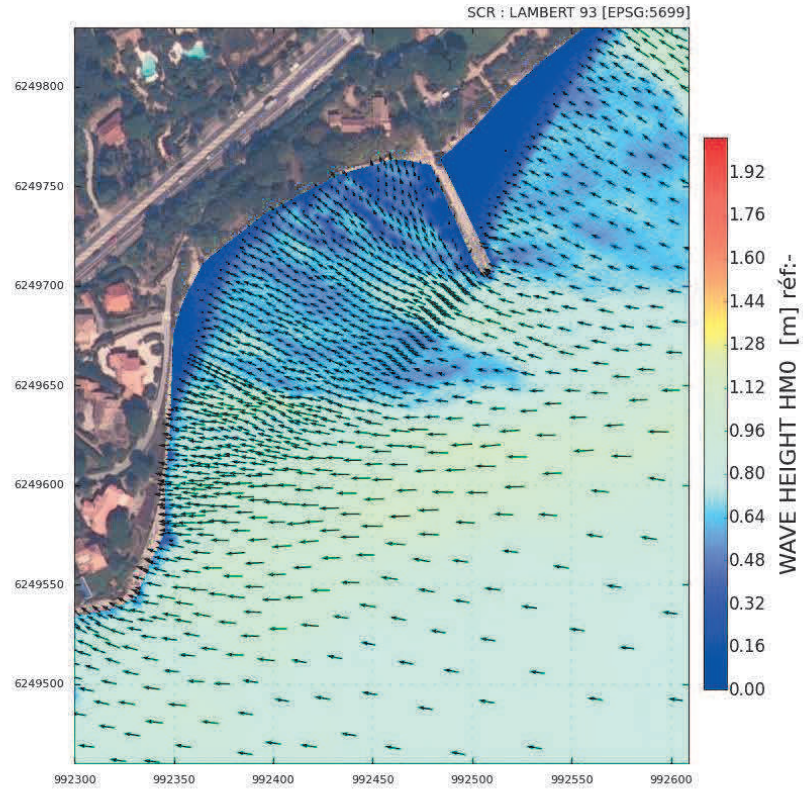


5.2.5 CAS 5 – Période de retour 10 ans – Direction 95°N

5.2.5.1 Plan de vagues

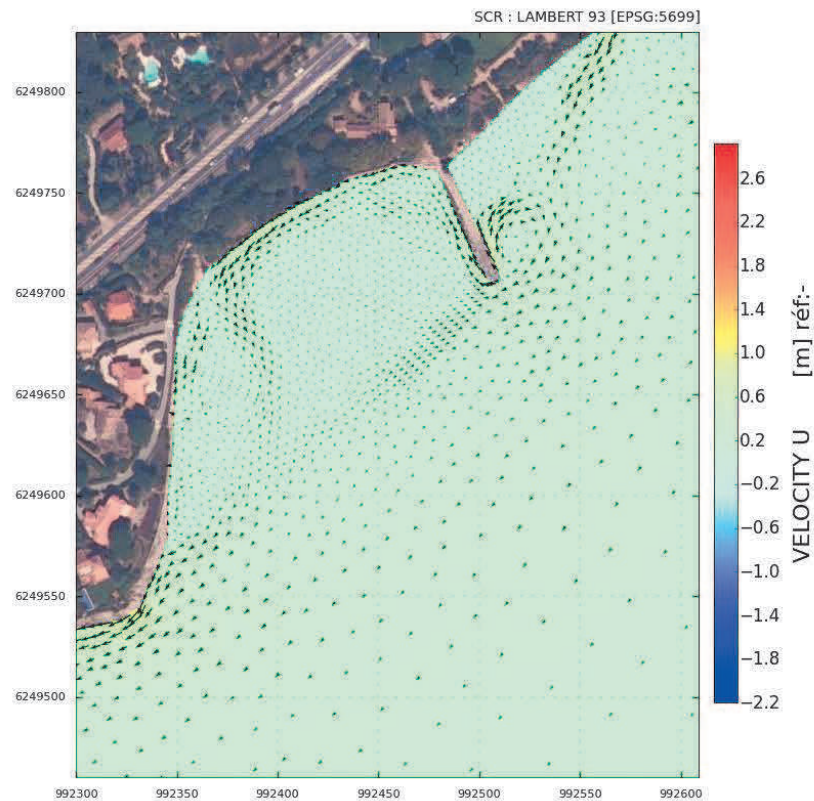


ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

Plan de vagues (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 95°)

Les vagues incidentes annuelles de direction 95N au large sont généralement de l'ordre de 1.4m.

5.2.5.2 Courants induits par les vagues



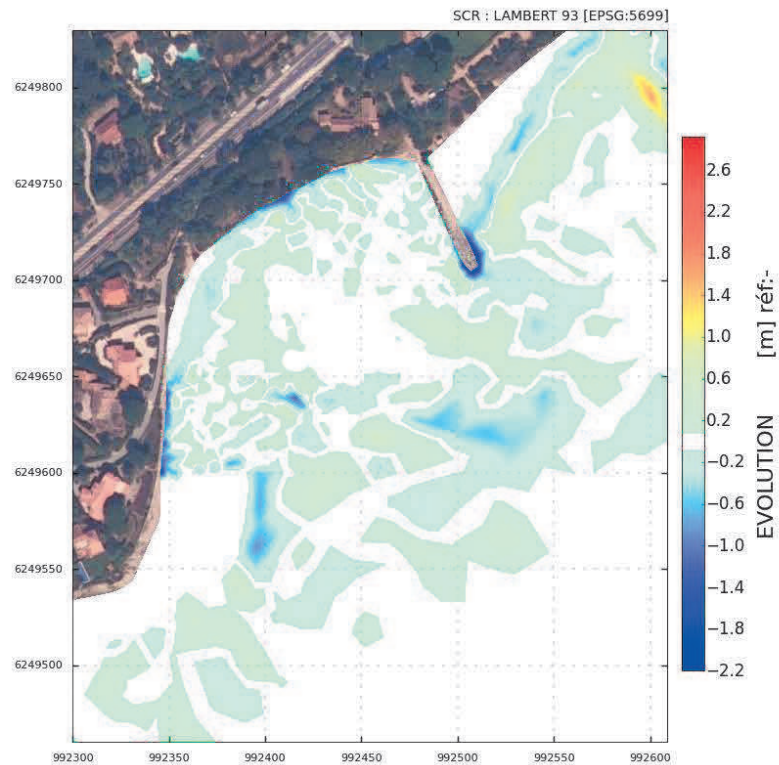
ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

Courants induits par les vagues (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 95°)

La circulation induite par les courants de vague suit la direction générale présentée par l'étude de faisabilité.

Les éléments géométriques de la plage ont pour effet de générer des recirculations locales complexes prises en compte par le modèle. Comme dans le cas annuel, on retrouve la mise en place d'une intense dérive littorale plaquée contre l'épi puis qui suit la berme de la plage. Cette veine est par la suite défléchie vers le large en présence de variations dans le profil de plage.

5.2.5.3 Incidence sur les dépôts et érosions



ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

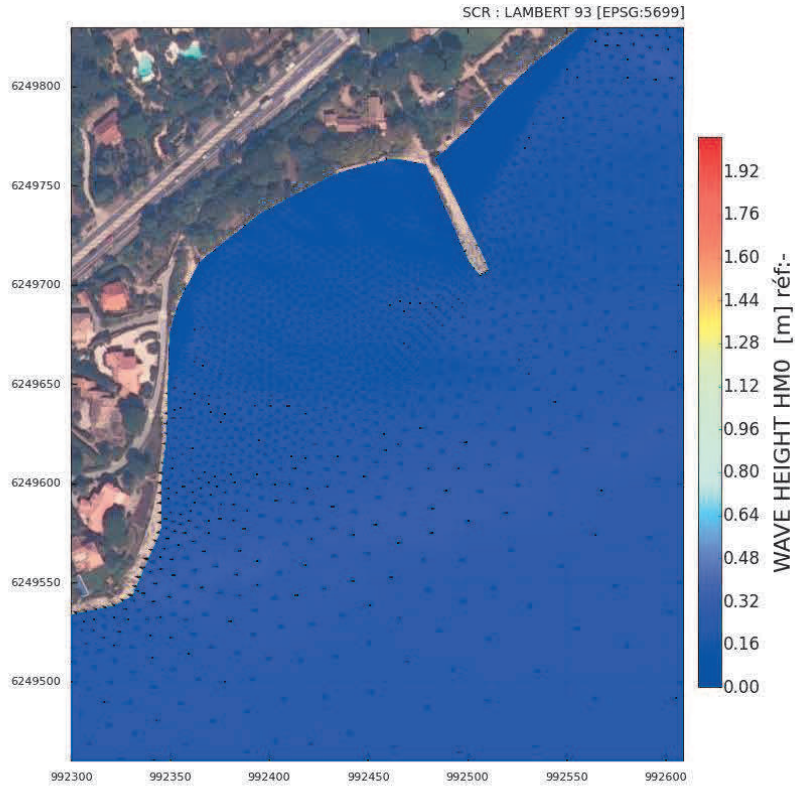
Evolutions bathymétriques (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 95°)

Sous l'effet des conditions météo océaniques considérées, on note une érosion généralisée du haut de plage. Le modèle numérique met en évidence des dépôts importants en pied de profil de plage.

Les évolutions les plus marquées se produisent au niveau du musoir de l'épi est.

5.2.6 CAS 6 – Période de retour 10 ans – Direction 115°N

5.2.6.1 Plan de vagues

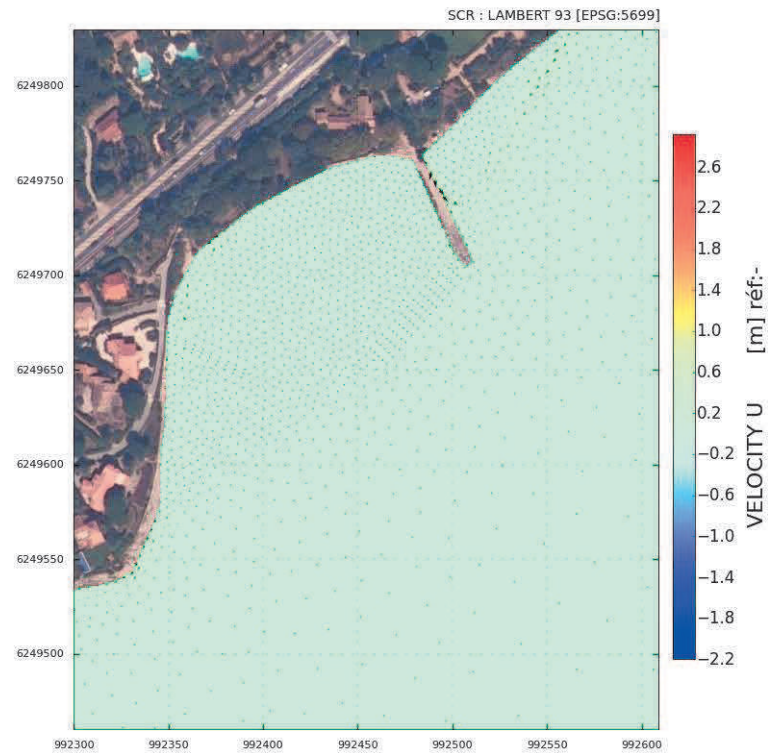


ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

Plan de vagues (Au large : $H_s=2.0m$, direction= 115°)

Les vagues incidentes annuelles de direction 115N au large sont généralement de l'ordre de 0.5m.

5.2.6.2 Courants induits par les vagues

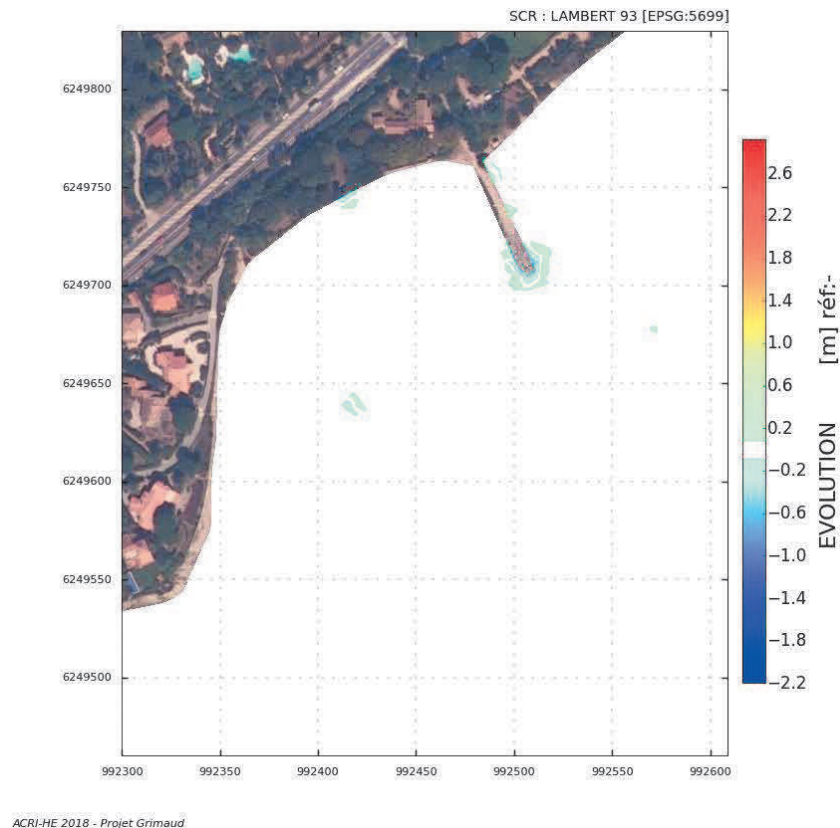


ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

Courants induits par les vagues (Au large : $H_s=2.0m$, direction= 115°)

La circulation induite par les courants pour le cas considéré de vagues annuelles provenant de secteur 115N est faible. Les courants sont généralement inférieurs à 0.25m/s

5.2.6.3 Incidence sur les dépôts et érosions



Evolution bathymétriques (Au large : $H_s=2.0m$, direction= 115°)

Sous l'effet des conditions météo océaniques considérées, les courants et les agitations ne sont pas suffisantes pour induire des modifications bathymétriques significatives.

Les évolutions les plus marquées se produisent au niveau du musoir de l'épi est.

5.2.7 Synthèse sur l'état initial

Les simulations réalisées ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

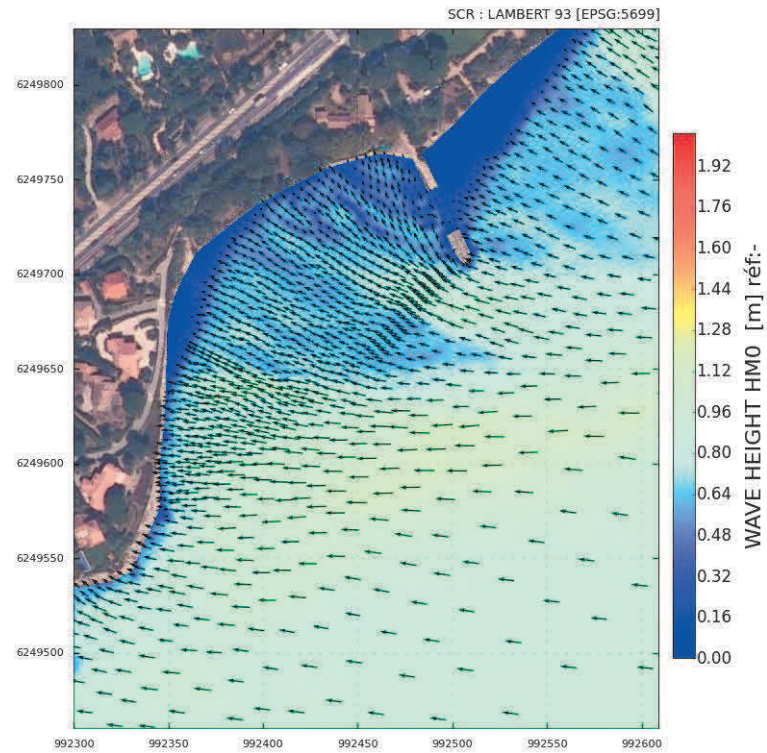
- La zone d'intérêt en cas de tempêtes annuelles est soumise à une érosion généralisée ; cette érosion est accentuée dans le cas d'une tempête décennale sans pour autant modifier les zones d'érosion et de dépôts ;
- La dérive littorale mise en évidence par l'étude de faisabilité est bien reproduite par le modèle numérique avec une composante orientée de l'est vers l'ouest ;
- L'épi a pour effet de dévier la dérive littorale vers le large ; ceci est un phénomène généralement induit par ce type d'ouvrages perpendiculaires à la côte ; toutefois on note que dans le cas du Vieux Moulin, la présence de l'épi et la morphologie des fonds induisent une circulation complexe qui induit un déplacement vers l'est de la zone d'infléchissement de la dérive littorale ;
- Les effets les plus marquées en terme d'érosion sont observables dans le cas des tempêtes de secteur 75N et 95N ; le cas 115N n'induit que de faibles vagues et de courants

dans la zone du Vieux Moulin ; ces forçages sont trop faibles pour induire des évolutions significatives des fonds marins.

5.3 Aménagement épi Est

5.3.1 CAS 1 – Période de retour 1 an – Direction 75°N

5.3.1.1 Plan de vagues

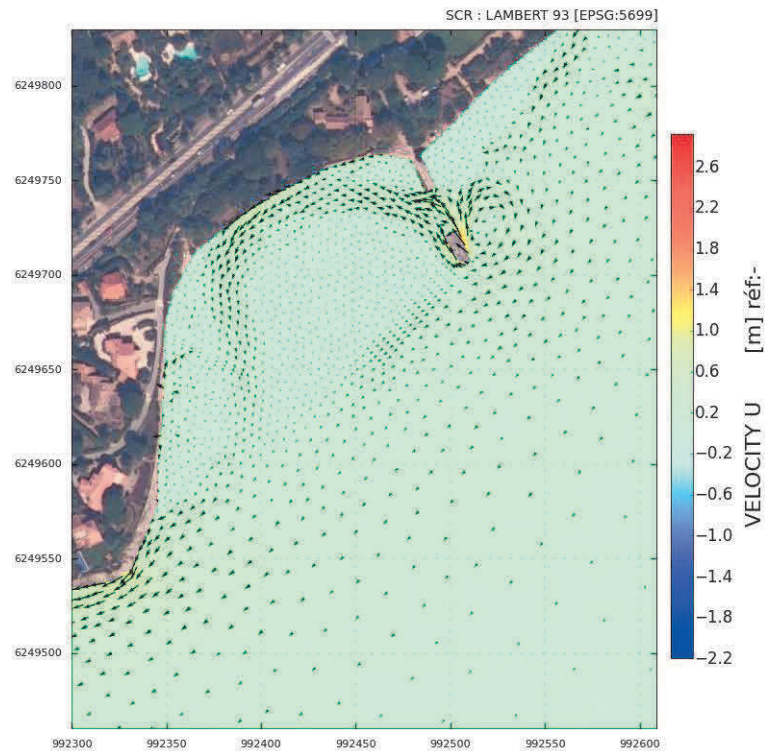


ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

Plan de vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°)

L'ouverture d'une brèche dans l'épi n'a pas d'effet sur la propagation des vagues.

5.3.1.2 Courants induits par les vagues



ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

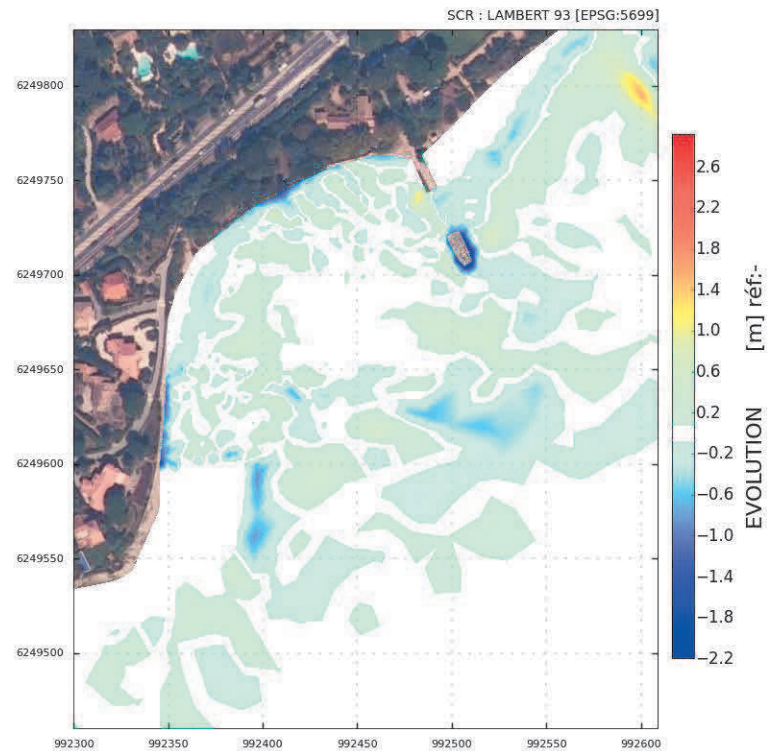
Courants induits par les vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°)

L'ouverture de la brèche dans l'épi a pour effet de :

- réduire l'intensité du vortex qui se développe à l'est de l'épi,
- déplacer vers l'ouest la veine de la dérive littorale qui longe l'épi, induisant une zone de calme au niveau du pied de l'épi.

Cet aménagement n'a pas d'effet en cas de tempête annuelle de secteur 75N sur la circulation générale.

5.3.1.3 Incidence sur les dépôts et érosions



ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Evolution bathymétriques (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°)

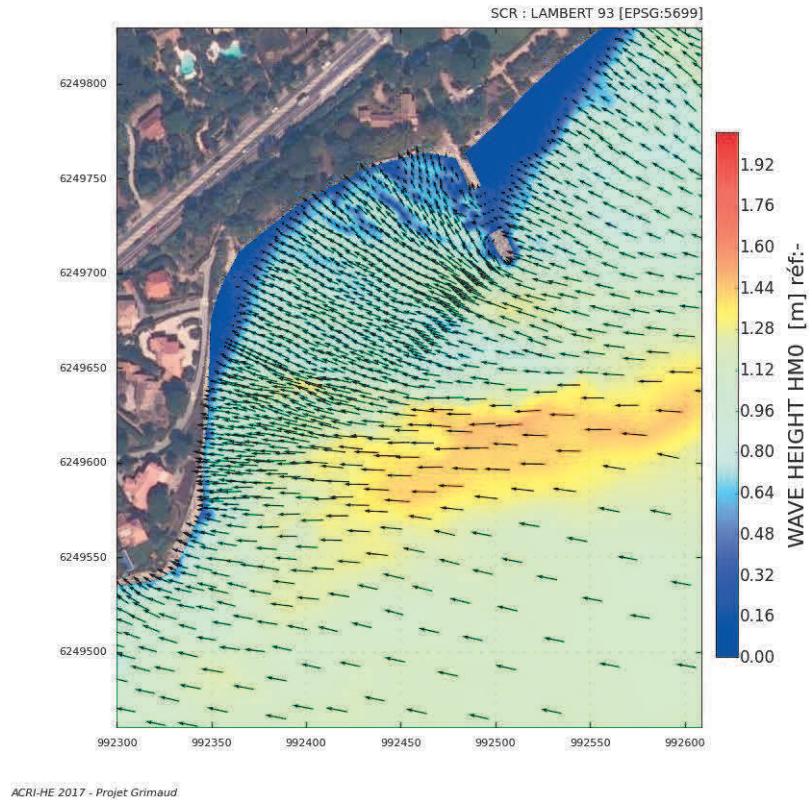
L'ouverture de la brèche permet un échange sédimentaire entre les deux compartiments délimités par l'épi.

L'incidence de l'aménagement est locale.

On note un dépôt à l'ouest de l'épi, ainsi qu'une réduction de l'érosion au niveau du pied de l'épi.

5.3.2 CAS 2 – Période de retour 10 ans – Direction 75°N

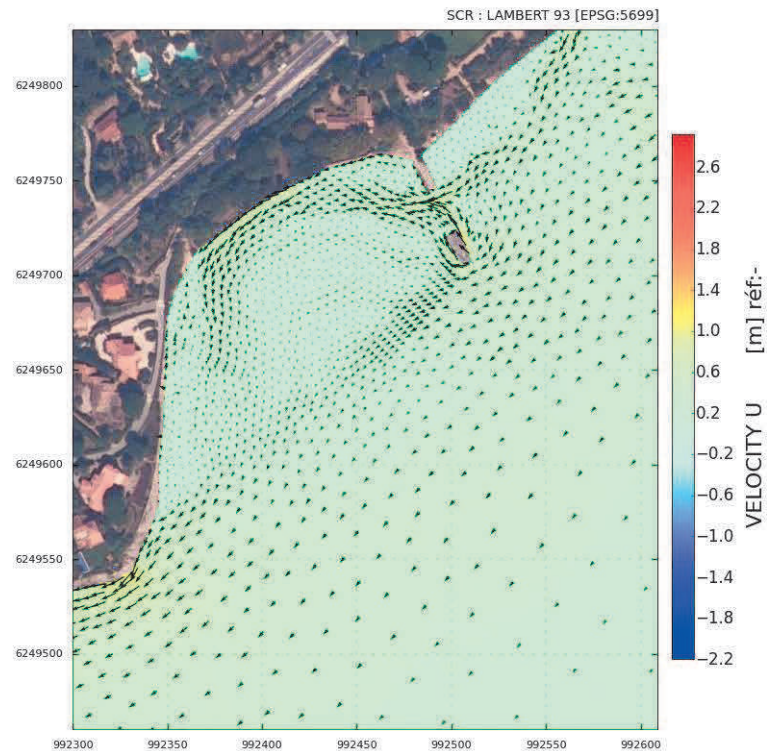
5.3.2.1 Plan de vagues



Plan de vagues (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°)

L'ouverture d'une brèche dans l'épi n'a pas d'effet sur la propagation des vagues.

5.3.2.2 Courants induits par les vagues



ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

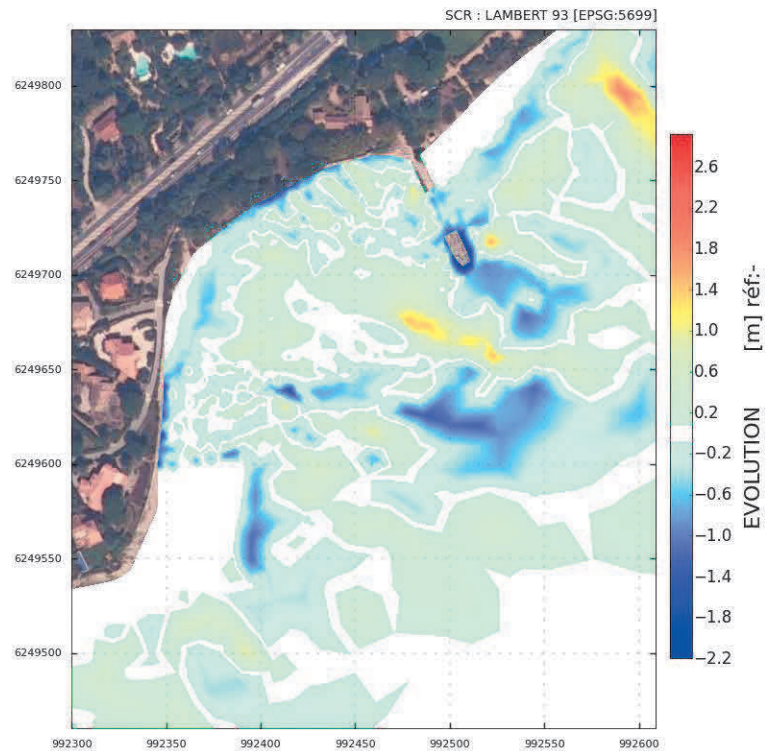
Courants induits par les vagues (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°)

L'ouverture de la brèche dans l'épi a pour effet de :

- réduire l'intensité du vortex qui se développe à l'est de l'épi,
- déplacer vers l'ouest la veine de la dérive littorale qui longe l'épi, induisant une zone de calme au niveau du pied de l'épi.

Cet aménagement n'a pas d'effet en cas de tempête annuelle de secteur 75N sur la circulation générale.

5.3.2.3 Incidence sur les dépôts et érosions



ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Evolutions bathymétriques (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°)

L'ouverture de la brèche permet un échange sédimentaire entre les deux compartiments délimités par l'épi.

L'incidence de l'aménagement est locale.

On note un dépôt à l'ouest de l'épi, ainsi qu'une réduction de l'érosion au niveau du pied de l'épi.

Dans l'ensemble pour ces conditions de mer, l'effet de l'ouverture de la brèche est faible par rapport aux érosions induites et la brèche ne permet pas de maintenir le haut de plage.

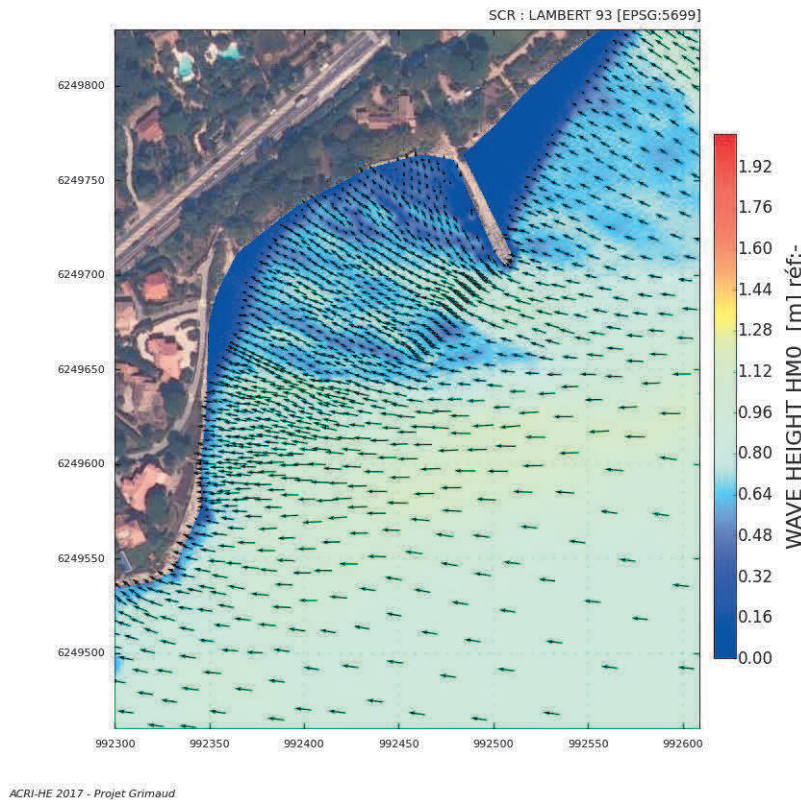
5.4 Aménagement submergé

Pour rappel, 2 configurations ont été modélisées pour l'étude d'un ouvrage immergé :

- ❖ En variante V1, la cote de la crête de l'ouvrage est fixée à 1.5m sous le niveau de la mer.
- ❖ En variante V2, la cote de la crête de l'ouvrage est fixée à 0.3m sous le niveau de la mer.

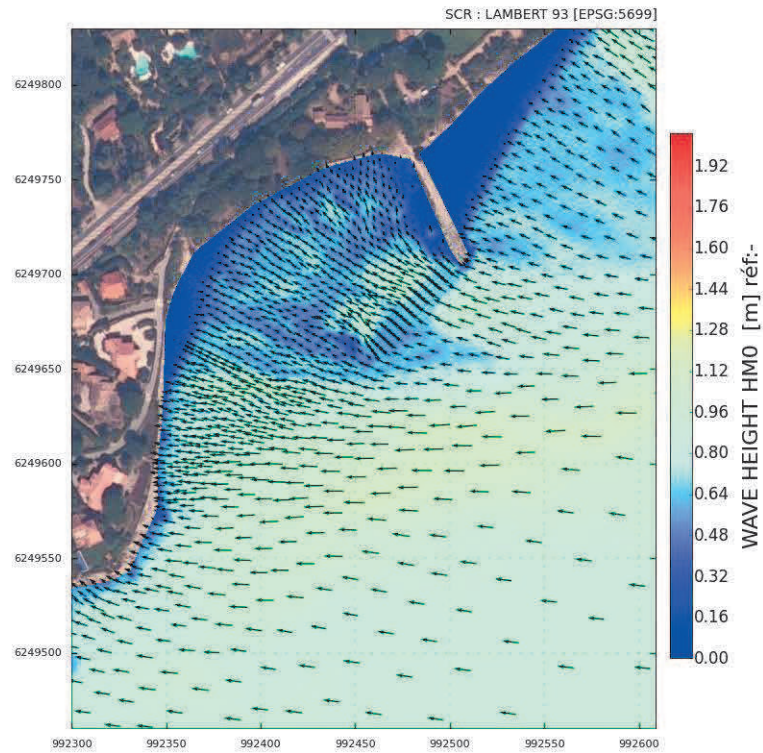
5.4.1 CAS 1 – Période de retour 1 an – Direction 75°N

5.4.1.1 Plan de vagues



Plan de vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°) – V1

Le plan de vagues dans le cas d'un aménagement submergé dans le prolongement de l'épi existant, n'induit qu'une modification localisée des hauteurs de vagues. L'efficacité d'un tel ouvrage n'est perceptible que lorsque les vagues peuvent ressentir la présence de l'ouvrage. En l'occurrence, les conditions annuelles sont trop faibles pour qu'une augmentation des fonds de l'ordre de 50m réduise les niveaux de vagues.

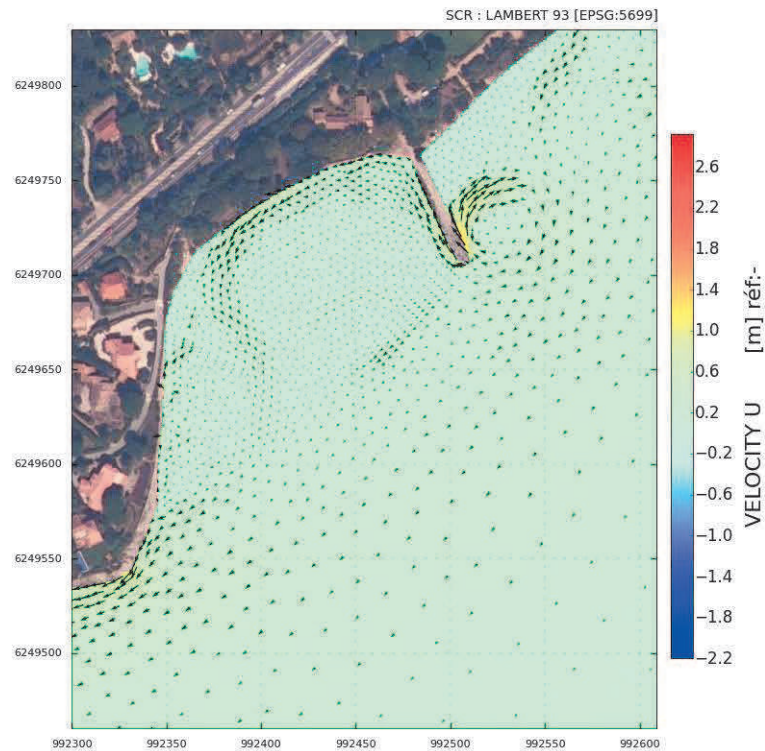


ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Plan de vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°) – V2

La présence d'une structure immergée à une cote de 0.3m permet de réduire significativement les hauteurs de vagues de 0.5m dans le cas des conditions annuelles.

5.4.1.2 Courants induits par les vagues



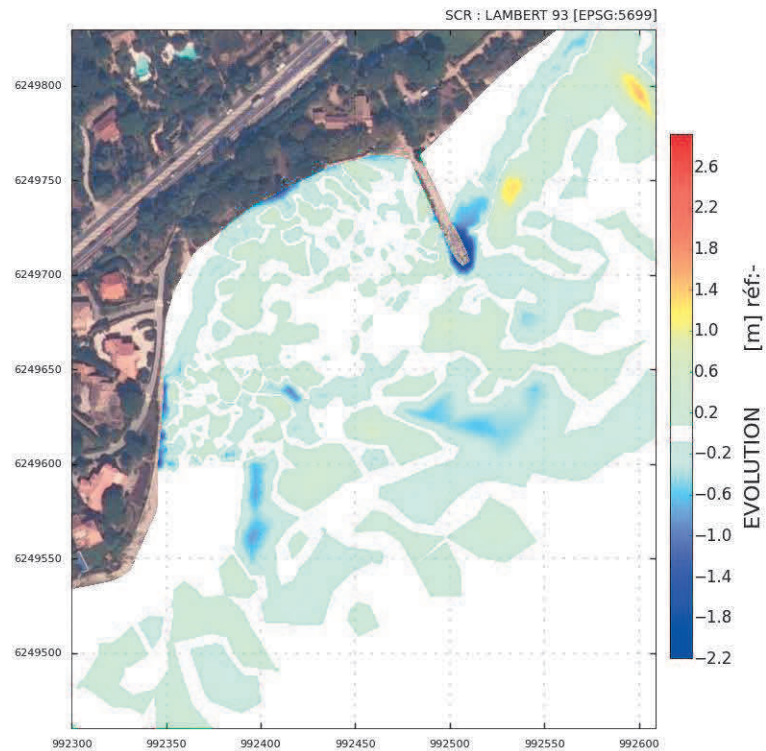
ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

Courants induits par les vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°)

La présence de l'ouvrage induit une légère augmentation des courants au niveau de la face côté large de l'ouvrage. Ces courants induits par les vagues sont orientés dans le sens général de la dérive littorale.

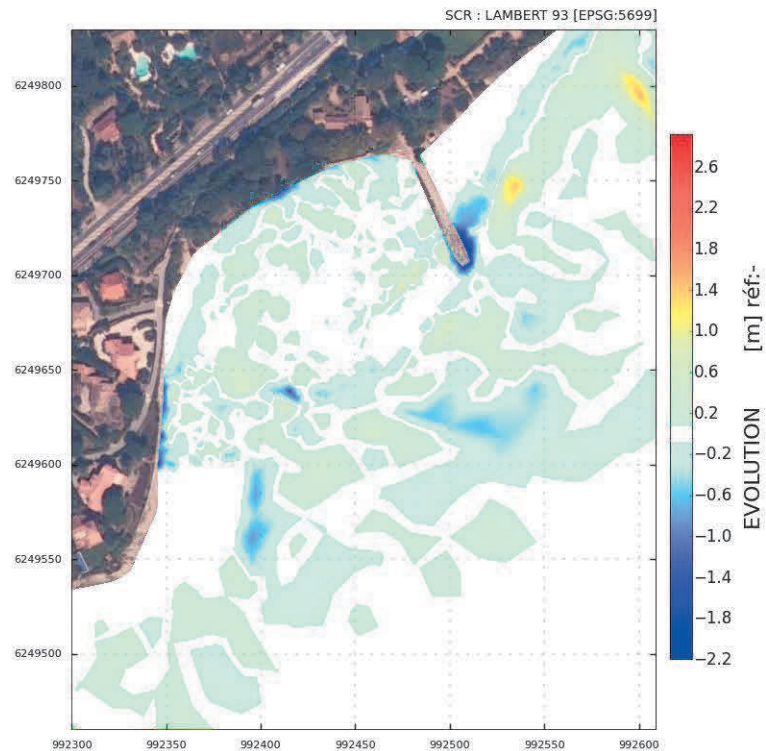
La présence de l'ouvrage immergé permet également de réduire légèrement les courants au niveau du pied de l'épi.

5.4.1.3 Incidence sur les dépôts et érosions



ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Evolutions bathymétriques (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°) – Variante V1



ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

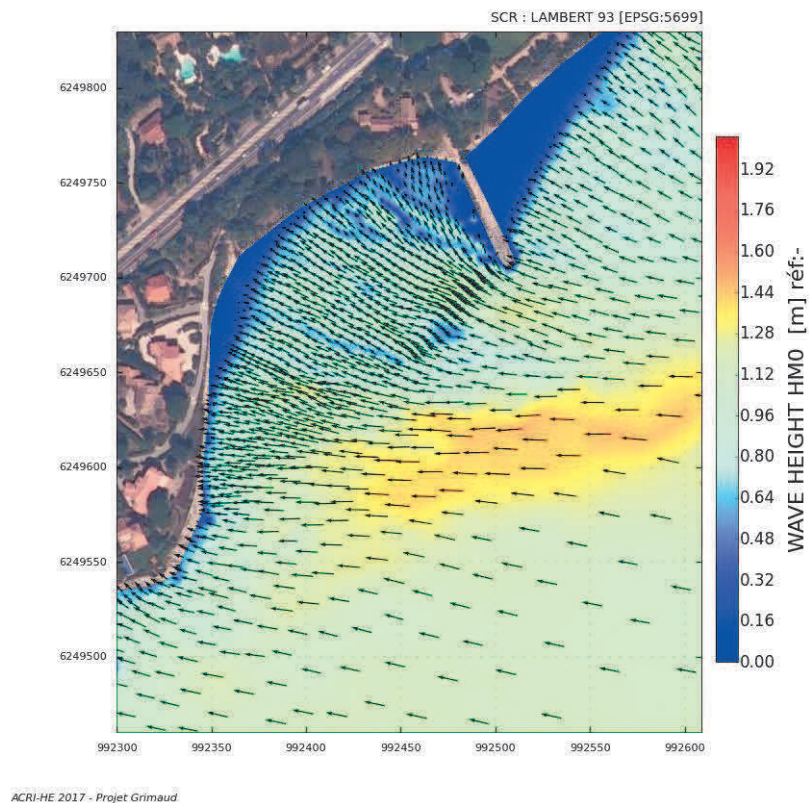
Evolutions bathymétriques (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°) – Variante V2

La présence de l'ouvrage submergé modifie peu la dynamique sédimentaire générale.

On note uniquement des dépôts plus importants côté large de l'ouvrage et une très légère diminution de l'érosion au niveau du pied de l'épi.

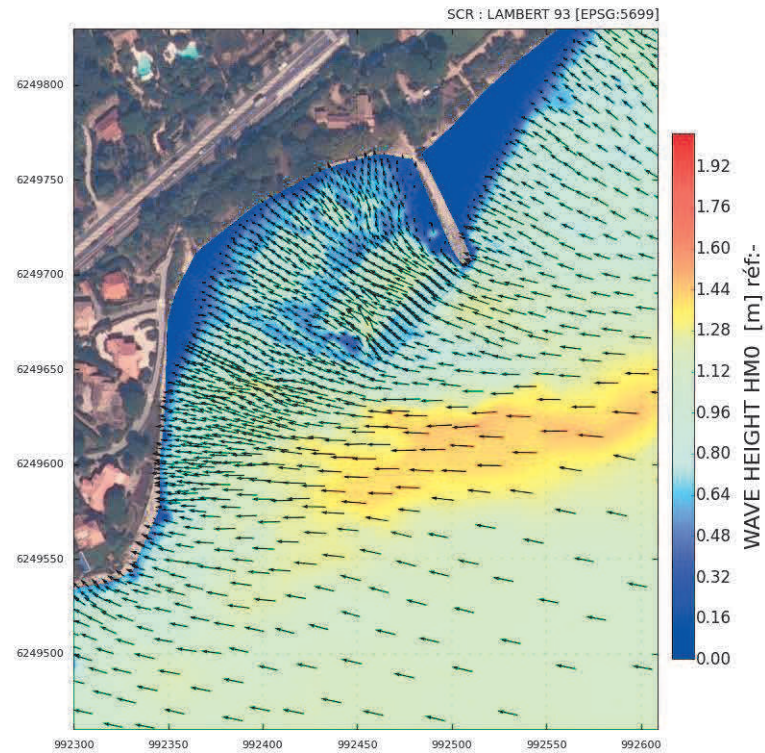
5.4.2 CAS 2 – Période de retour 10 ans – Direction 75°N

5.4.2.1 Plan de vagues



Plan de vagues (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°) – V1

Le plan de vagues dans le cas d'un aménagement submergé dans le prolongement de l'épi existant, n'induit qu'une modification localisée des hauteurs de vagues. L'efficacité d'un tel ouvrage n'est perceptible que lorsque les vagues peuvent ressentir la présence de l'ouvrage. En l'occurrence, les conditions annuelles sont trop faibles pour qu'une augmentation des fonds de l'ordre de 50m réduise les niveaux de vagues.

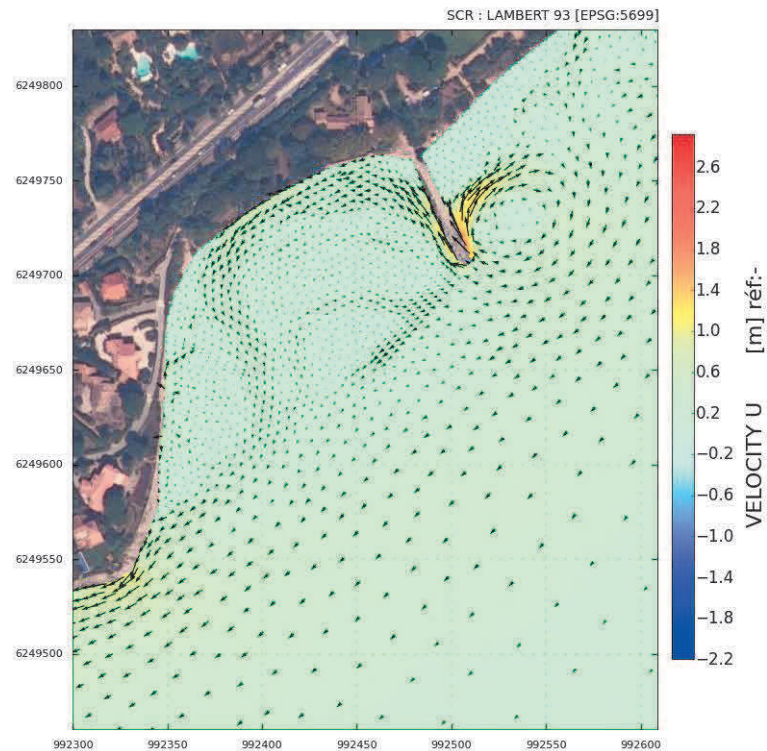


ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Plan de vagues (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°) - V2

La présence d'une structure immergée à une cote de 0.3m permet de réduire significativement les hauteurs de vagues de 0.7m dans le cas des conditions annuelles.

5.4.2.2 Courants induits par les vagues



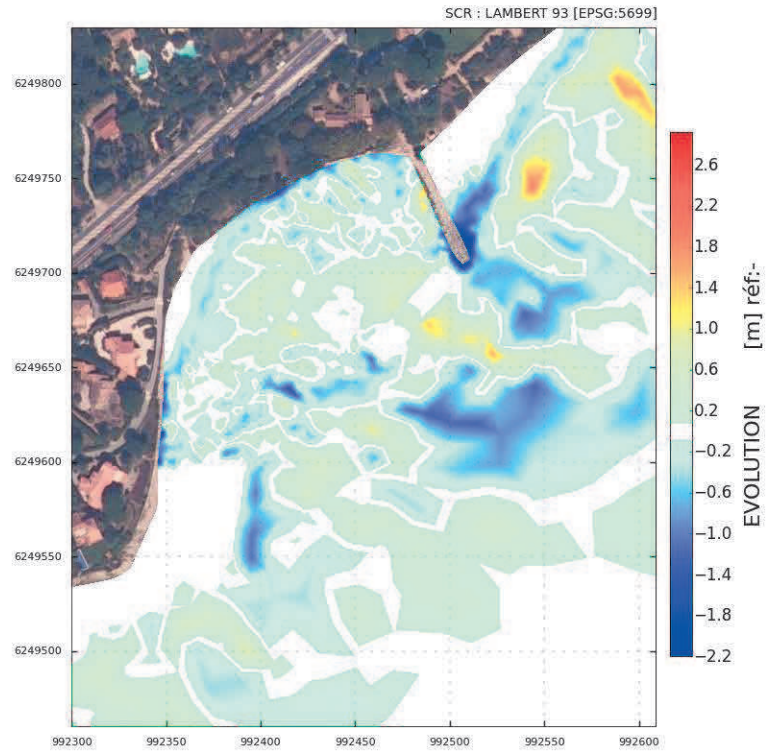
ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

Courants induits par les vagues (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°)

La présence de l'ouvrage induit une augmentation des courants au niveau de la face côté large de l'ouvrage. Ces courants induits par les vagues sont orientés dans le sens général de la dérive littorale.

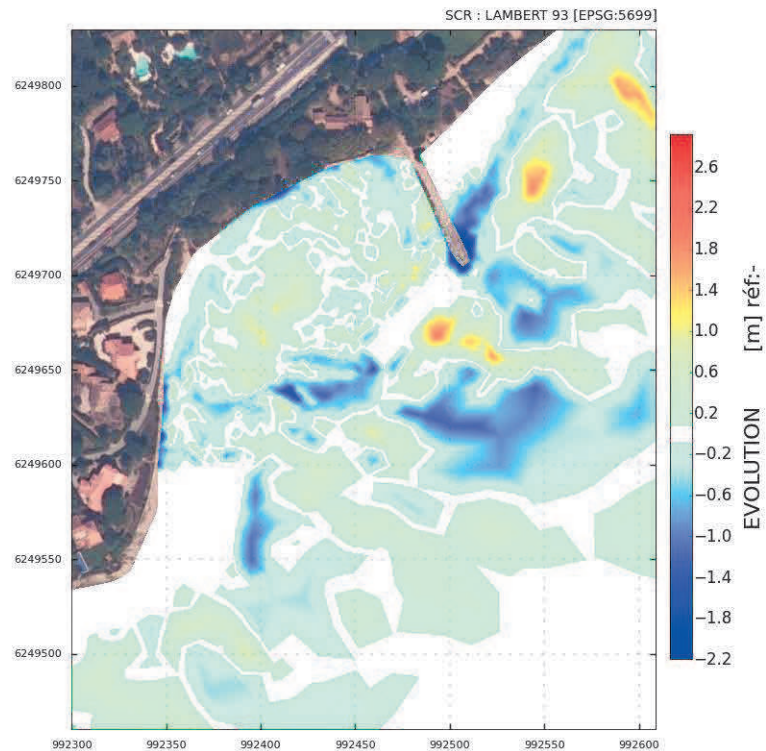
La présence de l'ouvrage immergé permet également de réduire légèrement les courants au niveau du pied de l'épi.

5.4.2.3 Incidence sur les dépôts et érosions



ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Evolutions bathymétriques (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°) – variante V1



ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Evolutions bathymétriques (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°) – variante V2

La présence de l'ouvrage submergé modifie peu la dynamique sédimentaire générale.

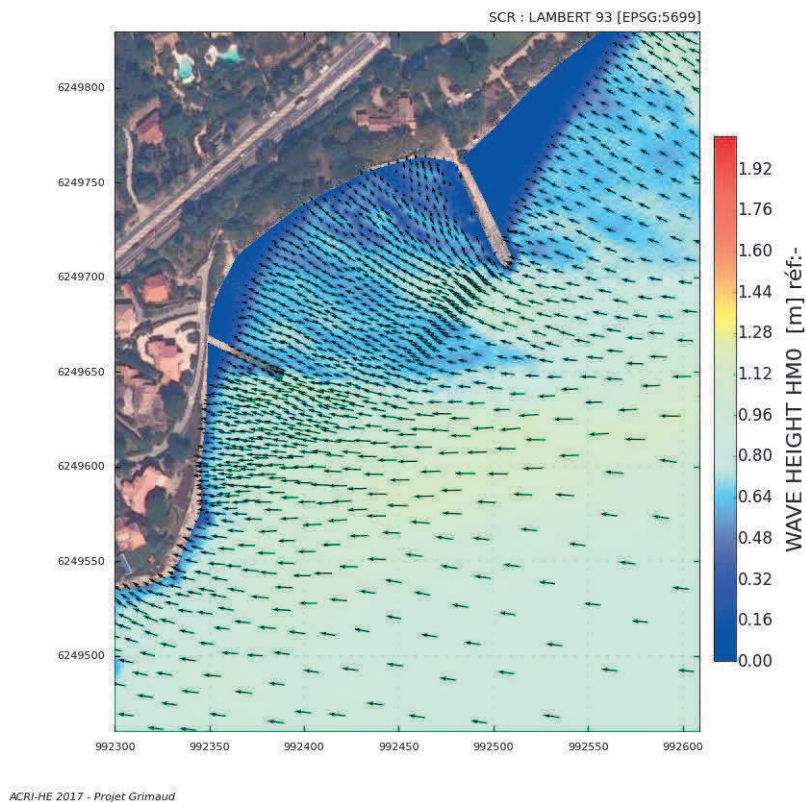
On note des dépôts plus importants côté large de l'ouvrage et une très légère diminution de l'érosion au niveau du pied de l'épi.

Une augmentation du niveau de la crête permet un dépôt plus important entre l'ouvrage et la plage.

5.5 Aménagement d'un épi Ouest

5.5.1 CAS 1 – Période de retour 1 an – Direction 75°N

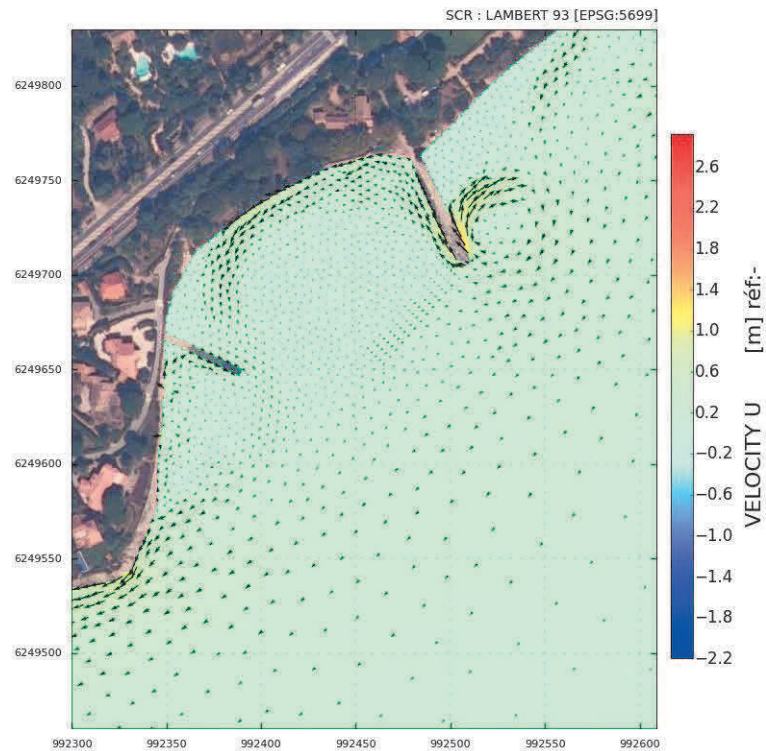
5.5.1.1 Plan de vagues



Plan de vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°)

La construction d'un épi à l'ouest de la plage ne modifie pas la dynamique des vagues par rapport à l'état initial.

5.5.1.2 Courants induits par les vagues

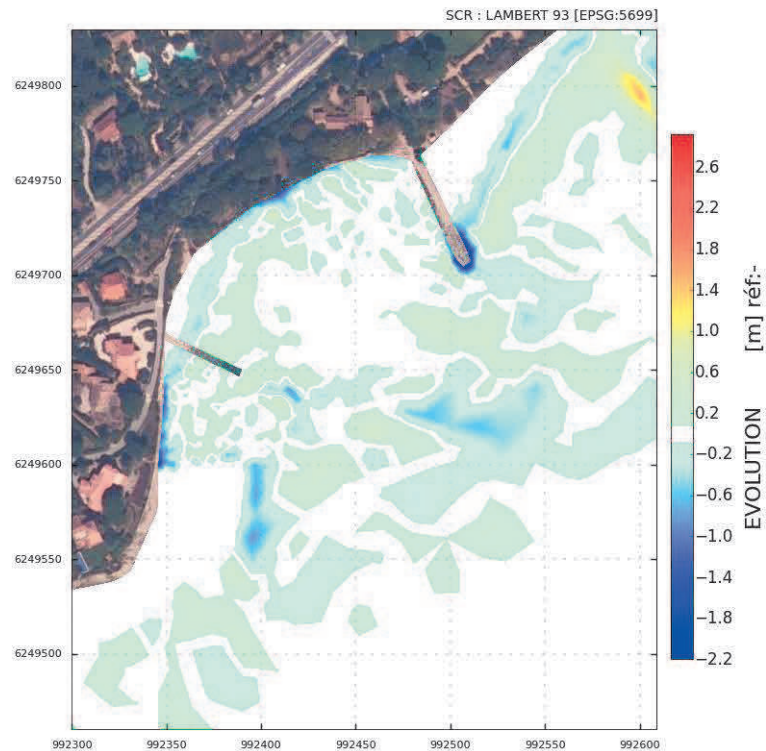


ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

Courants induits par les vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°)

Ce nouvel épi n'a qu'un effet local sur la dynamique. On note une inversion de direction de la dérive littorale au sud du nouvel épi et une intensification de la dérive au nord de l'épi.

5.5.1.3 Incidence sur les dépôts et érosions



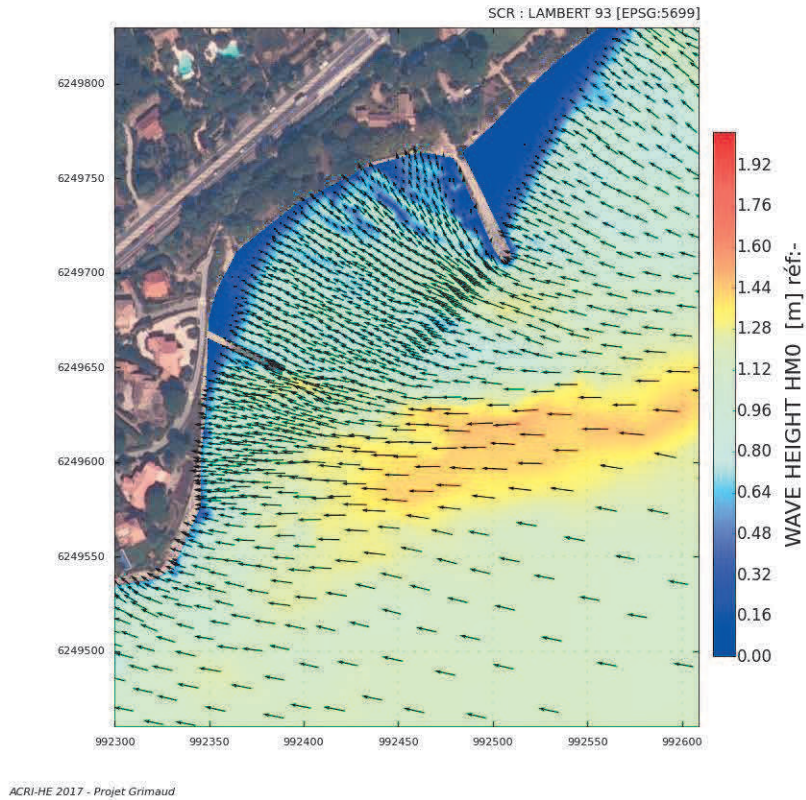
ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Evolutions bathymétriques (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°)

Suivant les résultats de modélisation, la présence de l'épi n'a qu'un faible effet sur la dynamique sédimentaire. Les évolutions bathymétriques ne sont pas affectées par la présence de l'épi.

5.5.2 CAS 2 – Période de retour 10 ans – Direction 75°N

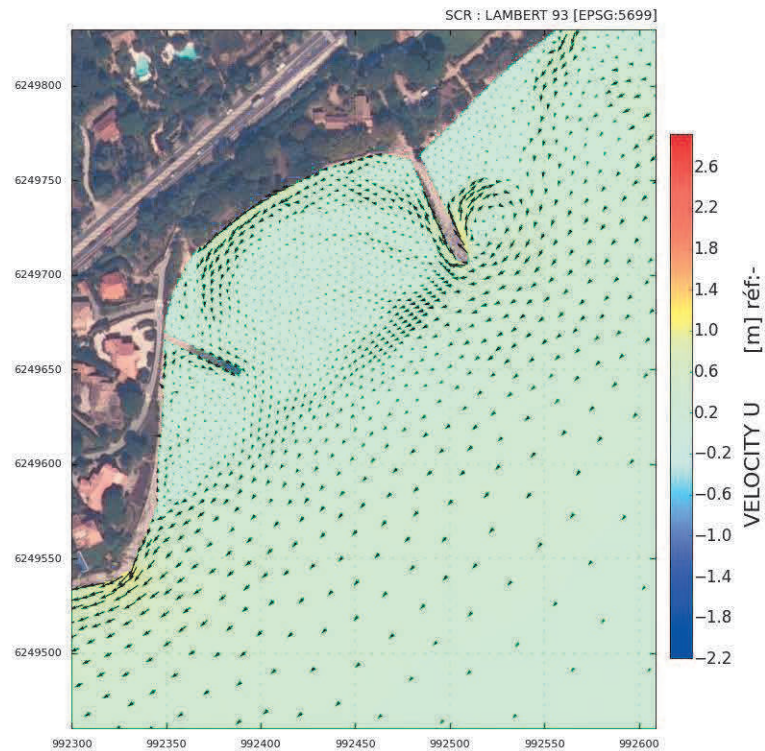
5.5.2.1 Plan de vagues



Plan de vagues (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°)

La construction d'un épi à l'ouest de la plage ne modifie pas la dynamique des vagues par rapport à l'état initial.

5.5.2.2 Courants induits par les vagues

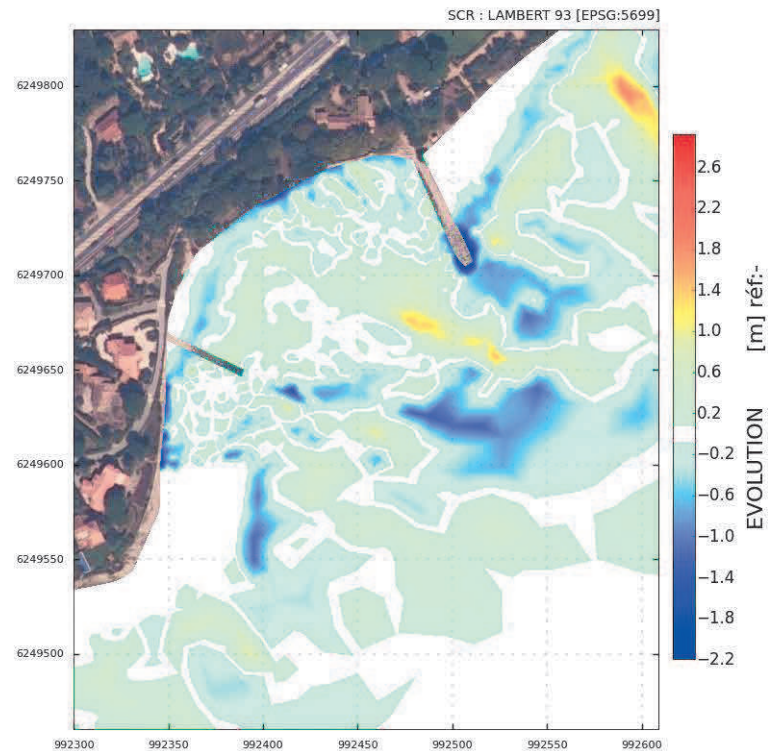


ACRI-HE 2017 - Projet Grimaud

Courants induits par les vagues (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°)

Ce nouvel épi n'a qu'un effet local sur la dynamique. On note une inversion de direction de la dérive littorale au sud du nouvel épi et une intensification de la dérive au nord de l'épi.

5.5.2.3 Incidence sur les dépôts et érosions



ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Evolution bathymétriques (Au large : $H_s=3.7m$, direction= 75°)

Suivant les résultats de modélisation, la présence de l'épi n'a qu'un faible effet sur la dynamique sédimentaire. Les évolutions bathymétriques ne sont pas affectées par la présence de l'épi.

5.6 Synthèse

Trois solutions d'aménagements ont été testées sur modèle numérique hydro sédimentaire tenant compte des évolutions bathymétriques afin d'évaluer leur incidence sur la stabilité de la partie marine de la plage du Vieux Moulin sur la commune de Grimaud :

- L'ouverture d'une brèche dans l'épi,
- La mise en place d'un ouvrage submergé pour lequel deux profondeurs de cote de crête sont testées,
- La construction d'un nouvel épi à l'ouest de l'anse.

Les simulations ont été testées pour des conditions de vagues annuelles et des conditions de tempêtes décennales.

En conditions annuelles, on note que l'ouverture de brèche dans l'épi et la mise en place d'un ouvrage submergé permettent de réduire l'érosion dans la partie est de la plage du Vieux Moulin à proximité du pied de l'épi existant. Cette zone est, suivant les analyses de la position du trait de côte historique, celle qui est soumise à l'érosion la plus forte.

En conditions de tempêtes décennales, les ouvrages ne parviennent pas à endiguer le phénomène d'érosion du haut de plage. On note toutefois que les effets de l'ouvrage submergé sont plus significatifs que ceux induits par les autres solutions. En particulier, cet ouvrage permet de maintenir un plus grand stock de sédiments dans la partie est de la plage du Vieux Moulin.

Une synthèse quantitative des bilans sédimentaires estimés dans la zone littorale représentée sur la figure ci-après. Cette zone représente environ 0.5ha. Elle est représentative des évolutions de la plage.

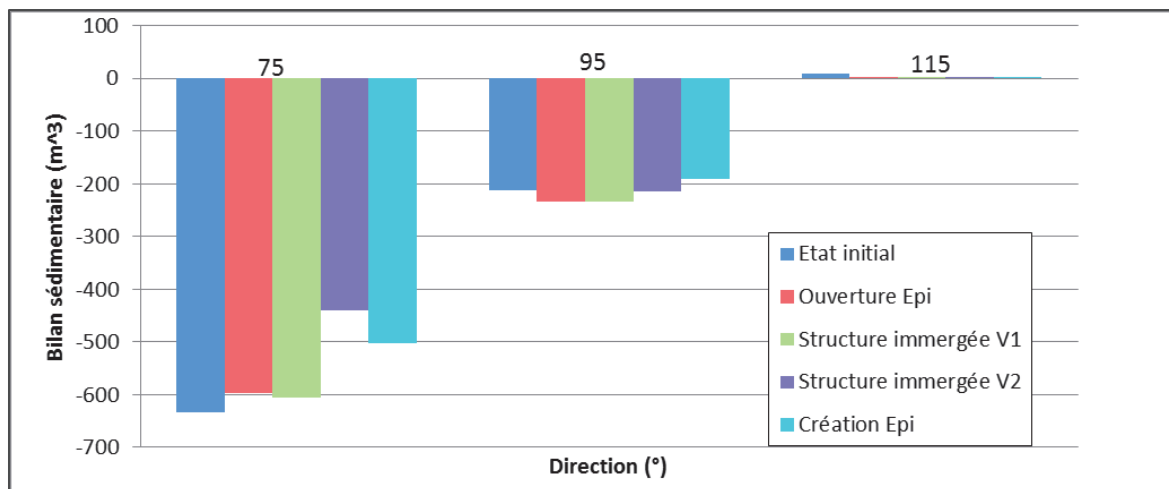


Zone de calcul des bilans sédimentaires

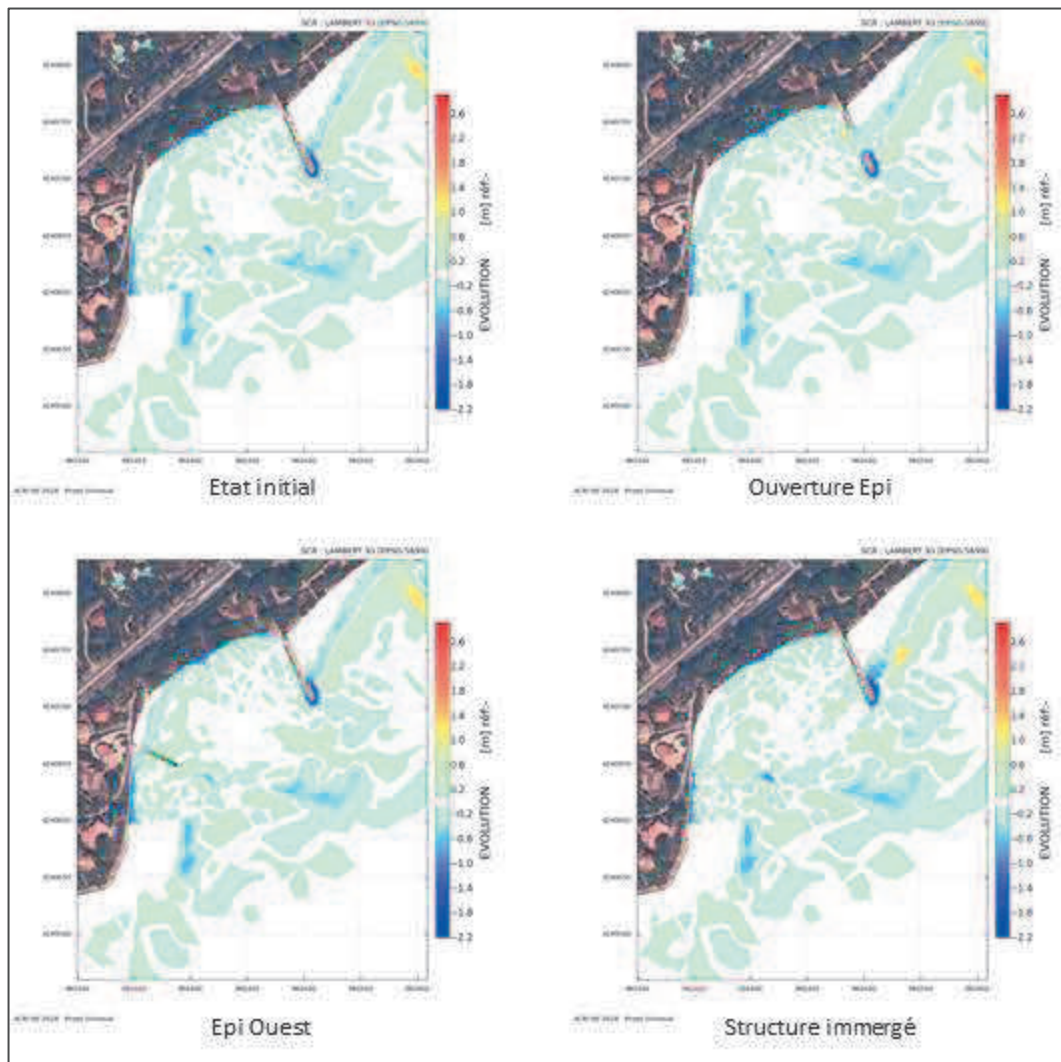
La figure ci-après présente les bilans sédimentaires calculés pour les différents scénarios et pour des conditions de vagues annuelles. Cette comparaison permet de mettre en évidence :

- Les évolutions les plus marquées sont observées pour des conditions de vagues provenant du secteur 75°N ;
- La zone littorale est soumise à une érosion pour des conditions annuelles avec des vagues provenant du secteur 75°N et 95°N. Pour des vagues provenant du secteur 115°N, la zone est en stable, les érosions étant compensées par les apports extérieurs ;
- L'ouverture de l'épi n'a pas d'effet sur l'équilibre de la plage en cas de tempête annuelle ;
- La création d'un épi à l'ouest de l'anse engendre un déséquilibre qui a pour conséquence une augmentation significative du processus érosif en cas de tempête annuelle ;
- La mise en place d'un ouvrage submergé n'a pas d'effet sur l'équilibre de la plage en cas de tempête annuelle.

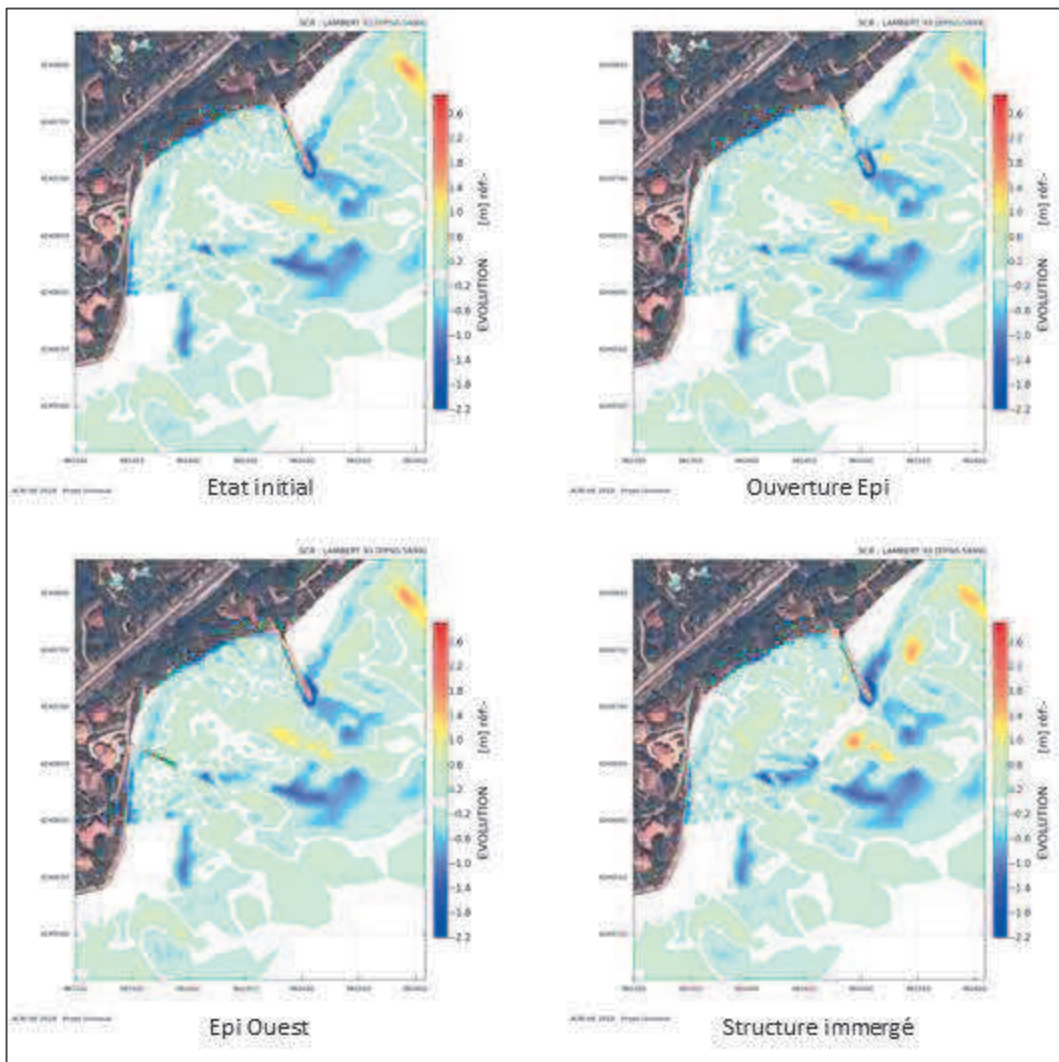
En cas de tempête décennale, la quantité de sédiments exportée hors de la zone littorale accroît par rapport aux conditions décennales. Le scénario permettant de réduire ces processus érosifs de l'anse du Vieux Moulin serait la mise en œuvre d'un ouvrage submergé à la côte. L'effet de l'ouvrage submergé est particulièrement significatif dans le cas d'une tempête décennale de secteur 75°N (Figure ci-après).



Bilan sédimentaire calculés pour des conditions de vagues décennales



Comparatif entre solutions d'aménagements et état initial (conditions annuelles)



Comparatif entre solutions d'aménagements et état initial (conditions décennales).

5.7 Aménagement submergé (V2) avec surcote du au changement climatique

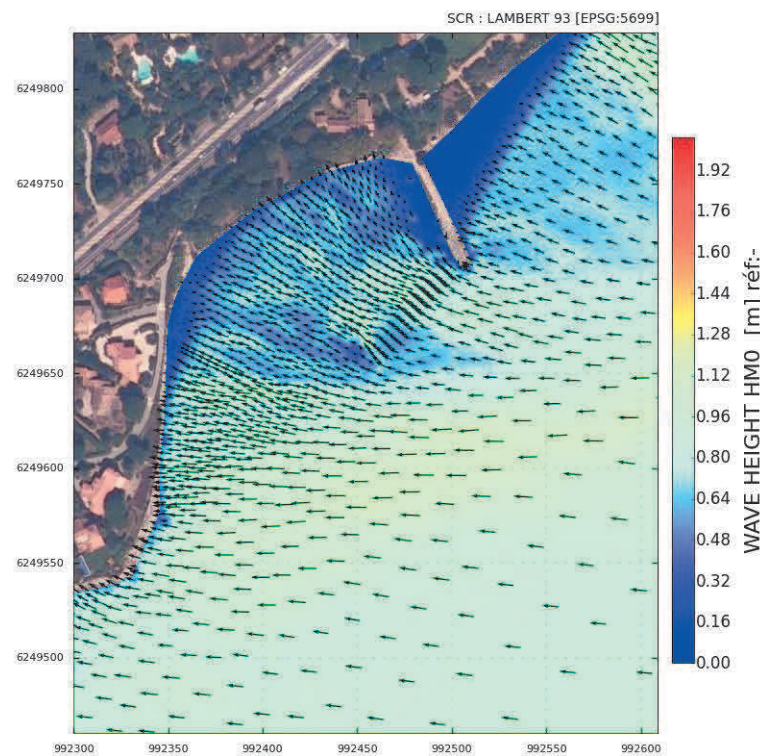
Le niveau général des mers devrait évoluer significativement dans les prochaines décennies selon les conclusions des travaux du GIEC : Des modifications du niveau de la mer sont attendues en raison du réchauffement climatique (avec de nombreuses variations régionales).

Aux valeurs de surcotes définies précédemment, il faut rajouter la hausse probable du niveau de la mer due au réchauffement climatique, même si les valeurs moyennes de la hausse comme ses variations régionales restent soumises à une grande incertitude. En faisant référence aux études du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (G.I.E.C.) pour un scénario défavorable d'évolution, la surélévation du niveau de la mer pourrait être de 40 cm dans les 100 prochaines années.

Les modélisations ont été réalisées pour la solution V2 avec une prise en compte d'une surélévation du niveau des mers de 0,4 m.

5.8 CAS 1 – Période de retour 1 an – Direction 75°N

5.8.1 Plan de vagues

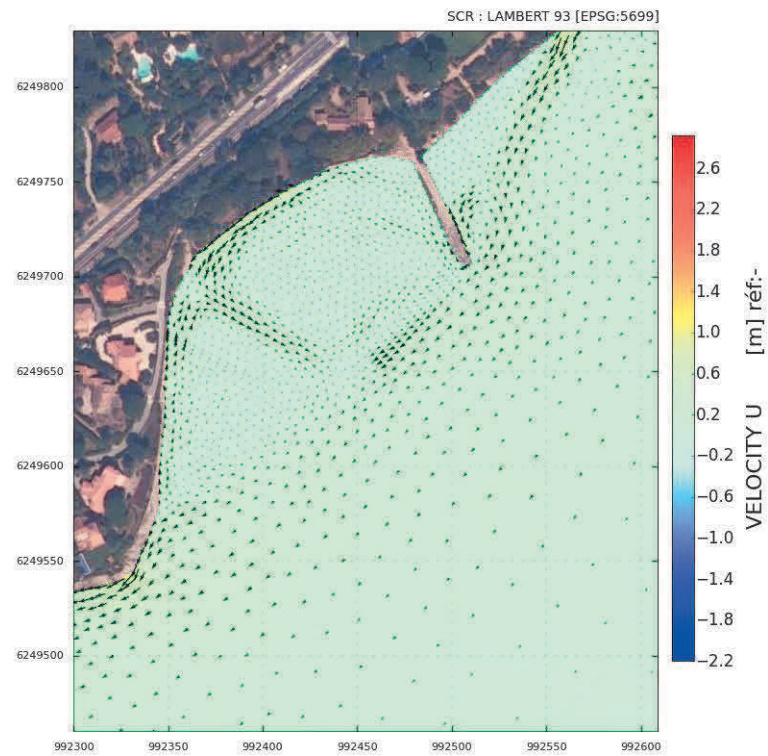


ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Plan de vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°) – V2 - changement climatique

Malgré la surcote de +0,4 m retenue et liée à une augmentation du niveau des eaux, la présence de l'ouvrage entraîne une diminution des hauteurs de vagues d'environ 0,2 m par rapport à l'état actuel (sans surcote). L'aménagement proposé, en tenant compte d'une surélévation du niveau des mers, permettra aussi de protéger la plage du Vieux Moulin.

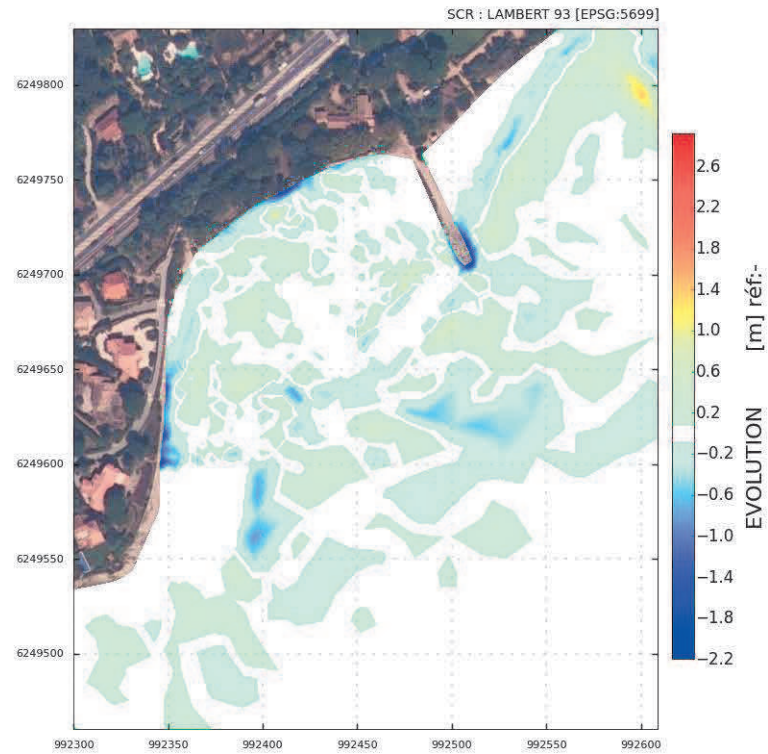
5.8.2 Courants induits par les vagues



ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Courants induits par les vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°) – V2 - changement climatique

5.8.3 Evolutions bathymétriques

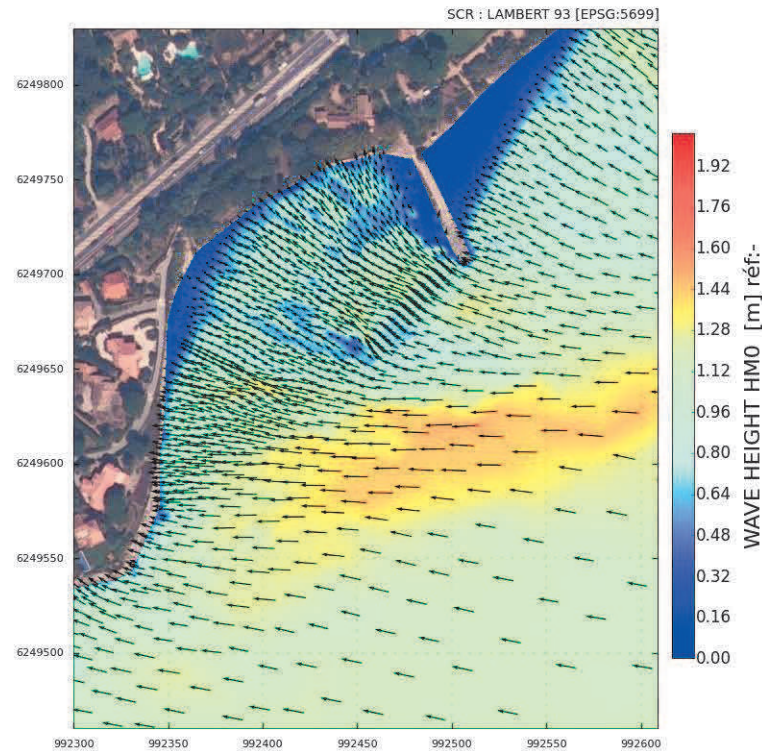


ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Evolutions bathymétriques (Au large : Hs=2.8m, direction=75°) – V2 - changement climatique

5.9 CAS 2 – Période de retour 10 ans – Direction 75°N

5.9.1 Plan de vagues

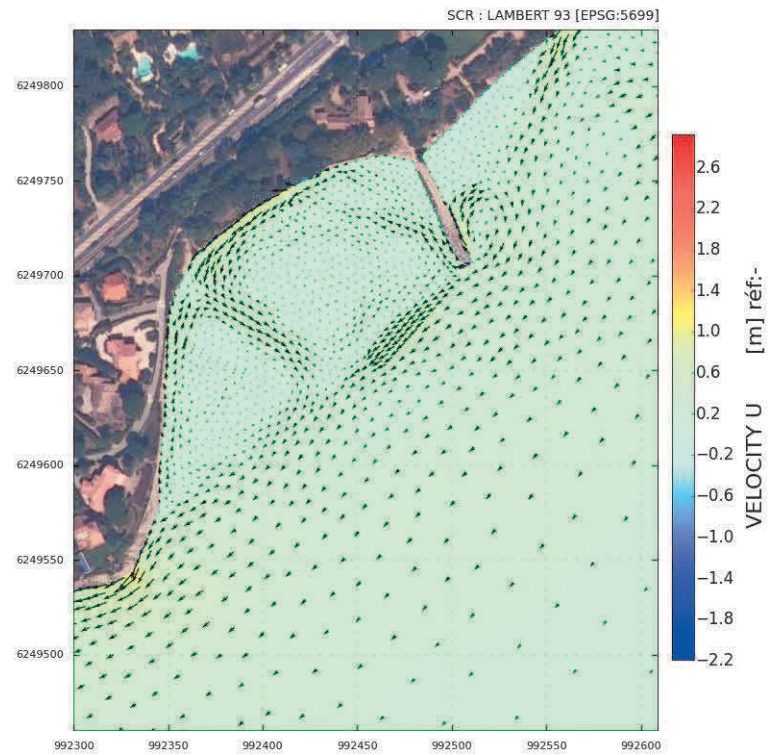


ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Plan de vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°) – V2 - changement climatique

Malgré la surcote de +0,4 m retenue et liée à une augmentation du niveau des eaux, la présence de l'ouvrage entraîne une diminution des hauteurs de vagues d'environ 0,2 m par rapport à l'état actuel (sans surcote). L'aménagement proposé, en tenant compte d'une surélévation du niveau des mers, permettra aussi de protéger la plage du Vieux Moulin.

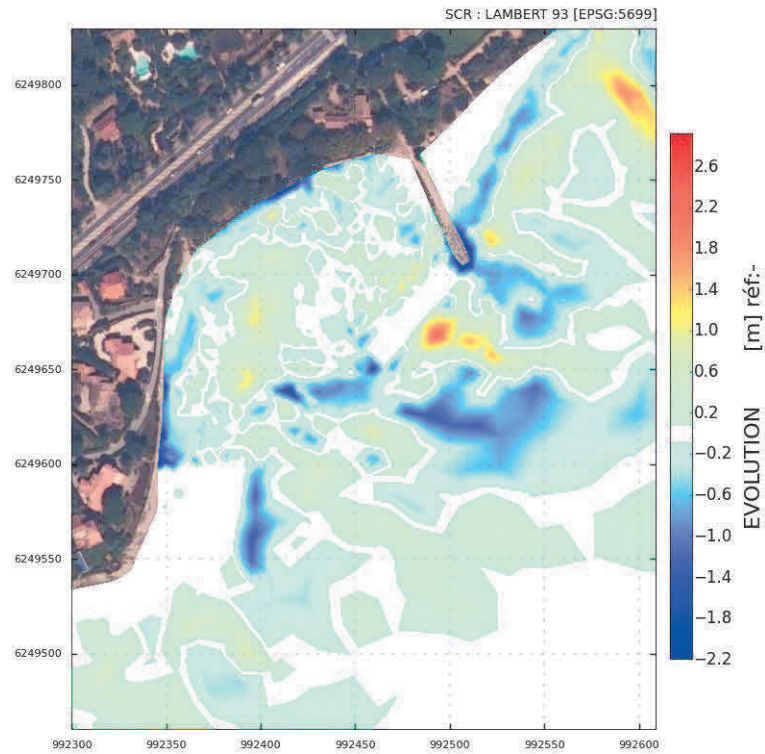
5.9.2 Courants induits par les vagues



ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Courants induits par les vagues (Au large : $H_s=2.8m$, direction= 75°) – V2 - changement climatique

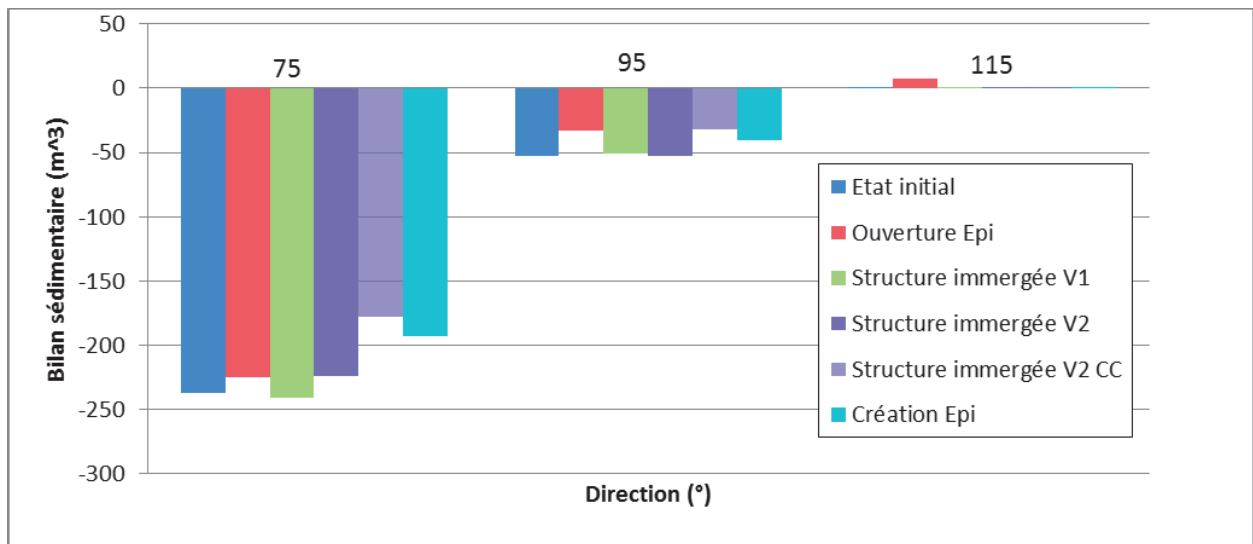
5.9.3 Evolutions bathymétriques



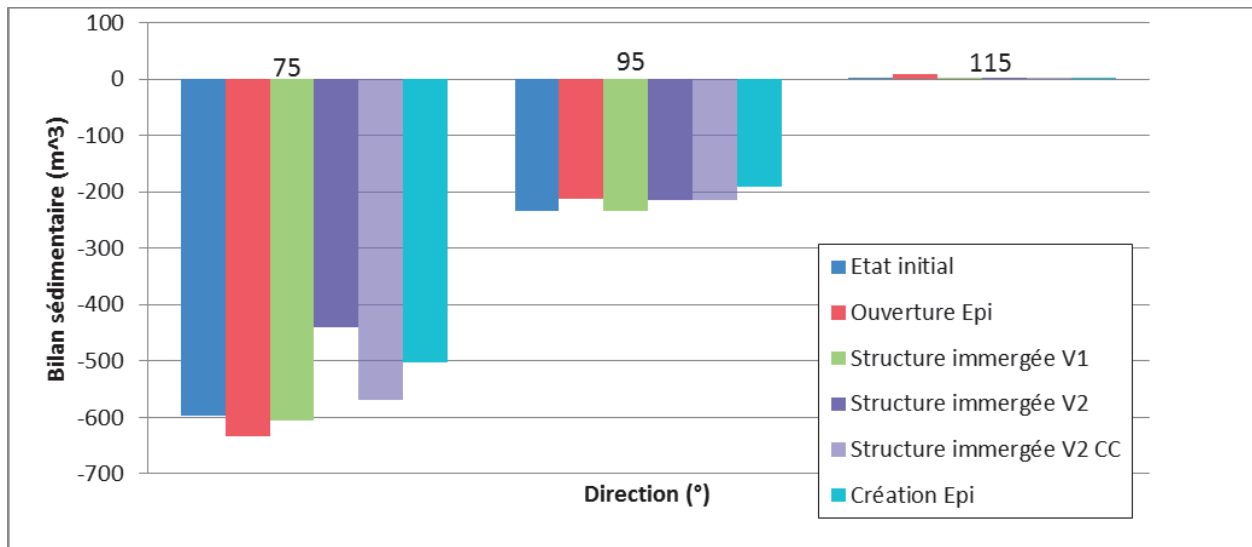
ACRI-HE 2018 - Projet Grimaud

Evolutions bathymétriques (Au large : Hs=2.8m, direction=75°) – V2 - changement climatique

5.9.4 Bilan sédimentaire



Bilan sédimentaire calculés pour des conditions de vagues annuelles



Bilan sédimentaire calculés pour des conditions de vagues décennales

La mise en œuvre d'un ouvrage submergé à -0.3 m par rapport au 0 m CM permet de réduire le processus érosif de la plage du vieux moulin quel que soit le niveau d'eau étudié.

6 Conclusion

L'ouvrage permet de réduire, suivant les différentes conditions de tempêtes investiguées, les pertes de sédiments de la plage ainsi que des petits fonds. En d'autres termes, l'état aménagé a un effet positif sur le maintien des sédiments dans l'Anse, en cas de tempête.

Les régimes de vagues pouvant induire une accrétion naturelle de la plage ainsi que les conditions de vent d'ouest pouvant lever une faible mer de vent, du fait de la longueur du fetch, ne sont pas ici considérées.

On est donc en droit de se demander si l'ouvrage peut avoir un effet négatif sur l'accrétion naturelle de la plage lors de conditions vagues moins intenses que celles modélisées. Les mouvements dans le profil se font en pratique entre le haut de plage et la profondeur de fermeture. Cette dernière peut être considérée comme étant de l'ordre de 2m, au vue des conditions de mer au droit de l'Anse. L'ouvrage est situé au-delà de cette limite, si bien que les mouvements dans le profil ne sont pas altérés par la présence de l'ouvrage, pour les vagues longues et de Hs faibles. Pour les vagues courtes d'ouest, la position de la structure, en aval du transit littoral, n'a pas d'incidence sur les apports sédimentaires.

7 Proposition d'aménagement

7.1 Protection par récif artificiel immergé

Principe du récif artificiel immergé

Les structures de type récif artificiel immergé sont des solutions dites « douces ». La houle est dissipée par déferlement au-dessus du récif, ce qui permet une réduction de l'énergie des vagues atteignant le rivage.

Pour des considérations environnementales et esthétiques, ces solutions douces sont généralement à privilégier par rapport aux solutions dures. Les récifs peuvent être constitués de tubes en géotextile remplis de sable. Ce type de structure est bien plus économique que des structures en enrochements. Il présente l'avantage d'être souple de mise en œuvre puisque les tubes en géotextile peuvent être remplis avec des matériaux issus du site et posés sur le fond à l'aide d'une barge à clapet ou rempli sur site à partir de matériaux de dragage ou issus d'un gisement de sable.

L'architecture peut facilement être adaptée à la zone subissant les assauts de la mer, permettant un déferlement esthétique et efficace des vagues.

Durée de Vie

Les géotextiles et géo membranes sont fabriqués spécialement pour des applications en génie civil et en génie environnemental. Les performances sur le long terme des géotextiles ont été considérablement améliorées. Grâce à l'utilisation d'additifs dans leur composition, les éléments résistent à la détérioration due aux radiations UV. Des revêtements spéciaux permettent de lutter contre les dommages liés à l'abrasion. D'après les études concernant la durabilité des géotextiles, dans la majorité des cas montrant des problèmes de résistance au temps, l'origine du problème est liée au dimensionnement ou à la pose, et non au matériau en lui-même. (Oumeraci et Recio, 2009 [2]).

Les premières applications de géotextiles datent des années 60 en Hollande. Récemment, des géotextiles installés il y a trente ans ont fait l'objet d'analyses montrant leur bon état général. Des tests en laboratoire, reproduisant les situations réelles d'utilisation, indiquent des durées de vie pour les géotextiles d'au moins 100 ans, lorsqu'ils ne sont pas exposés aux radiations UV. (Pilarczyk, 2008 [3]).

Impact sur la Faune et la Flore

La spécificité des fibres impliquées dans la fabrication des structures en géotextile apporte une composante environnementale au projet en favorisant la fixation et le développement de la faune et de la flore sous-marine sur le récif lui-même.

Ce dernier peut alors devenir aussi une attraction touristique pour les activités de plongée et de pêche, tout en jouant un rôle de défense contre les tempêtes.

Illustration du développement de la flore et de la faune sur un ouvrage en géotextile

Ce type de démarche doit être de plus en plus proposé, afin de faire évoluer les techniques vers une meilleure intégration environnementale.



Dans le cadre de la protection de la plage du Vieux Moulin à Grimaud, nous proposons la mise en œuvre de digues immergées en géotextile espacées et de reefball. En effet, les études sédimentologiques démontrent qu'il est nécessaire de mettre un ouvrage parallèle à la plage pour diminuer l'érosion de cette dernière surtout lors des tempêtes décennale ou la perte de sédiments serait réduite de 1/3.

L'implantation proposée des ouvrages (2 lignes de digues immergées en géotextile espacées) permet de créer une zone de dissipation et limite la reformation de la houle avant d'atteindre la plage.

7.2 Reef Ball

De plus, cette implantation permet la mise en place de reefball. Ces récifs artificiels permettent de réhabiliter les écosystèmes pour former un habitat aquatique durable et de le réaliser de manière sûre, à long terme et respectueuse de l'environnement.

Les balles de récif sont facilement faites à partir d'un système de moule en fibre de verre ingénieux, facile à utiliser et portable.



Exemple de reefball et de mise en place

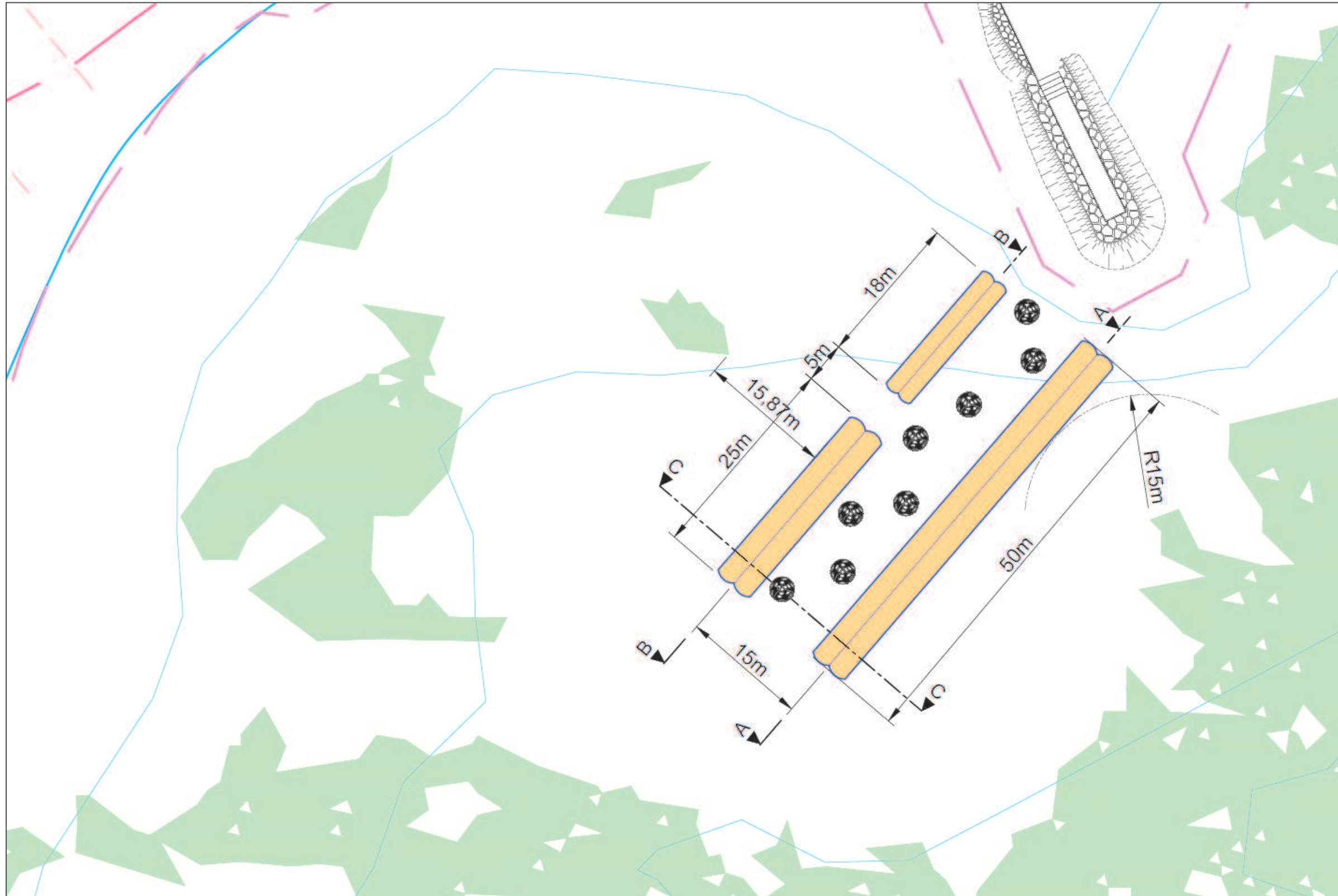
Concernant le dimensionnement et l'espacement des ouvrages, le critère dimensionnant est la prise en compte des longueurs d'onde.

Dans le cadre de nos études, les caractéristiques dimensionnantes sont des houles de 6s à 8s et une profondeur comprise entre 2 et 2,5 m.

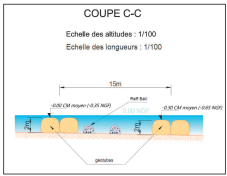
L (m)	d=2m	d=2.5m
T=6s	25.6 m	28.3 m
T=7s	30.2 m	33.5 m
T=8s	34.7 m	38.6 m

Longueur d'onde retenue pour le dimensionnement

Afin d'avoir une largeur totale d'ouvrage correspondant au $\frac{1}{4}$ de la longueur d'onde (critère minimale pour avoir un effet sur la houle), il est proposé de mettre en œuvre 2*2 rangées de digues immergées en géotextile de 2.5 m de large et d'une hauteur de 2 m espacées de 15 m (entraxe).



Vue en plan des ouvrages



www.acri.fr

- La pose des ouvrages en géotextile de renforcement 1000gr/m², de type tissé polypropylène, devra être résistant au UV et à l'abrasion. La pose et le remplissage se fera selon les recommandations du fabricant avec une assistance technique obligatoire de sa part. Les tubes, devront être munis de points de fixation provisoire, tous les 5.0 m, de part et d'autre, permettant d'assurer la bonne implantation de l'ouvrage. Des cheminées de remplissage, disposées tous les 10 m, devront permettre d'effectuer l'injection de sable dans les tubes.

L'ouverture de filtration devra être adaptée à la granulométrie des sables prélevés et analysés dans les gisements par l'entrepreneur.

L'intérieur du géotextile devra être doublé avec un filtre en géotextile non tissé 270g/m². Le géotextile non tissé du filtre devra être liaisonné au géotextile tissé par couture tous les 50 cm. L'assemblage tissé non tissé sur toute la surface sera formellement interdit.

- La remise en état du site.

Les moyens matériels pour la mise en œuvre des ouvrages en géotextile :

- La réalisation de la piste et rampe provisoire: chargeur, pelle mécanique, compacteur ;
- La pose des tapis anti-affouillements : barge, pelle mécanique, plongeurs scaphandriers ;
- La pose des tubes en géotextile : barge et selon les recommandations du fabricant ;
- Le remplissage des tubes géotextiles : moyens hydrauliques et selon les recommandations du fabricant.

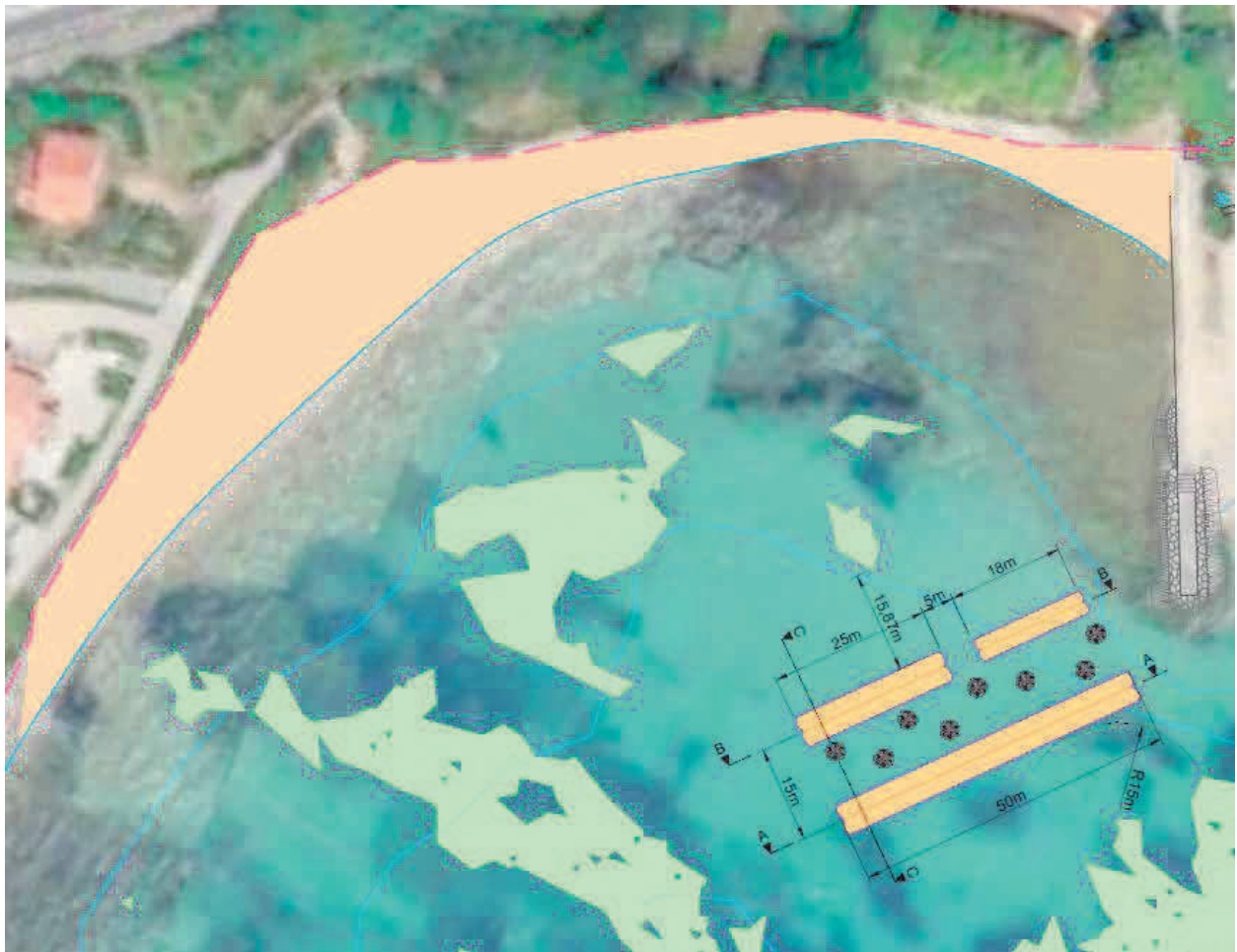
7.3 Rechargement de la plage en sable :

Afin d'augmenter la hauteur de plage, un rechargement sera réalisé à partir des matériaux issus des dragages réalisés au niveau du port et stockés sur une zone définie par la Maître d'ouvrage.

Le sable sera chargé par le biais d'une pelle mécanique dans des chargeurs pour le transporter jusqu'à la plage.

Le sable sera ensuite nivelé par un compacteur jusqu'à la laisse des eaux (sans augmentation de la largeur de cette dernière).

Le rechargement sera réalisé dans le cadre du dossier F09317P038.

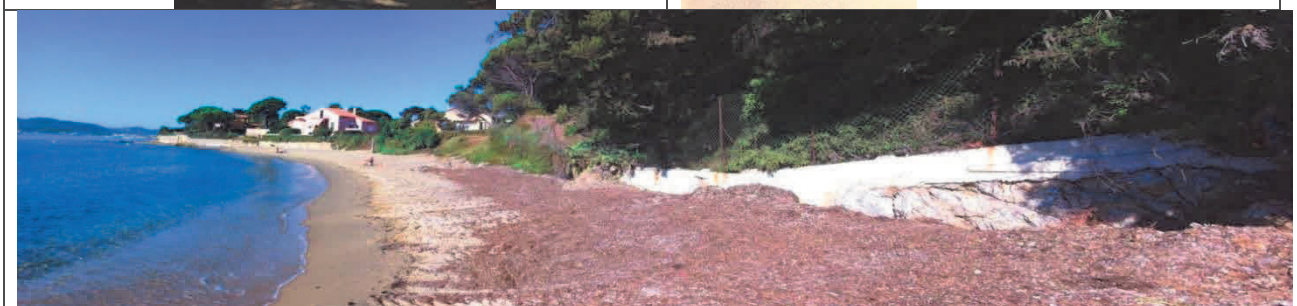


Visualisation de la surface de plage rechargée

7.4 Accès à la zone des travaux



Accès plage via chemin privé



- ❖ Largeur chemin 4m
- ❖ Largeur piste 3m
- ❖ Accès des engins d'entretien de plage

7.5 Mesures environnementales dans le cadre des travaux

Deux types de mesures environnementales sont à prévoir dans le cadre des travaux :

- ❖ D'une part celles qui consistent en des précautions et dispositions que devra respecter l'entreprise dans le cadre des travaux pour satisfaire les mesures environnementales qui seront demandées par les services de l'état ;
- ❖ D'autre part un suivi de la turbidité de l'eau devra être effectué quotidiennement à l'aide d'un turbidimètre par l'entreprise retenue pour les travaux afin de satisfaire l'Arrêté Préfectoral établi le 21 Juillet 2009 relatif aux prescriptions spécifiques qui stipule qu'en cas de dépassement de plus de 50% de la valeur de turbidité mesurée à l'ouverture du chantier, le chantier sera provisoirement arrêté jusqu'au rétablissement des conditions de travail dans le milieu. La détermination de l'origine du phénomène de turbidité devra être recherchée.

8 Estimation du montant des travaux

Le montant des travaux est estimé à environ 215 K€ hors taxe y compris 5 % d'aléas.

MAIRIE DE GRIMAUD						
Protection de la plage du Vieux Moulin						
Travaux						
N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	Prix Unitaire	Montant	
100 INSTALLATIONS DE CHANTIER ET TRAVAUX PREPARATOIRES						
101	Installation de chantier	ft	1,00	10 000,00 €	10 000,00 €	
102	Balisage terrestre et maritime	ft	1,00	5 000,00 €	5 000,00 €	
103	Amenée et repliement ateliers maritimes	ft	1,00	12 500,00 €	12 500,00 €	
104	Relevés bathymétriques et topographique	ft	1,00	5 000,00 €	5 000,00 €	
105	Etudes et plans d'exécution	ft	1,00	4 500,00 €	4 500,00 €	
106	Suivi qualité ,sécurité, environnement	mois	1,00	1 200,00 €	1 200,00 €	
107	Etalonnage et analyse turbidité	mois	1,00	1 350,00 €	1 350,00 €	
108	Filet MES	ft	1,00	11 000,00 €	11 000,00 €	
TOTAL HT POSTE 100					50 550,00 €	
200 DIGUES IMMERGEES						
201	Preparation de surface et géotextile d'assise	m2	1000,00	15,00 €	15 000,00 €	
202	Fourniture, pose et remplissage géotubes	m	186,00	620,00 €	115 320,00 €	
TOTAL HT POSTE 200					130 320,00 €	
300 REEF BALL						
301	Fourniture et pose des Reef Ball	U	8,00	3 000,00 €	24 000,00 €	
TOTAL HT POSTE 300					24 000,00 €	
RECAPITULATIF						
100	INSTALLATIONS DE CHANTIER ET TRAVAUX PREPARATOIRES				50 550,00 €	
200	DIGUES IMMERGEES				130 320,00 €	
300	REEF BALL				24 000,00 €	
				ALEAS :	5%	10 243,50 €
				TOTAL HT	215 113,50 €	
				TVA 20 %	43 022,70 €	
				TOTAL TTC	258 136,20 €	

9 Estimation du suivi et de l'éventuel retrait des ouvrages

Le suivi durant une période de 3 ans permettant de suivre l'évolution de la plage du vieux moulin est estimé à 9,3 K€ HT.

Si nécessaire et en fonction des résultats du suivi, les ouvrages seront retirés de la zone d'étude. Le montant de cette prestation est estimé à 3 K€ HT.

MAIRIE DE GRIMAUD						
Protection de la plage du Vieux Moulin						
Suivi et retrait éventuel						
N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	Prix Unitaire	Montant	
10 SUIVI ANNUEL						
11	Relevés bathymétriques et topographique	U	6,00	800,00 €	4 800,00 €	
12	Suivi des herbiers	U	3,00	1 500,00 €	4 500,00 €	
TOTAL HT POSTE 10					9 300,00 €	
20 RETRAIT DES OUVRAGES						
21	Préparation de surface et géotextile d'assise	Ft	1,00	3 000,00 €	3 000,00 €	
TOTAL HT POSTE 20					3 000,00 €	
RECAPITULATIF						
10	SUIVI ANNUEL				9 300,00 €	
20	RETRAIT DES OUVRAGES				3 000,00 €	
				TOTAL HT	12 300,00 €	
				TVA 20 %	2 460,00 €	
				TOTAL TTC	14 760,00 €	

10 Environnement naturel

10.1 La zone NATURA 2000 de la corniche varoise

10.1.1 Présentation du site

Le site Natura 2000 de la Corniche varoise (FR 9301624) [35], incluant les caps Lardier, Taillat et Camarat, s'étend sur six communes du littoral varois. Cette zone s'étend sur 29 061ha. Le site d'étude est situé à environ 5 km de cette zone Natura 2000. En conséquence, les incidences du projet sur ces sites seront étudiées conformément au code de l'environnement.



Visualisation du site Natura 2000 de la Corniche Varoise

Localisation

Région :	PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR (2.00 %)
Département :	Domaine maritime (98 %), Var (2 %)
Superficie :	29 061 ha
Altitude minimale :	-1900 m
Région biogéographique :	Méditerranéenne

Description du site

La Corniche Varoise constitue un site exceptionnel où s'établit une continuité terre-mer remarquable sur un faciès essentiellement rocheux.

La partie marine représente 98 % du site. On y rencontre des paysages sous-marins très diversifiés tels que des tombants, de gros éboulis, une tête de canyon, Des herbiers de posidonies sont présents, jusqu'à 36m de profondeur, au niveau des roches dures et des substrats meubles. Ces herbiers stabilisent naturellement le littoral.

On note une grande richesse en concrétions coralligènes, en algues (*Cystoseires*, concrétions à *Lithophyllum*) et la présence ponctuelle de bancs de Maëri. Les secteurs profonds, qui s'étendent parfois au-delà de l'isobathe -1000 m comprennent des biocénoses particulières des vases terrigènes ou bathyales, ainsi que des faciès à vase compacte et des biocénoses originales à coraux d'eau froide (présence avérée dans le canyon (juin 2008)). Au niveau de la tête de canyon des Stoéchades, la dynamique des masses d'eau favorise le renouvellement et l'apport de matière organique. La faune, benthique ou necto-benthique (poissons) y est en forte concentration et constitue une richesse pour l'ensemble du plateau continental au large de la corniche des Maures.

Plusieurs espèces de mammifères marins, dont le Grand dauphin (espèce la plus côtière) sont ainsi régulièrement observées dans cette zone.

La partie terrestre représente 2% du site. Cet ensemble naturel littoral très intéressant comporte sur rocher un faciès littoral de la chênaie pubescente, et par place la riche chênaie mixte de la presqu'île troyézienne (mélange des 3 espèces de chênes méditerranéens présents sur silice). On y trouve parmi les plus beaux groupements thermophiles de France (phryganes à Anthyllis barbe de Jupiter et Thyméléa hirsute, mattoral à Palmier nain). Les formations spasmophiles constituent de remarquables complexes.

Composition du site

Mer, Bras de Mer	98%
Landes, Broussailles, Recrus, Maquis et Garrigues, Phrygane	1%
Galets, Falaises maritimes, Ilots	1%

Espèces végétales et animales présentes

Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*)
 Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni*)
 Damier de la Succise (*Euphydryas aurinia*)
 Ecaille chinée (*Callimorpha quadripunctaria*)
 Grand capricorne (*Cerambyx cerdo*)
 Lucane cerf-volant (*Lucanus cervus*)
 Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*)
 Miniptère de Schreibers (*Miniapterus schreibersii*)
 Petit Rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*)
 Vespertilion à oreilles échancrées (*Myotis emarginatus*)

10.1.2 Habitats et espèces remarquables sur le site Natura 2000

Habitats remarquables

Sur les différents sites Natura 2000 dans lesquels est située la zone d'étude, on recense 22 types d'habitats remarquables. Ces habitats, décrits dans le paragraphe précédent (description du site), permettent d'abriter de nombreuses espèces à fort intérêt communautaire.

Conclusion : Impact du projet sur la zone Natura 2000

La zone Natura 2000 de la Corniche Varoise se situe à environ 5km du site d'étude. Cet espace protégé est principalement marin. Eu égard à la nature du projet, les seuls impacts à craindre se situeront au niveau marin. Les risques au niveau de la zone Natura 2000 seraient :

- ❖ Une modification de courant ;
- ❖ Une modification de transport de sédiments.

En l'espèce, même en cas de modification des infrastructures maritimes, **il n'y aura ni de modification de courant ni de modification du transport sédimentaire au niveau de la zone Natural 2000**. En conclusion, aucun impact à long terme sur l'environnement n'est à craindre. Des mesures de protection sont toutefois à prendre durant la phase travaux.

10.2 L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique, Floristique (ZNIEFF)

Les ZNIEFF sont définies dans le cadre d'un programme national initié en 1982 par le ministère chargé de l'environnement. L'inventaire des ZNIEFF de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur a été publié une première fois en 1988. Actualisé en 2004, il fera dorénavant l'objet de mises à jour régulières.

Cet inventaire vise la connaissance permanente aussi exhaustive que possible des espaces naturels, terrestres et marins, dont l'intérêt repose soit sur l'équilibre et la richesse de l'écosystème soit sur la présence d'espèces de plantes ou d'animaux rares et menacés.

Le fondement législatif de l'inventaire ZNIEFF a été précisé par la loi n°2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité.

L'article 109-N, III, (article L. 411-5 du code de l'environnement) mentionne qu'« *un inventaire du patrimoine naturel est institué pour l'ensemble du territoire national. On entend par inventaire du patrimoine naturel l'inventaire des richesses écologiques, faunistiques, floristiques, géologiques, minéralogiques et paléontologiques. L'État en assure la conception, l'animation et l'évaluation. Ces inventaires sont conduits sous la responsabilité scientifique du Muséum National d'Histoire Naturelle* ».

Deux types de zones sont définis :

Zones de type I : secteurs de superficie en général limitée, caractérisés par leur intérêt biologique remarquable.

Zone de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes.

10.2.1 Géologique

Sur la zone d'étude, aucune ZNIEFF géologique n'est localisée.

10.2.2 Marines

Sur la zone d'étude, aucune ZNIEFF marine n'est localisée.

Fin du document