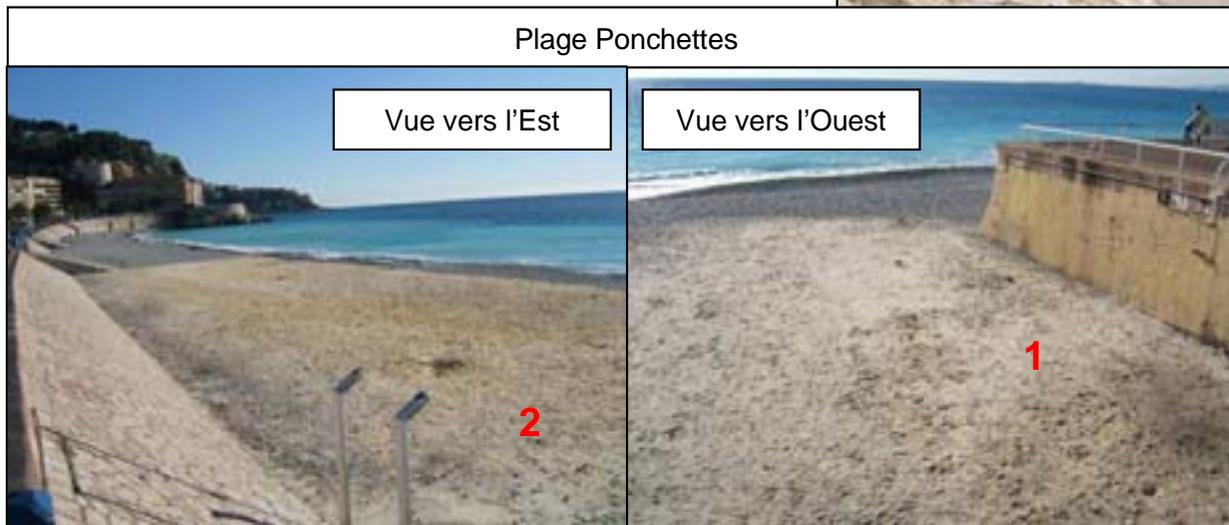
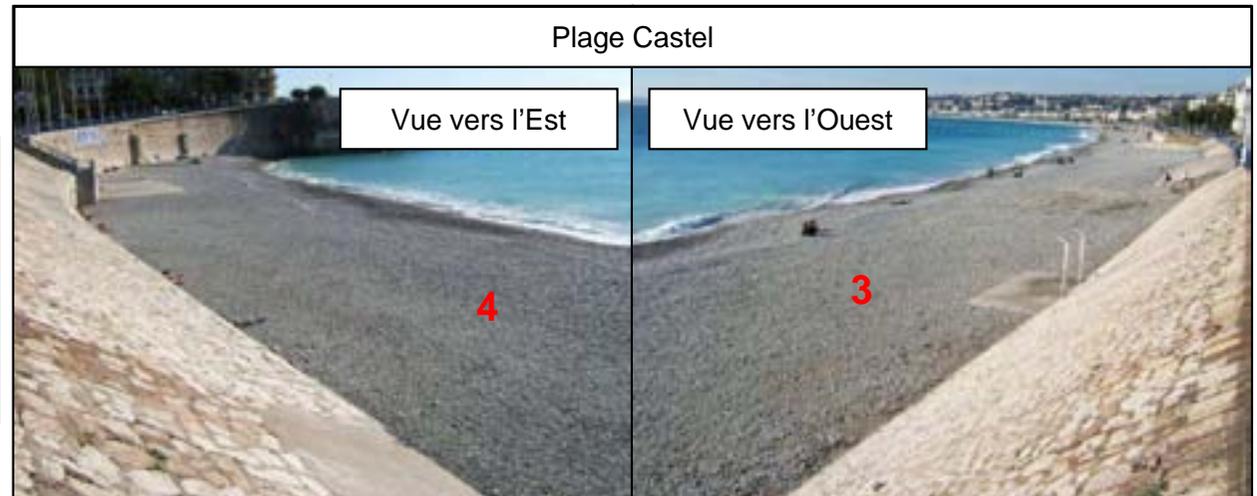


**Ouvrages de plage:**

- Il n'y a aucun ouvrage maritime sur ces plages.

**Commentaires:**

- Les galets/graviers sont mélangés avec un peu de sable.



**Plages de galets/graviers/sable**

**Ouvrages de plage:**

- Il n'y a aucun ouvrage maritime sur ces plages.

**Commentaires:**

- Les matériaux sur la plage sont composés d'un mélange de galets/graviers et de sable.

## IV ETAT ACTUEL DU LITTORAL

Les plages se situant sur la commune de Nice sont fortement exposées aux houles du large et des problèmes d'érosion sont présents sur quasiment tout le littoral.

### IV.1 LA BATHYMETRIE

#### Bathymétrie générale

La bathymétrie générale de la zone d'étude, issue de la carte SHOM n°7409, est présentée sur l'image ci-dessous.

3 profils (P1 à P3) caractéristiques des différents types de fond au large des plages de Nice ont été choisis pour analyser les pentes des fonds.

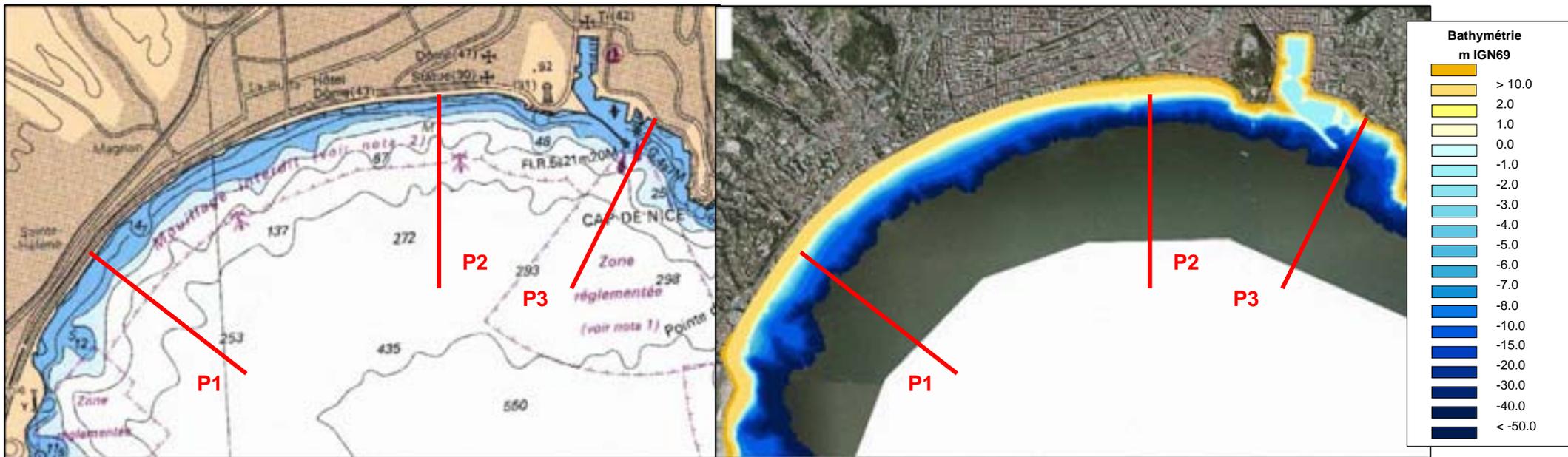
Profils	Isobathes / Distance à la côte (m) / Pente du profil entre deux isobathes (%)			
P1	-10/130/7.7	-20/205/13.3	-50/260/55	-100/400/35
P2	-10/80/12.5	-20/150/14.2	-50/190/75	-100/300/45
P3	-10/180/5.5	-20/280/10	-50/420/21.5	-100/480/83

#### Analyse des profils:

Les plages de Nice présentent des fonds qui plongent très rapidement avec une pente de l'ordre de 10% en moyenne pour les fonds de 0 à -20mIGN. A partir de -20mIGN, une cassure apparaît et les fonds décroissent très rapidement jusqu'à -100mIGN avec des pentes comprises entre 20 et 80%.

#### Bathymétrie détaillée

Seul le levé bathymétrique réalisé pas MESURIS en 2007 pour les fonds allant de -6 à -60mIGN est recensé sur la zone. En effet, Pour l'ensemble du littoral niçois, aucun levé bathymétrique sur les petits fonds de 0 à -6m IGN n'est recensé. Ainsi, nous avons réalisé une interpolation triangulaire avec les levés bathymétriques existants pour pouvoir reconstruire une bathymétrie à la côte.



Extrait de la carte SHOM n°7409

Levés bathymétriques superposés à l'orthophotographie de 2004

## IV.2 LES SEDIMENTS



13 prélèvements de surface sur la commune de Nice ont été réalisés par SOGREAH en février 2008.

La localisation des prélèvements 26 à 31 est donnée sur la figure ci-contre.

Analyses granulométriques réalisées en 02/2008				
Point de prélèvement	Côte (m IGN69)	D16 (mm)	D50 (mm)	D84 (mm)
26	0.5	4.81	9.29	14.35
27	0.5	14.58	21.15	28.22
28	0.5	0.58	3.51	9.78
29	0.5	24.52	-	-
30	0.5	1.57	2.15	19.68
31	0.5	0.28	0.36	0.45

Points	Plages	X (m)	Y (m)
26	Ouest du port de Carras	994 378.0	164 832.3
27	Plage Carras	994 420.3	164 997.2
28	Plage Aubry-Lecomte	994 491.1	165 141.1
29	Plage Aubry-Lecomte	994 636.3	165 363.4
30	Plage Sainte-Hélène	994 848.7	165 654.8
31	Plage Fabron	995 063.9	165 916.1

Coordonnées en Lambert III Sud



La localisation des prélèvements 32 à 38 est donnée sur la figure ci-contre.

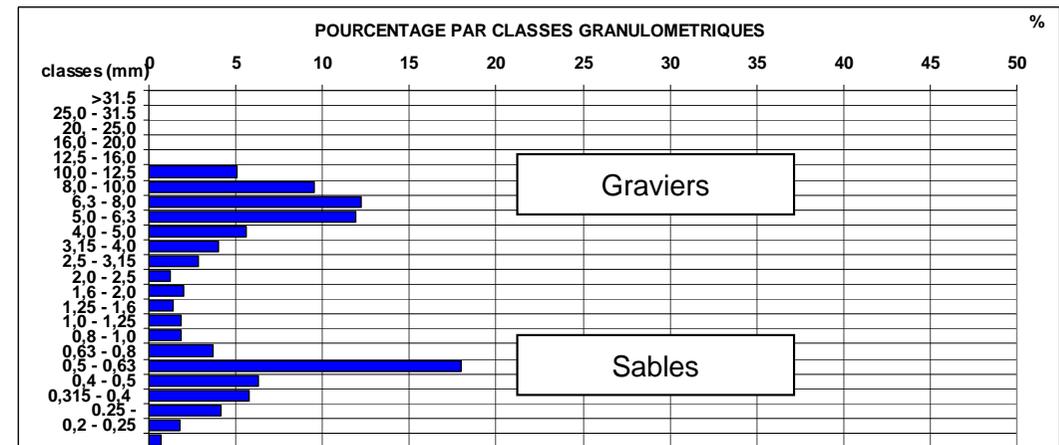
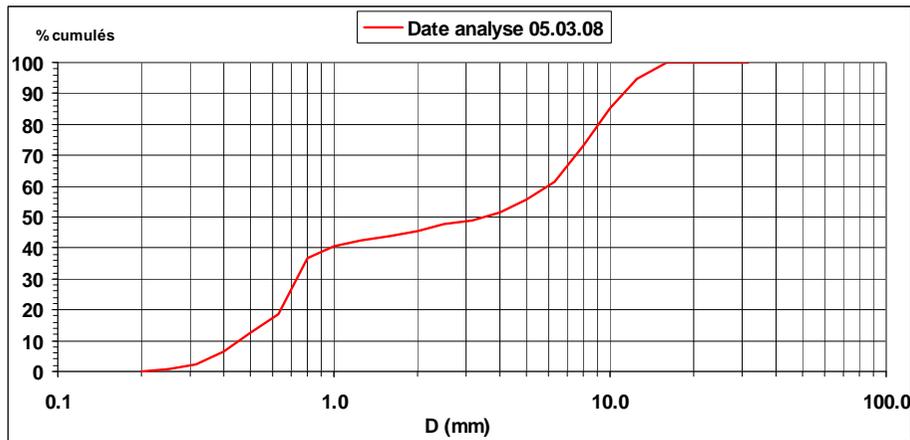


Points	Plages	X (m)	Y (m)
32	Plage Lenval	995 371.1	166 160.3
33	Plage Poincaré	995 741.5	166 383.8
34	Plage Voilier	996 060.7	166 544.4
35	Plage Forum	996 408.5	166 685.3
36	Plage du Centenaire	997 243.0	166 843.6
37	Plage Opéra	997 700.3	166 886.0
38	Plage Castel	998 045.6	166 880.8

*Coordonnées en Lambert III Sud*

Analyses granulométriques réalisées en 02/2008				
Point de prélèvement	Côte (m IGN69)	D16 (mm)	D50 (mm)	D84 (mm)
32	0.5	20.81	23.76	28.59
33	0.5	14.99	18.38	23.52
34	0.5	1.33	13.09	16.31
35	0.5	0.36	0.60	28.26
36	0.5	4.41	5.92	9.00
37	0.5	0.49	10.58	27.96
38	0.5	18.76	23.04	28.29

Voici un extrait de l'analyse granulométrique effectuée pour le Pt 21 – Plage Carras. Le détail des analyses granulométriques est fourni en **Annexe 6 - Figures 2 à 8**.

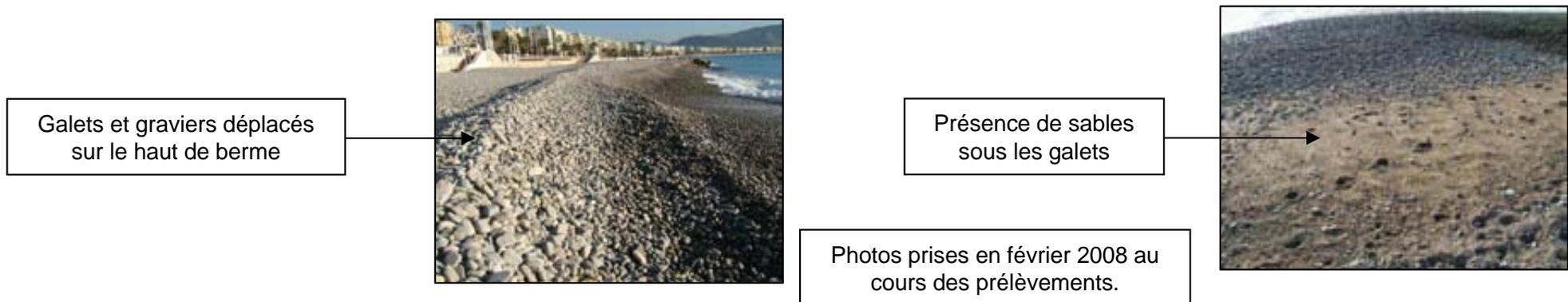


Les plages de Nice sont des plages essentiellement de galets. Cependant, il existe tout de même différents type de sédiments présents sur les plages de la promenade des Anglais.

En effet, la couche supérieure de la partie émergée de la plage est constituée de galets et de graviers (lorsqu'on se rapproche de la laisse des eaux) tandis que la couche inférieure est constituée de sédiments sableux et de gravillons.

En période hivernale, avec les tempêtes et les fortes houles le haut de plage est modifié et les galets sont déplacés sur le haut de la berme comme on peut le voir sur la photo ci-dessous). Tous ces mouvements laissent apparaître par endroit la sous-couche sableuse (~0.4-0.5 mm) qui est bien visible sur l'exemple d'analyse granulométrique du Pt 21 présentée ci-dessus et sur la photo ci-dessous.

**(Voir classification des sédiments dans le Fascicule 1)**



### IV.3 LA FLORE AQUATIQUE

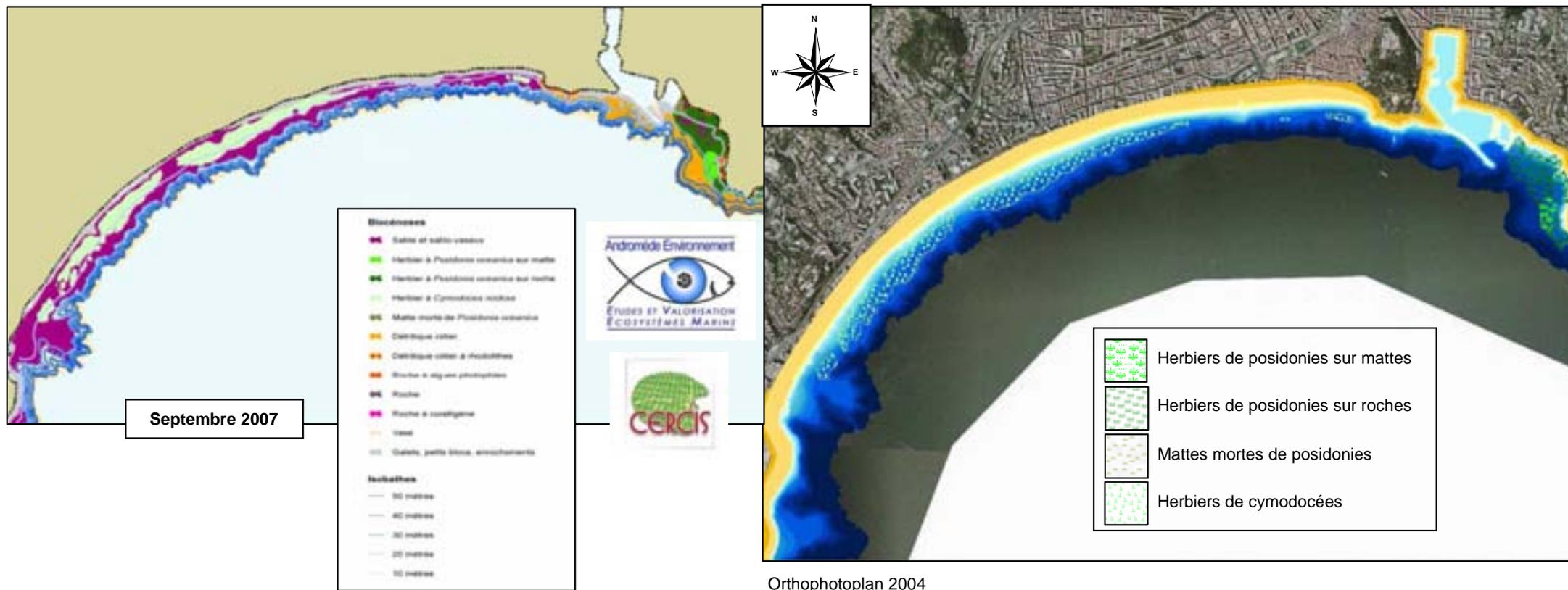
Dans le cadre du Contrat de Baie, une cartographie des biocénoses, présentée dans la figure ci-dessous, a été établie en septembre 2007 par l'Œil d'Andromède et Cercis.

Sur cette carte on note que les herbiers de Posidonies ne sont pas présents au large des plages de la Promenade des Anglais. Par contre, à l'Est du port de Nice, des herbiers de Posidonies sont recensés tout autour du Cap de Nice.

Les herbiers présents devant les plages de Nice sont les Cymodocées et la limite haute de ces herbiers se situe à une profondeur aux alentours de -4/-5mIGN suivant les plages.

Les herbiers de phanérogames marines (Cymodocées) sont capables de freiner l'érosion de la côte, par leurs fonctions stabilisatrice des fonds et dissipatrice de l'énergie de la houle. Ils jouent ainsi un rôle très important dans la protection du littoral. Cependant, dans cette portion de littoral, les herbiers de Cymodocées ne paraissent pas assez denses pour pouvoir avoir un fort impact bénéfique sur la diminution des houles.

Pour plus de détail concernant la Cymodocée se référer au **fascicule n°1 au II.3.**



## IV.4 ZONES ET SITES D'INTERETS

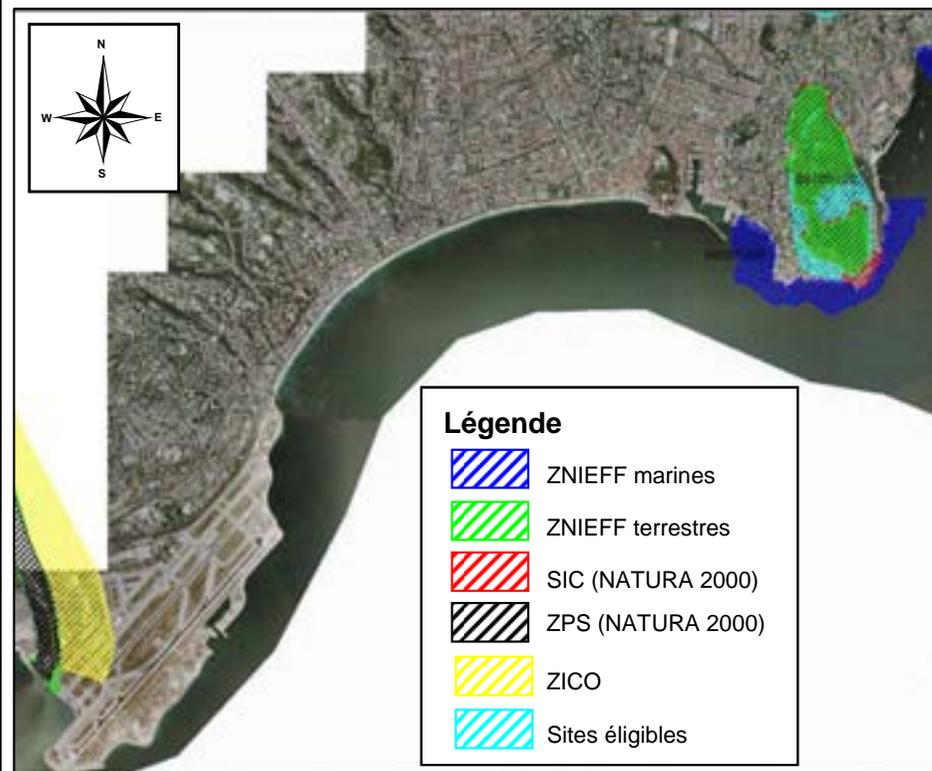
### IV.4.1 PREAMBULE

Définitions des ZNIEFF et du réseau NATURA 2000 présentées dans le *Fascicule n°1 au II.4.*

### IV.4.2 APPLICATION AU SITE D'ETUDE

Le tableau ci-dessous présente la liste des sites d'intérêts proche du littoral de Nice :

Sites d'intérêts	Nom du site	Code
ZNIEFF Marine de type II	Du Cap de Nice à la Pointe Madame	06-007-000
ZNIEFF Terrestres de type I	Mont Alban – Mont Boron	06-100-105
ZNIEFF Terrestres de type II	Le Var	06-140-100
SIC	Corniches de la Riviera	FR9301568
SIC	Vallons obscurs de Nice et de Saint Blaise	FR9301569
Site éligible	Corniches de la Riviera	PR72
Site éligible	Vallons obscurs de Nice, mont Chauve d'Aspremont, vallon de Sainte Blaise, plaine de Sainte	PR73
ZPS	Basse vallée du Var	FR9312025
ZICO	Basse vallée du Var	PAC25
Arrêtés préfectoraux de Biotope	Vallons de Saint-Pancrace, de Magnan, de Lingostière et des Vallières	Protections d'espèces végétales
3 sites classés	« Colline du Château », « Domaine Public maritime (DPM) », « Mont Alban, mont Boron et domaine public maritime (DPM) »	FR9312002



**Source:** la DIREN PACA

Mises à jour des données:

- ZNIEFF Terrestres: 30/07/08
- ZNIEFF Marines: 01/08/08
- ZPS, SIC: 22/07/08
- ZICO, Sites éligibles: 14/12/07

La plage de Nice au niveau de la promenade des Anglais n'est donc pas dans une zone à contraintes environnementales. Ainsi, les solutions d'aménagement qui vont être proposées dans cette étude pourront être réalisables après soumission à la maîtrise d'ouvrage.

## V. CONDITIONS NATURELLES

### V.1 CLIMAT DE HOULE AU DROIT DES PLAGES DE CARRAS A POINCARE (Pt 10)

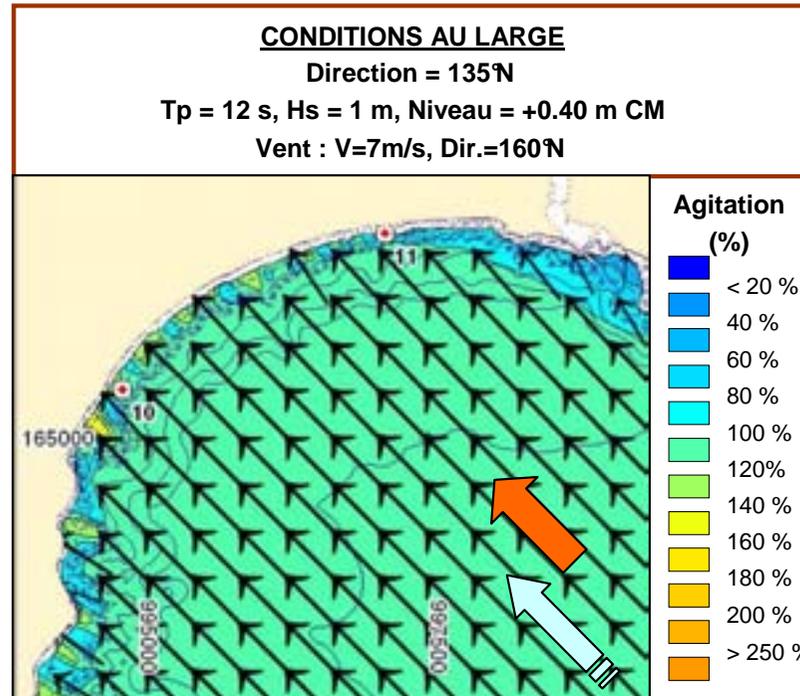
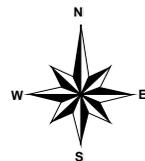
La série temporelle des états de mer enregistrés du 16/03/1999 au 31/12/2006 à la bouée Côte d'Azur à été transférée à la côte (au point n°10) à partir des matrices de transfert en hauteur et en direction (cf. ci-contre).

- ✓ **Les houles à la côte** au point 10 se resserrent dans un secteur N89° à N196°.
- ✓ **Les houles du large** qui touchent de manière significative les plages de Carras à Poincaré sont comprises entre N90° et N200°.
- ✓ Les houles en provenance de l'E-SE au large (N110° à N160°) sont les plus dommageables pour ces plages. Ces houles rentrent dans la baie des Anges dans un secteur compris entre N118° et N151° et avec une agitation élevée puisqu'elle est plus importante que celle du large (~110 à 120%).
- ✓ Plus la période de la houle est grande, plus la houle va diffracter de sorte à rentrer directement dans la baie des Anges.
- ✓ Pour les houles du N30° au N70° et celles du N200° à N260°, l'agitation au niveau de l'isobathe -10.0 m CM est d'autant plus faible que la période considérée est longue. C'est l'inverse qui se produit pour les houles du N110° au N135°.

La figure d'iso-agitation ci-contre montre l'épure de réfraction illustrant le cas le plus défavorable pour les plages de la Partie Ouest de la Baie des Anges, de la plage Carras à la plage Poincaré.

On peut remarquer que cette houle entre directement dans la baie des Anges.

(Voir épures de réfraction en **Annexe 1** et tableau des coefficients de réfraction en **Annexe 6 – Figure 12**).



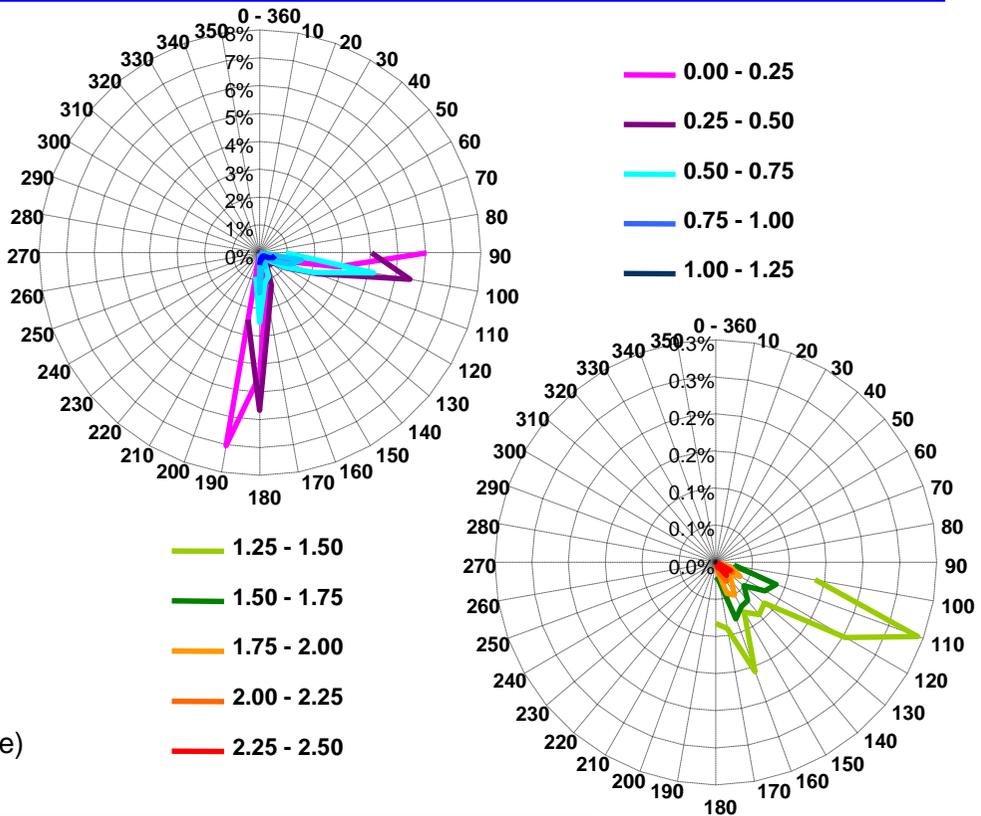
	Conditions au large		Résultats au point 10 Profondeur = 10 m	
	Dir (N)	Tp (s)	Agitation	Dir (N)
Nord-Est	30	6	8%	89
		9	2%	93
		12	1%	89
		15	1%	92
	50	6	25%	94
		9	18%	97
		12	4%	99
	70	15	5%	108
		6	46%	104
		9	43%	105
		12	25%	105
	90	15	22%	111
6		69%	112	
9		76%	113	
12		73%	112	
110	15	68%	114	
	6	89%	119	
	9	103%	119	
	12	111%	118	
Sud-Est	135	15	110%	118
		6	99%	134
		9	114%	132
		12	119%	129
	160	15	116%	126
		6	94%	151
		9	105%	146
		12	107%	143
	180	15	101%	136
		6	79%	161
		9	84%	156
		12	78%	153
Sud-Ouest	200	15	71%	142
		6	57%	171
		9	57%	168
		12	45%	167
	220	15	34%	146
		6	51%	180
		9	45%	180
		12	28%	182
	240	15	13%	154
		6	24%	187
		9	18%	188
		12	4%	166
260	15	4%	142	
	6	6%	192	
	9	1%	196	
	12	1%	160	
	15	1%	142	

# Plages de Carras à Poincaré– Les houles au droit de la plage – Distribution statistique

Une série temporelle d'états de mer au droit des plages de Carras à Poincaré a donc été reconstituée et l'analyse statistique à la côte a pu être conduite.

## V.1.1 DISTRIBUTION STATISTIQUE

- 49 % des états de mer du large correspondent localement à des agitations inférieures à 0.5m. Les agitations locales supérieures à 2.0 m correspondent à 0.2 % des enregistrements au large.
- Les plages de Carras à Poincaré sont soumises aux houles venant de l'Est et du Sud.
  - 15 % ont une incidence de N100,
  - 15 % ont une incidence de N180,
  - 11 % ont une incidence de N90.
- Cependant, les houles les plus fortes proviennent du secteur Sud Est entre N120 et N160. (*voir roses des houles ci-contre*)



La distribution des hauteurs par direction et la répartition directionnelle (en pourcentage) sont indiquées dans le tableau et sur la figure ci-après.

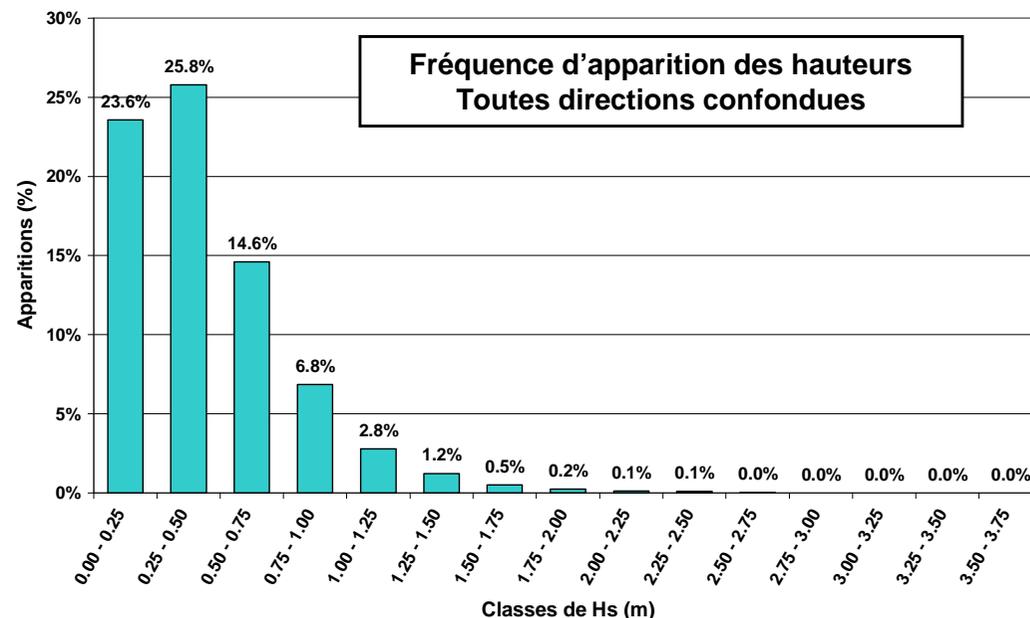
Secteurs →	Directions moyennes des houles (degrés Nord)																					Total					
	355°-5°	55°-65°	65°-75°	75°-85°	85°-95°	95°-105°	10°	5°-115°	115°-125°	125°-135°	135°-145°	145°-155°	155°	°-165°	165°-175°	175°-185°	185°-195°	195°-205°	205°	-215°	215°-225°		225°-235°	235°-245°	245°-255°		
Hs (m) ↓	0 - 360	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250						
Indéterminé	4.8%																									4.76%	
Calmes	19.5%																										19.46%
0.00 - 0.25					6.0%	2.9%	0.9%	0.2%	0.0%	0.1%	0.1%	0.6%	1.3%	4.4%	7.0%	0.0%											23.57%
0.25 - 0.50					4.1%	5.5%	2.2%	1.1%	0.5%	0.6%	0.4%	1.2%	2.0%	5.7%	2.4%												25.79%
0.50 - 0.75					0.9%	4.2%	2.1%	1.0%	0.4%	0.3%	0.2%	0.9%	1.1%	2.5%	0.9%												14.59%
0.75 - 1.00					0.0%	1.5%	1.2%	0.6%	0.4%	0.4%	0.3%	0.5%	0.4%	1.5%	0.0%												6.84%
1.00 - 1.25						0.6%	0.5%	0.4%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	0.2%	0.4%													2.78%
1.25 - 1.50						0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%													1.22%
1.50 - 1.75						0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%													0.50%
1.75 - 2.00						0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%													0.24%
2.00 - 2.25							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%														0.11%
2.25 - 2.50							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%														0.08%
2.50 - 2.75								0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%															0.03%
2.75 - 3.00								0.0%				0.0%															0.01%
3.00 - 3.25								0.0%	0.0%			0.0%															0.01%
3.25 - 3.50								0.0%		0.0%		0.0%															0.01%
3.50 - 3.75												0.0%															0.00%
3.75 - 4.00											0.0%																0.00%
4.00 - 4.25																											
4.25 - 4.50																											
<b>Total</b>	24.22%				11.04%	14.83%	7.28%	3.67%	1.75%	1.71%	1.50%	3.84%	5.16%	14.57%	10.39%	0.04%											100.00%

## V.1.2 DISTRIBUTION DES HAUTEURS

Le graphique ci-contre indique la distribution des hauteurs toutes directions confondues.

Il apparaît que:

- 49.0% des états de mer restent inférieures à 0.50 m.
- 5.0% des états de mer sont supérieurs à 1.00 m.
- Seulement 0.2% des états de mer sont supérieurs à 2.00 m.



## V.1.3 DISTRIBUTION DES PERIODES

Voir les roses de répartition des périodes en fonction de la direction en **Annexe 6 – Figure 11**.

Secteurs →	Directions moyennes des houles (degrés Nord)																				Total								
	355°- 5°	55°- 65°	65°- 75°	75°- 85°	85°- 95°	95°- 105°	10°	5°- 115°	115°- 125°	125°- 135°	135°- 145°	145°- 155°	155°	°- 165°	165°- 175°	175°- 185°	185°- 195°	195°- 205°	205°	- 215°		215°- 225°	225°- 235°	235°- 245°	245°- 255°				
<b> Tp (s) ↓</b>	<b>0 - 360</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>	<b>220</b>	<b>230</b>	<b>240</b>	<b>250</b>								
Indéterminé	4.8%																												4.76%
Calmes	19.5%																												19.46%
< 3																													
3 - 4					3.3%	4.4%	2.5%	1.0%	0.5%	0.4%	0.3%	0.9%	1.4%	4.5%	2.1%														21.29%
4 - 5					3.8%	5.1%	2.7%	1.3%	0.6%	0.5%	0.4%	1.3%	1.8%	4.7%	2.7%														24.98%
5 - 6					3.1%	2.7%	1.2%	0.7%	0.4%	0.4%	0.3%	0.9%	1.0%	3.4%	3.2%														17.33%
6 - 7					0.6%	1.7%	0.5%	0.4%	0.2%	0.2%	0.3%	0.5%	0.6%	1.2%	1.8%														8.09%
7 - 8					0.2%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.4%	0.5%														2.38%
8 - 9					0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%												0.73%
9 - 10					0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%															0.35%
10 - 11					0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%														0.21%
11 - 12					0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%														0.14%
12 - 13						0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%															0.13%
13 - 14					0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%																0.09%
14 - 15							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%																		0.06%
> 15																													
<b>Total</b>	<b>24.22%</b>				<b>11.04%</b>	<b>14.83%</b>	<b>7.28%</b>	<b>3.67%</b>	<b>1.75%</b>	<b>1.71%</b>	<b>1.50%</b>	<b>3.84%</b>	<b>5.16%</b>	<b>14.57%</b>	<b>10.39%</b>	<b>0.04%</b>												<b>100.00%</b>	

Les périodes les plus fortes se situent dans les directions N110° à N150°.

## V.2 CLIMAT DE HOULE AU DROIT DES PLAGES DU FLORIDA A CASTEL (Pt 11)

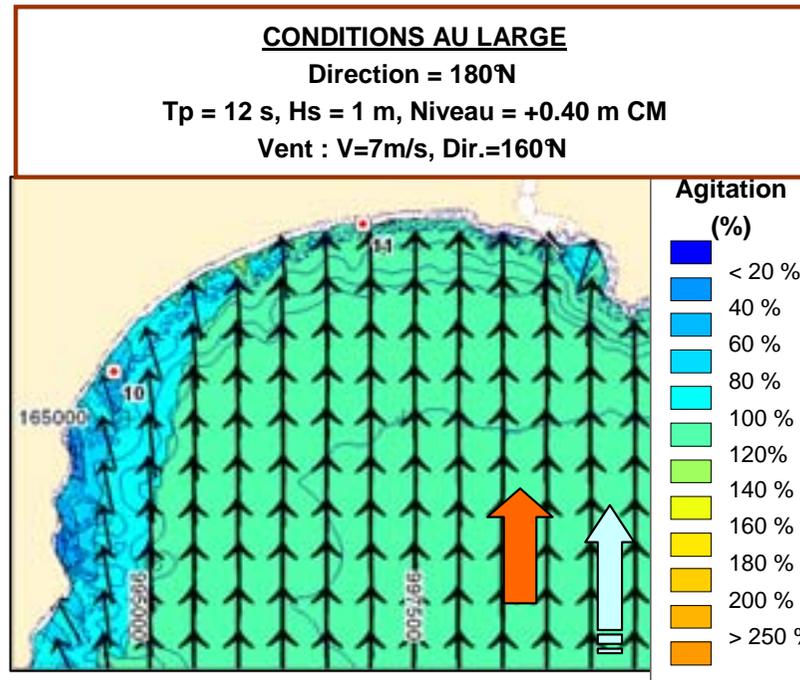
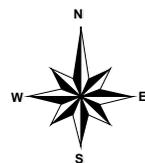
La série temporelle des états de mer enregistrés du 16/03/1999 au 31/12/2006 à la bouée Côte d'Azur à été transférée à la côte (au point n°11) à partir des matrices de transfert en hauteur et en direction (cf. ci-contre).

- ✓ **Les houles à la côte** au point 11 se resserrent dans un secteur N110° à N215°.
- ✓ **Les houles du large** qui touchent de manière significative les plages du Florida à Castel sont comprises entre N110° et N240°.
- ✓ Les houles en provenance de l'Est au large (N135° à N180°) sont les plus dommageables pour ces plages. Ces houles arrivent à la côte dans un secteur compris entre N145° et N176° et avec une agitation forte puisqu'elle est plus élevée que celle du large (~100 à 110%).
- ✓ Pour l'ensemble des houles, plus la période de la houle est grande, plus la houle va diffracter de sorte à atteindre les plages.
- ✓ Pour les houles du N30° au N90° et du N220° au N260°, l'agitation au niveau de l'isobathe -10.0 m CM est d'autant plus faible que la période considérée est longue. C'est l'inverse qui se produit pour les houles du N135° au N200°.

La figure d'iso-agitation ci-contre montre l'épure de réfraction illustrant le cas le plus défavorable pour les plages du Florida à Castel.

On peut remarquer que cette houle arrive de face à ces plages.

(Voir épures de réfraction en **Annexe 1** et tableau des coefficients de réfraction en **Annexe 6 – figure 16**).



	Conditions au large		Résultats au point 11 Profondeur = 12 m		
	Dir (°N)	Tp (s)	Agitation	Dir (°N)	
Nord-Est	30	6	1%	110	
		9	1%	117	
		12	0%	110	
	50	6	10%	112	
		9	5%	115	
		12	3%	136	
	70	6	3%	144	
		9	26%	118	
		12	20%	117	
	90	6	8%	127	
		9	15%	7%	144
		12	47%	126	
110	6	46%	127		
	9	32%	126		
	12	22%	143		
Sud-Est	135	6	69%	133	
		9	73%	136	
		12	69%	138	
	160	6	61%	146	
		9	90%	145	
		12	100%	147	
	180	6	103%	149	
		9	100%	153	
		12	98%	162	
	Sud-Ouest	200	6	109%	163
			9	111%	163
			12	106%	164
220		6	96%	176	
		9	108%	175	
		12	112%	175	
240		6	107%	174	
		9	83%	186	
		12	92%	185	
260		6	93%	185	
		9	89%	181	
		12	89%	194	
240	6	89%	195		
	9	75%	196		
	12	51%	190		
	6	59%	204		
	9	51%	203		
	12	29%	202		
260	6	13%	189		
	9	29%	215		
	12	21%	208		
15	6	3%	197		
	9	3%	187		
	12	3%	187		

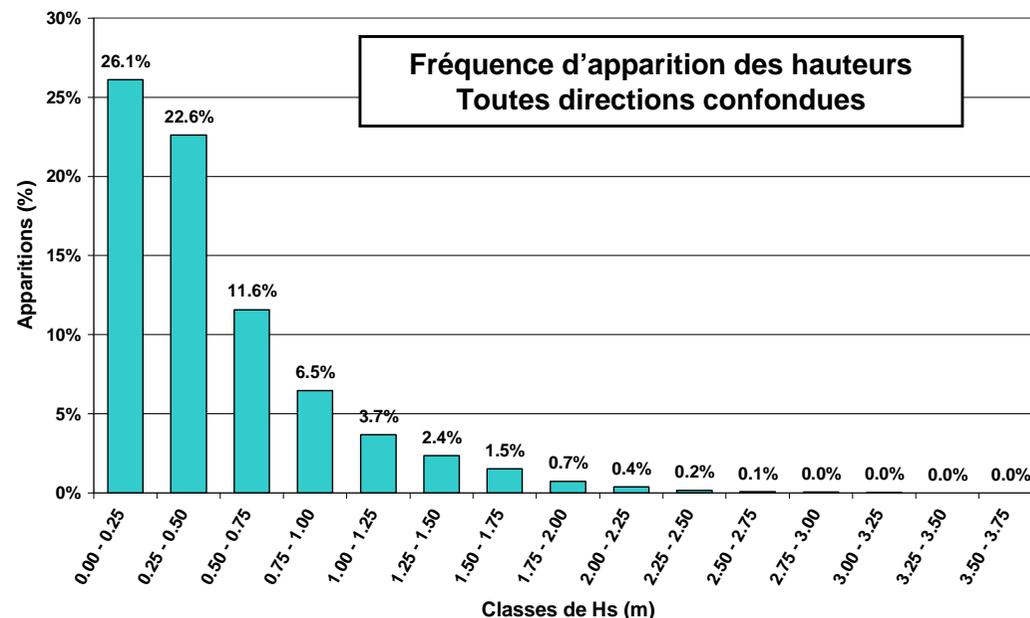


## V.2.2 DISTRIBUTION DES HAUTEURS

Le graphique ci-contre indique la distribution des hauteurs toutes directions confondues.

Il apparaît que:

- 49% des états de mer restent inférieures à 0.50 m.
- 9% des états de mer sont supérieurs à 1.00 m.
- Seulement 0.7% des états de mer sont supérieurs à 2.00 m.



## V.2.3 DISTRIBUTION DES PERIODES

Voir les roses de répartition des périodes en fonction de la direction en **Annexe 6 – Figure 15**.

Secteurs →	Directions moyennes des houles (degrés Nord)																				Total				
	355°-5°	55°-65°	65°-75°	75°-85°	85°-95°	95°-105°	10°	5°-115°	115°-125°	125°-135°	135°-145°	145°-155°	155°	°-165°	165°-175°	175°-185°	185°-195°	195°-205°	205°	-215°		215°-225°	225°-235°	235°-245°	245°-255°
<b>Tp (s) ↓</b>	<b>0 - 360</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>	<b>220</b>	<b>230</b>	<b>240</b>	<b>250</b>				
Indéterminé	4.8%																							4.76%	
Calmes	19.5%																								19.46%
< 3																									
3 - 4							5.6%	3.5%	2.1%	0.5%	0.2%	0.5%	0.2%	1.1%	3.8%	2.6%	1.1%								21.29%
4 - 5							6.4%	3.9%	2.6%	0.6%	0.3%	0.7%	0.4%	1.5%	3.9%	3.1%	1.6%								24.98%
5 - 6							4.6%	1.7%	1.4%	0.4%	0.2%	0.5%	0.3%	1.0%	2.4%	3.0%	1.9%								17.33%
6 - 7							1.3%	1.2%	0.6%	0.2%	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%	1.0%	1.4%	1.2%								8.09%
7 - 8							0.4%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.4%	0.4%	0.3%								2.38%
8 - 9							0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%								0.73%
9 - 10								0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%									0.35%
10 - 11								0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%									0.21%
11 - 12									0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%									0.14%
12 - 13									0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%									0.13%
13 - 14								0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%										0.09%
14 - 15									0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%											0.06%
> 15																									
<b>Total</b>	24.22%						18.51%	11.07%	7.01%	1.92%	0.94%	2.02%	1.11%	4.50%	11.57%	10.95%	6.18%								100.00%

Les périodes les plus fortes se situent dans les directions N130° à N140° et N180° à N190°.

---

## **VI DIAGNOSTIC HYDRO-SEDIMENTAIRE PAR CELLULE SEDIMENTAIRE**

# CELLULE 14: PLAGES DE LA PROMENADE DES ANGLAIS

ALEAS	MODELES	ANALYSE
Aléa érosion / agression mécanique de la houle	Analyse de l'évolution passée du trait de côte	Oui
	GENESIS – modélisation de l'évolution du trait de côte	Oui
	SMC – forme à l'équilibre en plan de la plage	Oui
	Extrapolation de l'évolution du trait de côte à 10 ans par l'approche historique	Oui, avec GENESIS
	MOPLA – courants côtiers	Oui
	SBEACH – érosion en tempête dans le profil	Non
Aléa submersion	Calcul de Run-up	Oui
	REPLA – Evolution du niveau d'eau du large à la côte	Oui
	MOPLA – agitation à la côte	Oui

## VI.1 DETERMINATION DE L'ALEA EROSION / AGRESSION MECANIQUE DE LA HOULE

### VI.1.1 EVOLUTION PASSEE DU TRAIT DE COTE

Cf. présentation de la méthode adoptée pour l'analyse de l'évolution passée du trait de côte dans le Fascicule n°1 au VI.2.1.

L'analyse de l'évolution passée du trait de côte permet d'observer les zones qui s'érodent et celles qui s'engraissent.

Pour la commune de Nice, deux évolutions différentes ont été réalisées puisque nous disposons de deux types de données:

1. La mesure des plages biannuelle (du perré de haut de plage à la laisse des eaux) pour 50 profils entre Carras et Castel sur la période Octobre 1991- Octobre 2007, obtenue auprès de la commune de Nice.
2. Les orthophotos de 1983, 1990, 1994, 1999 et 2004 permettant de faire une analyse sur une période plus longue: 1983-2004.

Les deux analyses sont présentées ci-après, leurs conclusions respectives seront comparées afin d'établir une synthèse de l'évolution passée du trait de côte la plus proche possible de la réalité.

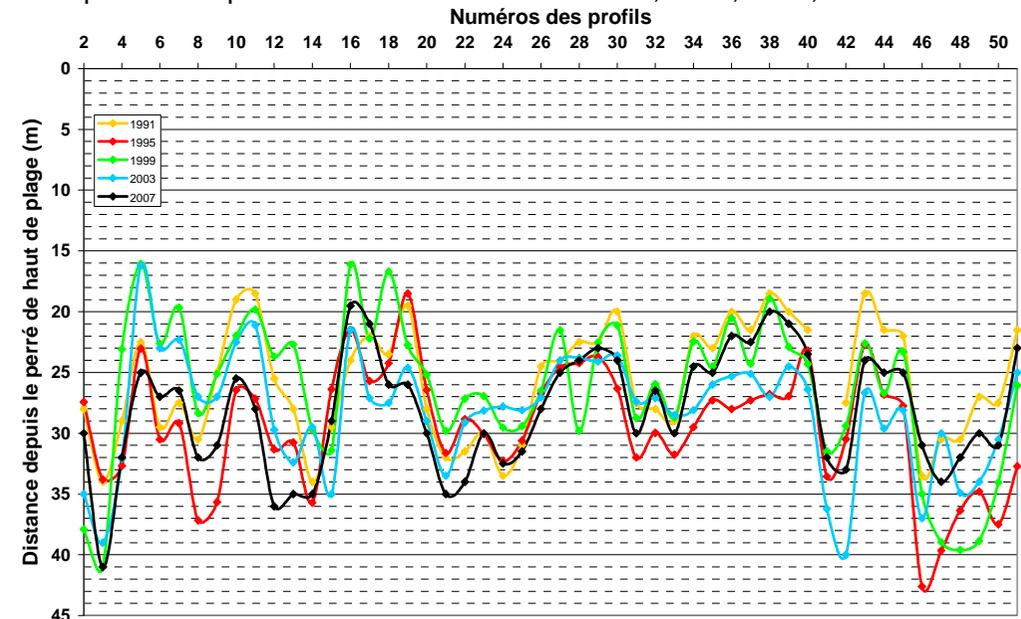
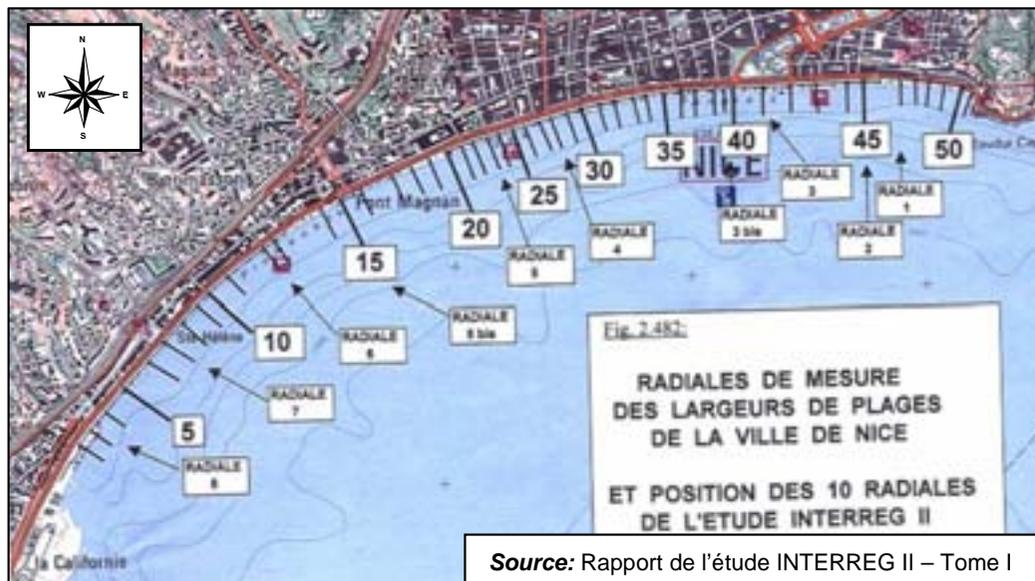
### VI.1.1.1 ANALYSE N°1: ETUDE D'APRES LES DONNEES DE LARGEUR DE PLAGE DE LA COMMUNE DE NICE

#### a. Evolution du trait de côte entre 1991 et 2007

Nous disposons des données de largeur de plages pour 50 profils (P2 à P51) entre 1991 et 2007. Ces largeurs ont été relevées à intervalles de temps plus ou moins réguliers (le mois d'octobre étant le plus régulier), avant et après la période estivale. Ainsi, pour être cohérent sur notre analyse, nous avons travaillé sur les 17 données mesurées entre octobre 1991 et octobre 2007 à intervalle régulier d'un an.

La figure ci-dessous présente la localisation des 50 radiales de mesure des largeurs de plages de la ville de Nice. Ces profils couvrent l'ensemble des plages de la Promenade des Anglais (plus de 5km de littoral), de Carras à l'Ouest à Castel à l'Est.

La figure ci-dessous présente l'évolution de la largeur de la plage pour les 50 profils. Pour des raisons de commodité de lecture, nous n'avons représentés que les données des années 1991, 1995, 1999, 2003 et 2007.



L'examen de cette figure met en évidence :

- Entre 1991 et 1995, une forte avancée du trait de côte (5 à 10m) pour les Profils 8 à 13 et 30 à 51 et une stabilité ailleurs.
- Entre 1995 et 1999, un net recul de la plage (5 à 10m) pour les profils 4 à 18 et 30 à 39, et une avancée (5 à 10m) des profils 2 et 3 et stabilité des plages à l'Est de la cellule.
- Entre 1999 et 2003, une avancée de la plage (2 à 5m) pour les profils P12 à P23, une stabilité de P24 à P33, une avancée (2 à 8m) de P34 à P46 et un recul à l'Est (3 à 10m) de P47 à P51.
- Entre 2003 et 2007, une avancée du trait de côte (2 à 5m) de P3 à P14 et P19 à P27, une stabilité de P28 à P33 un recul (2 à 5m) de P15 à P18 et P34 à P51.
- **Finalement, entre 1991 et 2007**, on constate une avancée globale de la plage malgré quelque zone en recul. Certains profils ont fortement avancé tels que les profils P9 à P13 (6 à 10m) et P42 à P45 (4 à 6m).

## b. Calcul de la tendance évolutive du trait de côte

La tendance évolutive a été déterminée à partir des évolutions du trait de côte relevées aux profils sur 17 années d'étude, entre 1991 et 2007.

Pour chaque profil, les distances entre la position du trait de côte en 1991 et les années suivantes jusqu'à 2007 ont ensuite été calculées.

Pour chaque profil, les courbes de tendance ont été déterminées par régression linéaire. Le coefficient directeur de ces droites correspond à la tendance évolutive du trait de côte à chaque profil.

Les résultats obtenus en appliquant cette méthode sont présentés dans le tableau ci-après.

On constate sur la période 1991-2007:

- Une tendance à l'avancée globale du trait de côte.
- Trois zones de forte avancée de la plage:
  - ✓ P2 et P3: de l'ordre de +0.25 à +0.55m/an.
  - ✓ P9 à P22: de l'ordre de +0.2 à +0.5m/an.
  - ✓ P42 à P44: de l'ordre de +0.2 à +0.6m/an.
- Trois zones de recul prononcé de la plage:
  - ✓ P6 à P8: de l'ordre de -0.1 à -0.2m/an.
  - ✓ P37 à P39: de l'ordre de -0.1 à -0.2m/an.
  - ✓ P49 à P51: de l'ordre de -0.2 à -0.5m/an
- La zone de P23 à P36 est en très légère avancée de l'ordre de +0.05 à +0.1m/an.
- D'une manière générale, les plages de Nice ont avancée légèrement sur la période 1991-2007.

Tendance évolutive:	
	< -0.4 m/an
	Entre -0.4 et -0.2 m/an
	Entre -0.2 et -0.05 m/an
	Entre -0.05 et 0.05 m/an
	Entre 0.05 et 0.2 m/an
	Entre 0.2 et 0.4 m/an
	> 0.4 m/an

	N° Profils	Tendance évolutive 1991-2007 (m/an)	
		Noms des Profils	
P l a g e s  d e v a n t  l a  P r o m e n a d e  d e s  A n g l a i s	2	P.OUEST CARRAS	0.25
	3	P.EST CARRAS	0.55
	4	P. CARRAS N°267	0.00
	5	P.AUBRY LECOMTE N°225	0.03
	6	REGENCE OUEST	-0.13
	7	REGENCE EST	-0.18
	8	P.ST HELENE N°217	-0.06
	9	MIAMI OUEST	0.17
	10	MIAMI EST	0.27
	11	P.FABRON N°183	0.19
	12	BAMBOU OUEST	0.42
	13	BAMBOU EST	0.52
	14	P.LENVAL N°133	0.02
	15	P.MAGNAN PS	0.27
	16	P.MAGNAN N° 99	0.02
	17	P.POINCARE N°93	0.16
	18	P.POINCARE N°89	0.47
	19	P.POINCARE N°81	0.38
	20	FLORIDA OUEST	0.27
	21	FLORIDA EST	0.20
	22	P.VOILIER N°61	0.18
	23	VOILIER OUEST	0.09
	24	VOILIER EST	-0.03
	25	P.FORUM N°53	-0.04
	26	FORUM OUEST	0.07
	27	FORUM EST	0.08
	28	P.NEPTUNE N°43	0.01
	29	NEPTUNE OUEST	-0.08
	30	NEPTUNE EST	0.11
	31	B-BEACH OUEST	0.03
	32	B-BEACH EST	-0.02
	33	SPORTING OUEST	0.09
	34	SPORTING EST	0.11
	35	LIDO OUEST	0.08
	36	LIDO EST	0.08
	37	RHUL OUEST	-0.12
	38	RHUL EST	-0.13
	39	GALION OUEST	-0.17
	40	GALION EST	-0.02
	41	P.CENT PAILLON	0.09
	42	B-RIVAGE OUEST	0.62
	43	B-RIVAGE EST	0.28
	44	OPERA OUEST	0.17
	45	OPERA EST	0.13
	46	P.PONCHETTES N°65	0.03
	47	P.PONCHETTES N°53	0.09
	48	P.PONCHETTES N°45	0.02
	49	P.PONCHETTES N°37	-0.17
	50	CASTEL OUEST	-0.37
	51	CASTEL EST	-0.53

**Les plages de Nice présentent une tendance à avancer faiblement sur la période 1991-2007.**

### VI.1.1.2 ANALYSE N°2: ETUDE D'APRES LES ORTHOPHOTOS OBTENUES AUPRES DU CG06

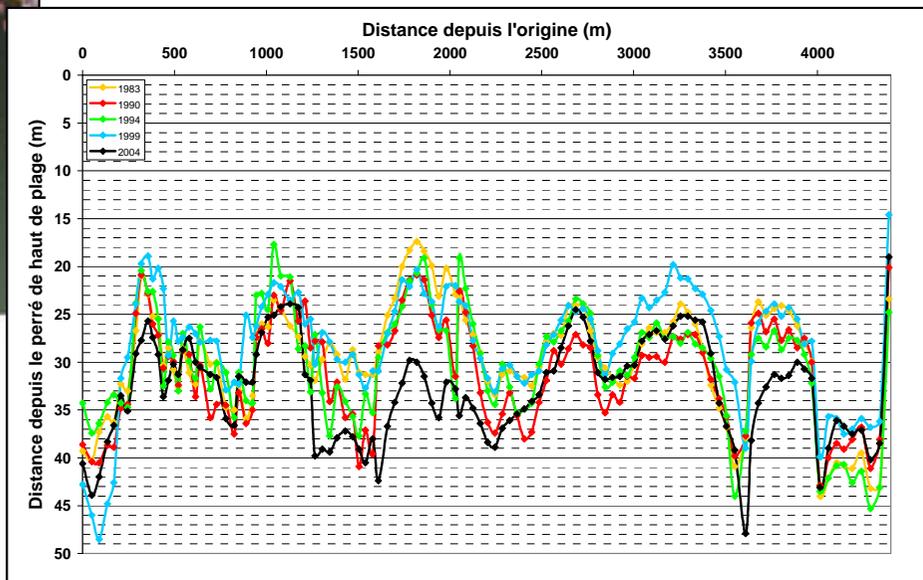
#### a. Evolution du trait de côte entre 1983 et 2004

Nous disposons des orthophotos de 1983, 1990, 1994, 1999 et 2004 obtenues auprès du CG06. Afin de comparer la position des traits de côte, 113 profils perpendiculaires au trait de côte ont été tracés et numérotés d'Ouest en Est.

La figure ci-dessous présente la localisation des 113 profils de plages de la ville de Nice. Ces profils couvrent l'ensemble des plages de la Promenade des Anglais (plus de 5km de littoral), de Carras à l'Ouest à Castel à l'Est.



La figure ci-dessous présente l'évolution de la largeur de la plage pour les 113 profils, de 1983 à 2004.



L'examen de cette figure met en évidence :

- Entre 1983 et 1990, une avancée globale du trait de côte sauf au niveau des profils P30 à P37 et P104 à P113 où la plage a reculé de l'ordre de -2 à -5m.
- Entre 1990 et 1994, un faible recul de la plage, surtout aux profils P1 à P5 (-5m) et P56 à P85 (-3m) et P95 à P113 (-2 à -5m).
- Entre 1994 et 1999, continuité du recul de la plage, très marqué à l'Est de la cellule (P77 à P113, de l'ordre de -3 à -7m) sauf à l'extrémité Ouest (P1 à P5) où la plage a fortement avancé, de l'ordre de +10m.
- Entre 1999 et 2004, très forte avancée du trait de côte sauf pour les P1 à P5 (recul de l'ordre de -2 à -5m). L'avancée de la plage la plus importante a eu lieu au niveau des profils P34 à P71 avec un gain de +7 à +11m.
- **Finalement, entre 1983 et 2004**, deux types d'évolutions sont constatées: une forte avancée du trait de côte des profils P36 à P66 (+5 à +12m) et P94 à P103 (+5 à +8m) et une stabilité du trait de côte ailleurs avec une alternance de zones en recul et en avancée. Toutefois, l'extrémité Est de la cellule au niveau des profils P104 à P113 a fortement reculé sur cette période (-5m)

## b. Calcul de la tendance évolutive du trait de côte

La tendance évolutive a été déterminée à partir des évolutions du trait de côte relevées aux profils sur 21 années d'étude, entre 1983 et 2004.

Pour chaque profil, les distances entre la position du trait de côte en 1983 et les années 1990, 1994, 1999 et 2004 ont ensuite été calculées.

Pour chaque profil, les courbes de tendance ont été déterminées par régression linéaire. Le coefficient directeur de ces droites correspond à la tendance évolutive du trait de côte à chaque profil.

Les résultats obtenus en appliquant cette méthode sont présentés dans le tableau ci-après.

On constate sur la période 1983-2004:

- Une tendance à l'avancée globale du trait de côte.
- Trois zones de forte avancée de la plage:
  - ✓ P1 à P14: de l'ordre de +0.1 à +0.3m/an.
  - ✓ P35 à P70: de l'ordre de +0.15 à +0.6m/an.
  - ✓ P95 à P103: de l'ordre de +0.2 à +0.6m/an.
- Trois zones de faible recul de la plage:
  - ✓ P15 à P34: de l'ordre de 0 à -0.1m/an.
  - ✓ P73 à P94: de l'ordre de 0 à -0.2m/an.
  - ✓ P104 à P113: de l'ordre de 0 à -0.2m/an
- D'une manière générale, les plages de Nice ont avancée légèrement sur la période 1983-2004.

Tendance évolutive:	
	< -0.4 m/an
	Entre -0.4 et -0.2 m/an
	Entre -0.2 et -0.05 m/an
	Entre -0.05 et 0.05 m/an
	Entre 0.05 et 0.2 m/an
	Entre 0.2 et 0.4 m/an
	> 0.4 m/an

ID	Tendance évolutive 1983-2004 (m/an)
Profil 1	0.04
Profil 2	0.16
Profil 3	0.19
Profil 4	0.08
Profil 5	-0.03
Profil 6	0.04
Profil 7	0.09
Profil 8	0.12
Profil 9	0.32
Profil 10	0.14
Profil 11	0.08
Profil 12	0.16
Profil 13	0.17
Profil 14	0.15
Profil 15	-0.03
Profil 16	-0.06
Profil 17	-0.01
Profil 18	-0.16
Profil 19	-0.13
Profil 20	0.09
Profil 21	0.00
Profil 22	0.03
Profil 23	0.04
Profil 24	0.05
Profil 25	-0.06
Profil 26	-0.20
Profil 27	-0.08
Profil 28	0.06
Profil 29	0.02
Profil 30	-0.08
Profil 31	0.05
Profil 32	-0.03
Profil 33	-0.08
Profil 34	-0.12
Profil 35	0.16
Profil 36	0.11
Profil 37	0.41
Profil 38	0.50
Profil 39	0.54
Profil 40	0.41
Profil 41	0.23
Profil 42	0.40
Profil 43	0.31
Profil 44	0.39
Profil 45	0.25
Profil 46	0.67
Profil 47	0.54
Profil 48	0.51
Profil 49	0.58
Profil 50	0.54
Profil 51	0.59
Profil 52	0.61
Profil 53	0.63
Profil 54	0.61
Profil 55	0.48
Profil 56	0.55
Profil 57	0.57

ID	Tendance évolutive 1983-2004 (m/an)
Profil 58	0.34
Profil 59	0.30
Profil 60	0.27
Profil 61	0.25
Profil 62	0.25
Profil 63	0.24
Profil 64	0.21
Profil 65	0.13
Profil 66	0.11
Profil 67	0.07
Profil 68	0.12
Profil 69	0.14
Profil 70	0.16
Profil 71	0.04
Profil 72	0.08
Profil 73	-0.03
Profil 74	0.01
Profil 75	-0.04
Profil 76	0.01
Profil 77	0.04
Profil 78	-0.03
Profil 79	-0.04
Profil 80	-0.08
Profil 81	0.01
Profil 82	-0.04
Profil 83	0.00
Profil 84	-0.05
Profil 85	0.03
Profil 86	0.01
Profil 87	0.05
Profil 88	0.00
Profil 89	-0.04
Profil 90	-0.18
Profil 91	-0.19
Profil 92	-0.05
Profil 93	-0.05
Profil 94	-0.03
Profil 95	0.63
Profil 96	0.61
Profil 97	0.50
Profil 98	0.38
Profil 99	0.31
Profil 100	0.37
Profil 101	0.30
Profil 102	0.18
Profil 103	0.11
Profil 104	-0.05
Profil 105	-0.03
Profil 106	-0.13
Profil 107	-0.19
Profil 108	-0.18
Profil 109	-0.13
Profil 110	-0.07
Profil 111	-0.11
Profil 112	-0.16
Profil 113	-0.17

**Les plages de Nice présentent une tendance à avancer faiblement sur la période 1983-2004.**

### VI.1.1.3 COMPARAISON DES DEUX ANALYSES PASSEES DU TRAIT DE COTE

#### a. Correspondance entre les profils

Deux systèmes de profils différents ont été utilisés pour les deux analyses précédemment décrites.

- Analyse n°1: 50 profils utilisés numérotés de P2 à P51, maillage de l'ordre de 90m.
- Analyse n°2 : 113 profils utilisés numérotés de P1 à P113, maillage de l'ordre de 40m.

Ainsi, l'analyse n°2 est celle qui a le maillage le plus fin et qui permet donc le plus de précision en ce qui concerne la détermination de la localisation des zones en recul et en avancée.

Cependant, la détermination du taux d'avancée ou de recul pour chacun des profils est plus précise pour l'analyse n°1 car les largeurs de plage ont été mesurées par des géomètres alors que pour l'analyse n°2, il y a une marge d'erreur évaluée à +/- 2m à cause de la précision du positionnement du trait de côte sur les orthophotos.

Ainsi, les deux analyses sont utiles car elles apportent chacune une précision supplémentaire.

#### **Correspondance entre les profils:**

- ZONE 1: P2 à P15 de l'analyse n°1 = P1 à P47 de l'analyse n°2
- ZONE 2: P16 à P28 de l'analyse n°1 = P48 à P71 de l'analyse n°2
- ZONE 3: P29 à P41 de l'analyse n°1 = P72 à P94 de l'analyse n°2
- ZONE 4: P42 à P51 de l'analyse n°1 = P95 à P113 de l'analyse n°2

#### b. Comparaison des deux analyses

Pour la ZONE 1: mêmes évolutions avec:

- une faible avancée de la plage de Carras jusqu'à l'épi n°2,
- Une faible érosion de la plage de l'épi n°2 à l'épi n°6,
- De l'épi n°6 à l'épi n°8, une faible avancée de la plage pour l'analyse n°1 et une stabilité de la plage pour l'analyse n°2.
- Avancée du trait de côte de l'épi n°8 à l'épi n°13.

Pour la ZONE 2: mêmes évolutions avec:

- une avancée de la plage de l'épi n°13 à la plage Neptune.

Pour la ZONE 3: mêmes évolutions avec:

- Une stabilité de la plage avec une alternance de zone en recul et en avancée de la plage Neptune jusqu'à l'embouchure du Paillon.

Pour la ZONE 4: mêmes évolutions avec:

- Une avancée de la plage de l'embouchure du Paillon jusqu'à la plage des Ponchettes et un recul du trait de côte de la plage des Ponchettes jusqu'à l'extrémité Est de la cellule.

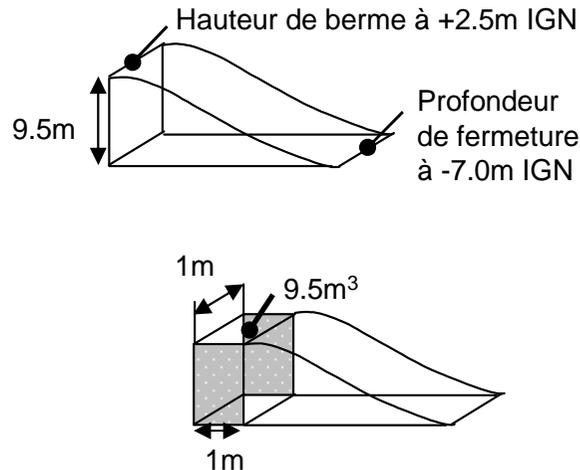
**Les deux évolutions passées du trait de côte présentent les mêmes tendances de résultats. Ainsi, comme l'analyse n°1 apporte des taux d'évolution de plage plus précis, nous allons nous appuyer sur ces résultats pour réaliser le bilan sédimentaire des plages de Nice.**

VI.1.1.4 BILAN SEDIMENTAIRE DE LA PLAGE DE NICE

a. Estimation des volumes d'évolution

La profondeur de fermeture (profondeur à partir de laquelle il n'y a plus d'évolution) et le haut de plage se situent respectivement aux alentours de -7mIGN et +2.5mIGN. Ceci permet de relier l'évolution du trait de côte au volume en jeu sur la base des deux schémas ci-dessous.

Une évolution de 1 mètre sur un linéaire de 1 mètre représente un volume de 9.5m<sup>3</sup>.



Volumes d'évolution sur la période 1991-2007:

Les plages de Nice ont gagné dans l'ensemble +4 400m<sup>3</sup>/an, soit un total de +70 400m<sup>3</sup> sur la période.

- **Plages à l'Ouest de la cellule – au niveau des épis transversaux:** + 2 100m<sup>3</sup>/an, total de +33 600m<sup>3</sup>.
- **Plages du Vallon Magnan à l'embouchure du Paillon:** +1 780m<sup>3</sup>/an, total de +28 500m<sup>3</sup>.
- **Plages de l'embouchure du Paillon à l'extrémité Est de la cellule:** +520m<sup>3</sup>/an, total de +8 300m<sup>3</sup>.

	N° Profil	Distance depuis l'origine (m)	Distance d'application (m)	1991 - 2007		Evolution (m <sup>3</sup> /an)
				Tendance évolutive (m/an)	Evolution par profil (m <sup>3</sup> /an)	
P.OUEST CARRAS	2	0.0	50.0	0.25	116.4	2104.8
P.EST CARRAS	3	100.0	100.0	0.55	519.7	
P. CARRAS N°267	4	200.0	100.0	0.00	2.9	
PAUBRYLECOMTE N°25	5	300.0	100.0	0.03	26.6	
REGENCE OUEST	6	400.0	100.0	-0.13	-125.4	
REGENCE EST	7	500.0	100.0	-0.18	-169.1	
P.ST HELENE N°217	8	600.0	100.0	-0.06	-56.1	
MIAMI OUEST	9	700.0	100.0	0.17	162.5	
MIAMI EST	10	800.0	100.0	0.27	259.4	
P.FABRON N°183	11	900.0	100.0	0.19	184.3	
BAMBOU OUEST	12	1000.0	100.0	0.42	402.8	
BAMBOU EST	13	1100.0	100.0	0.52	497.8	
P.LENVAL N°133	14	1200.0	100.0	0.02	17.1	
P.MAGNAN PS	15	1300.0	100.0	0.27	251.8	
P.MAGNAN N° 99	16	1400.0	100.0	0.02	14.3	
P.POINCARE N°93	17	1500.0	100.0	0.16	147.3	
P.POINCARE N°89	18	1600.0	100.0	0.47	442.7	
P.POINCARE N°81	19	1700.0	100.0	0.38	356.3	
FLORIDA OUEST	20	1800.0	100.0	0.27	259.4	
FLORIDA EST	21	1900.0	100.0	0.20	192.9	
P.VOILIER N°61	22	2000.0	100.0	0.18	171.7	
VOILIER OUEST	23	2100.0	100.0	0.09	88.4	
VOILIER EST	24	2200.0	100.0	-0.03	-24.7	
P.FORUM N°53	25	2300.0	100.0	-0.04	-40.9	
FORUM OUEST	26	2400.0	100.0	0.07	67.5	
FORUM EST	27	2500.0	100.0	0.08	73.2	
P.NEPTUNE N°43	28	2600.0	100.0	0.01	6.7	
NEPTUNE OUEST	29	2700.0	100.0	-0.08	-79.8	
NEPTUNE EST	30	2800.0	100.0	0.11	102.6	
B-BEACH OUEST	31	2900.0	100.0	0.03	24.9	
B-BEACH EST	32	3000.0	100.0	-0.02	-18.1	
SPORTING OUEST	33	3100.0	100.0	0.09	82.7	
SPORTING EST	34	3200.0	100.0	0.11	105.5	
LIDO OUEST	35	3300.0	100.0	0.08	77.9	
LIDO EST	36	3400.0	100.0	0.08	75.1	
RHUL OUEST	37	3500.0	100.0	-0.12	-111.2	
RHUL EST	38	3600.0	100.0	-0.13	-124.5	
GALION OUEST	39	3700.0	100.0	-0.17	-159.6	
GALION EST	40	3800.0	100.0	-0.02	-14.3	
P.CENT PAILLON	41	3900.0	100.0	0.09	81.7	
B-RIVAGE OUEST	42	4000.0	100.0	0.62	589.0	
B-RIVAGE EST	43	4100.0	100.0	0.28	268.9	
OPERA OUEST	44	4200.0	100.0	0.17	157.6	
OPERA EST	45	4300.0	100.0	0.13	127.3	
P.PONCHETTES N°65	46	4400.0	100.0	0.03	27.6	
P.PONCHETTES N°53	47	4500.0	100.0	0.09	85.5	
P.PONCHETTES N°45	48	4600.0	100.0	0.02	20.9	
P.PONCHETTES N°37	49	4700.0	100.0	-0.17	-159.6	
CASTEL OUEST	50	4800.0	100.0	-0.37	-351.5	
CASTEL EST	51	4900.0	50.0	-0.53	-251.8	
						4401.8
						1783.2
						513.9

Le tableau ci-contre présente les volumes d'évolution de 1991-2007

**b. Estimation des apports**

La commune indique qu'il y a eu de nombreux apports de matériaux réalisés sur les plages depuis 1976, ces apports sont encore réalisés régulièrement aujourd'hui. La localisation de ces apports est présentée en **Annexe 6 – Figure 25**.

Sur la période 1976 à 2001, 520 000m<sup>3</sup> ont été apportés sur la plage de Nice, soit une **moyenne de 20 000m<sup>3</sup>/an** sur cette période.

Les apports réalisés sur chacun des profils le long de la plage (cf. diagrammes en **Annexe – Figure 25**) doivent être en réalité moyennés par zones de rechargements. En effet, les valeurs présentées par profils représentent les zones où les matériaux ont été déposés. Ensuite ces matériaux ont été régalés sur la plage afin d'équilibrer ces rechargements le long de la plage.

Le régalage effectué limite donc la précision des zones rechargées.

**Classement des zones les plus rechargées (valeurs issues du tableau ci-contre) :**

1. Plages allant du Lido au Paillon = + 4 860m<sup>3</sup>/an
2. Plages à l'Est du Paillon = + 4 100m<sup>3</sup>/an
3. Plages allant de Neptune à Sporting = + 2 580m<sup>3</sup>/an
4. Plages allant de Carras à Sainte-Hélène = + 2 110m<sup>3</sup>/an
5. Plages allant de Miami à Lenval = + 2 090m<sup>3</sup>/an
6. Plages allant de Magnan à Poincaré = + 1 880m<sup>3</sup>/an
7. Plages allant de Florida à Forum = + 1 250m<sup>3</sup>/an.

Noms des profils	N° Profil	Apports de 1977 à 1994		Apports de 1986 à 1999		Moyenne des apports sur la période 1977-1999	
		(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /an)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /an)	(m <sup>3</sup> /an)	(m <sup>3</sup> /an)
P.OUEST CARRAS	2	400	23.5	4000	307.7	165.6	2114.7
P.EST CARRAS	3	400	23.5	4000	307.7	165.6	
P. CARRAS N°267	4	600	35.3	4000	307.7	171.5	
P.AUBRY LECOMTE N°225	5	6000	352.9	5000	384.6	368.8	
REGENCE OUEST	6	13000	764.7	0	0.0	382.4	
REGENCE EST	7	14000	823.5	0	0.0	411.8	
P.ST HELENE N°217	8	12000	705.9	2500	192.3	449.1	
MIAMI OUEST	9	4000	235.3	1000	76.9	156.1	
MIAMI EST	10	2000	117.6	1000	76.9	97.3	
P.FABRON N°183	11	5000	294.1	0	0.0	147.1	
BAMBOU OUEST	12	8000	470.6	1000	76.9	273.8	
BAMBOU EST	13	9000	529.4	1000	76.9	303.2	
P.LENVAL N°133	14	9000	529.4	22000	1692.3	1110.9	
P.MAGNAN PS	15	6000	352.9	0	0.0	176.5	
P.MAGNAN N° 99	16	8000	470.6	0	0.0	235.3	
P.POINCARE N°93	17	8500	500.0	7000	538.5	519.2	
P.POINCARE N°89	18	8500	500.0	7000	538.5	519.2	
P.POINCARE N°81	19	5500	323.5	7000	538.5	431.0	
FLORIDA OUEST	20	600	35.3	3000	230.8	133.0	
FLORIDA EST	21	400	23.5	3000	230.8	127.1	
P.VOILIER N°61	22	200	11.8	0	0.0	5.9	
VOILIER OUEST	23	200	11.8	0	0.0	5.9	
VOILIER EST	24	200	11.8	0	0.0	5.9	
P.FORUM N°53	25	400	23.5	6000	461.5	242.5	
FORUM OUEST	26	1000	58.8	6000	461.5	260.2	
FORUM EST	27	8000	470.6	6000	461.5	466.1	
P.NEPTUNE N°43	28	13000	764.7	4000	307.7	536.2	
NEPTUNE OUEST	29	13000	764.7	4000	307.7	536.2	
NEPTUNE EST	30	8500	500.0	4000	307.7	403.8	
B-BEACH OUEST	31	5000	294.1	2500	192.3	243.2	
B-BEACH EST	32	7000	411.8	2500	192.3	302.0	
SPORTING OUEST	33	7000	411.8	0	0.0	205.9	
SPORTING EST	34	12000	705.9	0	0.0	352.9	
LIDO OUEST	35	13500	794.1	13000	1000.0	897.1	
LIDO EST	36	13500	794.1	13000	1000.0	897.1	
RHUL OUEST	37	9000	529.4	0	0.0	264.7	
RHUL EST	38	3500	205.9	0	0.0	102.9	
GALION OUEST	39	3500	205.9	500	38.5	122.2	
GALION EST	40	6000	352.9	500	38.5	195.7	
P.CENT PAILLON	41	9000	529.4	55000	4230.8	2380.1	
B-RIVAGE OUEST	42	9000	529.4	8000	615.4	572.4	
B-RIVAGE EST	43	11000	647.1	8000	615.4	631.2	
OPERA OUEST	44	6000	352.9	8000	615.4	484.2	
OPERA EST	45	6000	352.9	8000	615.4	484.2	
P.PONCHETTES N°65	46	2000	117.6	0	0.0	58.8	
P.PONCHETTES N°53	47	1000	58.8	0	0.0	29.4	
P.PONCHETTES N°45	48	1000	58.8	0	0.0	29.4	
P.PONCHETTES N°37	49	7000	411.8	0	0.0	205.9	
CASTEL OUEST	50	11000	647.1	12500	961.5	804.3	
CASTEL EST	51	11000	647.1	12500	961.5	804.3	
		<b>319400</b>	<b>18788.2</b>	<b>246500</b>	<b>18961.5</b>	<b>18874.9</b>	<b>18874.9</b>

**c. Bilan sédimentaire**

Le bilan sédimentaire représente la différence entre les volumes d'évolution d'une plage et les apports en matériaux réalisés sur cette même plage. Il permet de savoir quels sont les profils en érosion et ceux en accrétion.

**Exemple:** une plage qui a un volume d'évolution de + 50 m<sup>3</sup>/an mais qui reçoit chaque année 100m<sup>3</sup> de matériaux présente en fait un bilan sédimentaire négatif avec une perte de matériaux de 50m<sup>3</sup>/an.

N° Profil	Distance depuis l'origine (m)	Distance d'application (m)	1991 - 2007		Evolution (m <sup>3</sup> /an)	Apports de 1977 à 1999 (m <sup>3</sup> /an)	Bilan sédimentaire (m <sup>3</sup> /an)
			Tendance évolutive (m/an)	Evolution par profil (m <sup>3</sup> /an)			
P.OUEST CARRAS	2	0.0	50.0	0.25	116.4	165.6	-49.2
P.EST CARRAS	3	100.0	100.0	0.55	519.7	165.6	354.0
P. CARRAS N°267	4	200.0	100.0	0.00	2.9	171.5	-168.5
P.AUBRY LECOMTE N°225	5	300.0	100.0	0.03	26.6	368.8	-342.2
REGENCE OUEST	6	400.0	100.0	-0.13	-125.4	382.4	-507.8
REGENCE EST	7	500.0	100.0	-0.18	-169.1	411.8	-580.9
P.ST HELENE N°217	8	600.0	100.0	-0.06	-56.1	449.1	-505.1
MIAMI OUEST	9	700.0	100.0	0.17	162.5	156.1	6.3
MIAMI EST	10	800.0	100.0	0.27	259.4	97.3	162.1
P.FABRON N°183	11	900.0	100.0	0.19	184.3	147.1	37.2
BAMBOU OUEST	12	1000.0	100.0	0.42	402.8	273.8	129.0
BAMBOU EST	13	1100.0	100.0	0.52	497.8	303.2	194.6
P.LENVAL N°133	14	1200.0	100.0	0.02	17.1	1110.9	-1093.8
P.MAGNAN PS	15	1300.0	100.0	0.27	251.8	176.5	75.3
P.MAGNAN N° 99	16	1400.0	100.0	0.02	14.3	235.3	-221.0
P.POINCARÉ N°93	17	1500.0	100.0	0.16	147.3	519.2	-372.0
P.POINCARÉ N°89	18	1600.0	100.0	0.47	442.7	519.2	-76.5
P.POINCARÉ N°81	19	1700.0	100.0	0.38	356.3	431.0	-74.7
FLORIDA OUEST	20	1800.0	100.0	0.27	259.4	133.0	126.3
FLORIDA EST	21	1900.0	100.0	0.20	192.9	127.1	65.7
P.VOILLER N°61	22	2000.0	100.0	0.18	171.7	5.9	165.8
VOILLER OUEST	23	2100.0	100.0	0.09	88.4	5.9	82.5
VOILLER EST	24	2200.0	100.0	-0.03	-24.7	5.9	-30.6
P.FORUM N°53	25	2300.0	100.0	-0.04	-40.9	242.5	-283.4
FORUM OUEST	26	2400.0	100.0	0.07	67.5	260.2	-192.7
FORUM EST	27	2500.0	100.0	0.08	73.2	466.1	-392.9
P.NEPTUNE N°43	28	2600.0	100.0	0.01	6.7	536.2	-529.5
NEPTUNE OUEST	29	2700.0	100.0	-0.08	-79.8	536.2	-616.0
NEPTUNE EST	30	2800.0	100.0	0.11	102.6	403.8	-301.2
B-BEACH OUEST	31	2900.0	100.0	0.03	24.9	243.2	-218.3
B-BEACH EST	32	3000.0	100.0	-0.02	-18.1	302.0	-320.1
SPORTING OUEST	33	3100.0	100.0	0.09	82.7	205.9	-123.2
SPORTING EST	34	3200.0	100.0	0.11	105.5	352.9	-247.5
LIDO OUEST	35	3300.0	100.0	0.08	77.9	897.1	-819.2
LIDO EST	36	3400.0	100.0	0.08	75.1	897.1	-822.0
RHUL OUEST	37	3500.0	100.0	-0.12	-111.2	264.7	-375.9
RHUL EST	38	3600.0	100.0	-0.13	-124.5	102.9	-227.4
GALION OUEST	39	3700.0	100.0	-0.17	-159.6	122.2	-281.8
GALION EST	40	3800.0	100.0	-0.02	-14.3	195.7	-210.0
P.CENT PAILLON	41	3900.0	100.0	0.09	81.7	2380.1	-2298.4
B-RIVAGE OUEST	42	4000.0	100.0	0.62	589.0	572.4	16.6
B-RIVAGE EST	43	4100.0	100.0	0.28	268.9	631.2	-362.4
OPERA OUEST	44	4200.0	100.0	0.17	157.6	484.2	-326.6
OPERA EST	45	4300.0	100.0	0.13	127.3	484.2	-356.9
P.PONCHETTES N°65	46	4400.0	100.0	0.03	27.6	58.8	-31.3
P.PONCHETTES N°53	47	4500.0	100.0	0.09	85.5	29.4	56.1
P.PONCHETTES N°45	48	4600.0	100.0	0.02	20.9	29.4	-8.5
P.PONCHETTES N°37	49	4700.0	100.0	-0.17	-159.6	205.9	-365.5
CASTEL OUEST	50	4800.0	100.0	-0.37	-351.5	804.3	-1155.8
CASTEL EST	51	4900.0	50.0	-0.53	-251.8	804.3	-1056.0
						18874.9	-14473.1

L'analyse du bilan sédimentaire nous montre qu'une grande partie de la plage de Nice présente un bilan sédimentaire négatif (cf. Annexe 6 – Figure 26).

Classement des zones les plus érodées :

1. Plages du Lido au Paillon = - 5030m<sup>3</sup>/an
2. Plages à l'Est du Paillon = - 3 600m<sup>3</sup>/an
3. Plages de Neptune à Sporting = - 2 360m<sup>3</sup>/an
4. Plages de Carras à Sainte-Hélène = - 1 800m<sup>3</sup>/an.

On constate que la zone inter-épis allant de Miami à Forum est la zone où l'érosion est la plus faible avec une perte globale de l'ordre de 1 700m<sup>3</sup>/an. Ce sont les épis qui permettent de limiter l'érosion de la plage.

**La plage de Nice perd chaque année de l'ordre de 14 500m<sup>3</sup>, soit 3.2m<sup>3</sup>/ml/an.** Ainsi, les rechargements effectués annuellement de l'ordre de 20 000m<sup>3</sup> permettent de faire avancer légèrement la plage.

Pour continuer à conserver la plage dans un état stable, il est nécessaire d'effectuer des rechargements de l'ordre de 15 000m<sup>3</sup>/an, en étalant les rechargements suivant les zones en érosion (cf. tableau ci-contre avec le bilan sédimentaire).

**A titre indicatif :** Le potentiel de la cellule est de 1 280 000m<sup>3</sup> de matériaux. Au rythme érosif actuel de -14 500m<sup>3</sup>/an et sans apports artificiels, la plage disparaîtrait dans 90 ans.

## VI.1.2 TENDANCES DE L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE (10ans)

### a. Méthodologie

Pour évaluer les évolutions futures du littoral à moyen terme (10 ans), deux approches ont été mises en œuvre :

- la *méthode historique* dans laquelle les tendances évolutives prévisibles sont définies par extrapolation des évolutions passées et compte tenu du comportement hydrosédimentaire du littoral identifié lors de la phase d'analyse (cf VI.1.1).
- La *modélisation numérique* consistant à :
  - construire un modèle d'évolution du trait de côte,
  - le caler sur la base des évolutions passées,
  - puis de réaliser le calcul de l'évolution du littoral sur le moyen terme dans la continuité des évolutions observées.

La comparaison des deux approches permet ensuite de définir un scénario « au fil de l'eau », à savoir les tendances évolutives prévisibles en l'état actuel des ouvrages du littoral et sans aménagement complémentaire.

Les deux approches sont basées sur les hypothèses suivantes :

- maintien et entretien des ouvrages de protection actuels,
- poursuite des opérations de transferts de sables sur les plages sur la base des mêmes volumes annuels moyens que sur la période passée.

### b. Tendances évolutives prévisibles sur la base des extrapolations passées (approche historique)

Le tableau suivant présente les taux d'évolution annuels moyens prévisibles qui ont été estimés secteur par secteur par extrapolation des évolutions passées.

Les estimations présentées ci-contre sont basées sur l'analyse des évolutions sur la période 1994-2004. Ainsi, elles prennent en compte les rechargements qui ont été effectués sur les plages.

Au niveau des plages de Nice, les deux évolutions suivantes sont envisageables :

- soit, le maintien du trait de côte à sa position actuelle dans la mesure où les opérations de rechargements et l'entretien des épis sont effectués régulièrement,
- soit, une tendance érosive conduisant au recul du littoral dans les zones inter-épis du fait du déficit des apports naturels si les rechargements continus à ne pas être effectués régulièrement et si les ouvrages maritimes ne sont pas entretenus.

La modélisation numérique devrait apporter des éléments pour définir la tendance évolutive la plus vraisemblable.

Tendances évolutives prévisibles le long du littoral à moyen terme (10 ans) par secteur – Approche par extrapolation des évolutions passées (méthode historique)

N° Secteur	Dénomination du secteur	Evolution annuelle prévisible du trait de côte sur une période de 10 ans	
		(en m)	(en m/an)
1	De l'extrême Est à l'embouchure du Paillon	+1.30	+0.13
2	De l'embouchure du Paillon à l'épi n°2 (Vallon Poincaré)	+0.70	+0.07
3	De l'épi n°2 (Vallon Poincaré) à l'épi n°3 (Plage Magnan)	+5.0	+0.50
4	De l'épi n°3 (Plage Magnan) à l'extrême Ouest (Port Carras)	+1.10	+0.11

**c. Modélisation numérique de l'évolution du trait de côte**

La cellule sédimentaire n°14 est une longue plage qui peut être modélisée par le modèle GENESIS. Par contre, ce n'est pas une pocket beach, et la forme de la plage n'est pas influencée par un phénomène diffractif proche de la côte sauf au niveau de l'extrémité Est de la cellule. Ainsi, seule cette zone allant de l'embouchure du Paillon à l'extrémité Est peut être modélisée avec SMC.

➤ **Présentation du logiciel GENESIS**

Le modèle de l'évolution du trait de côte le long du littoral de la promenade des Anglais est construit à l'aide du code de calcul GENESIS (GENeralized model for SImulating Shoreline change) développé par l'université de Lund en Suède.

Pour simuler l'évolution du littoral, le logiciel tient compte des modifications spatio-temporelles du transport solide parallèle au rivage et des structures littorales (épis, brise-lames, perrés longitudinaux) qui sont mises en place.

Ce modèle est unidimensionnel : seul le trait de côte est utilisé pour représenter l'évolution de la plage. L'hypothèse de base est que, sur le long terme, le profil se déplace par translation sans modification de sa forme selon les processus d'érosion ou d'engraissement. Ainsi, l'évolution du trait de côte est calculée en fonction :

- de la distribution du transport solide le long du littoral dépendante des variations des conditions de houle (hauteur, période, direction),
- des apports de matériaux éventuels, soit naturels (par les cours d'eau) soit artificiels (rechargements, extractions),
- de la présence d'ouvrages côtiers constituant des obstacles au transport sédimentaire (épis, fronts de mer, brise-lames,...).

La présentation du logiciel est présentée en **Annexe 1 – Figure 109**.



**Découpage du littoral en 210 Cellules de 20 m**

Le modèle (cf. figure ci-contre) a été orienté dans un repère orthonormé. L'axe horizontal est orienté de manière la plus parallèle possible au trait de côte, c'est-à-dire avec un angle d'inclinaison de 26° par rapport à l'axe Ouest-Est (origine à l'Est). L'axe vertical est orienté avec un angle de 26° par rapport à l'axe Nord-Sud.

Dans ce repère, le trait de côte de « 1994 » a été considéré comme trait de côte initial pour les tests de calage du modèle.

Il est discrétisé par 210 cellules de 20 m. Le tableau ci-après donne les positions des zones caractéristiques du littoral.

N° Secteur	Dénomination du secteur	Numéros de cellules	Distances à l'origine (m)
1	De l'extrême Est à l'embouchure du Paillon	1-37	0 à 740
2	De l'embouchure du Paillon au Vallon Poincaré	38-112	760 à 2 240
3	Du Vallon Poincaré à l'épi n°1 (Plage Magnan)	113-134	2 260 à 2 680
4	De l'épi n°1 (Plage Magnan) à l'extrême Ouest (Port Carras)	135-210	2 700 à 4 200

L'ensemble des ouvrages existants le long de littoral de l'étude sont schématisés dans le modèle.

### ➤ Calage du modèle

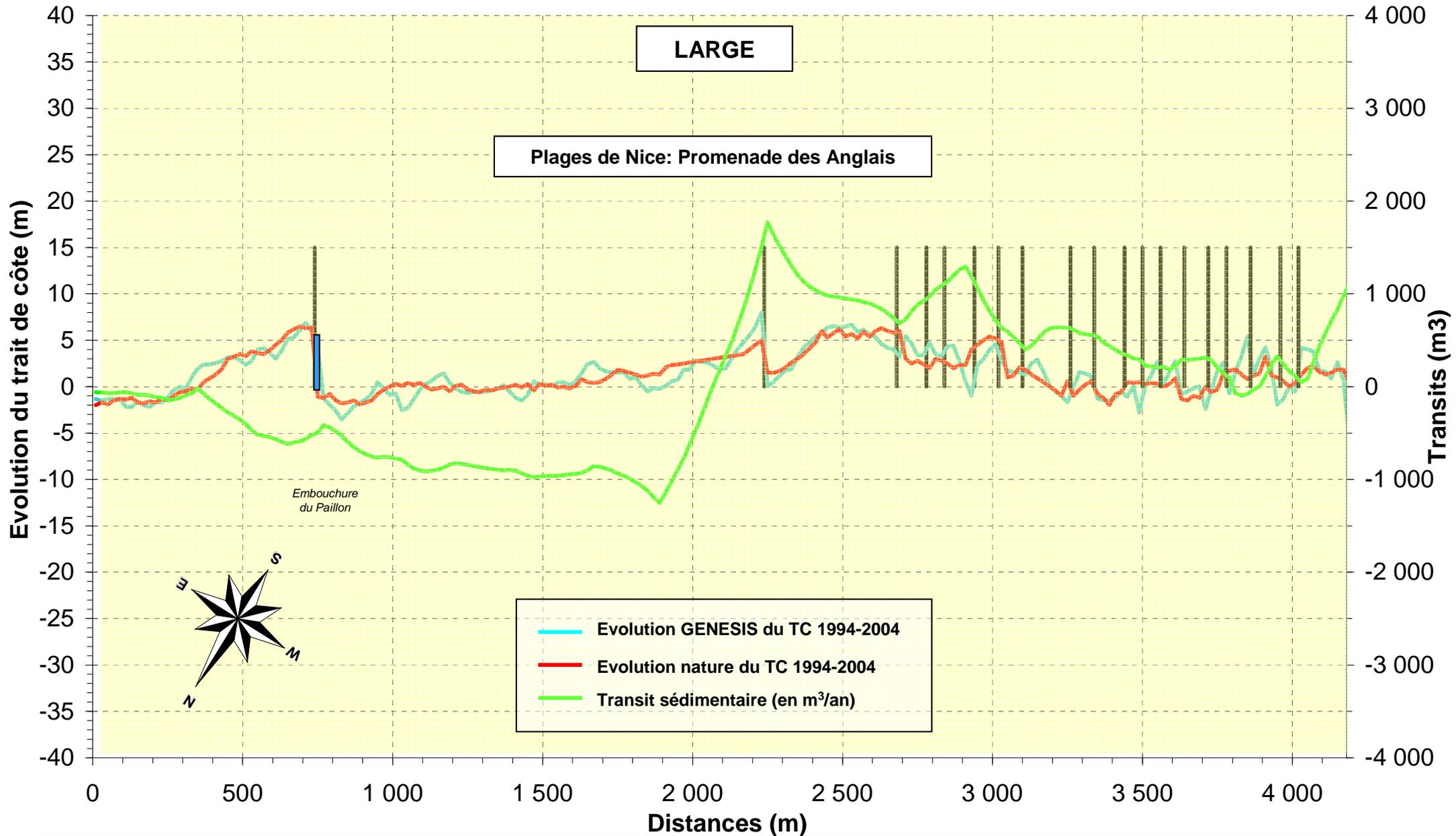
Une fois le modèle « construit » (mise au point des hypothèses de départ, définition des différentes positions du trait de côte, introduction de la bathymétrie des fonds, définition d'un régime schématisé de l'agitation), il a été procédé au calage du modèle.

Le calage a consisté à chercher à reproduire sur la période considérée de 1994-2004, des évolutions moyennes représentatives de celles observées en nature sur la même période. Le trait de côte initial modélisé a été schématisé à partir du trait de côte relevé sur la photographie aérienne de 1994.

N° Secteur	Dénomination du secteur	Evolution naturelle annuelle sur la période 1994-2004		Evolution annuelle sur la période 1994-2004 modélisée par GENESIS		Différence	
		M	m/an	m	m/an	m	m/an
1	De l'extrême Est à l'embouchure du Paillon	+1.3	+0.13	+1.4	+0.14	+0.1	+0.01
2	De l'embouchure du Paillon au Vallon Poincaré	+0.7	+0.07	+0.6	+0.06	-0.1	-0.01
3	Du Vallon Poincaré à l'épi n°1 (Plage Magnan)	+4.5	+0.45	+4.4	+0.44	-0.1	-0.01
4	De l'épi n°1 (Plage Magnan) à l'extrême Ouest (Port Carras)	+1.2	+0.12	+1.4	+0.14	+0.2	+0.02
<b>Tout le littoral</b>		<b>+1.4</b>	<b>+0.14</b>	<b>+1.4</b>	<b>+0.14</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Sur la figure page suivante est présenté le résultat du calage avec la représentation le long du linéaire de l'étude de l'évolution du trait de côte en terme d'avancée/recul sur la période 1994-2004.

Modèle 3 CANCA - CALAGE EVOLUTION janvier 1994 - janvier 2004



### ➤ Tendance évolutive prévisible du trait de côte sur la période 2004-2018

Sur la base des choix arrêtés à l'issue du calage du modèle, l'évolution du trait de côte a été modélisée sur la période 2004-2018.

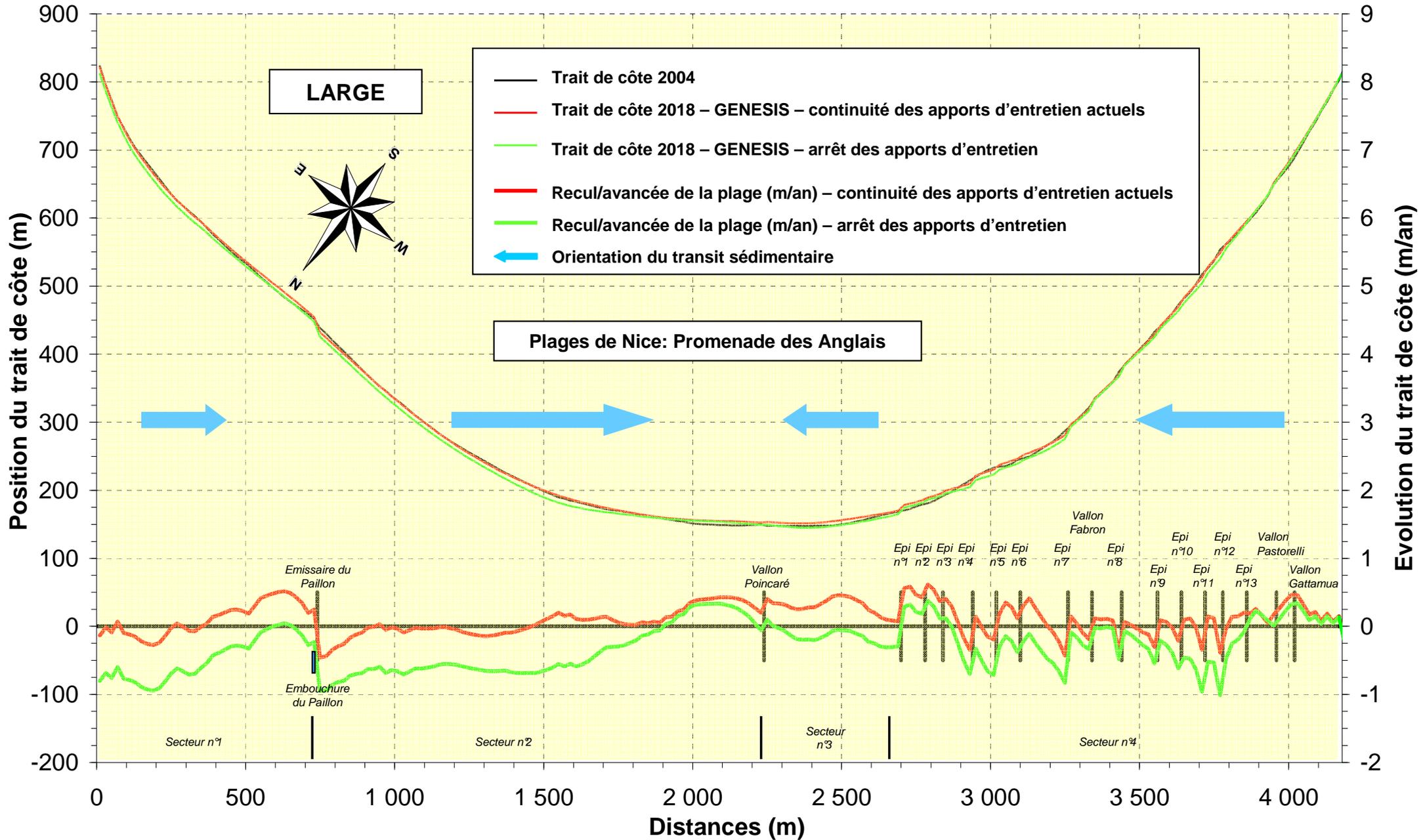
Deux configurations ont été étudiées:

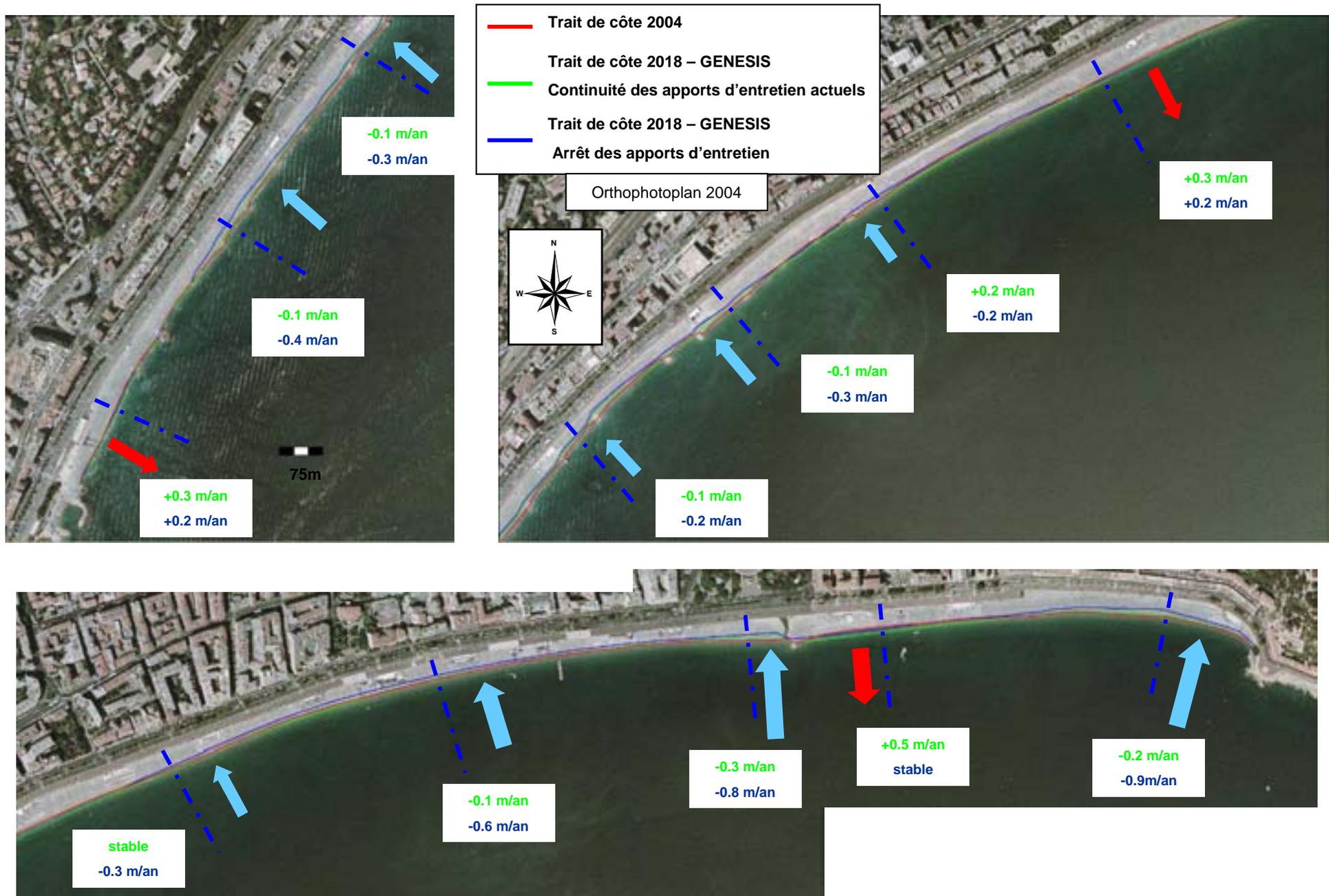
- Projection de la situation actuelle: on considère que les rechargements et l'entretien régulier des ouvrages maritimes réalisés sur la période 1994-2004 vont se poursuivre sur la période 2004-2018.
- Projection de la situation actuelle mais sans les apports réguliers de matériaux: cette configuration va permettre de montrer l'efficacité des apports de matériaux dans l'entretien du trait de côte.

N° Secteur	Dénomination du secteur	Extrapolation de l'évolution du trait de côte à partir de l'analyse historique		Evolution modélisée – Rechargements et entretien identiques au dispositif actuel		Evolution modélisée – Arrêt des apports d'entretien	
		m	m/an	M	m/an	m	m/an
1	De l'extrême Est à l'embouchure du Paillon	+1.80	+0.13	+1.55	+0.11	-4.70	-0.47
2	De l'embouchure du Paillon au Vallon Poincaré	+1.00	+0.07	+0.70	+0.05	-3.90	-0.39
3	Du Vallon Poincaré à l'épi n°1 (Plage Magnan)	+7.00	+0.50	+4.35	+0.31	-1.40	-0.14
4	De l'épi n°1 (Plage Magnan) à l'extrême Ouest (Port Carras)	+1.55	+0.11	+1.55	+0.11	-1.90	-0.19
Tout le littoral		<b>+1.95</b>	<b>+0.14</b>	<b>+1.55</b>	<b>+0.11</b>	<b>-3.10</b>	<b>-0.31</b>

Sur la figure page suivante sont présentés les résultats des deux cas de calculs avec la représentation le long du linéaire de l'étude de l'évolution du trait de côte en terme d'avancée/recul en m/an et de l'évolution de la position du trait de côte sur la période 1994-2004 .

Modèle 3 CANCA - EVOLUTION janvier 2004 - janvier 2018





L'analyse de la modélisation par GENESIS de l'évolution du trait de côte nous a permis de dégager les points de synthèse suivants:

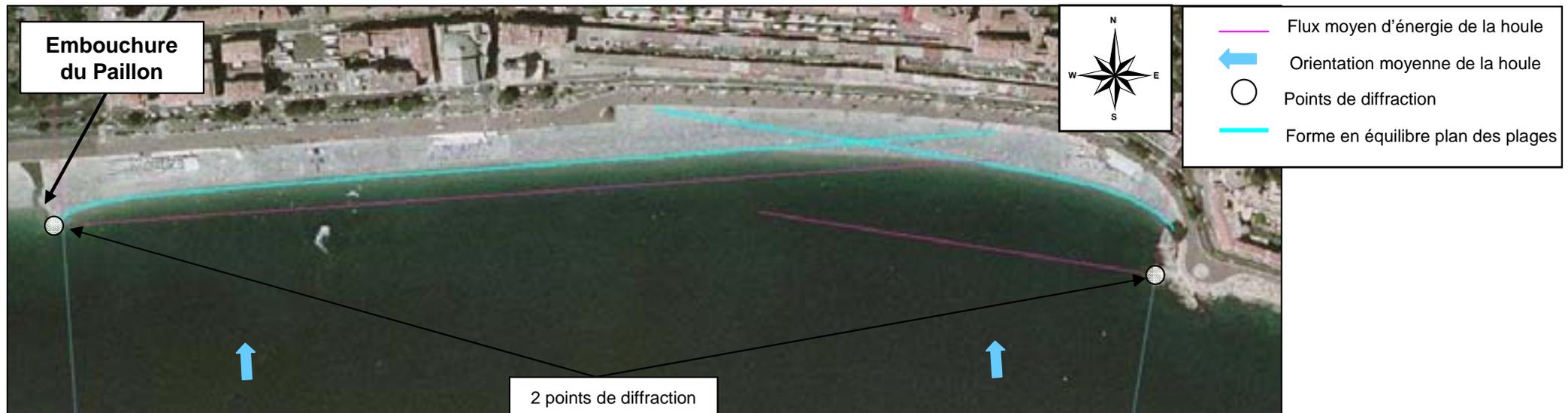
- Les plages de Nice présentent une tendance érosive. Le processus d'érosion se produit essentiellement par des mouvements dans le profil, les galets étant entraînés dans les fonds marins. Les évolutions montrent que la dérive sédimentaire parallèle à la plage peut être dans les deux sens Ouest-Est et Est-Ouest. Cependant, la dérive préférentielle est orientée Ouest-Est à l'Ouest et Est-Ouest à l'Est. Les épis jouent un rôle négligeable sur la protection de la plage. Ils freinent les dérives sédimentaires et évitent des transferts trop importants vers l'Ouest ou vers l'Est, ce qui facilite l'entretien de la plage en évitant la reprise des galets sur des distances importantes.
- Les rechargements d'entretien effectués régulièrement par la commune de Nice (de l'ordre de 20 000m<sup>3</sup> de galets apportés par an) permettent de limiter le recul du trait de côte. Cependant, sur certaines plages, ces apports sont insuffisants pour conserver le trait de côte stable:
  - ✓ Plages de Castel et des Ponchettes.
  - ✓ De la plage Neptune à la plage du Centenaire.
  - ✓ De la plage Sainte-Hélène à la plage Lenval.
- La modélisation des évolutions futures dans le cas où les apports de galets sont arrêtés montre que les plages reculent fortement avec un recul moyen de l'ordre de -0.3m/an pour l'ensemble du linéaire côtier. Sur la période 2004-2018, cela représente un recul conséquent de l'ordre de -4m.
- Le tableau ci-contre présente les apports réalisés actuellement par plage et les apports que nous préconisons suite aux modélisations.

Plages	Apports actuels moyens en m <sup>3</sup> /an	Apports envisageables en m <sup>3</sup> /an
Carras	80	20
Aubry Lecomte	350	350
Regence	1 560	1 560
Sainte-Hélène	700	800
Miami	350	500
Fabron	300	400
Bambou	1 000	1 200
Lenval	530	600
Magnan	820	600
Poincaré	1 320	1 000
Florida	60	20
Voilier	35	20
Forum	550	550
Neptune	2 000	2 200
Blue Beach	700	900
Sporting	1 120	1 300
Lido	1 600	1 800
Rhul	730	900
Galion	560	800
Centenaire	530	800
Beau Rivage	1 180	500
Opéra	700	600
Ponchettes	650	1 000
Castel	1 300	1 500
<b>Total</b>	<b>18 745</b>	<b>19 920</b>

➤ **Evaluation de la forme à l'équilibre en plan de la plage (SMC)**

Le Système de Modélisation Côtière (SMC) présenté dans le *fascicule général n°1 au VI.2.2*, permet de déterminer la configuration d'équilibre en plan d'une plage abritée par un cap ou une structure artificielle.

**Forme à l'équilibre de la plage**



**Analyse:**

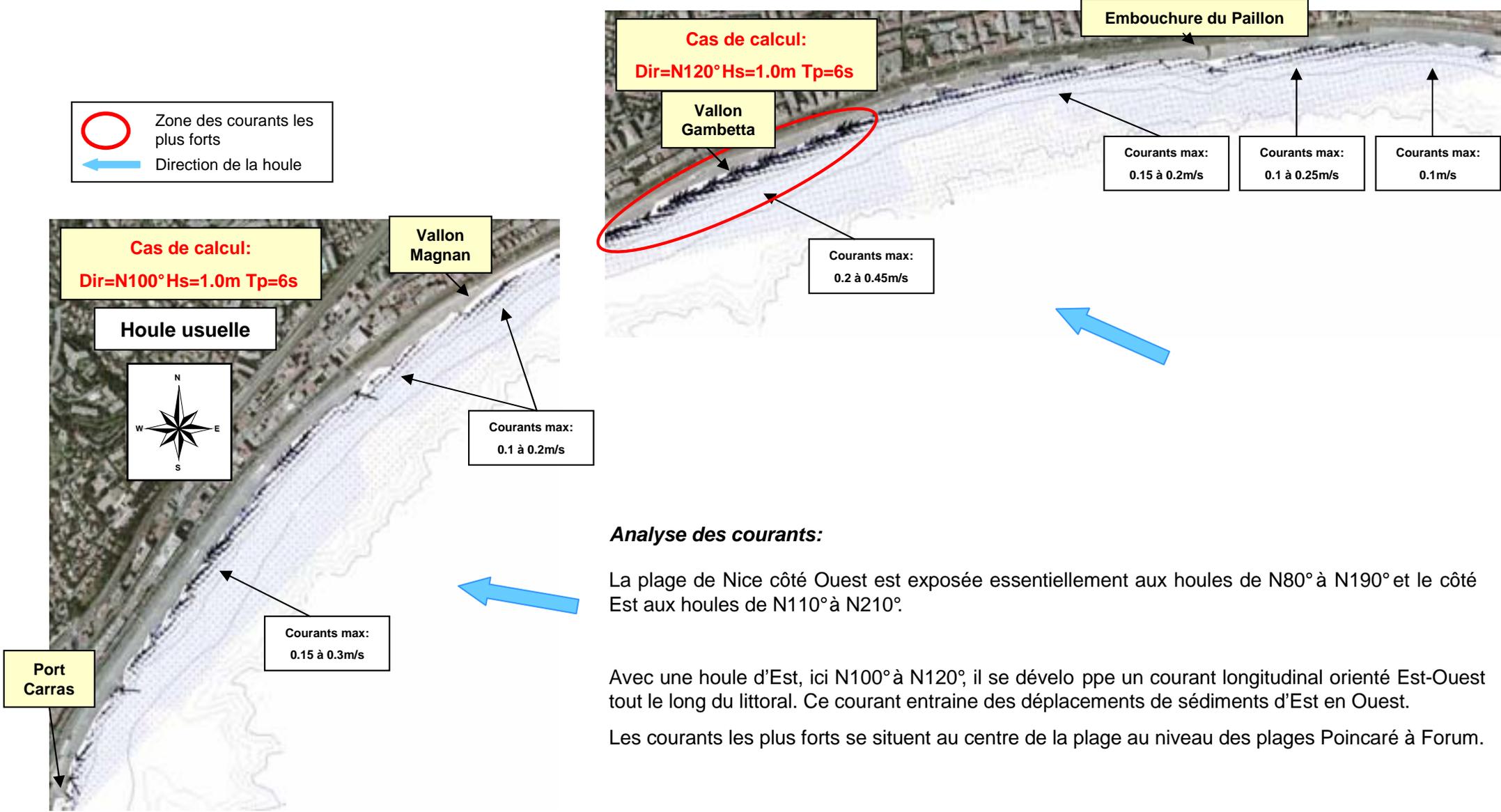
Cette plage est dans son ensemble actuellement dans sa forme en équilibre plan. Seule la plage des Ponchettes n'est pas à l'équilibre, en effet, la tendance est au recul du trait de côte sur cette portion de plage qui se situe à la limite entre la zone soumise à la diffraction (Est) et la zone non soumise à la diffraction (Ouest).

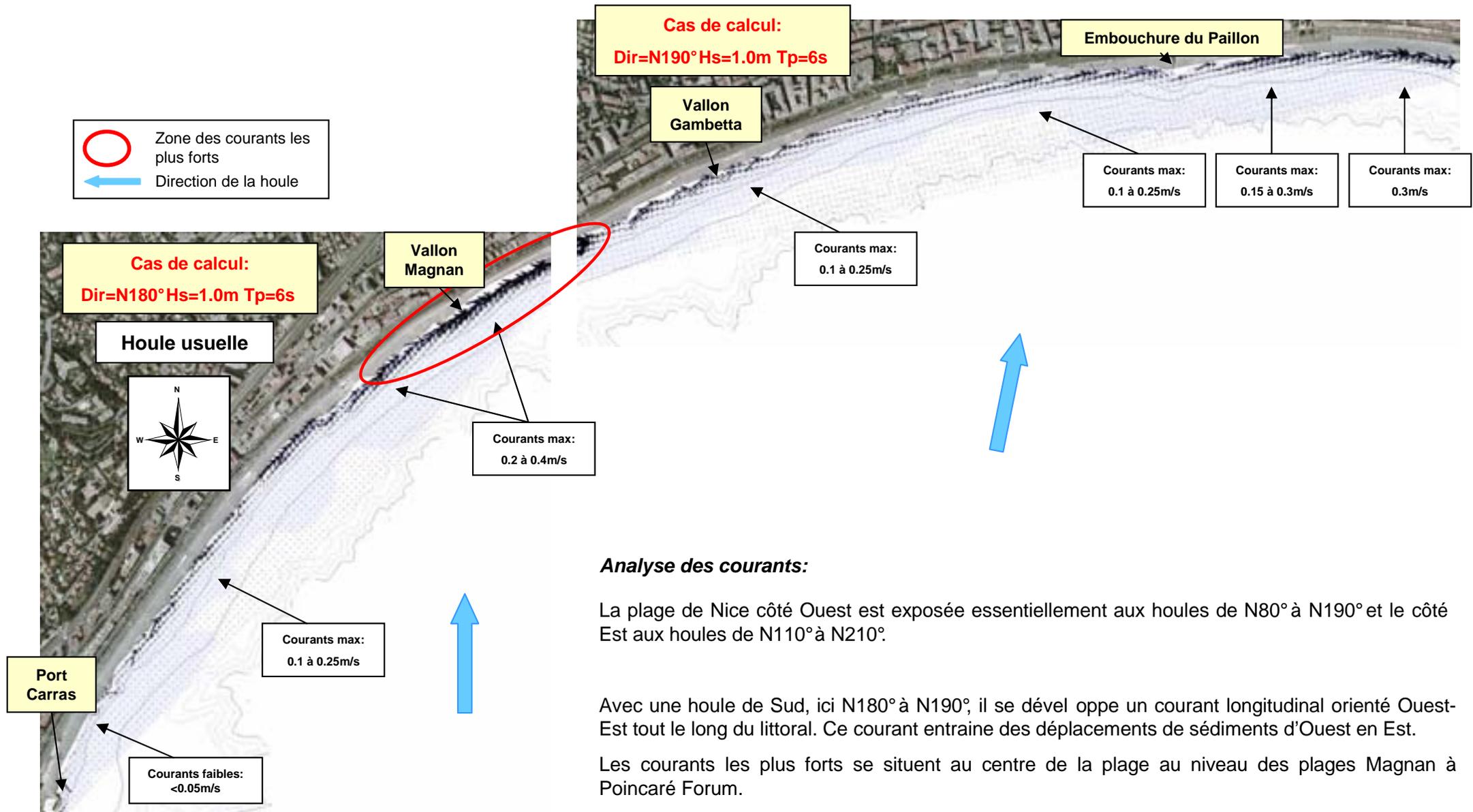
Dans l'état actuel des aménagements de la plage, la forme de celle-ci ne va pas évoluer avec le temps. La plage sur le long terme peut simplement soit se translater en arrière (continuité de la situation érosive actuelle) soit en avant (en cas d'apports de sable uniquement).

### VI.1.3 ANALYSE DES COURANTS COTIERS (MODELE MOPLA)

Le modèle Mopla qui est présenté dans *le fascicule général n°1 §VI.2.3*, permet de déterminer les courants à la côte.

Les figures ci-dessous présentent les résultats issus des calculs avec le modèle à la côte (**présenté en Annexe 1 - Figure 110**), maillage de 2\*2m en houles usuelles et 4\*4m en conditions de tempête. Les valeurs de houles sont entrées à la frontière du modèle vers -10mIGN.



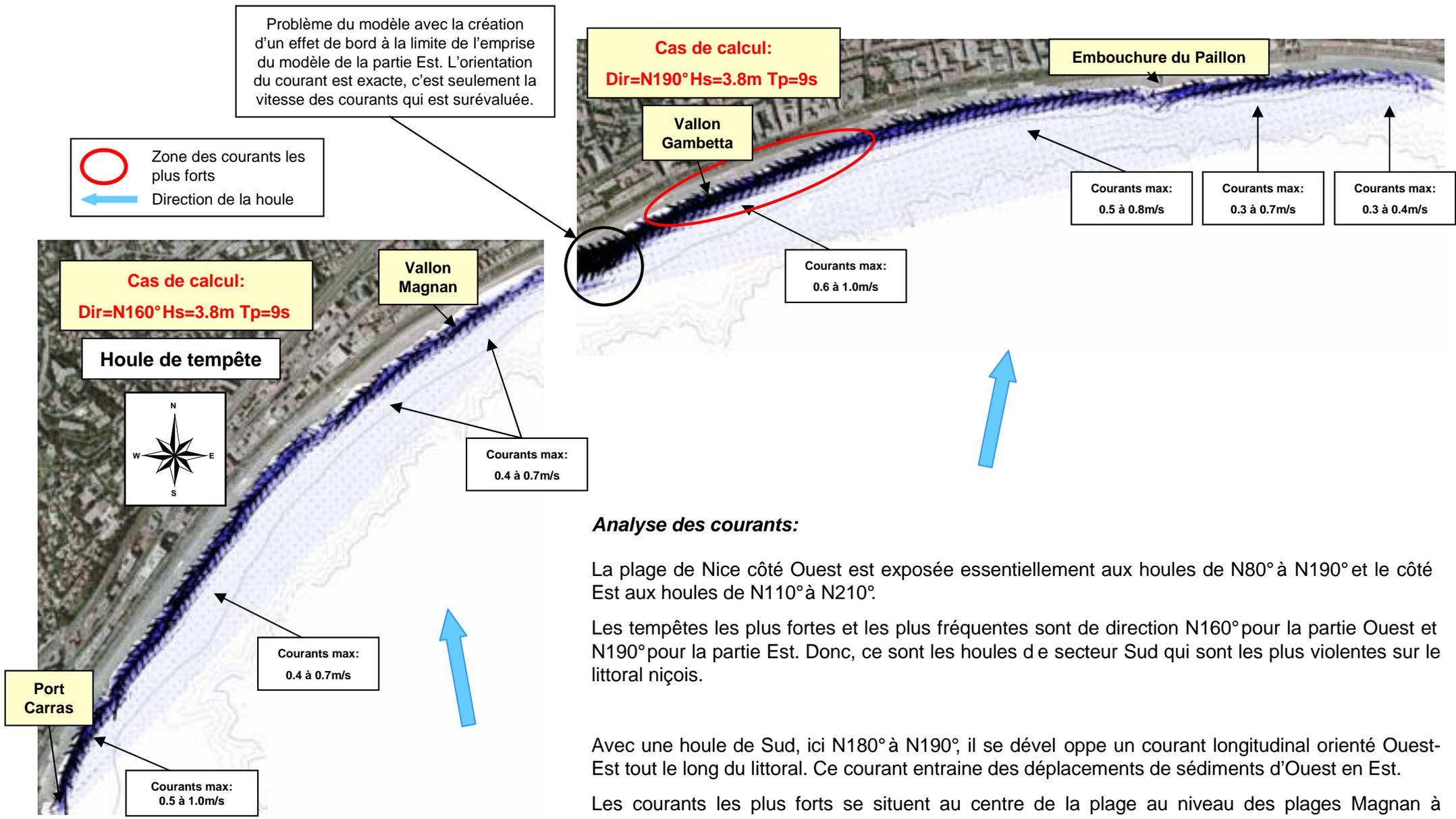


### Analyse des courants:

La plage de Nice côté Ouest est exposée essentiellement aux houles de N80° à N190° et le côté Est aux houles de N110° à N210°.

Avec une houle de Sud, ici N180° à N190°, il se développe un courant longitudinal orienté Ouest-Est tout le long du littoral. Ce courant entraîne des déplacements de sédiments d'Ouest en Est.

Les courants les plus forts se situent au centre de la plage au niveau des plages Magnan à Poincaré Forum.



**Analyse des courants:**

La plage de Nice côté Ouest est exposée essentiellement aux houles de N80° à N190° et le côté Est aux houles de N110° à N210°.

Les tempêtes les plus fortes et les plus fréquentes sont de direction N160° pour la partie Ouest et N190° pour la partie Est. Donc, ce sont les houles de secteur Sud qui sont les plus violentes sur le littoral niçois.

Avec une houle de Sud, ici N180° à N190°, il se développe un courant longitudinal orienté Ouest-Est tout le long du littoral. Ce courant entraîne des déplacements de sédiments d'Ouest en Est.

Les courants les plus forts se situent au centre de la plage au niveau des plages Magnan à Poincaré Forum.

Résumé de l'analyse des courants:



A cause de l'orientation « courbée » de la plage, et des structures diffractantes avoisinantes, le Cap de Nice à l'Est et l'Aéroport à l'Ouest, les courants dominants sont orientés Ouest-Est sur la partie Ouest de la plage et Est-Ouest sur la partie Est. Cependant, en fonction de l'orientation de la houle incidente, les courants peuvent à la fois être orientés Ouest-Est et Est-Ouest. Il n'y a donc pas de dérive sédimentaire parallèle à la plage dans une direction préférentielle donnée.

## VI.2 DETERMINATION DE L'ALEA SUBMERSION

### VI.2.1 CALCUL DE RUN-UP

Le calcul de run-up, défini comme l'élévation maximale du niveau d'eau sur le front de plage par rapport au niveau moyen de la mer, est réalisé à l'aide des formules semi-empiriques établies par Stockdon et al. (2006) et permet d'évaluer l'aléa submersion de la plage de la promenade des Anglais.

La méthodologie employée et les détails concernant ces formules de Stockdon et al. (2006) sont présentés dans le fascicule 1 VI.3.1.

Nous ne possédons pas de levé topo-bathymétrique pour la plage de la promenade des Anglais, par contre, dix radiales, localisés sur la figure ci-contre ont été levés en 1964, 1976, 1999 et 2001. Ces radiales ont été utilisées dans le cadre de l'étude INTERREG II. Ces radiales sont présentés en Annexe VI. D'après la visite in-situ, le haut de plage peut être évalué entre +2.5 et +3.5mIGN.



Le calcul de run-up a été effectué pour des conditions de tempêtes majeures et extrêmes. En effet, les données d'entrée sont une houle décennale associée avec une surcote décennale et centennale.

Profils	Hs (m)	Tp (s)	Pente profil $\beta_f$ (en %)	Run-up (mIGN)	Run-up + surcote décennale (mIGN)	Run-up + surcote centennale (mIGN)
R8-Carras	3.5	10	12.5	2.58	3.08	3.58
R7-Ste-Hélène	3.5	10	20.0	3.89	4.39	4.89
R6-Bambou-Lenval	3.5	10	11.6	2.43	2.93	3.43
R5b-Magnan	3.5	10	12.2	2.53	3.03	3.53
R5-Voilier	3.5	10	12.5	2.58	3.08	3.58
R4-Neptune Gambetta	3.5	10	12.8	2.63	3.13	3.63
R3b-Ruhl	4.5	10	20	4.41	4.91	5.41
R3-Galion	4.5	10	17.4	3.89	4.39	4.89
R2-Opera	4.5	10	17.2	3.85	4.35	4.85
R1-Ponchettes	4.5	10	15.8	3.57	4.07	4.57

Les pentes de profil au niveau de la zone de swash (zone sur laquelle la vague monte) sont comprises entre 12 et 20% sur les plages de Nice. Ceci correspond à un run-up de l'ordre de +2.5 à +3.5mIGN pour une houle de Hs=3.5m et Tp=10s et un run-up de +3.0 à +4.4mIGN pour une houle de Hs=4.5m et Tp=10s.

On constate que lors d'une forte tempête décennale, le run-up peut atteindre des valeurs comprises entre +3.5 et +5.5mIGN en prenant en compte la surcote. Ainsi, ces valeurs excèdent dans la majorité des cas l'altitude de la berme de haut de plage et submerge donc la plage. Il y a également un risque que des galets soient projetés sur la promenade des Anglais. La plage de Nice présente donc un **fort risque submersion en tempête**.

## VI.2.2 EVOLUTION DE LA HAUTEUR DE LA HOULE DANS LE PROFIL EN TEMPETE (REPLA)

L'étude de l'évolution de la hauteur de la houle dans le profil en tempête a été réalisée sur un profil transversal « type » de la plage défini à l'aide des radiales 1 à 8 (**présentés en Annexe 6 – Figures 26 à 28**) avec le modèle mathématique REPLA.

### a. Méthodologie

Voir la présentation dans *le fascicule général n°1 - §I.7.3.1.*

### b. Construction des profils de plage

L'étude a porté sur un profil transversal « type » de la plage défini à l'aide des radiales 1 à 8 (**présentés en Annexe 6 – Figures 27 à 29**). Par contre, la topographie n'est pas connue, nous avons donc extrapoler une topographie en fonction de la visite in-situ (cf. photo ci-dessous) et de la forme typique d'un profil de plage de galets en période hivernale. Ce profil est présenté ci-dessous.

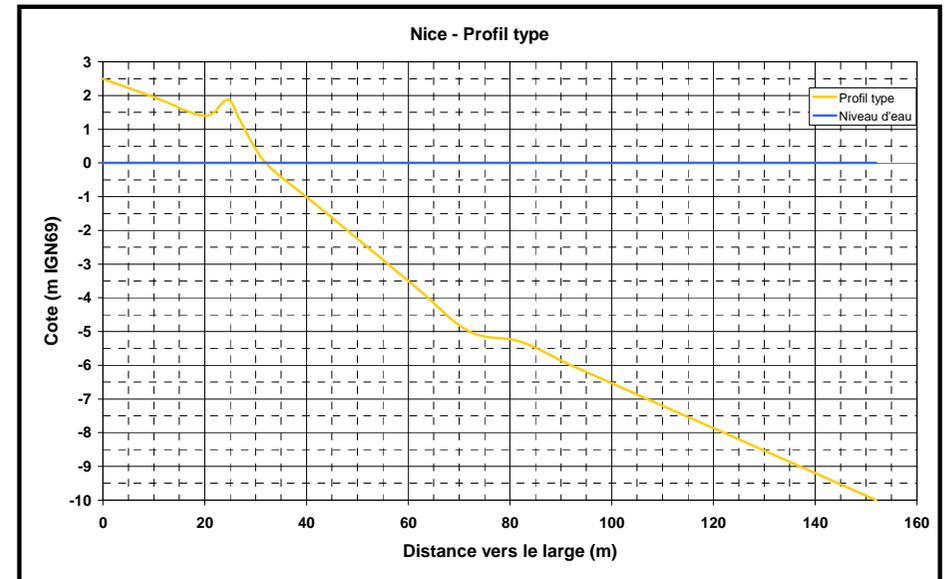


Photo prise sur la plage Sainte-Hélène le 22 janvier 2008.

### c. Paramètres d'entrée

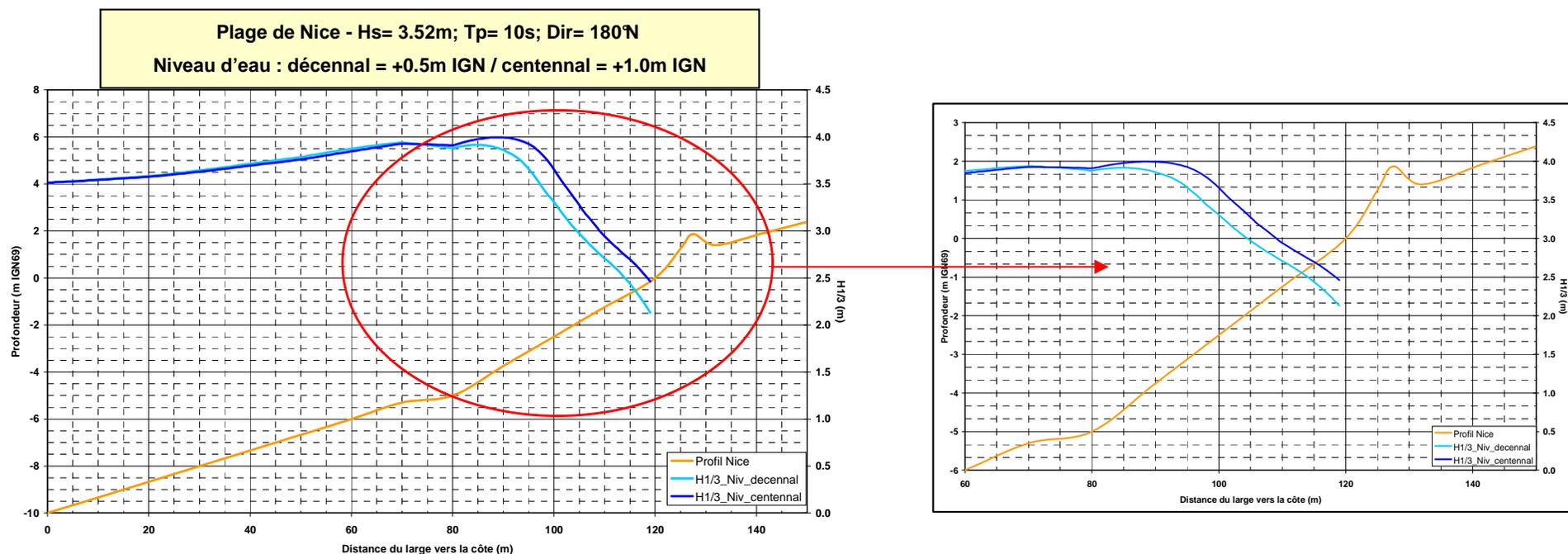
Les calculs ont été réalisés:

- Sur le profil type défini au b.
- Pour les conditions suivantes: tempête décennale du 31/10/2003  
Hs=3.52m; Tp=10s associée à deux niveaux d'eaux statiques différents et significatifs:
  - ✓ Niveau d'eau décennal=+0.5m IGN.
  - ✓ Niveau d'eau centennal=+1.0m IGN.



d. Résultats

➤ Plage de Nice:



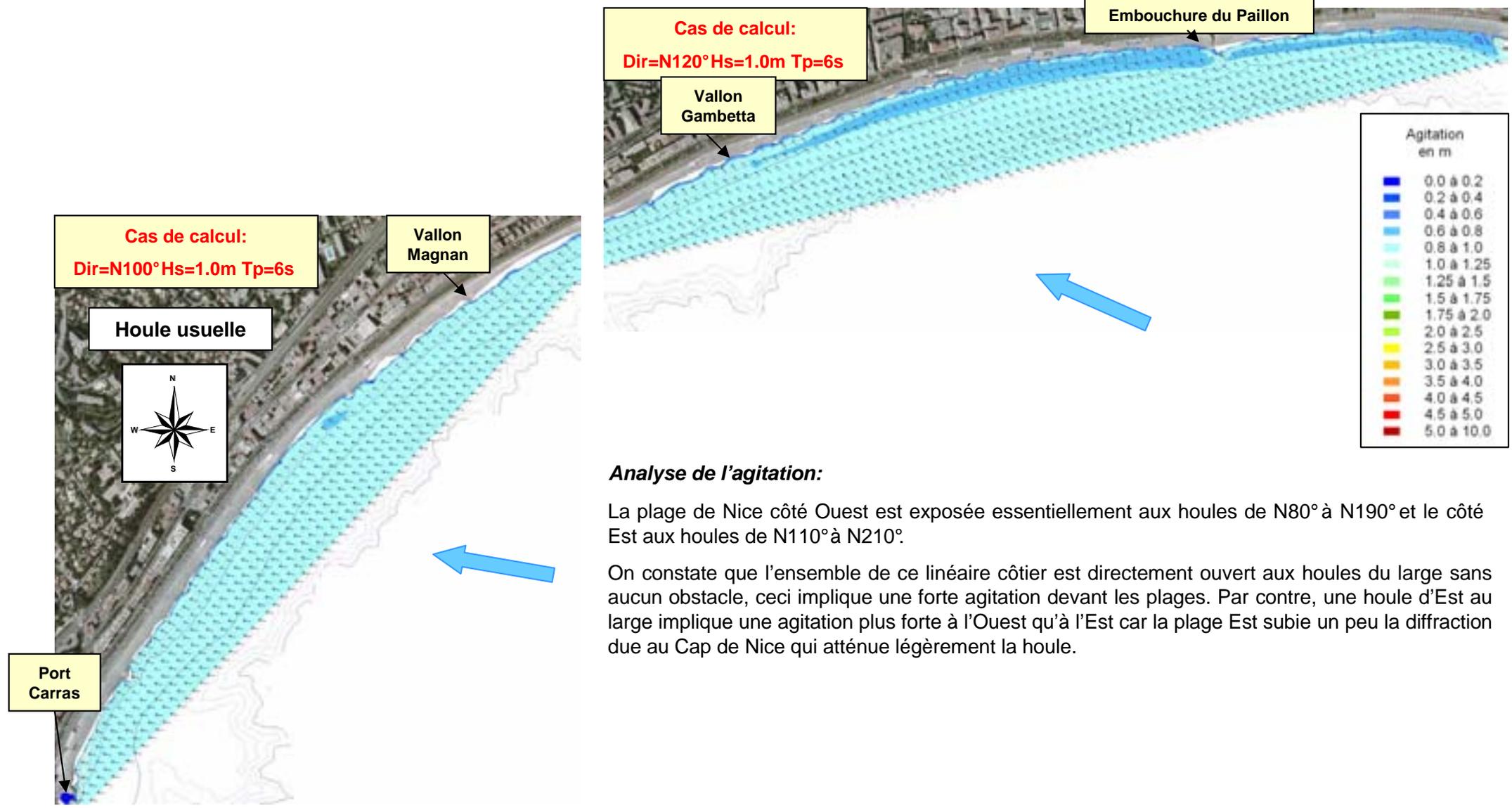
NICE	Hauteurs de houle significatives H1/3 (en m) dans le profil (en m IGN69)								
Plage de la Promenade des Anglais	-10	-8	-6	-4	-2	-1.5	-1	-0.5	0
Hs décennale / Niveau d'eau décennal	3.51	3.64	3.87	3.90	3.03	2.81	2.61	2.37	2.04
Hs décennale / Niveau d'eau centennal	3.51	3.63	3.85	4.00	3.35	3.07	2.84	2.65	2.39

La houle déferle à une trentaine de mètres du rivage suite à un effet de shoaling traditionnel à l'approche du rivage avec les fonds qui remontent nettement avec une forte pente de l'ordre de 12%. La hauteur de déferlement atteint une valeur maximum de l'ordre de 4m environ.

### VI.2.3 MODELISATION DE L'AGITATION DEVANT LES PLAGES (MODELE MOPLA)

Le modèle Mopla qui est présenté dans *le fascicule général n°1 §VI.3.2*, permet de déterminer l'agitation au devant de la plage.

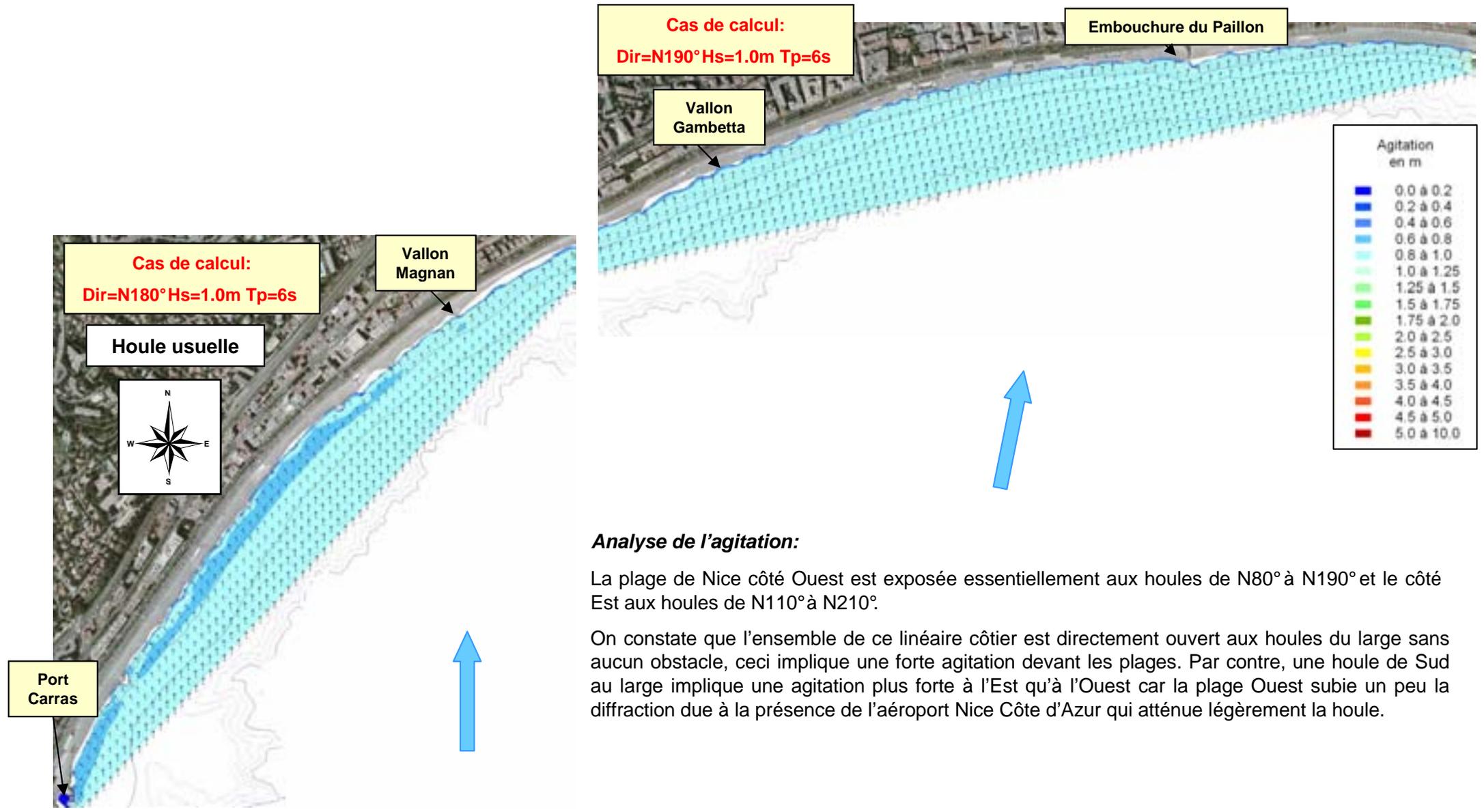
Les figures ci-dessous présentent les résultats issus des calculs avec le modèle à la côte (**présenté en Annexe 1 - Figure 110**), maillage de 2\*2m en houles usuelles et 4\*4m en conditions de tempête. Les valeurs de houles sont entrées à la frontière du modèle vers -10mIGN.



**Analyse de l'agitation:**

La plage de Nice côté Ouest est exposée essentiellement aux houles de N80° à N190° et le côté Est aux houles de N110° à N210°.

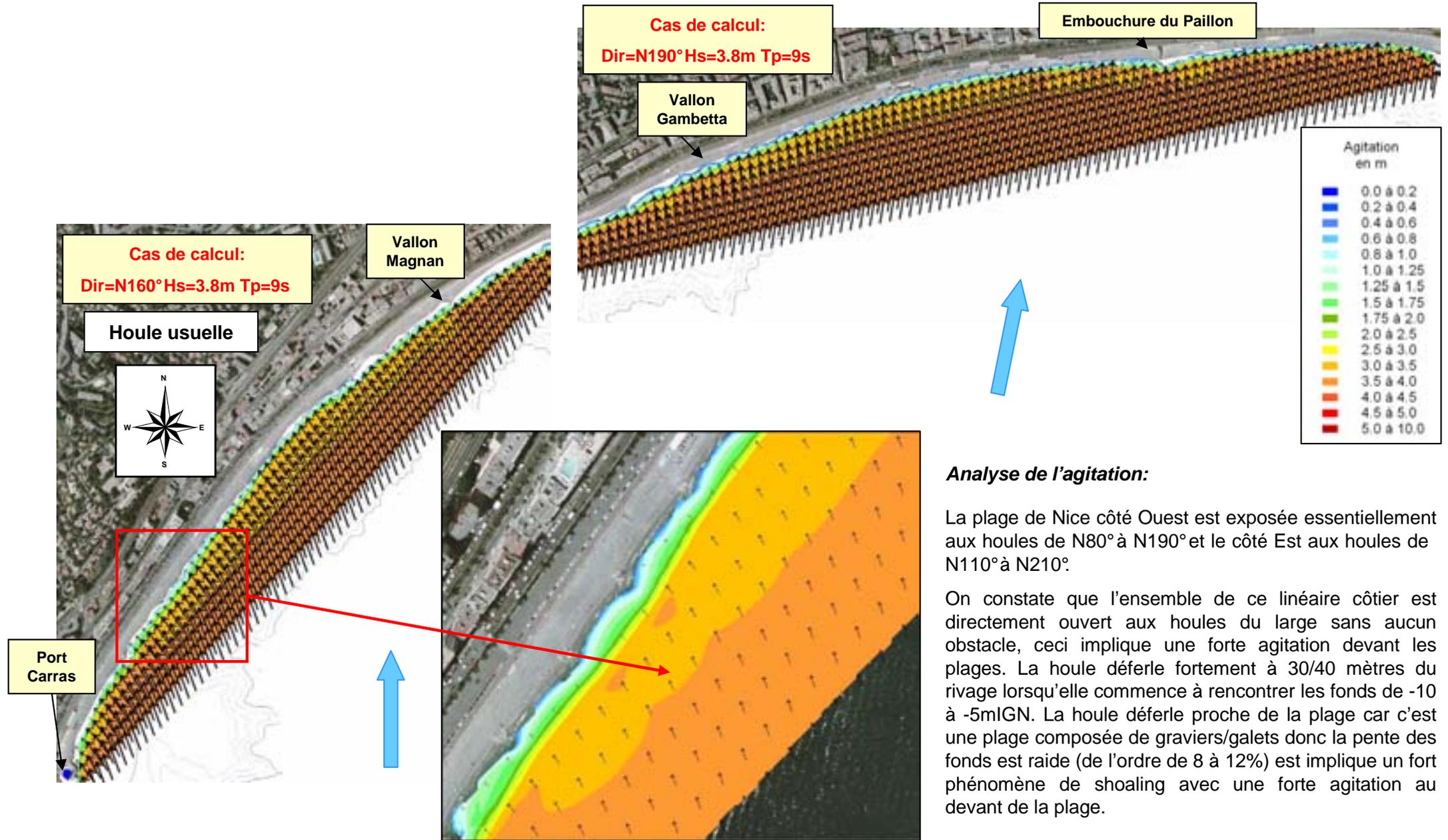
On constate que l'ensemble de ce linéaire côtier est directement ouvert aux houles du large sans aucun obstacle, ceci implique une forte agitation devant les plages. Par contre, une houle d'Est au large implique une agitation plus forte à l'Ouest qu'à l'Est car la plage Est subie un peu la diffraction due au Cap de Nice qui atténue légèrement la houle.



**Analyse de l'agitation:**

La plage de Nice côté Ouest est exposée essentiellement aux houles de N80° à N190° et le côté Est aux houles de N110° à N210°.

On constate que l'ensemble de ce linéaire côtier est directement ouvert aux houles du large sans aucun obstacle, ceci implique une forte agitation devant les plages. Par contre, une houle de Sud au large implique une agitation plus forte à l'Est qu'à l'Ouest car la plage Ouest subie un peu la diffraction due à la présence de l'aéroport Nice Côte d'Azur qui atténue légèrement la houle.



**Analyse de l'agitation:**

La plage de Nice côté Ouest est exposée essentiellement aux houles de N80° à N190° et le côté Est aux houles de N110° à N210°.

On constate que l'ensemble de ce linéaire côtier est directement ouvert aux houles du large sans aucun obstacle, ceci implique une forte agitation devant les plages. La houle déferle fortement à 30/40 mètres du rivage lorsqu'elle commence à rencontrer les fonds de -10 à -5mIGN. La houle déferle proche de la plage car c'est une plage composée de graviers/galets donc la pente des fonds est raide (de l'ordre de 8 à 12%) est implique un fort phénomène de shoaling avec une forte agitation au devant de la plage.

---

# **LA PLAGE DES BAINS MILITAIRES**

Outre les plages de la Promenade des Anglais, il existe une autre petite plage, très fréquentée en période estivale, sur la commune de Nice située à l'Est immédiat du port de Nice : la plage des Bains Militaires. Cette plage est une pocket beach composée d'un mélange de sable et de graviers.

Aucune donnée pouvant nous servir pour cette étude ne nous a été fournie par la commune de Nice. Nous disposons seulement de sept orthophotos de la plage sur la période 1950-2004. La qualité de ces orthophotos au niveau de la plage ne nous permet pas de réaliser une étude précise de l'évolution passée du trait de côte comme il l'a été fait pour les plages de la Promenade des Anglais. En effet, comme on le constate sur les orthophotos ci-dessous, le trait de côte n'est pas toujours discernable et l'erreur de positionnement de ce dernier est estimée de l'ordre de 5m.



Malgré ce manque de précision, nous pouvons toutefois constater que cette plage est stable dans le temps car entre 1974 et 2004 le trait de côte de la plage n'a pas évolué. Toutefois, nous ne connaissons pas les rechargements éventuels qui ont pu être réalisés sur cette période et ce manque de donnée ne nous permet pas de conclure sur l'évolution de cette plage.

Cependant, de part sa superficie et sa localisation, plage de poche encaissée entre la digue du port et des bâtiments, **cette plage ne paraît pas être soumise à un problème érosif.**

## VI.3 SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC

### VI.3.1 SYNTHÈSE DE L'ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE

Les cartes ci-dessous présentent la synthèse détaillée pour les cellules sédimentaire n°14 de l'analyse de l'évolution du trait de côte sur la période 1983-2004. Les valeurs d'évolution sont données en m/an et représentent l'évolution réelle des plages depuis 1983, c'est-à-dire en prenant en compte l'ensemble des aménagements réalisés sur les plages (apports de sable artificiels, transferts de sable, etc...).



Orthophotoplan 2004

## VI.3.2 SCHEMA DE LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE A L'ECHELLE DE LA COMMUNE

Le schéma ci-dessous résume pour les cellules de la commune de Nice: les grandes tendances évolutives du trait de côte, les priorités d'action de chaque cellule, les courants littoraux dominants ainsi que les directions de houle.



## VI.4 LES RISQUES LITTORAUX

### VI.4.1 DEFINITIONS ET GENERALITES

### VI.4.2 DETERMINATION DES RISQUES

Cf. §VI.1.3 du fascicule n°1

**L'aléa érosion / agression mécanique de la houle** est le croisement entre:

- ✓ l'étude de l'évolution passée du trait de côte
- ✓ le modèle GENESIS (évolution du trait de côte sur le long terme)
- ✓ le modèle SMC (forme de la plage à l'équilibre)
- ✓ le modèle MOPLA (courants côtiers).

**Diagnostic historique: très important**

**Modèles confirmant l'analyse de l'évolution du trait de côte**

**L'aléa submersion** est le croisement entre:

- ✓ Le calcul de run-up
- ✓ Le modèle REPLA (hauteur de la houle dans le profil en tempête)
- ✓ le modèle MOPLA (agitation devant la plage).

Cf. §VI.1.1 du fascicule n°1

### VI.4.3 ANALYSE DES RESULTATS

Les résultats de l'analyse des aléas, des enjeux et des risques sont présentés sur les planches en couleurs en **Annexe du Fascicule n°12** qui dresse un bilan de l'étude à l'échelle du littoral entre Antibes et Cap d'Ail.

Le tableau suivant présente les résultats pour chaque cellule hydrosédimentaire:

COMMUNES	Cellule hydrosédimentaire	ALEAS		ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES	RISQUES		
		EROSION/AGRESSION MECANIQUE DE LA HOULE	SUBMERSION		EROSION/AGRESSION MECANIQUE DE LA HOULE	SUBMERSION	SYNTHESE
NICE	n°14 - Plage de la Promenade des Anglais	3	3	3	3	3	3.0
				Moyenne	3.0	3.0	3.0

Priorité	Nulle	Faible	Moyenne	Forte
----------	-------	--------	---------	-------

---

# **VOLET III: PROGRAMME DE GESTION**

Cette phase III de l'étude consiste à proposer un plan d'actions visant à protéger et préserver au mieux les plages de Nice, en fonction:

- De la dynamique hydrosédimentaire des plages,
- Des enjeux et risques identifiés,
- Des contraintes environnementales,
- Des souhaits de la commune et des opérations d'aménagement effectuées actuellement.

Les objectifs des actions de protection sont de:

- Limiter les érosions qui peuvent porter préjudice à la pérennité du bord de mer,
- Proposer un meilleur accueil balnéaire.

## VII. LES OBJECTIFS DE LA COMMUNE

Une réunion de travail dans le cadre du volet 1 de l'étude hydrosédimentaire sur le littoral entre Antibes et Cap d'Ail, avec les représentants de la Commune de Nice et le chargé de mission pour le contrat de Baie a été organisée le 23 janvier 2008 afin de :

- Rappeler à la Commune les objectifs de l'Etude Hydrosédimentaire,
- Recueillir les objectifs de la Commune en matière d'aménagement de son littoral,
- Faire le point sur les opérations menées actuellement sur le littoral de la Commune et sur les opérations à venir,
- Recueillir les contraintes à prendre en compte dans la proposition d'actions.

	<b>Fonction</b>	<b>Coordonnées</b>
<b>M. BONNIN</b>	Ville de Nice – Directeur de l'environnement mer et littoral	arnaud.bonnin@ville-nice.fr
<b>Mlle APICELLA</b>	Chef de Projet - SOGREAH	vanessa.apicella@sogreah.fr
<b>M. GHESQUIERE</b>	Ingénieur d'étude - SOGREAH	guillaume.ghesquiere@sogreah.fr

La commune de Nice possède un littoral avec près de 5 km de plage de galets. Certaines plages représentent des forts enjeux socio-économiques, notamment de Magnan à la plage Castel.

Les objectifs de la commune concernant l'étude d'érosion sont les suivants :

- Meilleure appréciation du phénomène érosif : où vont les matériaux, en quelle quantité, ...
- Apprécier la pertinence des aménagements réalisés sur le littoral tels que les épis transversaux et les rechargements annuels : nombre et positionnement des épis, où mettre les dépôts des matériaux rechargés chaque année ?

En plus de cela, la commune souhaite connaître la pertinence d'ouvrages immergés tels que des plaques immergées atténuatrices de houle.

### LES PROBLEMES RENCONTRES

Les problèmes rencontrés par la commune de Nice sont les suivants:

- La mairie de Nice soulève le problème de l'érosion en tempête de la plage surtout pour les houles de face, présence d'une fosse sous marine.
- Il n'y a pas de transits préférentiels pour les galets, les transits sédimentaires dépendent de l'orientation de la houle.
- La plage tend à être très étroite au centre de la Baie, qui semble être due à la variation de l'orientation des houles.
- Lorsque la houle rentre sur Castel, les galets rechargés partent très rapidement (forte érosion).
- Les épis sont en mauvais état, cependant ils permettent encore à l'heure actuelle de retenir les galets entraînés par les transits littoraux.
- La commune de Nice s'inquiète car il y a de moins en moins de gisements de galets disponibles.

### LES OPERATIONS MENEES ACTUELLEMENT SUR LE LITTORAL

Actuellement, il y a une opération de reprofilage générale de l'ensemble de la plage devant la promenade des anglais qui est réalisée chaque année. Les galets sont récupérés au bord de la plage et sont redéposés sur le haut de la plage. Ensuite, un bulldozer reprofile la plage.

Un rechargement de la plage de l'ordre de 8000m<sup>3</sup>/an est effectué chaque année sur l'ensemble de la plage. Ces galets proviennent essentiellement du lit du Paillon où des pièges à galets ont été réalisés.

### LES AMENAGEMENTS PREVUS

Une campagne de régalinge de la plage est prévue pour le mois de mars 2008.

Deux projets éventuels sont actuellement envisagés :

- Projet de Carras : Le but serait de refaire entièrement le port abri et de l'élargir vers l'Est et l'Ouest et vers le large pour agrandir sa capacité à 100 bateaux.
- Projet de prolongation vers l'Est du collecteur des eaux usées présent actuellement entre Poincaré et Carras. Volonté de réaliser une étude d'impact.

### CONTRAINTES A PRENDRE EN COMPTE DANS LA PROPOSITION D' ACTIONS

En dehors des contraintes environnementales qui seront dégagées suite à l'étude des biocénoses de la zone d'étude, la Commune de Nice n'a pas fait part de contraintes importantes à prendre en compte dans la proposition d'actions.

- Présence du collecteur des eaux usées sous la plage entre Poincaré et Carras.
- Les trois premiers épis en partant de l'Ouest ainsi que l'épi du Paillon sont des émissaires pluviaux.
- Présence de sorties de vallons à Carras, Fabron, Magnan, Poincaré, Gambetta et Rivoli.
- Présence de quatre bases nautiques : Carras, Blue Beach, Sporting et Beau Rivage.

### VIII. SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC ET PROGRAMME DE GESTION PAR CELLULE SÉDIMENTAIRE

Ce chapitre consiste à proposer des solutions d'aménagement visant à protéger et préserver au mieux les plages de Nice, en fonction:

- De la dynamique hydrosédimentaire des plages,
- Des enjeux et risques identifiés,
- Des contraintes environnementales,
- Des souhaits de la commune.

Les objectifs des solutions de protection sont de:

- Limiter les érosions qui peuvent porter préjudice à la pérennité du bord de mer,
- Proposer un meilleur accueil balnéaire.

L'objectif visé par la ville de Nice est de maintenir une largeur moyenne de plage de l'ordre de 30m dans le but de garantir la protection du collecteur.

Par ailleurs, de fortes contraintes existent quant à l'entretien de la plage pour les activités balnéaires.

Ces contraintes sont relatives au remodelage quasi continu de la plage tout au long de la période de fréquentation de la plage (de mars à octobre). Le but est d'obtenir une plage relativement plate en partie supérieure et d'une largeur de l'ordre de 30m en particulier au droit des concessions de plage.

L'examen de l'évolution de la plage a montré que la tendance naturelle est à l'érosion, de l'ordre de 14 500m<sup>3</sup>/an sur l'ensemble du littoral niçois.

Avant de détailler le programme de gestion avec notamment la présentation des solutions d'aménagement, une synthèse du diagnostic hydrosédimentaire réalisé au cours du volet II va être présentée pour la cellule hydrosédimentaire n°14.

---

# **CELLULE 14:**

## **PLAGE DE LA PROMENADE DES ANGLAIS**

La plage de la Promenade des Anglais représente **un enjeu socio-économique fort** pour la commune de Nice.

### VIII.1 SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC DU SITE

#### Conditions naturelles

- Cette plage comprise entre l'aéroport Nice Côte d'Azur à l'Ouest et le cap de Rauba Capeu est **une cellule hydrosédimentaire indépendante**, elle n'a pas d'interactions sédimentaires avec d'autres plages.
- **Granulométrie** : Les plages sont composées d'un mélange de graviers (D50>2mm) et de galets (D50>20mm) avec une majorité de galets.
- **Houles dominantes au devant de la plage à -10mIGN69** : N80° à N110° et N170° à N190° pour la partie Ouest et N 110° à N130° et N180° à N210° pour la partie Est.
- **Houles les plus dommageables au devant de la plage à -10mIGN69** : N110° à N160° pour la partie Ouest et N135° à N180° pour la partie Est.
- **Courants** : A cause de l'orientation « courbée » de la plage, et des structures diffractantes avoisinantes, le Cap de Nice à l'Est et l'Aéroport à l'Ouest, les courants dominants sont orientés Ouest-Est sur la partie Ouest de la plage et Est-Ouest sur la partie Est. Cependant, en fonction de l'orientation de la houle incidente, les courants peuvent à la fois être orientés Ouest-Est et Est-Ouest. De ce fait, il n'y a pas de dérive littorale marquée dans un sens préférentiel.

#### Risque érosion

La plage de Nice est en forte érosion avec une perte de l'ordre de 14 500m<sup>3</sup>/an sur l'ensemble du linéaire côtier.

Portions de plage les plus soumises à l'érosion (reculs présentés pour la période 1983-2004 prenant en compte les apports de sable effectués) :

- De la plage Aubry-Lecomte à Sainte-Hélène, alternance de zones stable et en faible recul de l'ordre de -0.1 à -0.15m/an.
- De la plage Voilier à l'embouchure du Paillon, alternance de zones stable et en faible recul de l'ordre de -0.1 à -0.2m/an.
- De la plage des Ponchettes à la plage Castel, recul de la plage croissant d'Ouest en Est, recul maximum à l'Est de -0.5m/an.
- **Résumé : l'aléa érosion/agression mécanique de la houle est fort.** Les enjeux socio-économiques forts impliquent un **risque érosion fort**.

## Synthèse du diagnostic et programme de gestion de la cellule n°14 – Plage de la promenade des Anglais (2)

### Risque submersion

- On constate que lors d'une tempête décennale, le run-up peut atteindre des valeurs comprises entre +3.5 et +5.5mIGN. Ainsi, ces valeurs excèdent dans la majorité des cas l'altitude de la berme de haut de plage et submerge donc la plage. Il y a également un risque que des galets soient projetés sur la promenade des Anglais. La plage de Nice présente donc un **fort aléa submersion en tempête**.
- Les enjeux socio-économiques forts impliquent un **risque submersion fort**.

### Analyse multicritères

Cellule n°14	ALEAS		ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES	RISQUES		
	EROSION	SUBMERSION		EROSION	SUBMERSION	SYNTHESE
	Fort	Fort	Forts	Fort	Fort	Fort

La plage de la promenade des Anglais est classée en **priorité forte** dans les plages soumises au problème d'érosion et de submersion.

### Conditions environnementales

- Les herbiers présents devant les plages sont les Cymodocées et la limite haute de ces herbiers se situe à une profondeur aux alentours de -4/-5mIGN suivant les plages.
- Il n'y a pas de zone de protection environnementale au niveau des plages.

### Etat des ouvrages

- Les nombreux épis transversaux présents le long du littoral, en béton et en enrochements sont en mauvais état pour la plupart.

### Rôle des ouvrages

Treize épis sont présents sur le littoral ainsi que quatre vallons jouant également le rôle d'épis avec d'Ouest en Est: Vallon Pastorelli, Barla, Fabron et Poincaré. De plus, à l'embouchure du Paillon est présent un épi et un émissaire.

L'érosion de la plage se produit essentiellement par des mouvements dans le profil, les galets étant emportés de la plage vers les fonds marins. Les évolutions ne mettent pas en évidence une dérive sédimentaire parallèle à la plage dans une direction préférentielle donnée. De ce fait, les épis jouent un faible rôle dans la protection de la plage.

Cependant, ils permettent toutefois de freiner les dérives et d'éviter des transferts trop importants d'Ouest en Est, dans le cas de mer d'Ouest sévissant pendant une longue période ou le contraire dans le cas d'une mer d'Est. Cela facilite l'entretien de la plage en évitant la reprise des galets sur des distances importantes.

De plus, les épis actuels sont trop courts (10 à 20 m de long) pour pouvoir atténuer le transit littoral (faible). Il y a actuellement une faible dérive sédimentaire avec le contournement des épis par les galets lors des forts coups de mer. Des épis plus longs, de l'ordre de 30m, permettraient de mieux contenir la profondeur de fermeture et ainsi de mieux bloquer le transit des matériaux.

## VIII.2 RECOMMANDATIONS

Au vu du diagnostic du site, cette cellule présente un problème érosif fort et un problème fort en tempête (submersion et érosion).

Tout d'abord, avant de présenter les actions permettant de lutter contre ces deux phénomènes, voici quelques recommandations nécessaires à appliquer afin de protéger au mieux les plages face à l'érosion et face aux tempêtes hivernales.

### Recommandations :

- A la fin de la période estivale (octobre), nous préconisons à la commune de Nice de remanier la plage et de déplacer les galets vers le haut de la plage pour créer des bourrelets de galets qui vont permettre de limiter les pertes de matériaux pendant les tempêtes hivernales.

Ensuite, pendant la période hivernale d'octobre à mars, nous conseillons à la commune de ne pas régaler ni de remodeler les plages comme c'est le cas durant la période estivale. En effet, à cause des tempêtes récurrentes en période hivernale, la plage se modèle naturellement : forte pente au niveau du jet de rive, puis, création d'un petit bourrelet au bord et ensuite la plage est quasi-plane en remontant vers le haut de plage. Il faut que la commune laisse la plage comme elle est sans vouloir la remodeler car c'est la meilleure protection à adopter pour lutter contre l'érosion hivernale

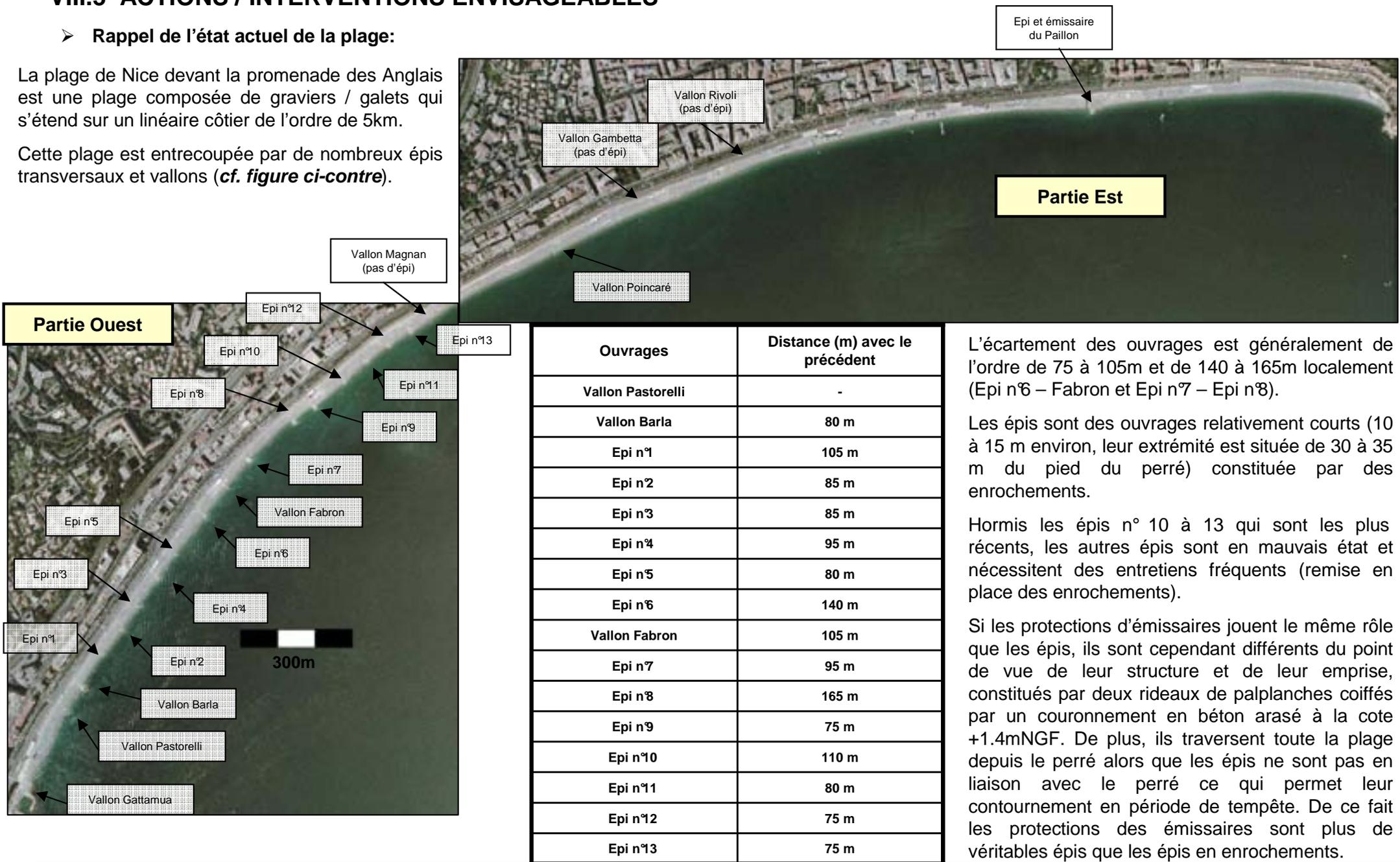
- Le suivi de la largeur de la plage tel qu'il a été entrepris depuis octobre 1991, à raison de trois levés par an, doit être poursuivi, car il constitue un élément indispensable pour analyser l'évolution de la plage.
- De plus, il est conseillé pour améliorer la qualité de l'analyse de l'évolution de la plage de :
  - ✓ **Réaliser un levé topo-bathymétrique tous les 5 ans à la même période (fin de la période estivale). Coût approximatif d'un levé topo-bathymétrique pour les 5 000m de littoral entre 10 000 et 20 000€HT.**
  - ✓ Noter et archiver les apports de matériaux effectués (année, volume, localisation, etc...).

### VIII.3 ACTIONS / INTERVENTIONS ENVISAGEABLES

➤ Rappel de l'état actuel de la plage:

La plage de Nice devant la promenade des Anglais est une plage composée de graviers / galets qui s'étend sur un linéaire côtier de l'ordre de 5km.

Cette plage est entrecoupée par de nombreux épis transversaux et vallons (cf. figure ci-contre).



L'écartement des ouvrages est généralement de l'ordre de 75 à 105m et de 140 à 165m localement (Epi n°6 – Fabron et Epi n°7 – Epi n°8).

Les épis sont des ouvrages relativement courts (10 à 15 m environ, leur extrémité est située de 30 à 35 m du pied du perré) constituée par des enrochements.

Hormis les épis n° 10 à 13 qui sont les plus récents, les autres épis sont en mauvais état et nécessitent des entretiens fréquents (remise en place des enrochements).

Si les protections d'émissaires jouent le même rôle que les épis, ils sont cependant différents du point de vue de leur structure et de leur emprise, constitués par deux rideaux de palplanches coiffés par un couronnement en béton arasé à la cote +1.4mNGF. De plus, ils traversent toute la plage depuis le perré alors que les épis ne sont pas en liaison avec le perré ce qui permet leur contournement en période de tempête. De ce fait les protections des émissaires sont plus de véritables épis que les épis en enrochements.

## ➤ Solutions envisageables:

Au vu du fonctionnement, des contraintes du site et des objectifs de la commune, plusieurs solutions sont envisageables.

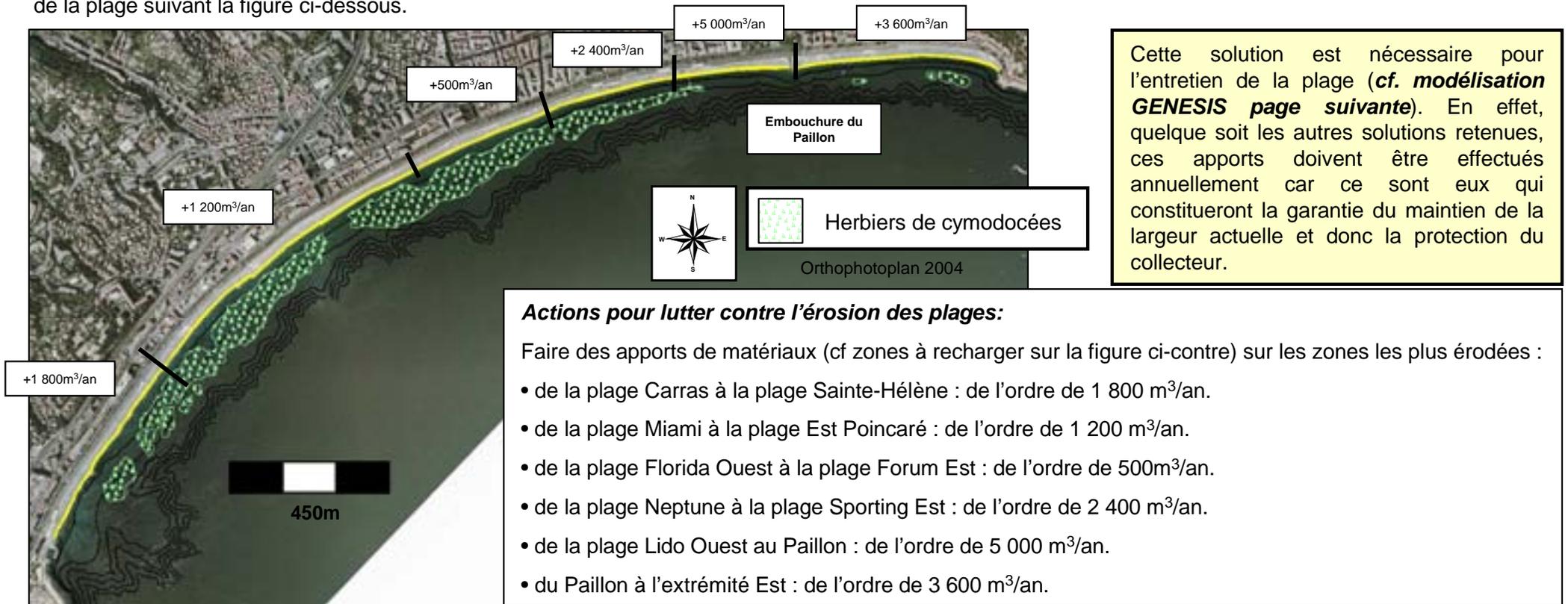
1. Apports de matériaux réguliers de l'ordre de 15 000m<sup>3</sup>/an pour entretenir la plage.
2. Réfection des épis actuels.
3. Réfection et allongement des épis actuels.
4. Reconstruction du système d'épis sur la partie Ouest de la cellule.
5. Suppression des épis sur la partie Barla – Epi n°13.
6. Mise en place d'un système d'épis à l'Est de la cellule.
7. Mise en place de digues sous-marines.
8. Mise en place de plaques immergées devant le littoral pour faire atténuer la houle.

## VIII.4 MODELISATION ET ANALYSE DES ACTIONS / INTERVENTIONS PROPOSEES

### VIII.4.1 Solution n°1: Apports de matériaux réguliers d'entretien de la plage de l'ordre de 14 500m<sup>3</sup>/an

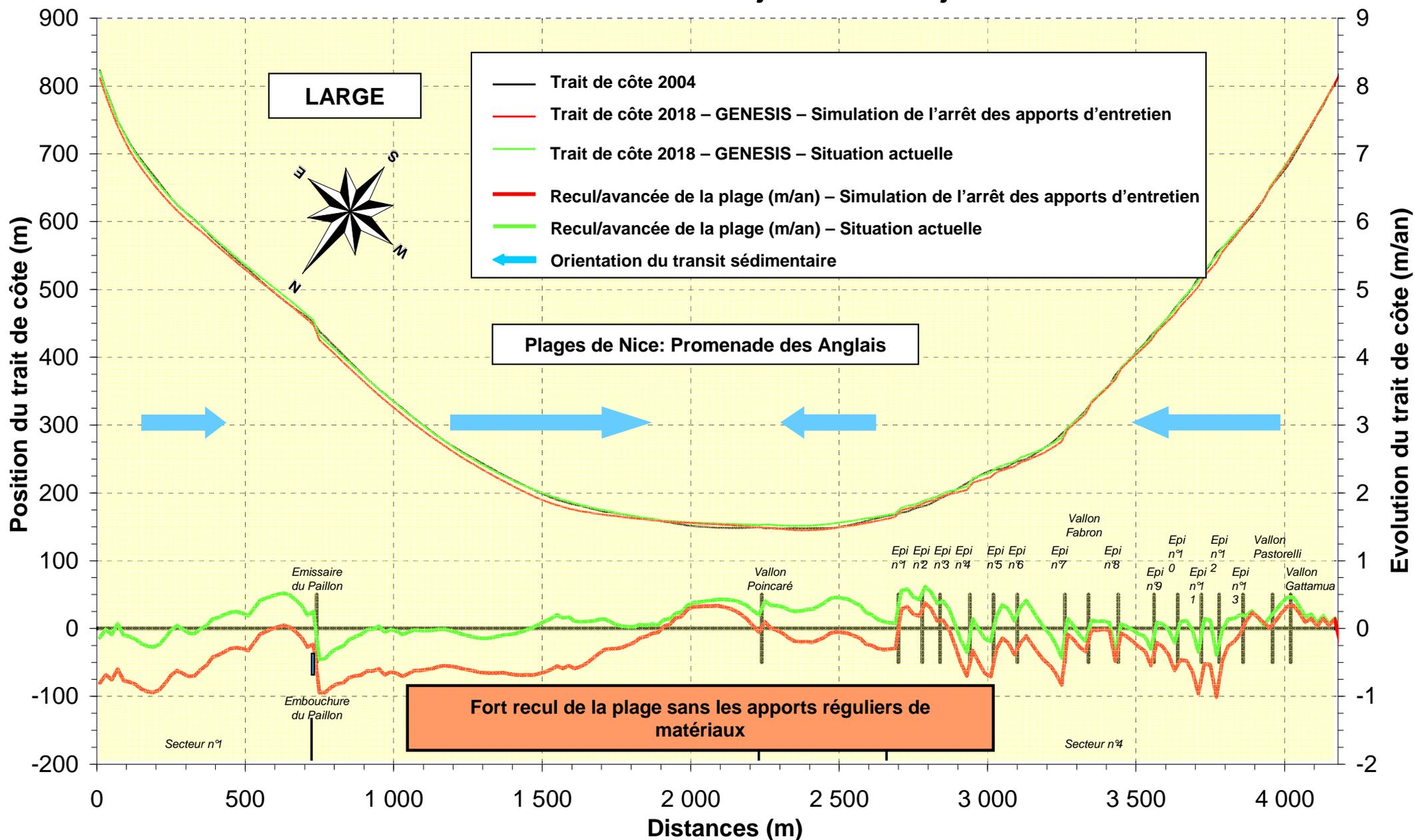
#### a. Principe:

Cette solution est une solution d'entretien non pérenne qui consiste à apporter de l'ordre de 14 500m<sup>3</sup>/an de matériaux (graviers/galets) répartis sur l'ensemble de la plage suivant la figure ci-dessous.



➤ **Modèle GENESIS: Evolution du trait de côte**

**Modèle 3 CANCA - EVOLUTION janvier 2004 - janvier 2018**



**Analyse multicritères de la solution n°1:**

Solutions	Impact sur les herbiers	Impact sur la qualité des eaux, respect du SDAGE, DCE	Respect des activités	Efficacité pour lutter contre l'érosion	Efficacité pour lutter contre la submersion	Critère paysager – impact visuel	Pérennité de l'action	Difficultés de la réalisation	Coûts (€HT)
N°1: Apports d'entretien de 14 500m <sup>3</sup> /an de matériaux	Aucun impact sur les herbiers de Cymodocées présents vers - 4/-5mIGN			Permet de conserver la plage dans son état actuel			Nécessité de faire les rechargements régulièrement	Par voie terrestre	900 000 à 1 100 000

Cependant, un problème majeur se pose : où trouver 15 000m<sup>3</sup> de matériaux par an?

En effet, la commune de Nice a deux possibilités :

- Apports en provenance du Paillon. Jusqu'à aujourd'hui l'essentiel des apports réalisés sur la plage de la Promenade des Anglais a été puisé du Paillon. Or, aujourd'hui le Paillon charrie beaucoup moins de matériaux qu'avant et de ce fait il ne permet plus de compenser les pertes de matériaux enregistrées sur la plage (près de 15 000m<sup>3</sup>/an).
- Apports en provenance d'une carrière. D'après nos renseignements auprès d'une carrière locale (SARL MUL - Carrière de la Siagne à Pégomas (06) , voir les tarifs en **Annexe – Figures n°29 et 30**), il leur est impossible de fournir 14 500m<sup>3</sup>/an de galets. Ceci pose donc un problème pour l'entretien des plages. Une solution serait d'effectuer des apports avec un mélange de différents types de matériaux (sables, graviers et galets) ou bien d'envisager d'organiser le littoral en zones différenciées avec uniquement des graviers ou des galets.

VIII.4.2 Solution n°2: Réfection des épis actuels

a. Principe:

Les ouvrages transversaux type épis ont vocation à piéger une partie des matériaux transportés par les courants longitudinaux dans les nouvelles cellules inter-épis. Un système d'épis est actuellement déjà implanté sur la plage de Nice au niveau de la partie Ouest (cf. figure sur la plage précédente).

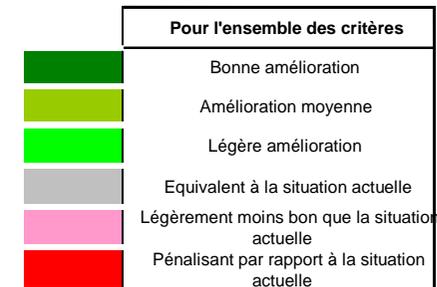
Hormis les épis n°10 à 13 qui sont les plus récents, les autres épis sont en moyen ou mauvais état (cf. photo ci-contre) et nécessitent des entretiens fréquents (remise en place des enrochements).

Comme les épis sont en mauvais état, ils jouent moins bien leur rôle hydrosédimentaire et donc protègent moins la plage.

Le but de cette solution est de pérenniser le système d'épis actuel.

Ces épis seront en enrochements, d'une longueur de 15/20m, arasés à +1.5mIGN et jusqu'à une profondeur de -1mIGN.

A noter que pour la réfection des épis, il est possible de réutiliser les enrochements actuels et que cette réfection peut être phasée dans le temps avec par exemple la reconstruction de deux épis par an.



Analyse multicritères de la solution n°2:

Solutions	Impact sur les herbiers	Impact sur la qualité des eaux, respect du SDAGE, DCE	Respect des activités	Efficacité pour lutter contre l'érosion	Efficacité pour lutter contre la submersion	Critère paysager – impact visuel	Pérennité de l'action	Difficultés de la réalisation	Coûts (€HT)
N°2: Réfection des épis actuels	Aucun impact sur les herbiers de Cymodocées présents vers -4/-5mIGN			Légère	Quasi-nulle			Par voie terrestre et maritime	50 à 80 000€ par épi s'il est refait entièrement
Apports d'entretien de 14 500m³/an de matériaux				Permet de conserver la plage dans son état actuel			Nécessité de faire les rechargements régulièrement	Par voie terrestre	900 000 à 1 100 000

### VIII.4.3 Solution n°3: Réfection et allongement des épis actuels

#### a. Principe:

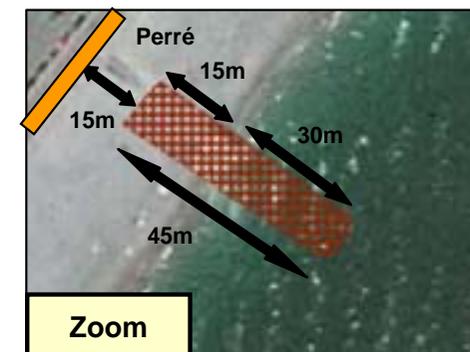
Les ouvrages transversaux type épis ont vocation à piéger une partie des matériaux transportés par les courants longitudinaux dans les nouvelles cellules inter-épis. Un système d'épis est actuellement déjà implanté sur la plage de Nice au niveau de la partie Ouest (*cf. figure sur la plage précédente*).

Le but de cette solution est de conserver le système d'épis actuel tout en les allongeant à la fois côté terre et côté mer afin d'assurer un meilleur cloisonnement de la plage qui favoriserait son entretien.

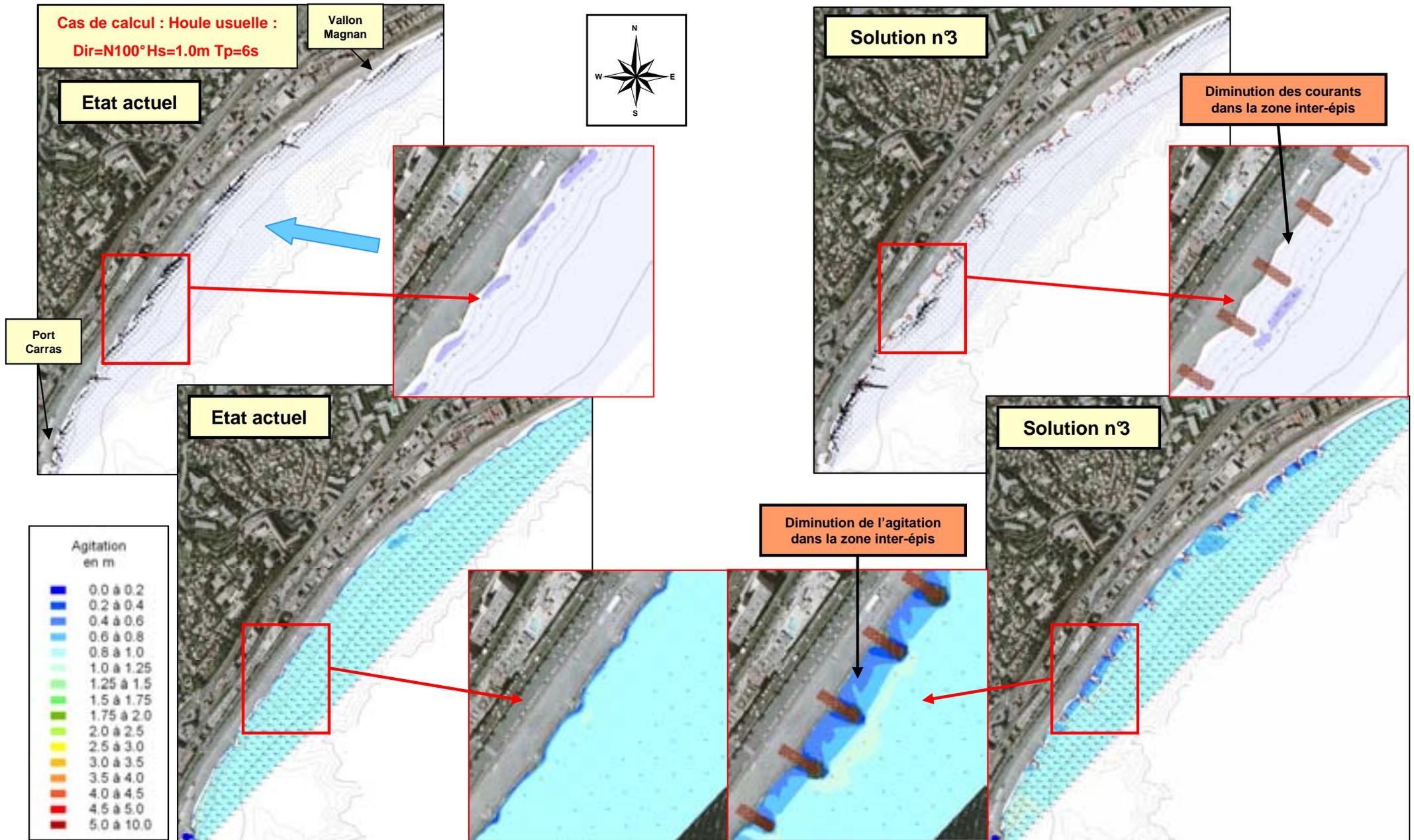
Les nouveaux épis auront une longueur de 45m, leur extrémité se situera à 60m du pied du perré et leur enracinement en sera distant de 15m (*cf. figure ci-contre pour la vue d'ensemble + cf. zoom ci-contre*).

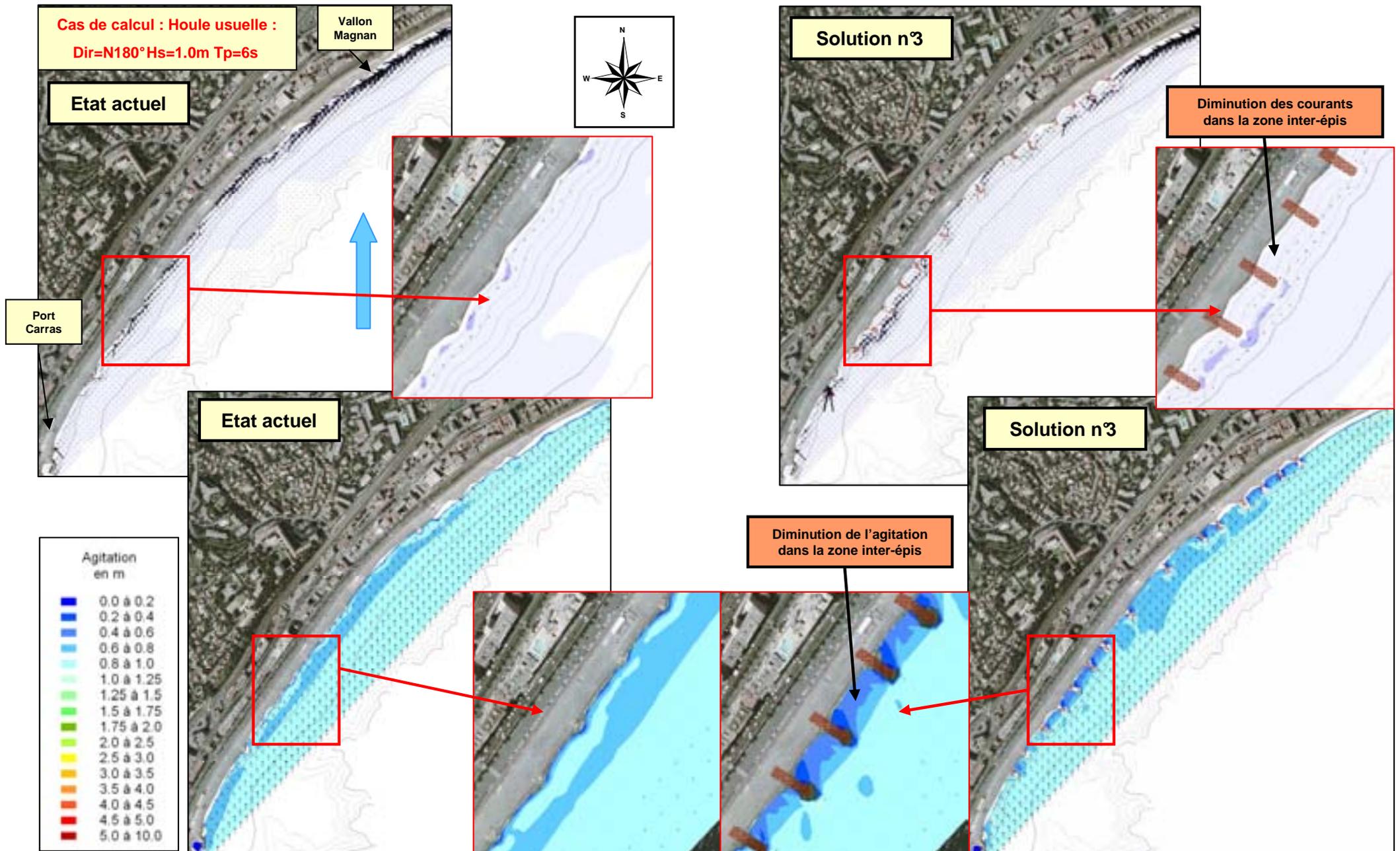
Leur structure peut être soit en enrochements (comme leur état actuel) soit analogue à celle des ouvrages de protection de l'émissaire de Fabron, c'est-à-dire un ouvrage en palplanches coiffé par un couvercle en béton (arasé à + 1,5 m) se prolongeant à l'extrémité côté mer par une jupe en béton venant couvrir les palplanches dans la zone où les galets peuvent être projetés sur les palplanches (*cf. Annexe VI- Figure 32*).

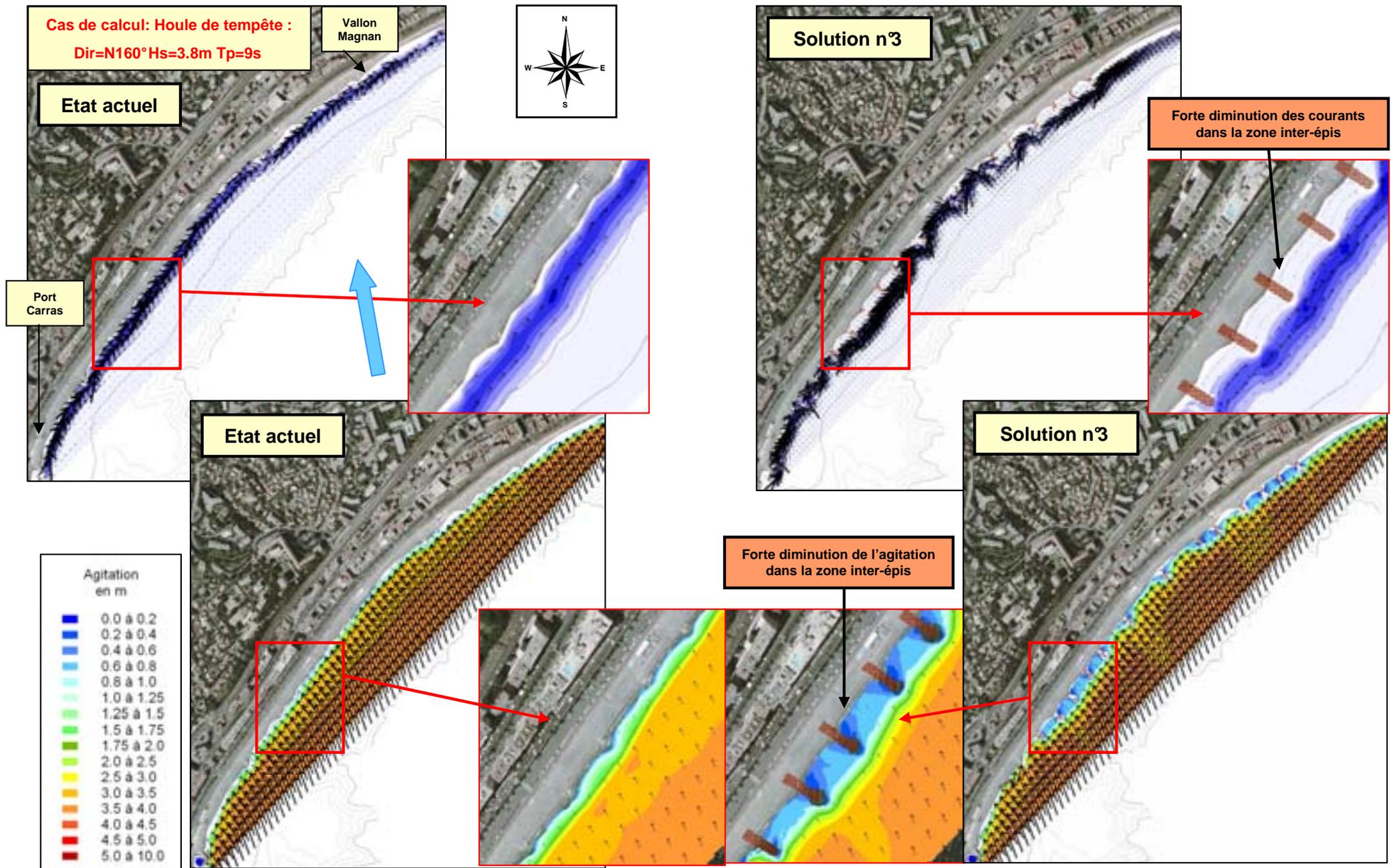
L'objectif de cette solution est également de diminuer les courants littoraux Est-Ouest et Ouest-Est (suivant l'incidence de la houle) afin de limiter le transport des matériaux hors des "casiers" formés par les épis.



b. Modélisations numériques: ➤ Modèle MOPLA: Analyse des courants et de l'agitation devant la plage

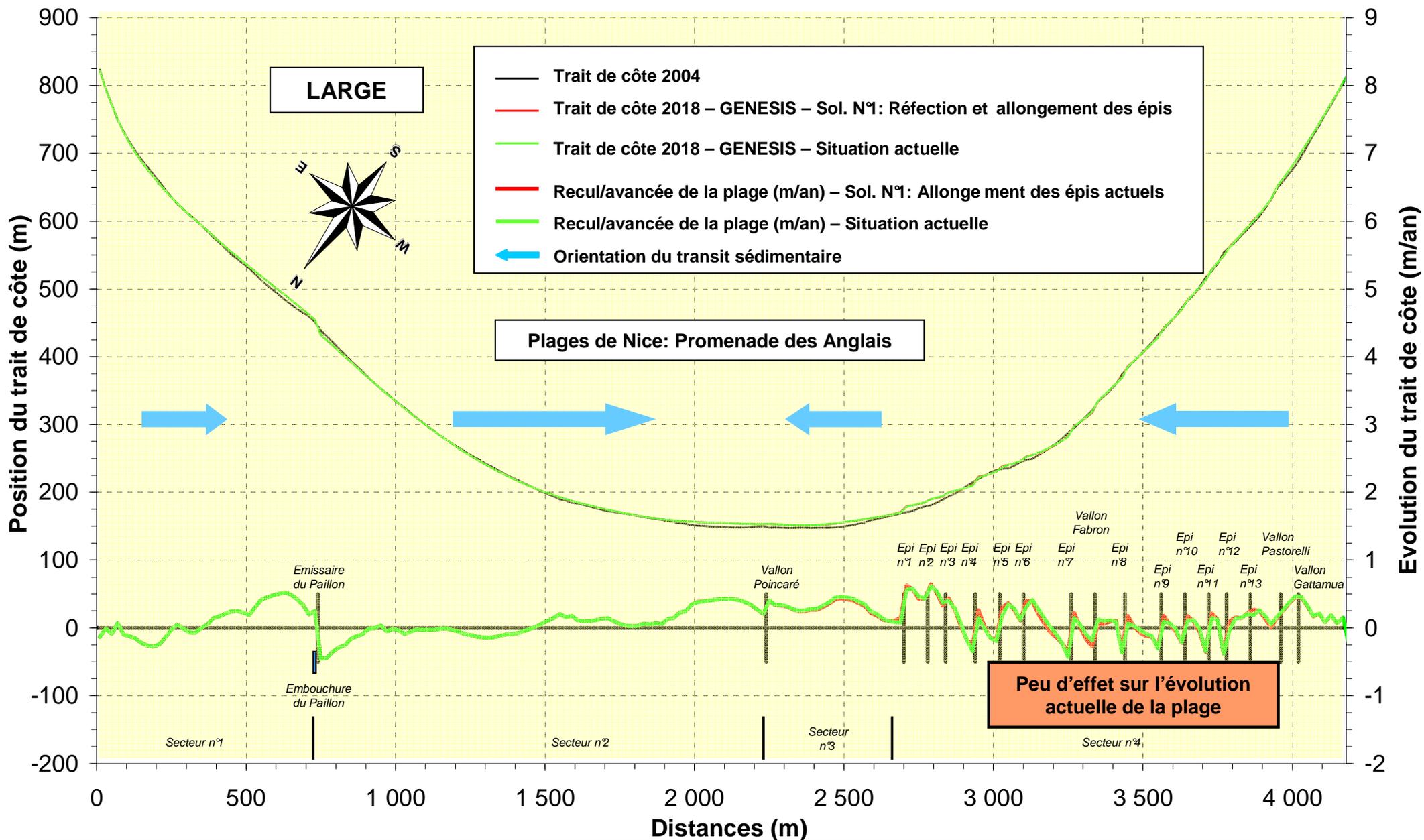






➤ **Modèle GENESIS: Evolution du trait de côte**

**Modèle 3 CANCA - EVOLUTION janvier 2004 - janvier 2018**



## c. Analyses et conclusion:

Le modèle d'évolution du trait de côte (GENESIS) montre que cette solution n'aura que peu d'effet sur la future évolution de la plage.

L'allongement des épis va provoquer une légère avancée du trait de côte (de l'ordre de +0.1m/an) dans les cellules inter-épis, notamment dans les zones à l'Ouest immédiat des épis.

Cette solution n°3 qui consiste à refaire et allonger les 13 épis existants de l'Ouest de la cellule (actuellement en mauvais état), permet une bonne atténuation de l'agitation au devant de la plage et donc des courants littoraux qui en découlent et qui sont responsables du transit littoral.

Cependant, l'érosion actuelle sur la plage de Nice est en grande partie due à une érosion dans le profil, c'est-à-dire à une érosion vers le large engendrée par les fortes houles. Ainsi, comme cette solution n°3 diminue légèrement l'agitation, elle permet également de diminuer faiblement les pertes de matériaux vers le large.

Pour l'ensemble des critères	
	Bonne amélioration
	Amélioration moyenne
	Légère amélioration
	Equivalent à la situation actuelle
	Légèrement moins bon que la situation actuelle
	Pénalisant par rapport à la situation actuelle

En complément de cette solution, il est nécessaire de réaliser régulièrement des apports de matériaux (graviers/galets) de l'ordre de 15000m<sup>3</sup>/an répartis sur l'ensemble de la plage suivant la figure présentée à la **page 76**.

**Cette solution est intéressante car elle apporte une légère amélioration dans la lutte contre l'érosion et la submersion. De plus, elle permet de pérenniser la plage et de mieux la cloisonner avec des épis transversaux neufs.**

### Analyse multicritères de la solution n°3:

Solutions	Impact sur les herbiers (cymodocées)	Impact sur la qualité des eaux, respect du SDAGE, DCE	Respect des activités	Efficacité pour lutter contre l'érosion	Efficacité pour lutter contre la submersion	Critère paysager – impact visuel	Pérennité de l'action	Difficultés de la réalisation	Coûts (€HT)
N°3: Réfection et allongement des 13 épis existants à l'Ouest de la cellule	Aucun impact sur les herbiers de Cymodocées présents vers -4/-5mIGN			Moyenne	Légère	Moins bon que la situation actuelle		Par voie terrestre et maritime	450 à 500 000€ par épi si il est refait entièrement
Apports d'entretien de 14 500m <sup>3</sup> /an de matériaux				Permet de conserver la plage dans son état actuel			Nécessité de faire les rechargements régulièrement	Par voie terrestre	900 000 à 1 100 000

#### VIII.4.4 Solution n°4: Reconstruction d'un système d'épis sur la partie Ouest de la cellule

##### a. Principe:

Le but de cette solution consiste à reconstruire le système d'épis en diminuant leur nombre et en modifiant leur structure et longueur.

La partie Ouest (Vallon Barla – Fabron) serait découpée en 5 cellules de 135m, par la mise en place de 4 épis. La partie Est (Fabron – Epi n°13) serait découpée en 5 cellules de 130m par la construction de 5 épis.

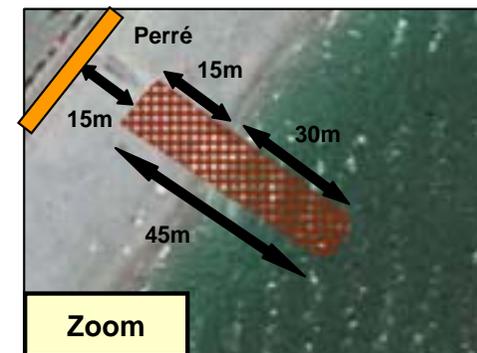
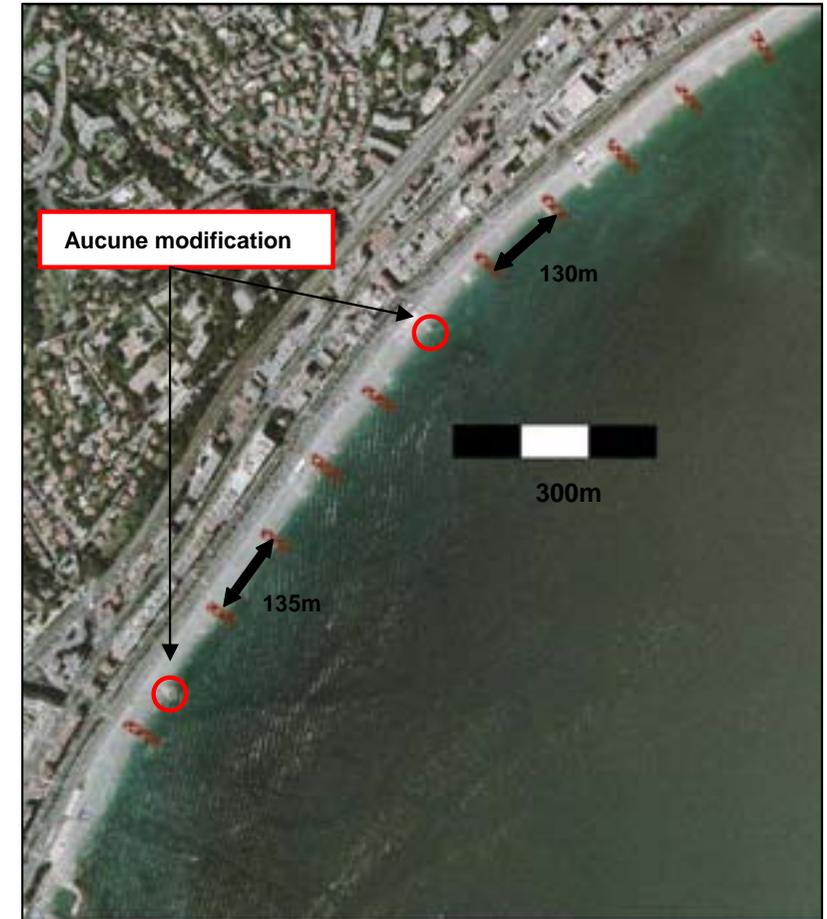
Au total, 9 épis et les deux estacades du Vallon Barla et de l'émissaire de Fabron permettraient de cloisonner la plage.

Les nouveaux épis seront plus longs que les actuels et auront une structure différente. Les nouveaux épis auront une longueur de 45m, leur extrémité se situera à 60m du pied du perré et leur enracinement en sera distant de 15m (cf. **figure ci-contre pour la vue d'ensemble + cf. zoom ci-contre**). L'extrémité des épis actuels est située entre 30 et 35m du perré et celle de l'ouvrage protégeant l'émissaire du Fabron est à 35m. Les épis actuels ont une longueur de l'ordre de 10 à 15m.

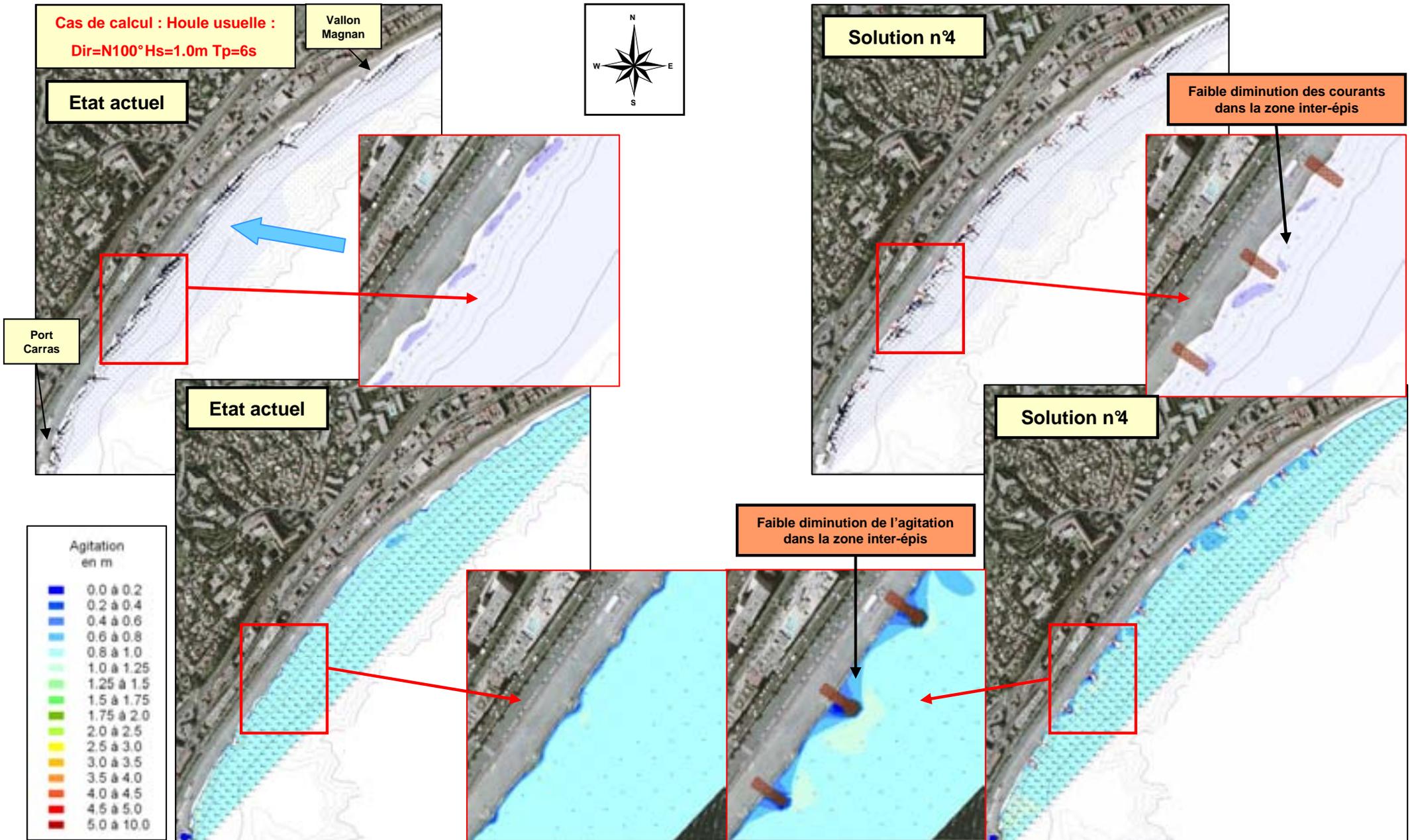
Ces nouveaux ouvrages seront donc plus longs à la fois côté terre et côté mer et de ce fait assureront un meilleur cloisonnement de la plage ce qui favorisera son entretien.

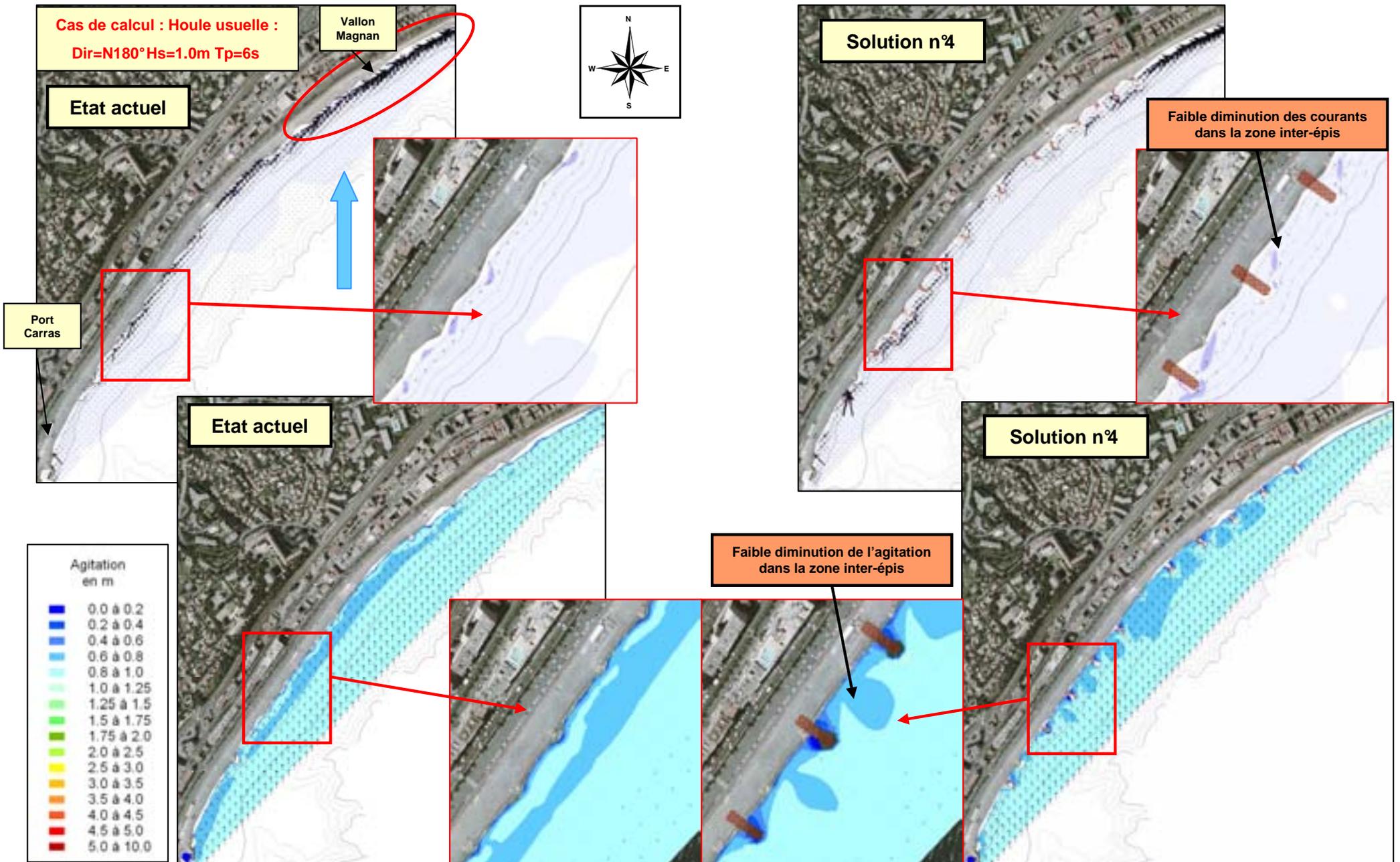
Pour leur structure, nous en proposons une analogue à celles des ouvrages de protection de l'émissaire de Fabron, c'est-à-dire un ouvrage en palplanches coiffé par un couvercle en béton (arasé à + 1,5 m) se prolongeant à l'extrémité côté mer par une jupe en béton venant couvrir les palplanches dans la zone où les galets peuvent être projetés sur les palplanches (cf. **Annexe VI-Figure 32**). Ceci permet d'éviter l'usure de ces dernières et améliore l'esthétique de l'ouvrage. Un dispositif analogue a été mis en œuvre sur le chantier de réalisation des épis de la protection du littoral des Bas-Champs (Somme) et donne de bons résultats. Les jupes en béton peuvent être prévues démontables afin de pouvoir les changer.

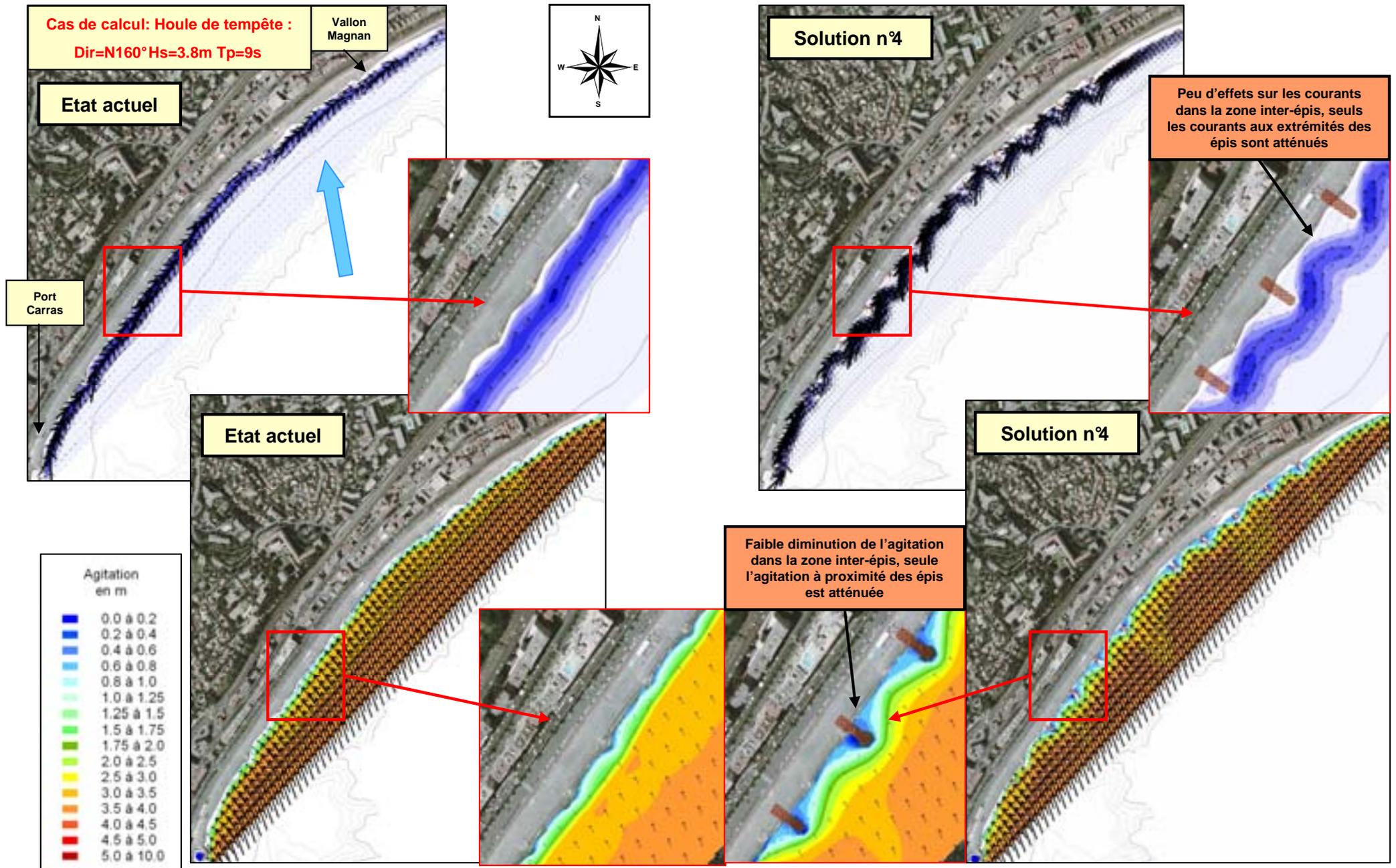
Une telle structure d'ouvrage apparaît bien adaptée pour les plages de galets. En effet, du fait des fortes pentes des talus de la plage, la tenue des enrochements est difficile à obtenir sur du long terme. De plus, elle est bien adaptée pour les activités balnéaires (plongeoir, pêche, etc.).



b. Modélisations numériques: ➤ Modèle MOPLA: Analyse des courants et de l'agitation devant la plage



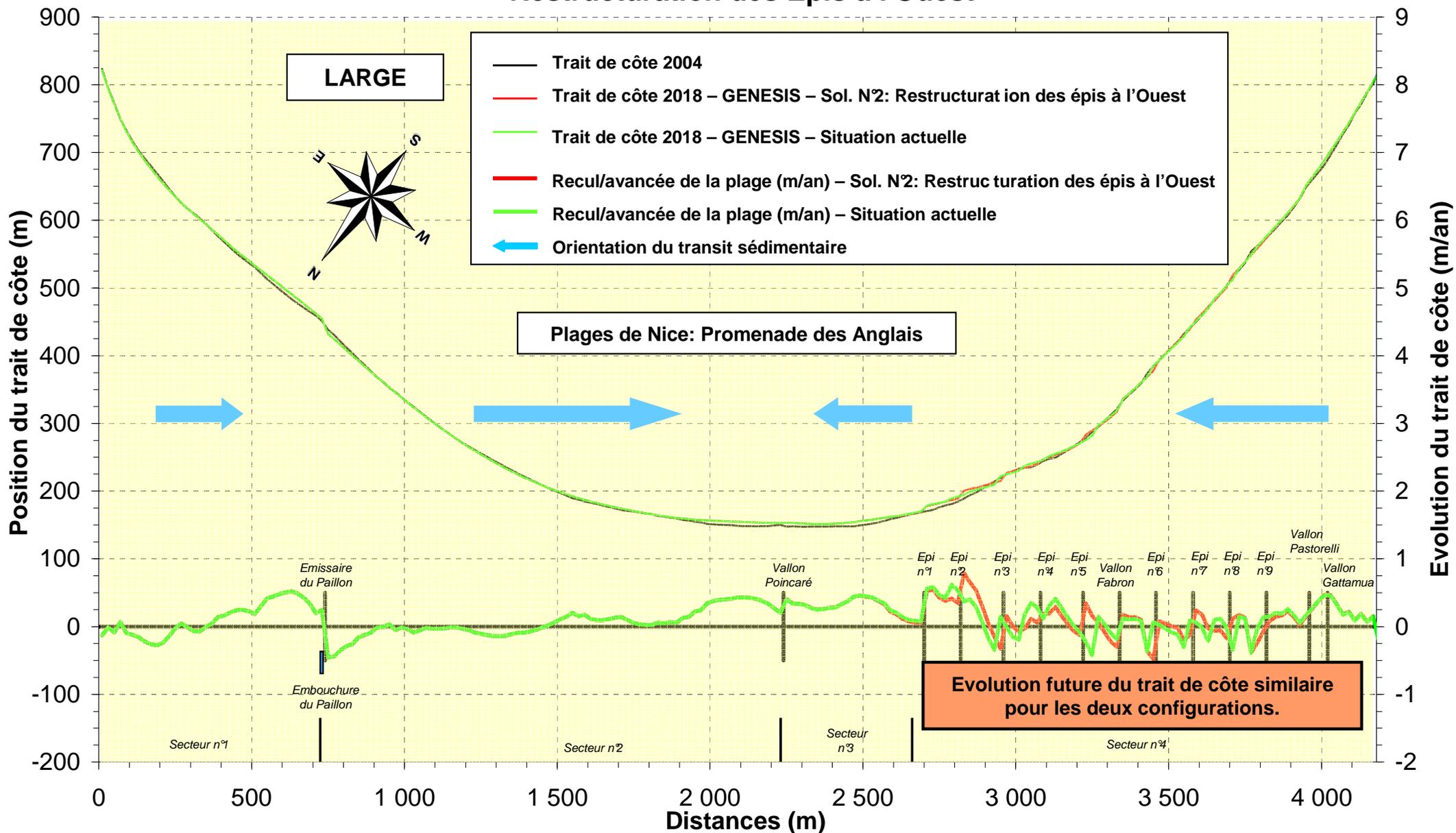




➤ **Modèle GENESIS: Tendence évolutive du trait de côte**

### Modèle 3 CANCA - EVOLUTION janvier 2004 - janvier 2018

#### Restructuration des Epis à l'Ouest



### c. Analyses et conclusion:

Le modèle d'évolution du trait de côte (GENESIS) montre que cette solution n'aura que peu d'effet d'un point de vue générale sur l'évolution de l'ensemble de plage. Par contre, à l'échelle des petites plages créées par les épis, le littoral va s'adapter aux nouveaux ouvrages avec l'apparition de zones en avancée à l'Ouest immédiat des épis et en recul à l'Est immédiat des épis.

Donc, la solution n°4 permet de limiter le nombre d'épis sur la plage et donc d'améliorer la qualité du site tout en ne détériorant pas les conditions hydrosédimentaires locales (érosion).

Cette solution n°4 qui consiste à reconstruire un nouveau système d'épis composé par 9 épis au lieu de 13 actuellement (en mauvais état), permet une faible atténuation de l'agitation au devant de la plage et donc des courants littoraux qui en découlent et qui sont responsables du transit littoral. **Cependant, cette atténuation de l'agitation et des courants littoraux est plus faible que celle engendrée par la solution n°3.** Ceci s'explique par un espacement des épis (de l'ordre de 130m) qui est supérieur à celui des épis actuels (75 à 105m).

Cependant, l'érosion actuelle sur la plage de Nice est en grande partie due à une érosion dans le profil, c'est-à-dire à une érosion vers le large engendrée par les fortes houles. Ainsi, comme cette solution n°4 diminue légèrement l'agitation, elle permet également de diminuer faiblement les pertes de matériaux vers le large.

Pour l'ensemble des critères	
	Bonne amélioration
	Amélioration moyenne
	Légère amélioration
	Equivalent à la situation actuelle
	Légèrement moins bon que la situation actuelle
	Pénalisant par rapport à la situation actuelle

En complément de cette solution, il est nécessaire de réaliser régulièrement des apports de matériaux (graviers/galets) de l'ordre de 14 500m<sup>3</sup>/an répartis sur l'ensemble de la plage suivant la figure présentée à la **page 76**.

**Cette solution n'apporte pas beaucoup d'amélioration par rapport à la solution n°3 et à le désavantage d'être chère (coût d'un épi de l'ordre de 450 à 500 000 €), ainsi nous ne la conseillons pas.**

#### Analyse multicritères de la solution n°4:

Solutions	Impact sur les herbiers	Impact sur la qualité des eaux, respect du SDAGE, DCE	Respect des activités	Efficacité pour lutter contre l'érosion	Efficacité pour lutter contre la submersion	Critère paysager – impact visuel	Pérennité de l'action	Difficultés de la réalisation	Coûts (€HT)
N°4: Restructuration des épis à l'Ouest	Aucun impact sur les herbiers de Cymodocées présents vers - 4/-5mIGN			Légère	Légère			Par voie terrestre et maritime	450 à 500 000€ par épi s'il est refait entièrement
Apports d'entretien de 14 500m <sup>3</sup> /an de matériaux				Permet de conserver la plage dans son état actuel			Nécessité de faire les rechargements régulièrement	Par voie terrestre	900 000 à 1 100 000

### VIII.4.5 Solution n°5: Suppression de tous les épis du Vallon Barla à l'épi n°13

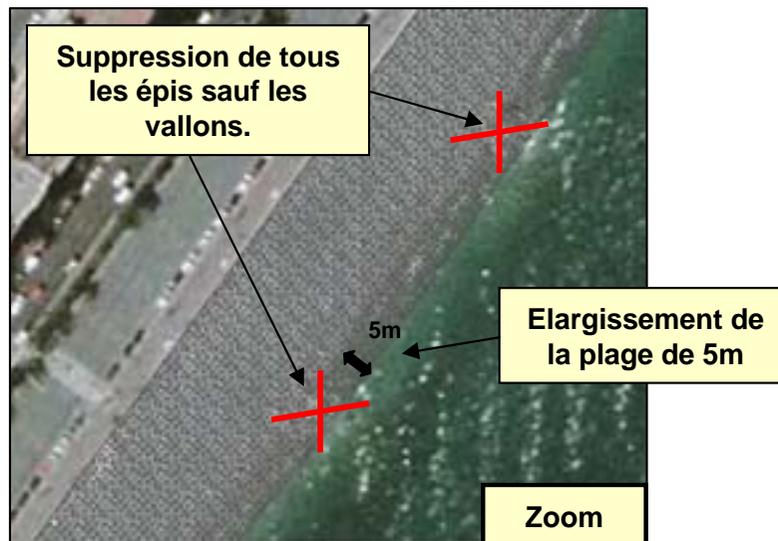
#### a. Principe:

La suppression de tous les épis peut être envisagée à condition de procéder simultanément à un apport de galets visant à élargir la plage.

Le but de cet élargissement est de ne pas avoir une réduction trop importante de la plage dans le secteur Ouest lors de longues périodes d'agitation d'Ouest ou dans la partie Est pour des agitations d'Est.

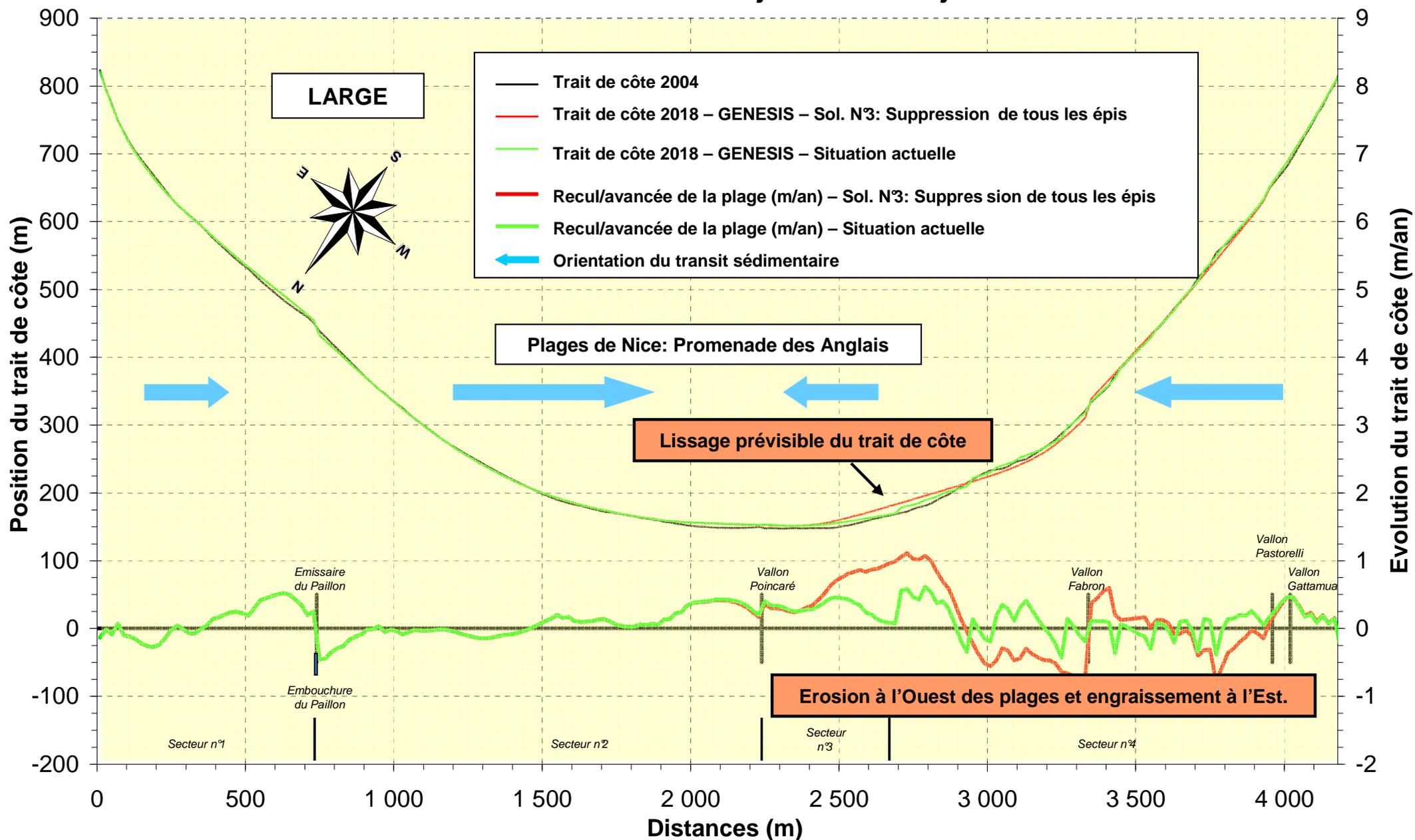
L'élargissement doit être au minimum de 5 m soit un apport initial de 60 000 m<sup>3</sup> environ. Ensuite des apports annuels de 5 000 à 7 000 m<sup>3</sup> devront être effectués pour assurer le maintien du volume de galets de la plage.

Dans cette option, l'entretien de la plage serait quasiment identique à l'actuel, mais il faudra considérer en particulier pour les plagistes que la largeur de la plage est identique à l'actuelle. La sur largeur obtenue par le rechargement initial est à considérer comme une réserve de sécurité.



➤ **Modèle GENESIS: Tendence évolutive du trait de côte**

### Modèle 3 CANCA - EVOLUTION janvier 2004 - janvier 2018



### c. Analyses et conclusion:

Le modèle d'évolution du trait de côte (GENESIS) prévoit une forte évolution du trait de côte par rapport à l'état actuel de la plage.

En effet, la suppression des épis transversaux va engendrer un lissage du trait de côte entre les vallons Pastorelli et Fabron et les vallons Fabron et Poincaré. Ainsi, sur le long terme les portions de plage indiquées précédemment vont avoir tendance à avancer sur leur partie Est et à reculer sur leur partie Ouest.

**Cette situation est mauvaise** pour les zones en érosion: plages Carras à Régence et plages du Vallon Fabron à la plage Bambou.

En effet, une réduction régulière de la largeur de ces plages engendrerait une fragilisation future du perré avec des risques de submersion de plage supérieurs à ceux actuels.

Pour l'ensemble des critères	
	Bonne amélioration
	Amélioration moyenne
	Légère amélioration
	Equivalent à la situation actuelle
	Légèrement moins bon que la situation actuelle
	Pénalisant par rapport à la situation actuelle

En complément de cette solution, il est nécessaire de réaliser régulièrement des apports de matériaux (graviers/galets) de l'ordre de 14 500m<sup>3</sup>/an répartis sur l'ensemble de la plage suivant la figure présentée à la **page 76**.

La solution n°5 ne peut être réalisée qu'en deux phases, l'une pour la partie Vallon Barla - Fabron, l'autre pour la partie Fabron - Epi 17. Cette solution présente l'avantage de supprimer tous les ouvrages et donc d'améliorer la qualité du site. Toutefois, la gestion de l'entretien peut s'avérer plus délicate qu'en l'état actuel.

**Cette solution n'est pas adaptée à la problématique actuelle de la plage et nous ne la recommandons pas.**

### Analyse multicritères de la solution n°5:

Solutions	Impact sur les herbiers	Impact sur la qualité des eaux, respect du SDAGE, DCE	Respect des activités	Efficacité pour lutter contre l'érosion	Efficacité pour lutter contre la submersion	Critère paysager – impact visuel	Pérennité de l'action	Difficultés de la réalisation	Coûts (€HT)
N°5: Suppression des épis à l'Ouest +Elargissement de la plage de 5m (+60 000m <sup>3</sup> )	Aucun impact sur les herbiers de Cymodocées présents vers -4/-5mIGN			Moins bon que la situation actuelle	Moins bon que la situation actuelle	Bonne		Par voie terrestre et maritime	Elargissement de 5m = 4 000 000
Apports d'entretien de 14 500m <sup>3</sup> /an de matériaux				Permet de conserver la plage dans son état actuel			Nécessité de faire les rechargements régulièrement	Par voie terrestre	900 000 à 1 100 000

### VIII.4.6 Solution n°6: Mise en place d'un système d'épis sur le reste de la plage à l'Est

#### a. Principe:

Le but de cette solution consiste à construire un système d'épis sur la partie Est de la cellule afin de limiter l'érosion et de stabiliser le trait de côte au maximum comme cela a été fait sur la partie Ouest de la cellule.

De plus, d'après la commune, les galets qui sont apportés régulièrement sur la plage Castel à l'extrémité Est de la cellule partent très rapidement (forte érosion) lorsqu'il y a de la forte houle. Ainsi, les épis transversaux sur ce secteur peuvent diminuer les pertes de galets qui s'effectuent par le transit littoral. Mais par contre, le rôle de ces épis est très limité pour la diminution des pertes de galets dans le profil, vers le large.



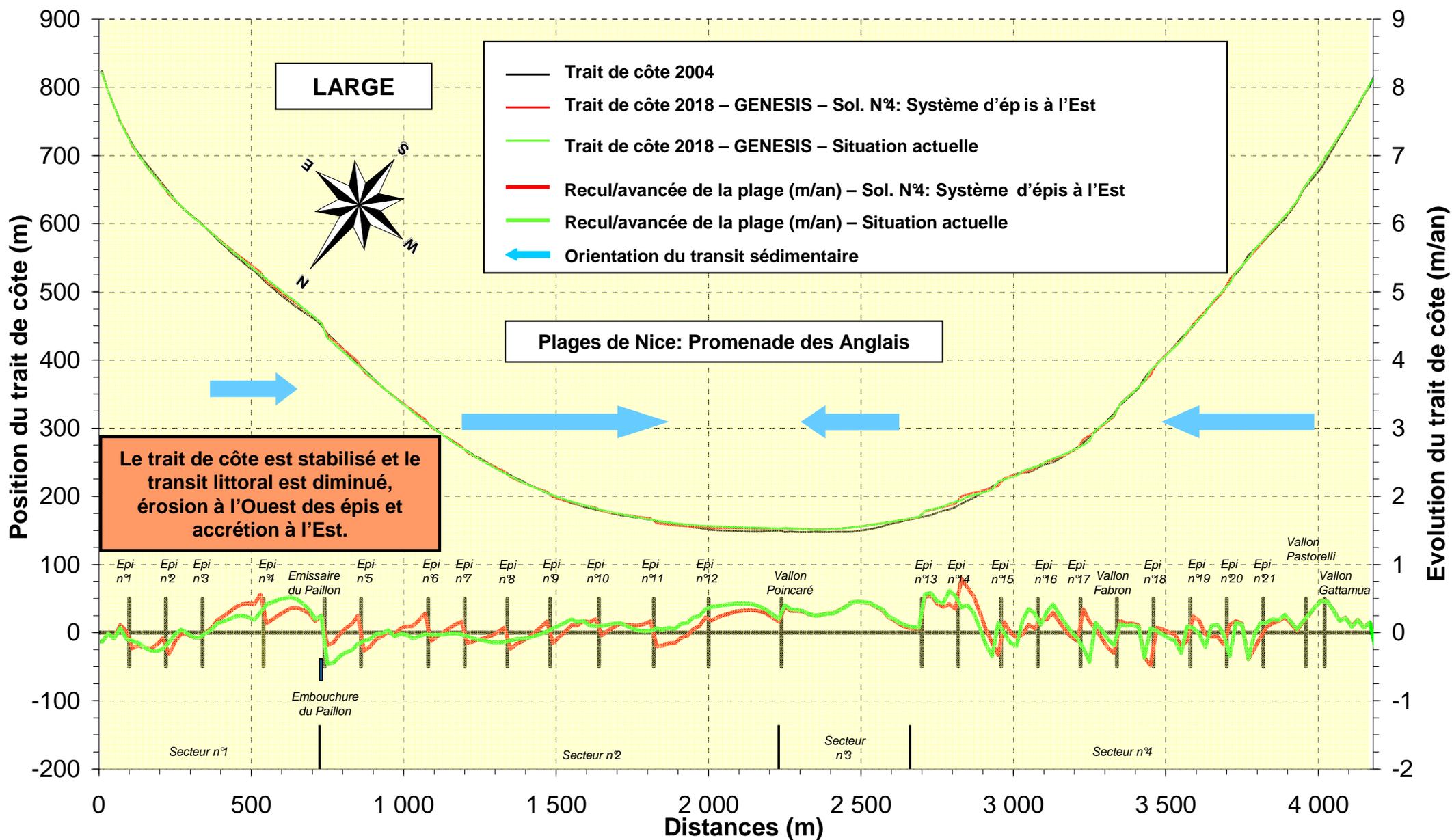
Comme pour la solution n°4, ces nouveaux épis auront une longueur de 45m, leur extrémité se situera à 60m du pied du perré et leur enracinement sera distant de 15m (*cf. figure ci-contre pour la vue d'ensemble + cf. zoom ci-contre*). Ces nouveaux ouvrages seront donc longs à la fois côté terre et côté mer et de ce fait assureront un bon cloisonnement de la plage ce qui favorisera son entretien.

Pour leur structure, nous en proposons une analogue à celles des ouvrages de protection de l'émissaire de Fabron, c'est-à-dire un ouvrage en palplanches coiffé par un couvercle en béton (arasé à + 1,5 m) se prolongeant à l'extrémité côté mer par une jupe en béton venant couvrir les palplanches dans la zone où les galets peuvent être projetés sur les palplanches (*cf. Annexe 6 - Figure 32*). Ceci permet d'éviter l'usure de ces dernières et améliore l'esthétique de l'ouvrage. Un dispositif analogue a été mis en œuvre sur le chantier de réalisation des épis de la protection du littoral des Bas-Champs (Somme) et donne de bons résultats. Les jupes en béton peuvent être prévues démontables afin de pouvoir les changer.

Une telle structure d'ouvrage apparaît bien adaptée pour les plages de galets. En effet, du fait des fortes pentes des talus de la plage, la tenue des enrochements est difficile à obtenir sur du long terme. De plus, elle est bien adaptée pour les activités balnéaires (plongeon, pêche, etc.).

➤ Modèle GENESIS: Tendence évolutive du trait de côte

### Modèle 3 CANCA - EVOLUTION janvier 2004 - janvier 2018



**c. Analyses et conclusion:**

Le modèle d'évolution du trait de côte (GENESIS) prévoit que la mise en place de ce système d'épis à l'Est va permettre de mieux stabiliser le trait de côte en constituant plusieurs portions de plages de l'ordre de 120 à 200m entrecoupées par les épis. De plus, le transit littoral va diminuer mais sera encore légèrement présent entraînant ainsi une tendance à l'érosion des plages à l'Ouest des épis et une accrétion à l'Est des épis.

Ce système d'épis présente les mêmes caractéristiques que le système d'épis à l'Ouest donc par équivalence les résultats obtenus avec le modèle MOPLA seront les mêmes, à savoir: atténuation des courants et de l'agitation devant la plage. Cependant, l'espacement est de l'ordre de 120 à 200m suivant les épis alors que pour les solutions n°1 et 2, ils étaient plus faibles. Ainsi, ces atténuations seront plus faibles que celles engendrées par les solutions n°1 et 2.

Cependant, l'érosion actuelle sur la plage de Nice est en grande partie due à une érosion dans le profil, c'est-à-dire à une érosion vers le large engendrée par les fortes houles. Ainsi, comme cette solution n°6 ne diminue que légèrement l'agitation, elle permet de diminuer que faiblement les pertes de matériaux vers le large.

Pour l'ensemble des critères	
	Bonne amélioration
	Amélioration moyenne
	Légère amélioration
	Equivalent à la situation actuelle
	Légèrement moins bon que la situation actuelle
	Pénalisant par rapport à la situation actuelle

En complément de cette solution, il est nécessaire de réaliser régulièrement des apports de matériaux (graviers/galets) de l'ordre de 14 500m<sup>3</sup>/an répartis sur l'ensemble de la plage suivant la figure présentée à la **page 76**.

**Cette solution n'apporte pas beaucoup d'amélioration par rapport à la solution actuelle et à le désavantage d'être chère (coût d'un épi de l'ordre de 450 à 500 000 €) et d'avoir un impact visuel extrêmement négatif, ainsi nous ne la conseillons pas.**

**Analyse multicritères de la solution n°6**

Solutions	Impact sur les herbiers (cymodocées)	Impact sur la qualité des eaux, respect du SDAGE, DCE	Respect des activités	Efficacité pour lutter contre l'érosion	Efficacité pour lutter contre la submersion	Critère paysager – impact visuel	Pérennité de l'action	Difficultés de la réalisation	Coûts (€HT)
N°6: Mise en place d'un système d'épis à l'Est	Aucun impact sur les herbiers de Cymodocées présents vers - 4/-5mIGN			Légère	Légère	Pénalisant		Par voie terrestre et maritime	450 à 500 000€ par épi s'il est refait entièrement
Apports d'entretien de 1 4 500m <sup>3</sup> /an de matériaux				Permet de conserver la plage dans son état actuel			Nécessité de faire les rechargements régulièrement	Par voie terrestre	900 000 à 1 100 000

#### VIII.4.7 Solution n°7: Mise en place de digues sous-marines.

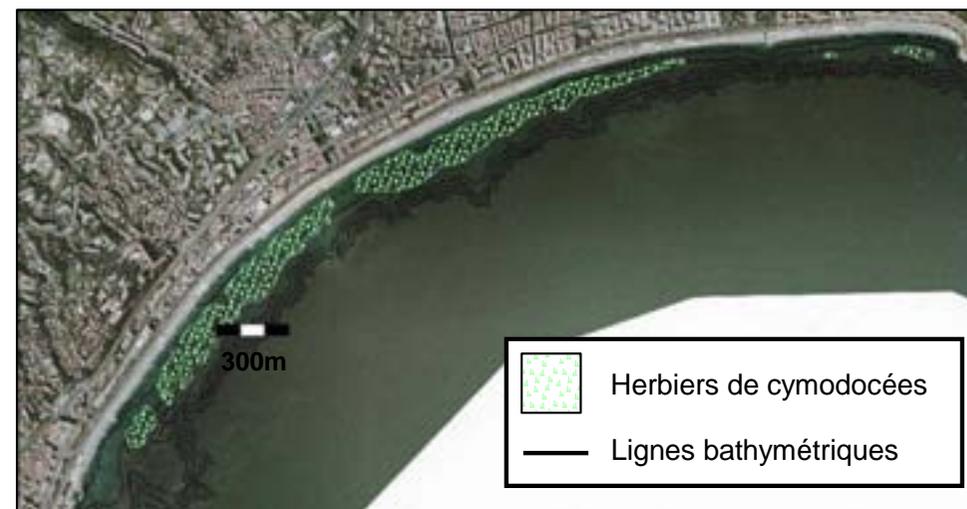
##### a. Principe:

Le principe de cette solution est la mise en place d'ouvrages parallèles au littoral permettant d'atténuer la houle incidente.

L'efficacité de ce type de solution dépend de la localisation de l'ouvrage (distance par rapport au trait de côte) et de sa côte d'arase (quantité d'eau au dessus de l'ouvrage). La plage de Nice est constituée de galets donc il n'est pas possible d'envisager des digues sous-marines en géotextile, seules les digues en enrochements peuvent être envisageables.

Des herbiers de cymodocées sont présents tout le long de la plage avec une limite haute située aux alentours de -4/-5mIGN et à une quarantaine de mètres de la plage.

De manière générale, une digue sous-marine est efficace lorsqu'elle est arasée entre -1 et -2mIGN de sorte que la houle ressente sa présence et déferle en passant au-dessus de l'ouvrage. Sur cette plage, la seule localisation possible pour mettre une digue sous-marine est entre 0 et -4mIGN. Or, la distance entre la côte et -4mIGN est seulement de 30 à 40m, ce qui est trop peu pour que la digue soit efficace.



La figure ci-dessus présente la localisation des herbiers de posidonies superposée à la bathymétrie

**b. Conclusion: cette solution de digues sous-marines parallèles au rivage n'est pas envisageable pour protéger la plage de Nice.**

#### VIII.4.8 Solution n°8: Mise en place de plaques immergées devant le littoral pour faire atténuer la houle.

##### a. Principe:

Le principe de cette solution est la mise en place de plaques immergées au large de la plage permettant d'atténuer la houle incidente.

Cette solution est inefficace et inadaptée pour la plage de Nice car ces plaques sont efficaces seulement pour une période de houle donnée alors que devant la plage le spectre de houle est très large.

De plus, cette solution, par ailleurs très coûteuse, a été expérimentée à Barcelone au niveau du port olympique en 1992 et s'est révélée être inefficace.

**b. Conclusion: cette solution de plaques immergées n'est pas envisageable pour protéger la plage de Nice.**

## VIII.5 ANALYSE MULTI-CRITERES DES SOLUTIONS ETUDIEES

Pour comparer les différentes solutions étudiées, une analyse multicritères a été réalisée.

Les critères de comparaison pris en compte dans le cadre de cette analyse sont les suivants :

- Efficacité hydraulique des solutions d'aménagement,
- Efficacité sédimentaire des solutions d'aménagement,
- Préservation de la qualité de l'environnement : impact éventuel des solutions sur les posidonies et sur la qualité de l'eau de la plage,
- Intégration visuelle et paysagère des solutions envisagées de façon à ne pas endommager la qualité paysagère de la plage de Nice,
- Contraintes d'utilisation du site : respect des usages et des activités qui s'y déroulent (baignade, ski nautique, plaisance),
- Les difficultés de réalisation en phase chantier,
- Les coûts d'investissements.

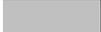
Pour une meilleure communication, cette analyse est présentée sous forme graphique en évaluant chaque critère selon une échelle de couleur qui doit permettre de visualiser rapidement les avantages et inconvénients de chaque solution.

Pour l'ensemble des critères	
	Bonne amélioration
	Amélioration moyenne
	Légère amélioration
	Equivalent à la situation actuelle
	Légèrement moins bon que la situation actuelle
	Pénalisant par rapport à la situation actuelle

L'échelle de couleur qui a été utilisée dans le cadre de l'analyse multicritères des solutions de protection de la plage de Nice est la suivante :

## Analyse multicritères des solutions étudiées (2)

Solutions	Faisabilité	Efficacité pour lutter contre l'érosion	Efficacité pour lutter contre la submersion	Critère paysager – impact visuel	Critères environnementaux (Cymodocées + Qualité des eaux)	Difficulté de réalisation	Critère de prix
N°1: Apports de matériaux de l'ordre de 15 000m³/an pour l'entretien de la plage	Oui	Permet de conserver la plage dans son état actuel	Permet de conserver la plage dans son état actuel		Aucun impact sur les herbiers de Cymodocées présents vers -4/-5mIGN	Voie terrestre	900 000 à 1 100 000
N°2: Réfection des épis actuels + apports d'entretien	Oui	Légère	Quasi-nulle			Voies terrestre	50 à 80 000€ par épi s'il est refait entièrement
N°3: Réfection et allongement des épis actuels + apports d'entretien	Oui	Moyenne	Légère	Moins bon que la situation actuelle		Voies terrestre et maritime	450 à 500 000€ par épi s'il est refait entièrement
N°4: Reconstruction du système d'épis à l'Ouest + apports d'entretien	Oui	Légère	Légère			Voies terrestre et maritime	450 à 500 000€ par épi s'il est refait entièrement
N°5: Suppression des épis sur la partie Barla / épi n°13 associée à un élargissement minimum de la plage de 5m (+60 000m³)	Oui mais difficulté à trouver les matériaux	Moins bon que la situation actuelle	Moins bon que la situation actuelle	Bonne		Voies terrestre et maritime	Elargissement de la plage de 5m = 4 000 000
N°6: Mise en place d'un système d'épis à l'Est de la cellule	Oui	Légère	Légère	Pénalisant		Voies terrestre et maritime	450 à 500 000€ par épi s'il est refait entièrement
N°7: Mise en place de digues sous-marines	Non envisageable	Moyenne	Bonne	Pénalisant		Voies terrestre et maritime	Solution à ne pas envisager et bien trop chère
N°8: Mise en place de plaques immergées devant le littoral	Oui ?	Quasi-nulle	Inefficace	Bonne		Voie maritime	Solution à ne pas envisager et bien trop chère

Pour l'ensemble des critères	
	Bonne amélioration
	Amélioration moyenne
	Légère amélioration
	Equivalent à la situation actuelle
	Légèrement moins bon que la situation actuelle
	Pénalisant par rapport à la situation actuelle

### L'analyse multicritères montre :

- Que la solution n°7 n'est pas envisageable,
- Que les solutions les plus intéressantes du point de vue de l'efficacité sont, (classées en ordre décroissant d'efficacité) :  
Solutions n°3, n°4, n°6, (ainsi que la n°7 mais elle est non envisageable ici)

- Que les solutions n'ont pas d'impact vis-à-vis des herbiers de cymodocées, hormis la solution n°7 (raison pour laquelle cette solution n'est pas envisageable)
- Que seules les solutions n°6 et n°7 ont un impact visuel négatif sur la qualité paysagère du site et également à moindre niveau la solution n°3 à cause de l'allongement des épis. Notons que la solution n°5 présente un impact visuel très positif puisque les épis sont enlevés et la plage élargie mais les apports devront être réalisés sur plusieurs années.

## VIII.6. ACTIONS NON REALISABLES

La commune fait preuve d'une très grande volonté d'agir pour lutter contre l'érosion de sa plage.

Ci-dessous est présentée une liste d'actions pour lutter contre l'érosion mais qui ne sont pas envisageables pour les plages de Nice.

### Ouvrages maritimes lourds :

Cependant la présence des herbiers de cymodocée ne permet pas d'imaginer la mise en place d'ouvrages maritimes tels que :

La mise en place de brise-lames permettrait de diminuer l'agitation au devant des plages et réduirait ainsi l'érosion et les risques de submersion sans pour autant éradiquer complètement les problèmes. La mise en place de ce type d'ouvrage n'est pas envisageable d'une part à cause de la présence des herbiers de cymodocées qui sont une espèce protégée et d'autre part car la pente des fonds est trop pentue (de l'ordre de 10% pour les plages de galets) ce qui entrainerait la mise en place d'ouvrages avec un dimensionnement colossal.

### Digue flottante :

De plus, la mise en place d'une digue flottante (cf. Monaco) pourrait être envisagée mais représente un coût beaucoup trop important pour la commune (plusieurs dizaines de millions d'euros).

### Système Ecoplage® :

Le système Ecoplage® freine l'érosion et favorise le dépôt de sédiments sur la plage. Ecoplage® est un système de drainage de la plage, basé sur le principe d'infiltration de l'eau dans un milieu poreux (le sable) non saturé en eau.

Ce système ne peut fonctionner que pour des plages de sable donc n'est pas envisageable pour les plages de Nice.

### **Conclusion:**

La plage de Nice est en érosion de l'ordre de 15 000m<sup>3</sup>/an et cette érosion est essentiellement due aux pertes de matériaux dans le profil vers le large.

La présence des herbiers de cymodocées proche de la côte et les fonds abruptes devant la plage empêchent la réalisation d'ouvrages maritimes parallèles à la côte tels que des digues sous-marines immergées ou bien des brise-lames.

Ainsi, aucune des solutions proposées précédemment ne permet de résoudre le problème d'érosion dans le profil.

**Nous préconisons fortement la continuation des apports annuels qui constituent la garantie du maintien de la largeur actuelle de la plage ainsi que la réfection des épis présents actuellement à l'Ouest de la cellule sédimentaire.** En effet, si les épis sont laissés dans leur état actuel qui est dégradé, cela engendrera de plus en plus d'entretien et conduira à entreprendre à moyen terme (quelques années) la reconstruction des ouvrages.

Cette réfection des épis peut être phasée dans le temps avec par exemple la reconstruction de deux épis par an.

Les solutions n°1, 2 et 3 présentent le meilleur rapport qualité/prix pour l'entretien de la plage de Nice.

Compte tenu de l'importante hauteur de berme actuelle de la plage ainsi que la largeur moyenne conséquente des plages de l'ordre de 30m, les plages ne sont pas directement menacées par la future montée des eaux.

Nous recommandons fortement à la commune de faire un suivi de l'évolution de ses plages :

- **Réaliser un levé topo-bathymétrique tous les 5 ans à la même période (fin de la période estivale).**
- Noter et archiver les apports de sable effectués (année, volume, localisation, etc...).

Le suivi de la largeur de la plage tel qu'il a été entrepris depuis octobre 1991, à raison de trois levés par an, doit être poursuivi, car il constitue un élément indispensable pour analyser l'évolution de la plage.

A la fin de la période estivale (octobre), nous préconisons à la commune de Nice de déplacer les galets vers le haut de la plage pour créer des bourrelets de galets qui vont permettre de limiter les pertes de matériaux pendant les tempêtes hivernales.

Ensuite, pendant la période hivernale d'octobre à mars, nous conseillons à la commune de ne pas régaler ni de remodeler les plages comme c'est le cas durant la période estivale. En effet, à cause des tempêtes récurrentes en période hivernale, la plage se modèle naturellement : forte pente au niveau du jet de rive, puis, création d'un petit bourrelet au bord et ensuite la plage est quasi-plane en remontant vers le haut de plage. Il faut que la commune laisse la plage comme elle est sans vouloir la remodeler car c'est la meilleure protection à adopter pour lutter contre l'érosion hivernale.