

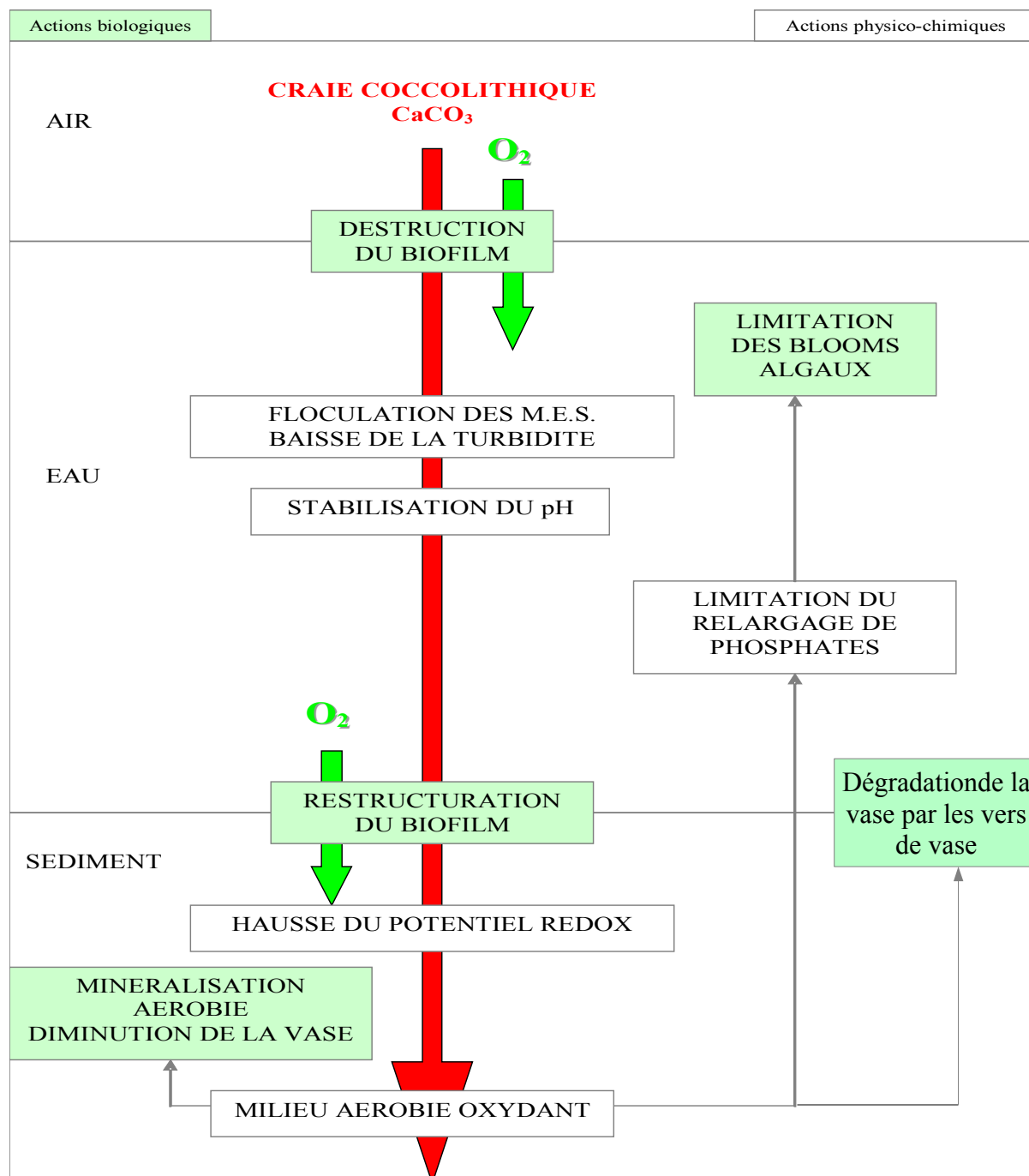
EFFICACITE ET IMPACT DE LA CRAIE COCCOLITHIQUE :

LUTTE CONTRE L'ENVASEMENT DES PORTS DU BASSIN D'ARCACHON



SYNTHESE

La craie coccolithique est un procédé de dévasement encore peu connu. Pourtant, aux vues de cette étude, l'utilisation de ce produit semble efficace et respectueuse du milieu. La craie agit à de nombreux niveaux. Son mode d'action est résumé dans le schéma ci-dessous.



Trouver de nouvelles méthodes pour lutter contre l'envasement reste une préoccupation primordiale pour les gestionnaires de ports. La craie coccolithique apparaît donc comme une intéressante alternative aux curages.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.	6
Premiere Partie : SYNTHESE DES DONNEES ACTUELLES.	7
I. PRINCIPE D'ACTION DE LA CRAIE COCCOLITHIQUE.	7
I. 1. Effet sur le pH de l'eau et la minéralisation de l'eau.	7
I. 2. Effet sur la turbidité.	8
I. 3. Effet sur les interfaces.	8
I. 4. Effets biologiques.	8
II. ETUDES ANTERIEURES.	9
II. 1. Essais de 1980.	9
II. 2. Etude de 1982.	9
II. 3. Essais de 1985.	12
III. CONCLUSION..	13
Deuxieme Partie : EFFICACITE ET IMPACT DU NAUTEX POUR LE DEVASEMENT DES PORTS DU BASSIN D'ARCACHON.	14
I. PRESENTATION DU SITE D'ETUDE.	14
I. 1. Localisation.	14
I. 2. Caractéristiques du Bassin d'Arcachon.	15
I. 3. Intérêt de l'étude.	16
II. MATERIEL ET METHODE.	17
II. 1. Prélèvements.	17
II. 2. Description des sédiments.	17
II. 3. Mise en place des microcosmes.	18
II. 4. Analyses.	19
III. RESULTATS ET DISCUSSION.	21
III. 1. Diffusion de la craie.	21
III. 2. Température.	21
III. 3. Evolution du pH.	22
III. 4. Phytoplancton et équilibre carbo-calcique.	24
III. 5. Nutriments.	24

III. 6. Activité bactérienne.	28
III. 7. Activité des macro-invertébrés.	35
III. 8. Essai de mélange Craie/Bactéries.	37
IV. CONCLUSION..	42
Troisième Partie : ASPECT REGLEMENTAIRE.	43
I. REGLEMENTATION..	43
II. ESTIMATION DES REJETS.	44
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.	46
ABREVIATIONS.	50
DEFINITIONS.	50
BIBLIOGRAPHIE.	51
ANNEXES (fiche de sécurité du Nautex)	53

INTRODUCTION

La découverte par Sawyers de l'action du carbonate de calcium dans les milieux aquatiques remonte à 1964, en Angleterre. Ses propriétés sur le pH et la dégradation de la vase furent alors mises en avant. En France, les premiers essais avec la craie coccolithique furent pratiqués sur les cours d'eau normands par Gagniard (1965-1968) puis Sales (1970). Depuis, ce produit a été utilisé pour la restauration de nombreux écosystèmes, notamment les écosystèmes marins. Cette craie de Champagne particulière (commercialisée sous la dénomination NAUTEX) est surtout connue en milieu continental et en pisciculture. Pourtant, les premières conclusions d'études en milieux saumâtre et marin étaient encourageantes.

Ce procédé de dévasement original et peu onéreux est aujourd'hui petit à petit redécouvert du grand public et des professionnels (Annexe). En effet, dans la conjoncture, les lourds travaux liés au dévasement des sites sont très onéreux. De plus, ils sont très règlementés en raison de leur impact sur l'environnement. Les ports, souvent enclavés, sont les plus touchés par l'envasement : les gestionnaires espacent voire abandonnent les dragages, laissant la vase s'accumuler et asphyxier le milieu. Le bassin d'Arcachon, dans le Sud-Ouest de la France, n'échappe pas à ce phénomène. De plus, l'importante dynamique hydro-sédimentaire du bassin accentue largement la sédimentation rapide des apports vaseux. Il est donc indispensable pour les ports de restaurer des tirants d'eau suffisants pour assurer la navigation des navires et maintenir les activités qui en dépendent, sans pour autant dégrader l'écosystème.

En réponse à cette problématique, le bassin d'Arcachon fait l'objet d'une étude pour trouver un moyen efficace de réduire la vase, tout en respectant le milieu naturel. Cette étude portera donc sur l'efficacité et l'impact de la craie coccolithique afin de proposer une méthode de réhabilitation originale, peu onéreuse et non traumatisante pour l'environnement.

Ce document rappelle d'une part, les données mises en évidence lors des expérimentations antérieures et, d'autre part, analyse les résultats obtenus sur l'étude de cette année. Enfin, il sera porté une attention particulière au contexte juridique avant de conclure sur ce projet de réhabilitation.

I. PRINCIPE D'ACTION DE LA CRAIE COCCOLITHIQUE

« L'utilisation de certains produits à base de carbonate de calcium constitue une solution économique et efficace pour la restauration des milieux aquatiques dégradés en vue de l'amélioration des caractéristiques physico-chimiques des eaux et d'une meilleure productivité piscicole. » (Salinères J.B. et al, 1990)

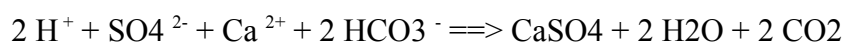
I.1. Effet sur le pH de l'eau et la minéralisation de l'eau

Dans le cas d'eaux acides naturelles, l'apport de craie permet d'éliminer le dioxyde de carbone dissout responsable du caractère agressif de l'eau. Il permet une stabilisation des différents paramètres physico-chimiques tels que la dureté et le pH (Martin J.F., 1985). La craie est dissoute et la réaction carbo-calcique se fait dans le sens 1 :



Cette réaction permet d'atteindre le pH d'équilibre (≥ 7) sans risque d'atteindre un pH trop élevé quel que soit le dosage (Salinères J.B. et al, 1990). Ce phénomène permet, outre l'action sur le pH, d'apporter des ions calcium éléments indispensables à la vie aquatique (Bachasson B., 1997). En effet, une teneur de 100 mg/L de CaCO_3 est considérée comme optimale pour la production piscicole et une bonne réserve alcaline permet d'assurer une bonne stabilité du milieu (Schlumberger O., 2002).

L'action de la craie a aussi été observée dans le cas de forte acidité. Par exemple, les anciennes gravières peuvent présenter des chutes brutales du pH, la valeur passant de 7,5 à moins de 3,5. La conséquence est la disparition quasi-totale de toute vie aquatique. Ce processus est lié à la mise à jour de formations pyritifères par des opérations d'extraction de matériaux, dans une zone encore exploitée (Salinères J.B. et al, 1990). Ceci conduit, sous l'action de l'eau et de l'oxygène dissous, à la formation d'acide sulfurique. L'apport de craie rétablit l'équilibre du plan d'eau en quelques jours de la façon suivante :



Les amendements calciques ont été aussi étudiés dans le cas de pH basique et la craie de champagne est le seul type d'amendement calcique donnant un effet positif sur le pH dans le cas d'un pH >9 (SMIDAP, 2005)

I.2.Effet sur la turbidité

Les grains de craie et les ions calcium libérés jouent le rôle de flocculant permettant de déstabiliser les suspensions stables de certains colloïdes. Il a été noté (dans les essais de l'IEEB) des diminutions notables de la turbidité des eaux après traitement à la craie, essentiellement dans le cas de matières en suspension d'origine organique ou organo-humiques (moins d'impact sur les suspensions d'argiles) (*Salinères J.B. et al, 1990*).

I.3.Effet sur les interfaces

Certains plans d'eau peuvent présenter des films en surface d'origine bactérienne ou liés à des faibles pollutions par hydrocarbures. L'épandage la craie entraîne une déstructuration physique de ce film améliorant ainsi les échanges entre l'oxygène atmosphérique et l'eau (réoxygénation par diffusion). En atteignant les dépôts présents dans le fond, les particules de craie, par leur pouvoir flocculant, désorganisent le liant organique des sédiments, en libérant des interstices permettant ainsi de meilleurs échanges avec la phase liquide (*Salinères J.B. et al, 1990*).

I.4.Effets biologiques

La craie en se déposant au niveau de l'interface eau/sédiment offre, de par une surface spécifique importante, un grand nombre de sites d'ancrage pour les bactéries. Ces dernières trouvent un support favorable à leur développement et constituent ainsi un biofilm. Le carbonate de calcium présente en outre un pouvoir oxydo-réducteur élevé induisant l'instauration d'un milieu favorable aux micro-organismes à tendance aérobie. Des mesures ont permis de vérifier, dans les conditions de laboratoire et sur site, que le traitement à la craie favorisait l'activité biologique de l'interface eau-sédiment et parallèlement la dégradation de la matière organique (*Salinères J.B. et al, 1990*). Lors de cette minéralisation, des éléments nutritifs sont libérés au profit de la chaîne trophique. Il a été en effet observé un accroissement de la densité du plancton et par la suite de la productivité piscicole (*Marcel J., 1996*).

Les traitements par carbonates de calcium offrent, outre des effets sur la neutralisation des eaux, des perspectives sur le rééquilibrage biologique du milieu aquatique (*IEEB, LMB*). Ces mécanismes ont été confirmés pour les eaux continentales en laboratoire et sur le terrain. L'utilisation d'amendements calciques reste un classique dans les procédés de réhabilitation physico-chimique des milieux, elle est même recommandée par des organismes officiels comme l'observatoire de l'eau de Vendée (*SMIDAP, 2005*), l'INRA (*INRA, 2001*) ou encore le CEMAGREF (*Schlumberger O., 2002*). En effet, la reprise de la minéralisation des sédiments, la réduction du volume de vase (*Capdevielle, 1973*), le développement d'une microflore et d'une flore aquatique, l'augmentation de la teneur en oxygène, l'amélioration de la production piscicole sont les principales conséquences du traitement (*TASO, LMB, 1988*).

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéresserons au bassin d'Arcachon, afin de vérifier l'efficacité de la craie sur la dégradation de la matière organique en milieu marin. Certaines données ont déjà été récoltées dans les années 80, avec les moyens de l'époque, par le Laboratoire municipal de Bordeaux (actuellement IEEB).

II. ETUDES ANTERIEURES

II.1. Essais de 1980

Cet essai en laboratoire vise à apprécier la modification de structure du sédiment engendrée par un traitement à la craie.

Après un traitement les vases se délitent en libérant leurs différents constituants particuliers (débris de végétaux, sables micas et argiles) vu que la craie favorise la disparition des liants organiques qui structurent la vase. Le sédiment est alors remanié (structure, aspect...) et devient le siège d'une intense vie biologique (nématodes, limnées, bactéries aérobies...) favorisant aussi la dégradation de la vase.

Les témoins, non traités, ne présentent pas de modification de structure ni de développement biologique ni de dégradation de la vase.

Sur ce constat, la société T.A.S.O. a effectué un traitement au Nautex® dans le Bassin d'Arcachon, à proximité du Delta de La Leyre. La salinité fluctue beaucoup à cet endroit, en fonction des arrivées d'eau douce et des marées. L'envasement initial était de 60 cm à 1 m d'épaisseur, sur une surface de 8 Hectares (dont 1Ha sur un parc à huître). L'épandage de Nautex® s'est fait à marée haute, pour favoriser le départ de la vase déstructurée vers la mer (les connaissances de l'époque supposaient une action moins rapide de la craie en milieu stagnant, alors que la craie est tout aussi efficace dans ces conditions).

Observations à J+25, Laboratoire municipal de Bordeaux :

La vase a disparu ou parfois a baissé de 50 cm. Le sable est constant et profond (Ceci n'est pas dû à un apport récent de sable). La couche superficielle de sable ne recouvre pas une couche de vase sous-jacente.

Cependant, il reste tout de même un peu de vase sous les tables (support des pochons d'huîtres) mais celle-ci est plus ferme et en voie de dégradation : la craie poursuit d'ailleurs son action dans ces parties envasées.

La zone traitée est repeuplée naturellement par des coquillages, des poissons plats...

Les observations établies sur les 8Ha traités dans le bassin sont cohérentes avec les résultats obtenus en laboratoires.

II.2. Etude de 1982

II.2.a. Etude des sédiments

Les protocoles d'analyse et d'essai ont été établis à partir de la norme de l'époque pour les sédiments continentaux, parfois peu compatible avec sédiments marins. L'expérience montre tout de même une cohérence entre les résultats de laboratoire (avec ce protocole) et les résultats de terrain.

L'argile est souvent considérée comme un frein à l'action de la craie, aux connaissances de 1982 (hypothèse réfutée par beaucoup d'observations de terrain).

Lors des essais statiques en milieu clos, une modification de la plasticité, un fort développement des vers et des protozoaires sont observés. La dégradation de la matière organique, quant à elle, est nettement plus avancée que pour les témoins. Celle-ci est accompagnée de la disparition des odeurs. La dispersion de l'argile est augmentée et le sédiment se compacte. L'étude des eaux surnageantes après l'essai statique ne montre pas de relargage détectable de Phosphore et d'Azote.

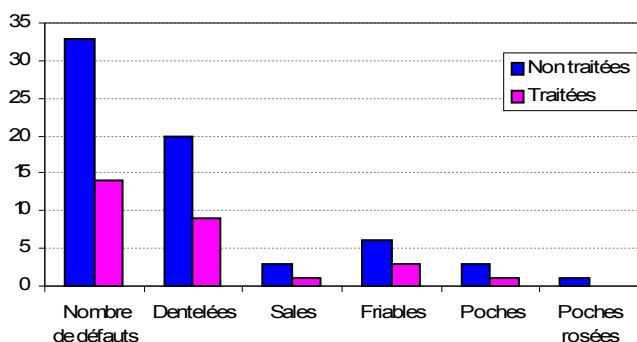
En essai dynamique (passage dans une rivière artificielle pendant 7 jours), les parties entraînaibles par le courant augmentent et le volume du sédiment diminue. On constate également une diminution de 0 à 4% du taux d'Humidité.

L'étude des sédiments étant encourageante, une étude d'impact sur les huîtres a été réalisée. En effet, l'ostréiculture reste une identité forte du bassin d'Arcachon.

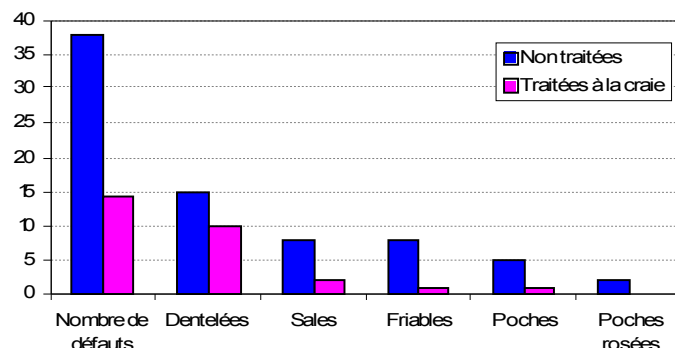
II.2.b. Impact de la craie sur les huîtres

Ces expériences sur une durée de 6 mois ont pour but de révéler une éventuelle action (positive ou négative) de la craie sur les huîtres, afin d'estimer si un traitement peu être envisagé sur des domaines ostréicoles. Seront prises en compte les huîtres âgées et jeunes, mais aussi leurs positions durant l'expérience.

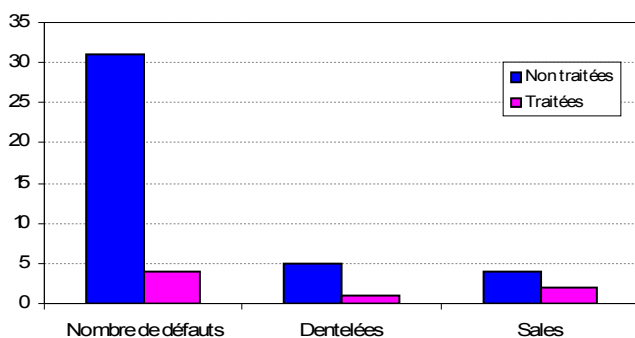
Qualité des jeunes huîtres posées sur chassis



Qualité des jeunes huîtres posées sur le fond



Qualité des huîtres âgées posées sur chassis



Qualité des huîtres âgées posées sur le fond

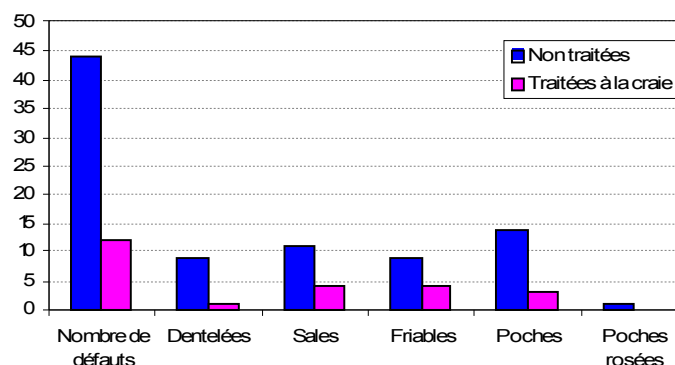


Fig. 1 : Qualité commerciale des huîtres.

Dans les bacs traités, il y a moins d'huîtres dentelées, sales, friables ou ayant des poches que dans les bacs témoins. Les huîtres en présence de craie ont un aspect plus commercialisable. En effet, elles sont plus robustes et peu d'entre elles présentent des défauts (comparées aux témoins, non traités.) (fig.1)

Le traitement à la craie réduit efficacement les défauts sur la coquille des jeunes huîtres (plus de 60%). Ainsi, celles ayant subi le traitement sont plus robustes que les non traitées. De plus, il est constaté une diminution des poches pouvant renfermer des substances gélatineuses nauséabondes (défauts de croissances) ou des bactéries rouges (présence de poches rosées).

Lors de l'usage de la craie, les défauts sur la coquille des huîtres âgées sont significativement diminués (plus de 75%). Ce phénomène est accentué pour les huîtres âgées sur châssis. Les huîtres présentes lors du traitement ont moins de chance de développer des défauts, ce qui augmente la quantité d'huîtres attractives commercialement. Les individus possédant des poches se font rares, ceux à coquille dentelée ou friable sont moins nombreux (fig.1).

L'action de la craie est mise en évidence par la comparaison entre les huîtres posées sur le fond et celles mises sur châssis. En effet, plus les huîtres restent en contact avec la craie et moins elles ont de défauts. La craie est donc directement liée au renforcement de la qualité, augmentant ainsi l'aspect commercial des huîtres.

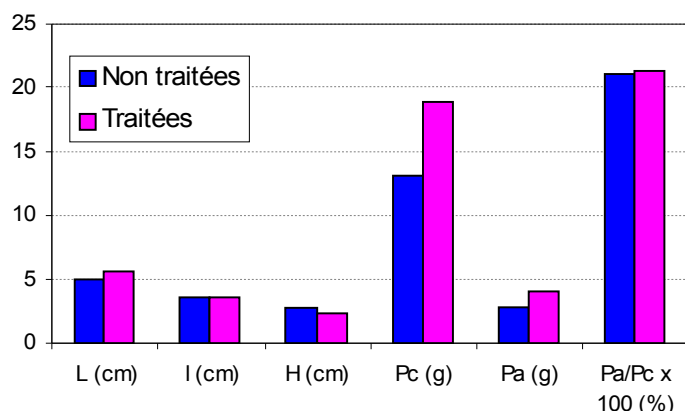
Outre cette amélioration de qualité, l'expérience met en avant une hausse du poids des huîtres traitées (coquille et corps mou), que ce soit pour les huîtres âgées ou jeunes.

La craie n'a pas d'impact significatif sur les dimensions des huîtres, bien que celles-ci semblent tout de même plus longues. Par contre, le poids de la coquille augmente, les huîtres sont alors moins fragiles. La masse du corps mou est sensiblement plus élevée aussi, ce qui rend les huîtres traitées plus attractives à la vente. Les huîtres traitées sont donc plus charnues et leurs coquilles ont un aspect plus commercial (fig.2).

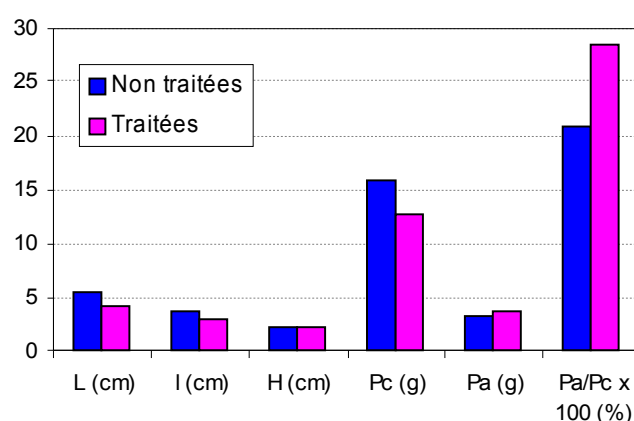
Le rapport entre le poids de la coquille et celui de l'animal permet de vérifier si la croissance de l'huître traitée se fait de manière normale. La prise de poids des huîtres traitées n'est pas seulement due à la coquille vu que le corps mou croît simultanément. Le rapport entre ces deux mesures est le même pour les traitées que pour les non traitées. Ainsi, bien que la croissance des huîtres soumises à la craie soit plus rapide, elle reste dans de bonnes proportions, le renforcement de la coquille s'accompagnant d'un accroissement suffisant du corps mou (fig.2).

Une exception est tout de même mise en avant : les jeunes huîtres traitées et posées sur le fond présentent une perte de poids de la coquille (qui reste de bonne qualité) et une augmentation du poids du corps mou. Elles sont par conséquent très charnues.

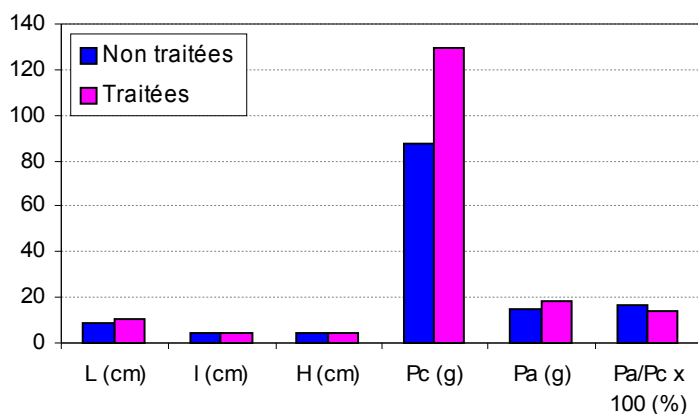
Morphologie des jeunes huîtres posées sur châssis



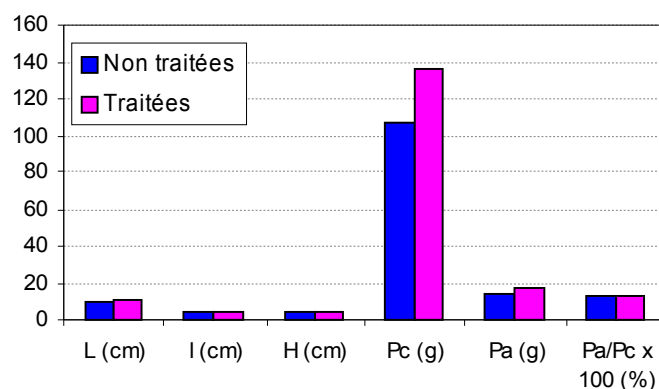
Morphologie des jeunes huîtres posées sur le fond



Morphologie des huîtres âgées posées sur châssis



Morphologie des huîtres âgées posées sur le fond



Pc : Poids de la coquille
L : longueur

Pa : poids de l'animal (corps mou)
I : largeur

H : hauteur

Fig. 2 : Morphologie des huîtres.

Suite à cette étude, de nouveaux essais ont été réalisés sur demande des nouvelles structures entrant en scène dans la gestion du Bassin d'Arcachon.

II.3. Essais de 1985

Les prélèvements pour cet essai sont réalisés au niveau des aires de ravitaillement pétrolier. La craie aide normalement les bactéries à fonctionner en aérobie, pour dégrader la matière organique. Dans ce cas précis, nous voudrions voir l'impact d'un traitement à la craie sur une matière organique particulière : les hydrocarbures.

L'expérience indique qu'un traitement à la craie permet une atténuation des odeurs dues aux hydrocarbures et à la matière organique. Une analyse quantitative montre que la craie favorise la dégradation des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques polycycliques. Cet effet est proportionnel au taux de pollution.

La perméabilité des sédiments est aussi améliorée grâce à la disparition des hydrocarbures qui colmataient le sédiment (déstructuration du liant organique également). Une diminution du caractère anaérobie du dépôt est aussi observée.

Cette étude permet aussi de vérifier l'impact de la craie sur les transferts de nutriments des sédiments vers la colonne d'eau. Pour cela, nous avons comparé les concentrations en nitrates et phosphates dans les eaux surnageantes de deux types de prélèvements : les témoins non traités et les échantillons traités au Nautex®.

Les échantillons traités ont des concentrations en nutriments plus faibles que les témoins. En effet, les nitrates passent en moyenne de 1,96 à 0,22 mg/L après le traitement et les phosphates passent de 1,32 à 0,20 mg/L. Ces mesures ne renseignent pas sur l'évolution des concentrations.

III.CONCLUSION

La découverte de l'action du carbonate de calcium remonte à 1964, en Angleterre. Depuis, ce produit a été utilisé pour la restauration de nombreux milieux aquatiques. L'épandage de cette craie de Champagne particulière (commercialisée sous la dénomination NAUTEX) constitue souvent une solution efficace et économiquement viable pour lutter contre l'envasement. En effet, l'apport de craie, en stimulant les microorganismes, aboutit à la revivification du milieu, figé par l'accumulation progressive de matières organiques et de vase sur le fond. La technique d'épandage a beaucoup évolué depuis les années 70. Autrefois, la craie était versée en paquets et pouvait parfois colmater temporairement les sédiments. Mais, depuis 1982, le procédé n'a cessé d'être perfectionné, évitant ce phénomène de colmatage. En effet, la craie est aujourd'hui pulvérisée sous forme de lait avec une pression suffisante pour obtenir une dispersion rapide dans la colonne d'eau, éliminant ainsi le risque de gros dépôts sur le fond.

La craie est surtout connue en milieu continental et en pisciculture. Pourtant, les premières conclusions en milieux saumâtre et marin sont encourageantes. Il est cependant nécessaire de les reprendre et de les réactualiser. Cette étude aura donc pour finalité de vérifier l'efficacité et l'impact de la craie sur l'envasement en milieu saumâtre ou marin.

2eme Partie : EFFICACITE ET IMPACT DU NAUTEX POUR LE DEVASUREMENT DES PORTS DU BASSIN D'ARCACHON

I.PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

I.1.Localisation

Le bassin d'Arcachon est situé dans le sud-ouest de la France, sur la côte Atlantique (fig.3). Il est principalement alimenté par la Leyre et les marées.

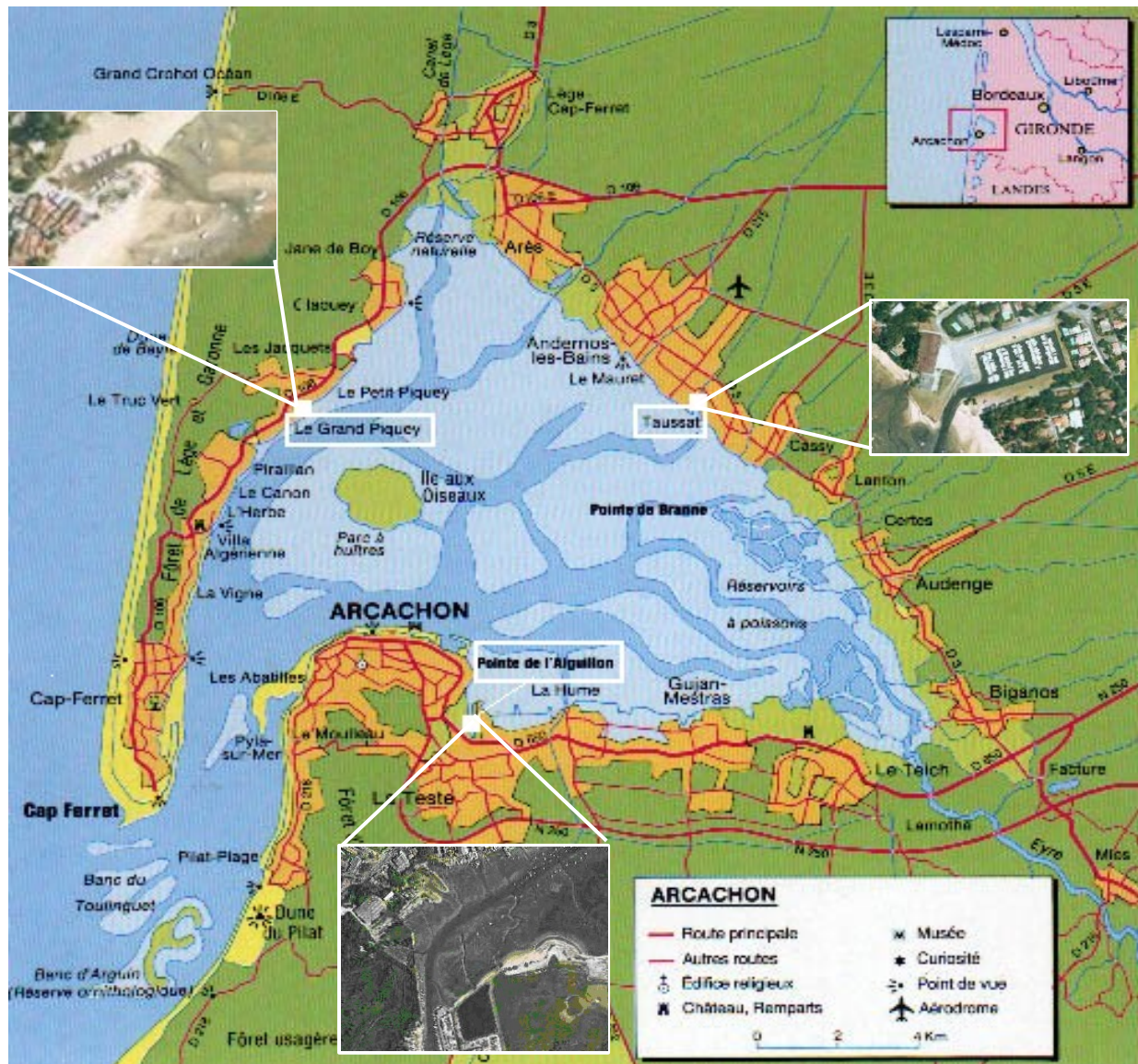


Fig. 3 : Carte du Bassin d'Arcachon et photographie des sites. (Source : i-voyages.net)

Le pourtour du bassin (88km) est constitué de 10 communes : Arcachon, la Teste de Buch, Gujan-Mestras, le Teich, Biganos, Audenge, Lanton, Andernos-les Bains, Arès, Lège-Cap Ferret, sur une superficie de 761,24 km² pour 99 362 habitants (en 2005). Au total, près de 20 ports ceignent le bassin.

Dans le cadre de cette étude, nous nous pencherons sur 3 sites particuliers (fig.3) :

- La vasière de la pointe de l'Aiguillon, entre Arcachon et la Teste de Buch.
- Le port de Taussat, à Lanton.
- La vasière du Grand Piquey, sur la commune de Lège-Cap-Ferret.

I.2.Caractéristiques du Bassin d'Arcachon

I.2.a.La Leyre

La Leyre, petit fleuve landais formé par la réunion de la petite et de la grande Leyre, se déverse dans le Bassin d'Arcachon après un cours de 100 km sur le sable des Landes. Elle est bordée de feuillus formant une voûte d'espèces variées (chênes tauzin et pédonculé, frênes, châtaigniers, saules) abritant principalement des fougères. La rivière quitte son tunnel de verdure à quelques 80 km des sources pour se ramifier en multiples chenaux de delta. L'eau douce s'y mélange à l'eau salée. La végétation de ces marais est constituée d'arbres isolés ou souffreteux, de plantes des milieux humides et de roselières.

La Leyre est la principale arrivée d'eau douce mais le bassin est aussi le réceptacle de nombreux petits ruisseaux. Ces apports font considérablement varier la salinité en bordure du bassin. Ces parties passent alors de 10 à 35 ‰ selon le cycle des marées.

I.2.b.Le bassin

L'eau du bassin d'Arcachon couvre une superficie de 155 km² à marée haute, mais seulement 40 lorsque la mer se retire. La fréquence des marées est de 12h 25 minutes. 230 millions de m³ d'eau entrent et sortent à chaque marée à la vitesse de 2 m/s entre la dune du Pilat et la pointe du Ferret par des « passes » (corridor maritime de 3 km de large).

Ces passes sont encombrées de bancs de sable instables comme le banc d'Arguin. Sous l'influence de la mer, les passes migrent à l'entrée du bassin, certaines disparaissent et d'autres se forment. Le bassin comporte, selon la décennie, une ou deux passes navigables. Le cycle des passes est d'environ 80 ans. Lorsque l'axe de la passe sud s'incline vers le sud, la passe nord s'ouvre et au bout d'une quinzaine d'années devient fonctionnelle, il y a alors deux passes (1932 à 1955). Puis elles se rejoignent pour former une passe médiane (1955). L'ensemble migre alors vers le sud formant une seule passe (1979) qui continue à progresser vers le sud d'où l'ouverture d'une nouvelle passe nord (1990) et le cycle recommence (fig.4).

Actuellement la passe sud est fermée à la navigation et dans quelques années la passe nord, longue de 5,5 Km, deviendra médiane. Ce mouvement provoque le déplacement des bancs de sable qui occupent les passes actuellement du nord au sud : les bancs du Toulinguet, du Chien et d'Arguin (*Société Historique et Archéologique d'Arcachon et du Pays de Buch*).

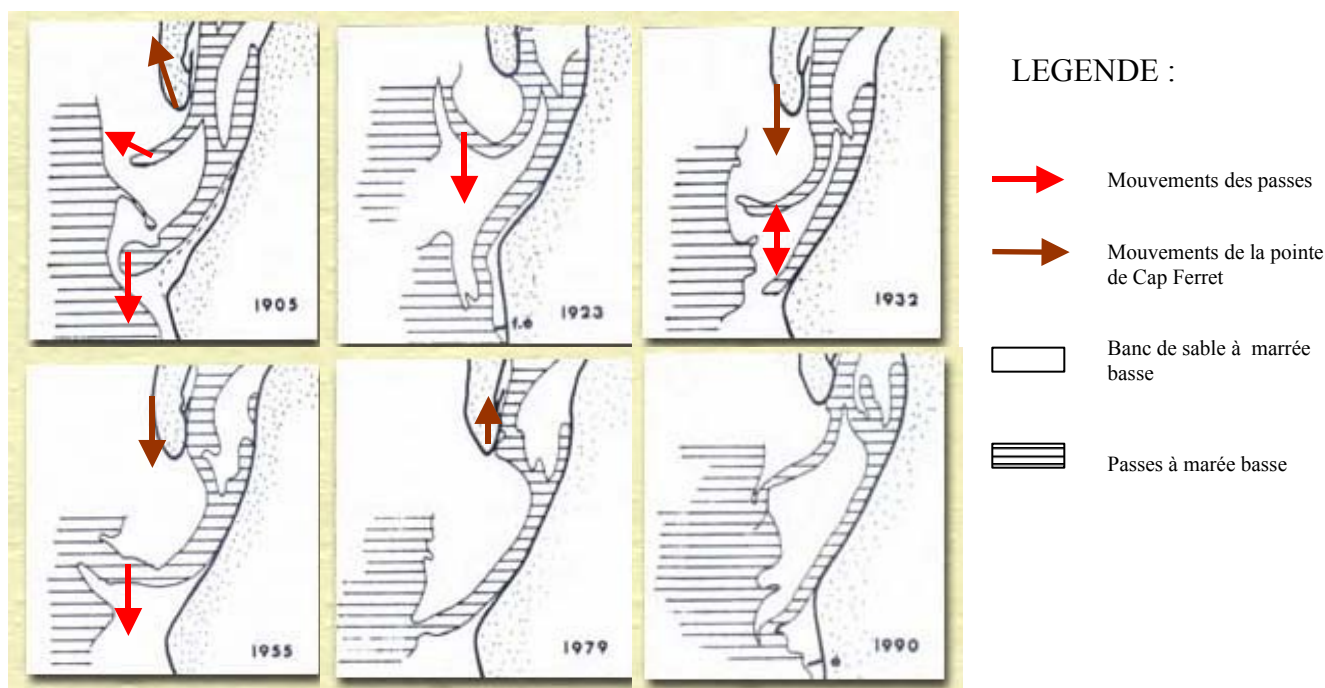


Fig. 4 : Evolution temporelle des passes du Bassin d’Arcachon.

Ce mouvement des passes (fig.4) modifie l’hydrodynamisme et donc les zones de sédimentation. Actuellement, nous sommes dans une configuration de forte sédimentation sur tout l’Est et les bords extérieurs du bassin.

I.3. Intérêt de l’étude

L’importante dynamique hydro-sédimentaire observée sur le bassin d’Arcachon contribue largement à la sédimentation rapide des apports marins et continentaux. La vitesse est estimée dans certains secteurs à près de 30 cm/an. Ainsi, l’envasement est accéléré en dehors des zones de forts courants (chenaux). Il est donc indispensable de restaurer des tirants d’eau suffisants pour assurer la navigation des navires et maintenir les activités qui en dépendent. Mais les curages s’avèrent difficiles et soulèvent de nombreuses controverses sur le bassin. Les ports sont les plus fortement touchés par ce phénomène de part leur position et leur agencement. En effet, ils se situent sur le pourtour du bassin, très éloigné du chenal principal et de l’embouchure. De plus, ils sont entourés par des digues qui forment un renforcement emprisonnant la vase. Par exemple, le port de Taussat est recouvert de vase mouvante sur une profondeur de 1,9 m.

En réponse à cette problématique, le bassin d’Arcachon fait l’objet de nombreuses études pour trouver un moyen efficace de lutter contre l’envasement des ports. Les premiers résultats obtenus avec la craie, dans les années 80, ont été encourageants, voire concluants, mais cette expérience avait été interrompue pour cause de restructuration des organismes décideurs. Ainsi, cette nouvelle étude vise à mesurer l’action de la craie sur la vase du bassin.

II.MATERIEL ET METHODE

II.1.Prélèvements

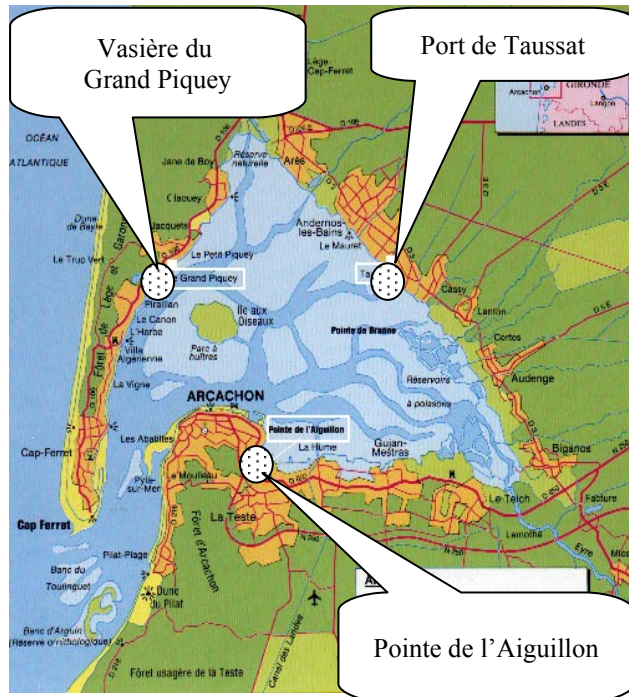


Fig. 5 : Sites d'études.

Des prélèvements d'eau et de sédiments ont été effectués sur les trois sites (fig.5). Le transport est effectué en glacière à 4°C et dure au maximum 3h. Les sédiments sont maintenus en anaérobie durant le déplacement dans des seaux étanches en PVC ne relargant pas de phosphore (traces).

Les sédiments de la Pointe de l'aiguillon se composent de trois parties successives. La première constitue une couche vaseuse de 35 cm d'épaisseur. Ensuite le sédiment devient sablo-vaseux sur 20 cm d'épaisseur et inclut quelques graviers grossiers. Et enfin, la couche sous-jacente est composée essentiellement de sable. Les trois couches sont conservées distinctement afin de reproduire les conditions naturelles en microcosme.

La vase du port de Taussat est homogène, fluide et mouvante sur 1m90 de profondeur. Les échantillons sont prélevés à 20 cm sous la surface.

La vasière du Grand Piquey compte une seule couche sablo-vaseuse allant jusqu'à 30cm de profondeur, entièrement prélevée lors de l'échantillonnage. Celle-ci était recouverte d'une couche de végétaux morts grossiers (non prélevés).

II.2.Description des sédiments

II.2.a.Vasière de la pointe de l'Aiguillon

La vasière de la pointe de l'Aiguillon, située entre Arcachon et La teste de Buch, présente trois couches de sédiments différenciés. La limite entre ses couches est franche et visible à l'œil nu. On a donc trois sédiments juxtaposés :

Vase de surface : Elle est présente sur le site jusqu'à 35 cm de profondeur en moyenne. D'aspect très compact et fortement liée par la matière organique, cette vase est brune à noire par endroits et présente un fort taux d'humidité. Bien qu'en surface, elle a tendance à être anaérobie et comporte de nombreux débris de végétaux grossiers et des amas de matière organique. Sa teneur en sable est inférieure à 5%.

Nous pouvons constater la présence d'oligochètes et de phytoplancton mort (diatomées majoritaires). La vase est recouverte d'un important biofilm, visible à l'œil nu.

Sédiment sablo-vaseux avec graviers grossiers : Ce sédiment est présent de 35 à 55 cm de profondeur. Il est composé de sable (60%), de graviers grossiers (20%) et de matière organique (20%). De couleur beige foncé, parfois rayé de rouge, il comporte aussi des coquilles vides d'huîtres et de moules.

La faune y est assez importante (crabe, vers...), ce qui entraîne la présence de déjections et de matière organique en amas.

Sédiment sableux : Celui-ci se situe à plus de 55cm de profondeur. Il est constitué de sable (90%), et de matière organique (10%). Les grains de quartz sont érodés, de diamètre de 0,5mm et non cohésionnés entre eux. La couleur varie du beige foncé à l'ocre en se rapprochant de la couche sus-jacente

La limite entre le sable et le sédiment sablo-vaseux est marqué par une fine couche assez homogène de quartz fin cohésionnés entre eux par des amas de matière organique et de carapaces de plancton mort de nature calcaire et siliceuse. Le tout est recouvert d'un film gras.

II.2.b.Port de Taussat

Le port de Taussat est un des ports les plus touchés par l'envasement. La colonne de vase atteint 1,90 m de hauteur. Bien que très épaisse, cette couche est assez homogène. Elle est constituée par une vase noirâtre mouvante (fort taux d'humidité). Lorsque l'on remue cette colonne, on observe un dégagement assez important de gaz odorant (soufré) mettant en avant son caractère anaérobie. La surface de la colonne est recouverte d'un épais film gras, mêlant biofilm et hydrocarbures. Sa composition est sableuse à 58%. Les autres fractions sont granulométries inférieures (matière organique, argile, limons).

II.2.c.Vasière du Grand Piquey

Cette vasière présente un taux d'envasement plus faible que les autres sites car elle est plus ouverte sur le bassin que les autres. La vase ne s'étale pas en couche homogène : Elle atteint 2 cm d'épaisseur sur le pourtour et 30 cm au centre du site. La structure de cette couche est sablo-vaseuse à dominance sableuse (98,5% de sable). La vase est recouverte de débris grossiers de végétaux morts par endroits. Etant proche d'une entreprise ostréicole, elle comporte de nombreux débris de coquille d'huîtres et de moules. La population de crabe était très importante sur le site.

II.3.Mise en place des microcosmes

Les microcosmes sont élaborés avec un PVC ne relargant pas de phosphore. Ils ont un diamètre de 28 cm et une contenance de 12L. Les analyses de sédiments se font à partir de cuves particulières afin d'éviter les interactions métal/paroi. Les parois sont rendues opaques pour éviter les biais de mesures correspondant au développement anormal de biofilm sur le pourtour du sédiment. L'éclairage des microcosmes se fait par un cycle diurne/nocturne naturel.

Trois répliquats sont mis en place pour chaque condition étudiée au sein de TASO et un seul répliquat pour les analyses de sédiment au sein d'Antellis.

L'ajout de craie est de 300g/m².

II.3.a.Vasière de la pointe de l'Aiguillon

Les trois couches de sédiments présentes sur le site sont reconstituées dans les microcosmes, proportionnellement aux épaisseurs mesurées sur le terrain (1/10). 7 litres d'eau saumâtre naturelle est ensuite introduite dans les microcosmes. Afin de faciliter l'analyse des résultats, des microcosmes sont aussi aménagés avec une seule couche de sédiment, pour observer les modifications due à chaque couche, et peut-être expliquer, le cas échéant, les anomalies observées.

II.3.b.Port de Taussat et vasière du Grand Piquey

La vase étant monocouche et homogène, les microcosmes correspondants à Taussat et au Grand Piquey contiennent chacun 3 kg de vase et 8 litres d'eau naturelle prélevée sur site.

II.4.Analyses

Paramètres physico-chimiques :

Les relevés de la température, du pH, du taux d'oxygène dissous, du potentiel d'oxydoréduction, de la conductivité, de la salinité et des sels dissous totaux sont effectués avec une sonde multiparamètres (Horiba U-20). Toutes les séries de mesures sont précédées d'un étalonnage des senseurs (avec des solutions titrées) et d'un blanc pour chaque paramètre.

Le potentiel d'oxydoréduction est obtenu par une différence de potentiel entre une électrode de platine et une une de type Ag/AgCl. Il est déterminé à une profondeur de 1,5 cm.

Les autres paramètres sont mesurés à la surface du sédiment.

Le pH est déterminé par potentiométrie, à partir de la différence de potentiel, provoquée par l'activité des ions H^+ , entre une électrode de verre et une électrode Calomel (KCl saturé).

L'oxygène dissout est mesuré par un senseur (sonde de type Clark) ayant une membrane sélective perméable à l'oxygène.

Phytoplancton :

Le phytoplancton est déterminé et estimé par comptage au microscope optique sur une lame quadrillée de type Malassé.

Sédiments :

Des analyses de sédiments sont effectuées par ICP-MS au sein du laboratoire Antellis, à Toulouse. Les analyses sont effectuées sur les sites de Taussat et du Grand Piquey. Elles

concernent la granulométrie, les métaux, le rapport C/N et le phosphore particulaire et dissous, les éléments majeurs (Ca, Mg...) à une profondeur de 1,5cm de sédiment.

Ces résultats étant en cours de sous-traitance, ils n'apparaissent pas dans ce rapport.

La mesure des parties entraînaibles par la marée, reportée dans la troisième partie de ce document, a été réalisée par filtration et tamisage dans les années 80. Ces résultats ont été repris pour donner une valeur indicative aux rejets.

Nutriments :

Les analyses de phosphates ou encore des composés azotés sont dosées (prélèvement en surface du sédiment) par spectrophotométrie (Hanna instruments).

Certains composants spécifiques réagissent avec d'autre par changement de couleur. L'intensité de la coloration obtenue est corrélée à la concentration de l'ion mesuré. Lorsque l'on expose cette solution à un rayonnement (intensité connue), elle en absorbe une partie et en émet une autre partie (plus faible). L'intensité émise est proportionnelle à la concentration recherchée par la loi de Beer-Lambert.

Ainsi, chaque échantillon réagit avec un réactif donné puis est analysé à une longueur d'onde particulière.

Le dosage des ions ammonium se fait par la méthode de Nessler (virage jaune). La mesure est effectuée à 420nm.

Les nitrates sont réduits par le cadmium laissant apparaître un virage ambre-jaune. La concentration est déduite à partir d'un rayonnement à 525nm.

Les phosphates sont dosés par l'acide ascorbique à 610nm. L'échantillon devient bleu lors de cette réaction.

III.RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Diffusion de la craie

La craie se diffuse progressivement dans le sédiment. Elle avance approximativement de 0,6 mm/h en surface et 0,25 mm/h dans les couches plus profondes, pour un apport de 300g/m² de craie. La craie diffuse plus vite dans le sédiment de nature sableuse.

Calcium dans le sédiment à 1,5 cm de profondeur (pmm)	Taussat	Grand Piquey
0 jour	3711	4975
7 jours	6358	9271
21 jours	5201	12597

L'avancée du carbonate de calcium entraîne également une variation de la teneur en magnésium dans le sédiment, ces deux paramètres étant étroitement liés.

Magnésium dans le sédiment à 1,5 cm de profondeur (pmm)	Taussat	Grand Piquey
0 jour	10210	724
7 jours	7405	631
21 jours	7457	860

Le dosage de la craie joue un rôle dans la diffusion. En cas de surdosage, un précipité carbonaté se forme et sature la surface, pouvant aller jusqu'au colmatage de l'interface eau/sédiment.

Des échantillons ont été soumis à différentes doses de craie (apport sous forme de lait de chaux). Le précipité apparaît à partir d'une dose équivalant 400-450g/m², en milieu marin stagnant.

III.2. Température

La température est un facteur essentiel pour la dégradation de la vase. En effet, le taux d'oxygène dissout et l'activité bactérienne en dépendent. La période d'un épandage de craie devra donc en tenir compte. Pour cela, des mesures ont été effectuées à différentes températures. La chute du taux d'oxygène et la hausse de potentiel redox n'interviennent pas au même moment selon la température de l'expérience.

La minéralisation aérobie intervient plus vite et a son maximum d'efficacité à 16,5°C. La minéralisation commence au bout de 5 à 15 jours avec un rendement correct entre 14 et 20°C. Ces résultats donnent un large champ d'action pour la mise en œuvre d'un traitement : de début mars à fin juin. Pour des raisons d'usage de l'eau, il sera tout de même préférable d'effectuer les prestations début juin, soit avant l'arrivée des estivants et pendant la phase de croissance des huîtres.

Toutes les autres expériences se feront donc à 20°C.

III.3. Evolution du pH

Les sédiments n'ont pas les mêmes caractéristiques acido-basiques d'un site à l'autre. La vase de la pointe de l'Aiguillon est acide (pH 6,2). La vase du Grand Piquey, quant à elle, est légèrement basique (pH 8,5). Le site de Taussat possède une vase particulière à pH > 9 (en surface). L'eau irrigant les sites est principalement d'origine marine, de pH 8. Le contact eau/vase crée une modification de pH pour atteindre un état d'équilibre entre l'eau et les sédiments.

L'évolution du pH dans les microcosmes est influencée par ce déplacement vers l'équilibre mais aussi par l'évaporation de l'eau et des sels (CaCO₃).

Pour le site de la pointe de l'Aiguillon (fig.6), le pH diminue à cause de l'acidité de la vase. Cette chute de pH est moins brutale pour les échantillons traités. Le pH témoin passe de 8 à 7,5 puis se stabilise aux environs de 7,7 au bout d'une quarantaine de jour. Le pH après un traitement ne subit qu'une chute de 0,2 unités et l'équilibre est rapidement atteint (10 jours).

Toutefois les courbes suivent la même allure, même si celle correspondant à la craie est plus atténuée (effet tampon), cela laisse supposer que la dose employée n'engendre pas la saturation du milieu en carbonates.

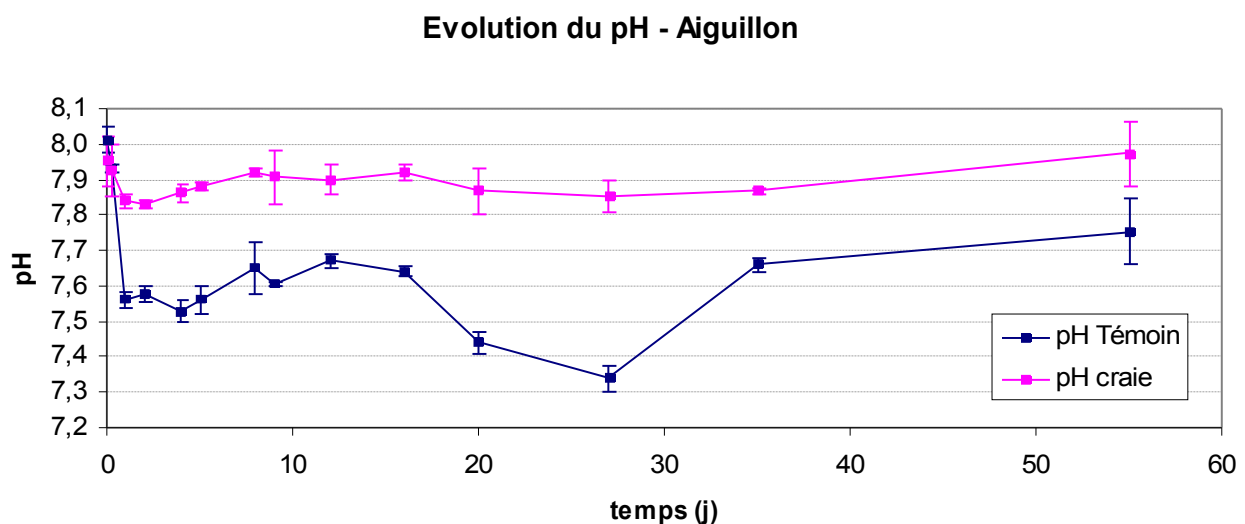


Fig. 6 : Evolution du pH pour le site de la pointe de l'Aiguillon.

Les microcosmes témoins du site du Grand Piquey (fig.7) présentent une grande variation de pH alors que le pH des microcosmes traités reste stable et proche de l'équilibre océanique (pH 8). Dans ce cas, la craie tamponne parfaitement l'effet de la légère basicité de la vase. La chute du pH dans les témoins à la fin de l'expérience peut-être due à la présence d'organismes photosynthétiques, qui se développaient à l'excès dans les témoins.

Evolution du pH - Grand Piquey

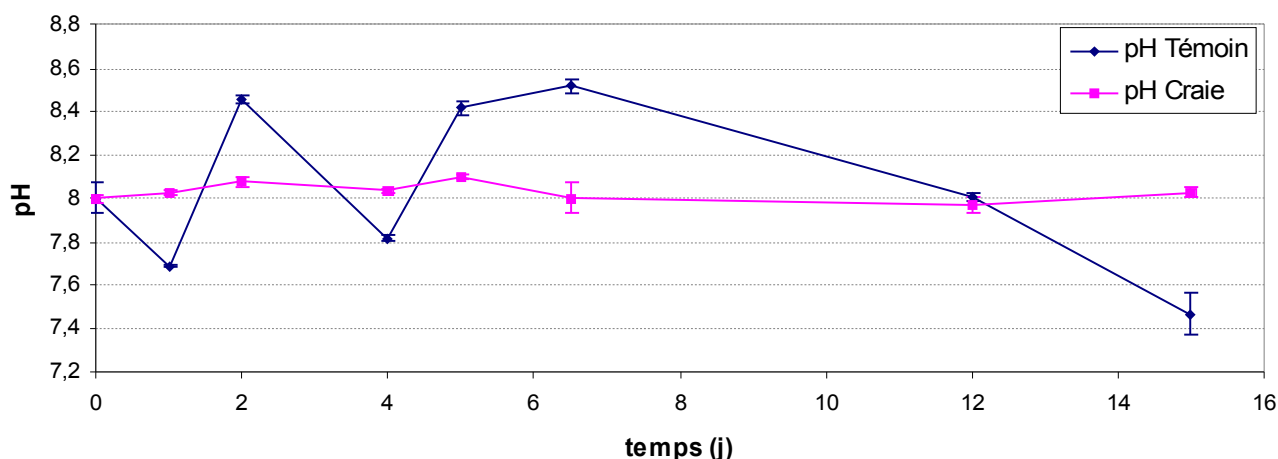


Fig. 7 : Evolution du pH pour le site du Grand Piquey.

Taussat possède une vase très particulière. En effet, elle est très fluide, contient peu de sable et elle a un pH très élevé. Sa structure fine permet l'atteinte rapide d'un équilibre dans les témoins et les microcosmes traités. Cet équilibre correspond à un pH 8,8 pour les témoins alors que le pH est d'environ 8 pour les échantillons traités (fig.8).

Evolution du pH - Taussat

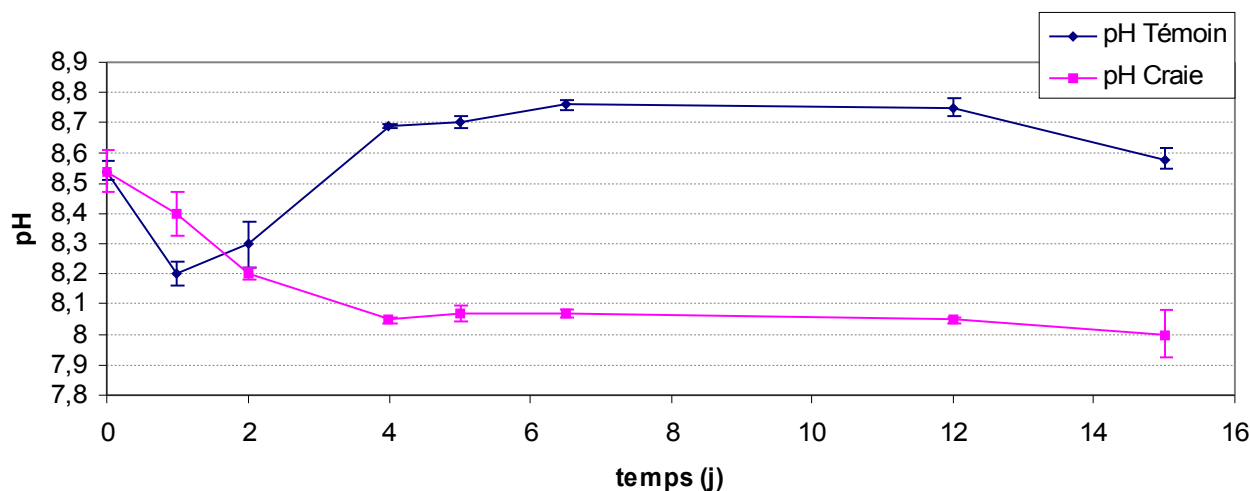


Fig. 8 : Evolution du pH pour le site de Taussat.

Dans les trois cas, le pH fluctue dans les témoins alors qu'il se stabilise rapidement dans les microcosmes traités à la craie : la craie coccolithique tamponne le pH. Cet apport de carbonates de calcium permet de limiter l'impact du caractère acido-basique de la vase.

L'effet tampon du carbonate de calcium est très important pour l'activité biologique au sein des océans, car elle ne peut supporter des variations trop fortes de pH. Cet effet est connu depuis longtemps, étant donné le rôle du carbonate de calcium dans les équilibres carbo-calciques qui régissent la vie océanique, et notamment l'activité phytoplanctonique.

III.4. Phytoplancton et équilibre carbo-calcique

Le développement phytoplanctonique est moindre dans les microcosmes traités à la craie (2 500 Cellules/L) alors que des blooms apparaissent dans les témoins (>50.000 Cellules/L).

Les blooms se sont généralisés dans les témoins lors des expériences. Au contraire, la quantité de phytoplancton reste stationnaire et diversifiée dans le cas d'un traitement à la craie.

L'ajout de carbonate de calcium peut entraîner une sursaturation temporaire de surface. Dans ce cas, l'équilibre carbo-calcique serait déplacé en faveur de la production de dioxyde de carbone qui diffuserait alors vers l'atmosphère (contre-pompe). Ce phénomène étant accompagné d'une chute de l'alcalinité. Le dioxyde de carbone deviendrait le facteur limitant de la photosynthèse.

La dose de craie administrée ne permet pas une précipitation de carbonate de calcium, sinon, le pH, le Carbone total et l'alcalinité diminueraient fortement. Dans notre cas, le pH est tamponné et maintenu quasi-constant grâce à cet apport. L'alcalinité chute légèrement. Ce phénomène reste mineur dans les microcosmes et ne devrait pas provoquer de contre-pompe de dioxyde de carbone lors de traitements *in situ*. L'absence de blooms algaux après traitement n'est pas due au manque de dioxyde de carbone dissout.

Des analyses de phosphates et de composés azotés sont alors mises en place, pour tenter d'expliquer la cause de cette absence de bloom. La craie aurait-elle un impact sur le relargage de nutriments ?

III.5. Nutriments

Le relargage des sels nutritifs est devenu une problématique importante sur le bassin d'Arcachon depuis les épisodes de prolifération d'algues toxiques. L'*Alexandrium* ou les *Dinophysis sp.* sont régulièrement détectés, interdisant la consommation des huîtres et conduisant au chômage technique des quelques 376 entreprises d'ostréiculture du Bassin.

Aux vues des connaissances actuelles, le développement des *Dinophysis sp.* est régi par la richesse nutritive et les stratifications thermiques et salines.

Le facteur limitant la croissance algale en milieu côtier reste le phosphore même si les composés azotés restent peu élevés. Les milieux anoxiques tels que les vases relarguent beaucoup de phosphore et d'ammonium. Les nitrates ne sont pas relâchés vu que les bactéries chimiotrophes les consomment.

Dans le cas de vase anaérobie, les phosphates et l'ammonium diffusent du sédiment vers la colonne d'eau de manière plus ou moins importante, voire aléatoire. Leur forme est directement assimilable par les autotrophes planctoniques.

III.5.a. Le phosphore

Cet élément est souvent responsable des blooms phytoplanctoniques dans les milieux lacustres et côtiers. Les mesures effectuées montrent une différence significative entre les teneurs en phosphates dans les témoins et dans les microcosmes traités à la craie.

Les microcosmes issus du site du Grand Piquey suivent la même évolution décroissante en ce qui concerne la concentration en phosphates. Cette baisse est rapide les premiers jours puis se stabilise. La courbe correspondant aux microcosmes atteint plus rapidement des valeurs basses. Par exemple, la concentration de 0,4 mg/L est atteinte au bout de 12 jours pour les témoins et de 3 jours pour les échantillons contenant de la craie. La concentration en phosphates est presque nulle 8 jours après le traitement.

Le site du Grand Piquey a tout de même un relargage naturel faible(fig.9).

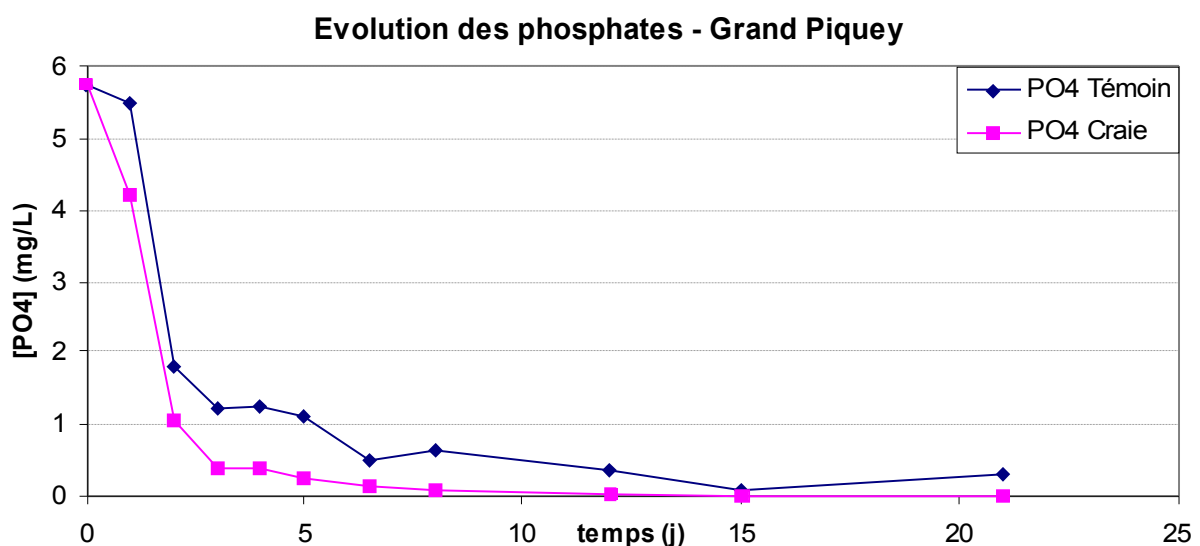


Fig. 9 : Evolution de la concentration en phosphate pour le site du Grand Piquey.

La vase du port de Taussat n'évolue pas comme celle du Grand Piquey. Cela peut être dû à la nature même de la vase (plasticité, granulométrie, teneur en matière organique...)

Evolution des phosphates - Taussat

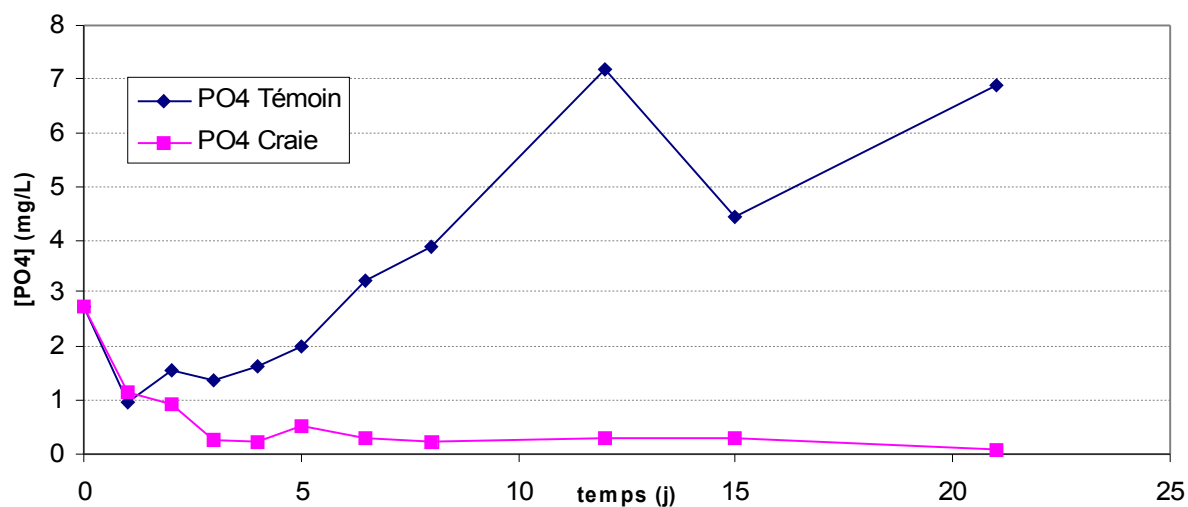


Fig. 10 : Evolution de la concentration en phosphates pour la site de Taussat.

La concentration en phosphate dans les témoins croît avec le temps (fig.9) et conduit à de fortes valeurs de relargage, favorisant la multiplication des algues. Ainsi, les blooms phytoplanctoniques se sont généralisés dans tous les témoins lors des expériences, avec une dominance des dinophycées.

Au contraire, après traitement, la diffusion des phosphates décroît et se stabilise. Les concentrations mesurées sont faibles et quasi-constantes (fig.9). La quantité de phytoplancton reste stationnaire et diversifiée. Cela confirme l'hypothèse du phosphore comme facteur limitant la prolifération algale dans le cas des ports du Bassin d'Arcachon. La craie, en limitant le relargage de phosphore contribue à éviter les blooms.

La concentration en phosphate diminue alors que le phosphore total dans la colonne d'eau augmente. Cette hausse est due à la transformation du phosphore dissout en phosphore particulaire, fraction non biodisponible pour le phytoplancton. Ce phosphore particulaire sédimente ensuite et augmente donc la teneur en phosphore sédimentaire.

Temps (jour)	Taussat			Grand Piquey		
	0	7	21	0	7	21
P eau (ppm)		0,25	0,48		0,16	0,22
P sédiment (ppm)	605	548	591	67	79	90

Le Grand Piquey est un site moins riche en phosphore que Taussat. Cela explique le faible relargage de phosphate dans les témoins du grand Piquey.

L'action de la craie sur le relargage du phosphore sédimentaire laisse supposer un impact possible de régulation d'organismes photosynthétiques comme les micro-algues de types *Dinophysis* en eau saline voire, a fortiori, les cyanobactéries en eau douce.

III.5.b. Les composés azotés

Tous les microcosmes présentent de fortes concentrations en ammonium. Cependant, contrairement aux témoins, les concentrations en ion ammonium se stabilisent après un traitement de craie et reste à des valeurs moins élevées. Ainsi, la concentration en ions ammoniums reste en moyenne à 4mg/L pour le Grand Piquey et à 3mg/L pour Taussat (fig.11,12). Les valeurs obtenues pour les témoins sont variables. Elles vont de 5 à 7,5 mg/L pour le Grand Piquey et de 4 à 8 mg/L pour Taussat.

Le relargage d'azote ammoniacal est régulé par le traitement à la craie coccolithique. L'évolution des nitrates nous permettra de vérifier si ce phénomène est dû à la modification physique du milieu avec un changement de consortium bactérien (fig.11,12).

Evolution de l'ammonium - Grand Piquey

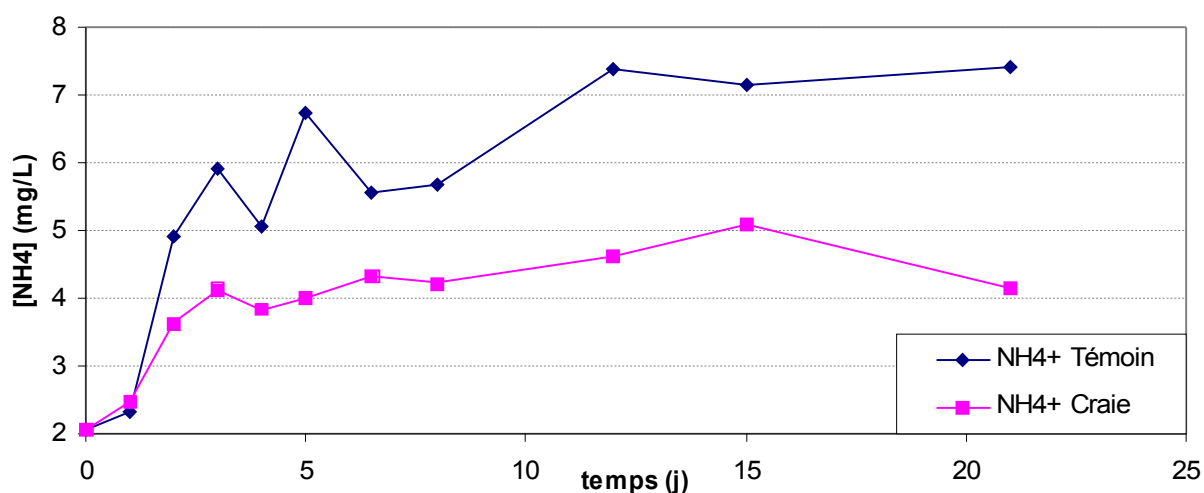


Fig. 11 : Evolution des ions ammonium pour le site du Grand Piquey.

Evolution de l'ammonium - Taussat

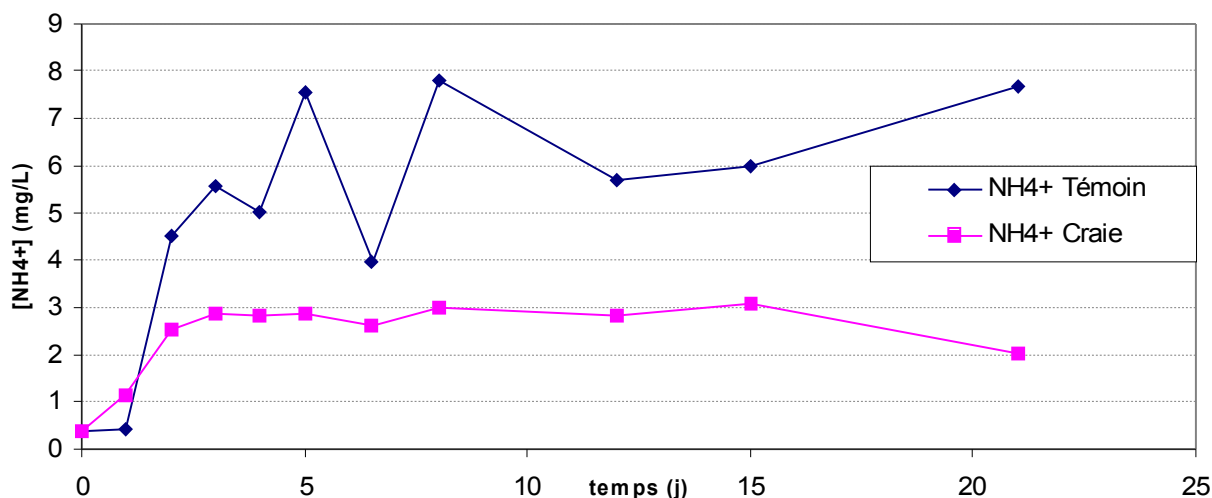


Fig. 12 : Evolution des ions ammonium pour le site de Taussat.

La présence de nitrates n'est pas détectable dans les témoins. Dans un milieu anaérobie, les nitrates sont captés par les bactéries comme accepteur d'électron.

Par contre, cet élément apparaît en faible quantité dans les microcosmes soumis à la craie au bout de 12 jours. La présence de nitrates laisse donc supposer une modification du consortium bactérien. Ce dernier ne capte plus les nitrates. Ce relargage de nitrate peut aussi être provoqué par une modification du sédiment, qui passe alors d'un contexte réducteur à un milieu oxydant. Une brusque augmentation de la concentration est observée à la fin de l'expérience (fig.13). L'évolution du potentiel d'oxydo-réduction permettra de valider ou d'infirmer cette hypothèse.

Evolution des nitrates dans les microcosmes traités à la craie

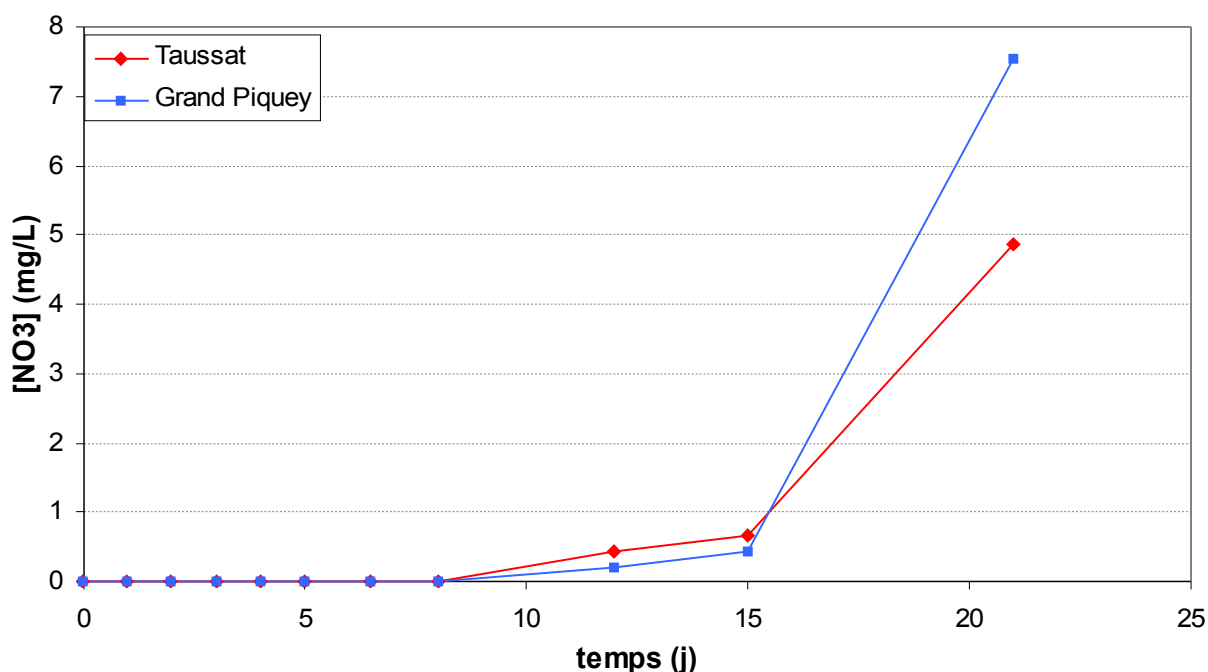


Fig. 13 : Evolution des nitrates pour les sites Grand Piquey et Taussat après traitement.

III.6. Activité bactérienne

La dégradation de la matière organique est étudiée dans cette expérience par l'évolution de l'oxygène dissous et du potentiel d'oxydoréduction. En effet, le potentiel rédox caractérise le milieu et le consortium bactérien présent. Ce paramètre est influencé par l'oxygène mais aussi par le pH.

III.6.a. Potentiel rédox

Des relevés de terrains (préalables à l'élaboration des protocoles d'analyse) permettent de constater qu'en situation naturelle, la couche oxygénée des sédiments ne dépassent pas 0,5 cm. Pour vérifier l'efficacité de la craie, les mesures de potentiel redox dans les

microcosmes sont effectuées dans la partie normalement anoxique, soit à 1,5cm de profondeur.

Les témoins présentent un faible potentiel rédox (fig.14) caractérisant la nature anaérobie du sédiment. Quelque soit le site, ce paramètre diminue au début puis remonte très lentement, peut-être sous l'action d'une diffusion passive d'oxygène.

Evolution du potentiel rédox (1,5cm de profondeur)

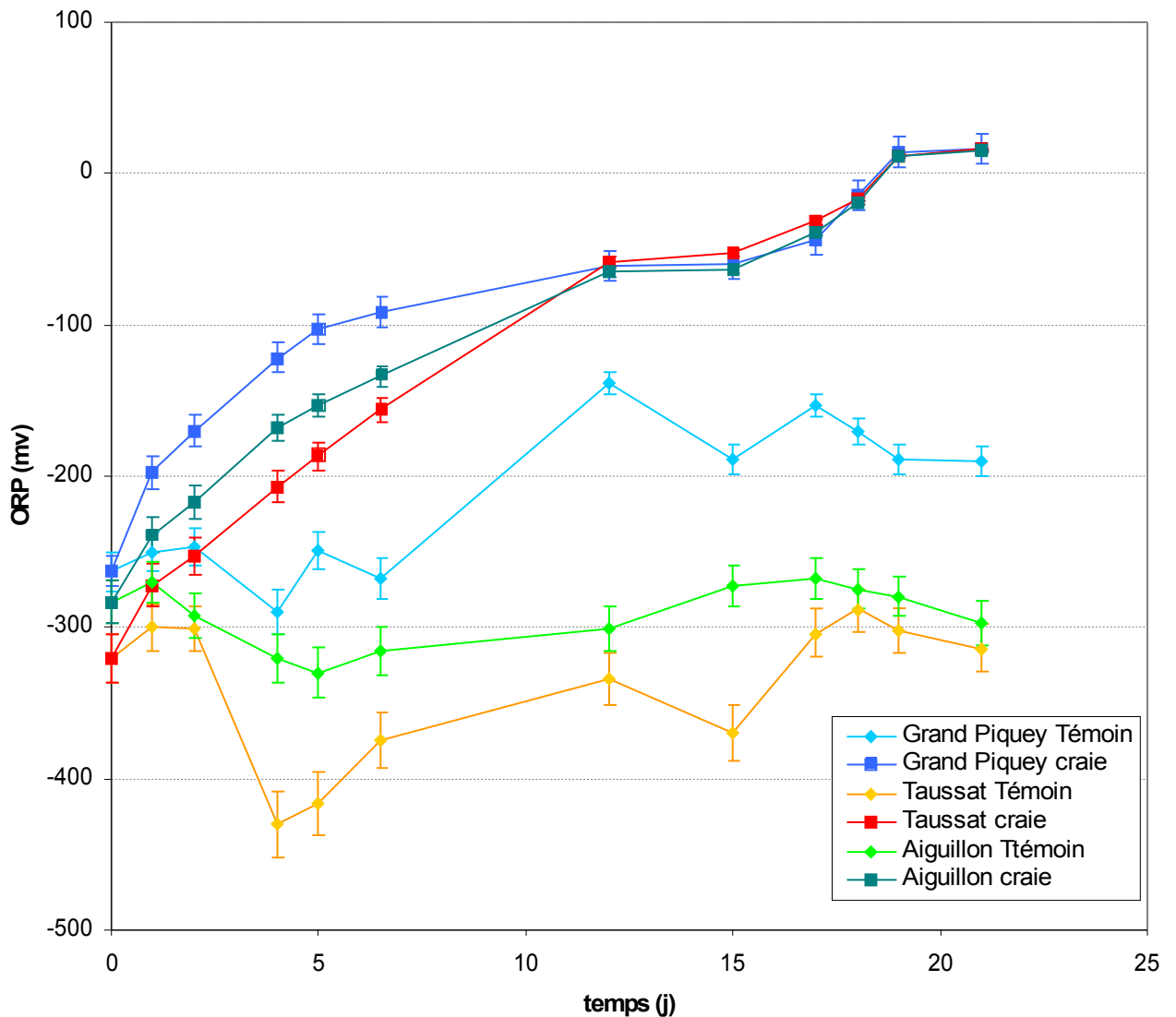


Fig. 14 : Evolution du potentiel d'oxydo-réduction.

Le potentiel rédox des sédiments traités augmente rapidement au début de l'expérience puis stagne aux alentours de -60mV. Ensuite, il augmente rapidement pour devenir positif.

Les trois sites montrent la même évolution de potentiel (fig.15)* : une courbe ascendante (1) suivi d'un palier (2) et d'une autre partie ascendante (changement d'inflexion) (3). La première partie (1) a une inflexion différente selon le site. Cette différence vient probablement de la nature de la vase, la diffusion de la craie n'étant pas la même selon la

structure considérée. La valeur du palier (2) et l'évolution suivante (3) sont équivalentes pour tous les sites. Un deuxième palier à +16mV est observé en fin d'expérience (4).

*Les annotations (1), (2), (3), et (4) font référence à la figure 15.

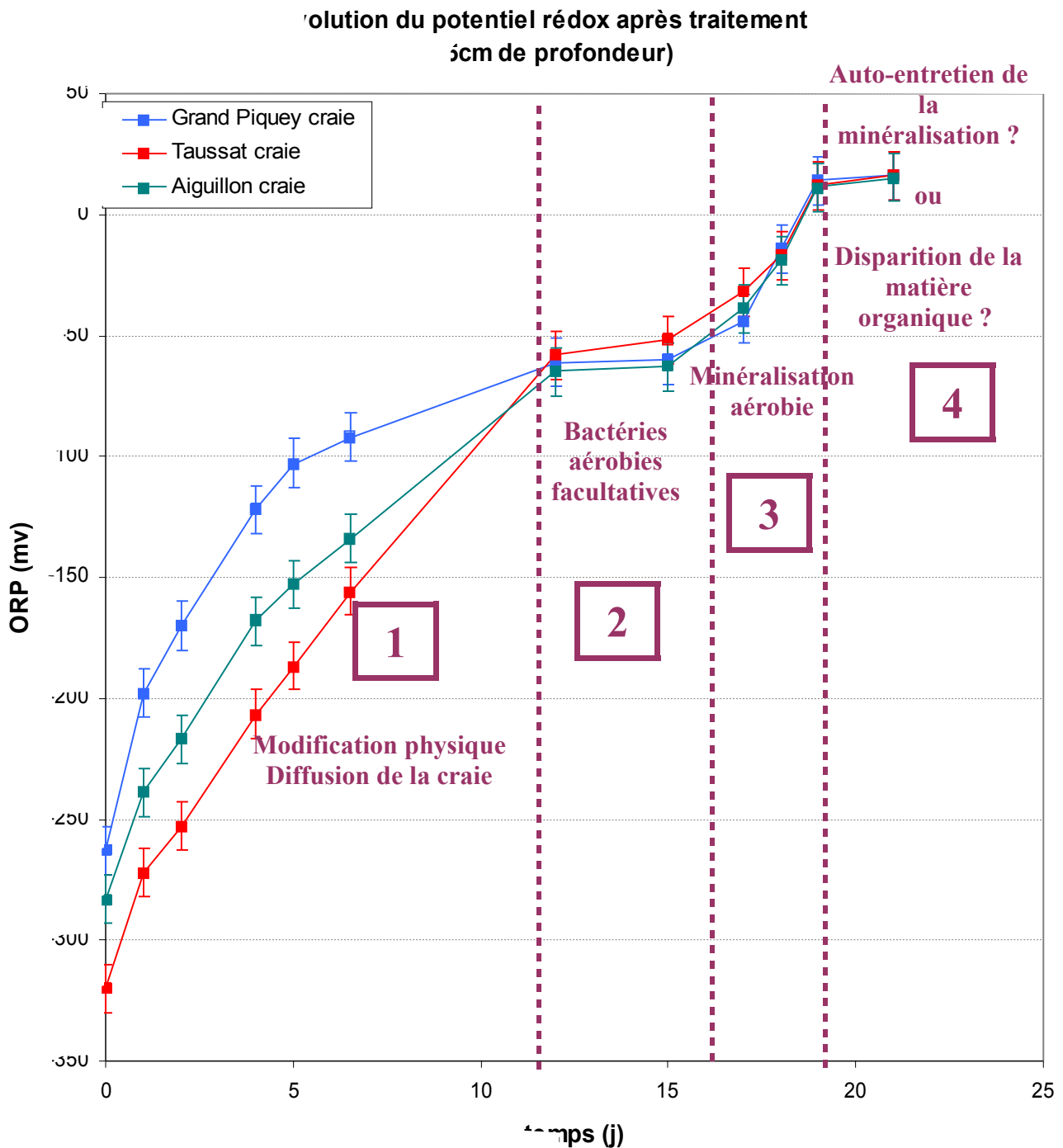


Fig. 15 : Evolution du potentiel rédox dans les microcosmes traités.

Le potentiel passe à des valeurs positives 18,5 jours après le traitement, quelque soit le site. Il continue ensuite à augmenter. La craie permet de passer d'un milieu réducteur à un milieu oxydant. A la fin de l'expérience, le milieu n'est plus favorable à la digestion anaérobie (fig.15)*.

Dans un premier temps, la craie modifie physiquement le milieu par son pouvoir oxydoréducteur important (1).

Cette hausse de potentiel permet certainement de changer de consortium bactérien, passant de bactéries anaérobies captant les nitrates à des bactéries aérobies facultatives consommant entre autre de l'oxygène (2). Cette hypothèse serait en concordance avec la faible apparition de nitrates au 12^{ème} jour.

Ensuite, le potentiel passe au positif, le milieu devient propice à la minéralisation aérobie (3). Ce mode de minéralisation est plus rapide comme le montre la brusque augmentation de nitrates à la fin de l'expérience.

Enfin, la minéralisation se poursuit. La consommation d'oxygène devrait entraîner une baisse du potentiel d'oxydoréduction. Or ce n'est pas le cas ici vu que le potentiel reste quasi-constant (4). Une première hypothèse serait l'auto-entretien du mécanisme : la diffusion de l'oxygène de la colonne d'eau vers le sédiment serait-elle suffisante pour maintenir le milieu en aérobie ? Une autre suggestion serait que le milieu aurait atteint son équilibre en éléments oxydés et réduits. La hausse de potentiel favorise aussi l'oxydation chimique des éléments réduits (comme les ions ammonium). Toute la matière organique de cette zone a peut-être été minéralisée. La variation des rapports C/N** pourrait vérifier ces hypothèses.

* Les annotations (1), (2), (3) et (4) font référence à la figure 15.

** Les mesures du rapport C/N, à 0, 7 et 21 jours, sont effectuées par le Laboratoire Antellis.

III.6.b. Analyse de la matière organique

L'analyse de la matière organique a été réalisée sur le site de Taussat. Le site du Grand Piquey, à la profondeur d'analyse, ne comporte pas une couche de matière organique assez homogène pour effectuer un suivi représentatif.

L'expérience portant sur la matière organique est mise en place avec de l'eau de mer synthétique, contrairement aux autres protocoles. Dans ce contexte, les bactéries et les vers de vases restent moins actifs qu'en conditions naturelles.

De plus, l'expérience est réalisée à 25°C, température légèrement excessive pour les bactéries sédimentaires.

Enfin, une couche de phyto-benthos s'est formée à la surface du sédiment, limitant probablement la diffusion de la craie.

Ces conditions, très différentes du protocole habituel, ne nous permettent pas de relier ces analyses au reste de l'étude. Nous ne pourrions donc pas vérifier l'hypothèse engendrée

par l'étude du potentiel d'oxydoréduction. Mes ces analyses restent tout de même un bon indicateur de l'efficacité de la craie, en conditions relativement extrêmes.

Malgré les conditions défavorables à l'action de la craie, l'expérience a montré une baisse de la teneur en matière organique.

Matière organique	Unité	0 jours	7 jours	21 jours
Perte à 450°C	% massique	17	13	13
Teneur en Azote	% massique	0,77	0,86	0 ;76
Rapport C/N (Carbone / Azote)		5,67	5,31	5,73

A 7 jours, la teneur en azote augmente, entraînant une baisse du rapport C/N. La matière organique diminue et donc se minéralise. Puis, à 21 jours, le rapport C/N remonte et la matière organique mesurée à 450°C se stabilise. Par contre, la teneur en azote organique continue à baisser. Ce phénomène ne constitue probablement pas un arrêt de la minéralisation. Il s'agirait plutôt d'une augmentation de la teneur en carbone, résultat d'une activité bactérienne (production de sécrétions contenant du Carbone organique).

La diminution de volume de sédiment à la fin de cette expérience avoisine d'ailleurs les 10%. Cette baisse de volume en condition défavorables laisse présager de l'important impact du traitement en bonnes conditions.

L'action de la craie reste, dans ce cas, plus lente que dans les autres expériences. Mais la craie entraîne une réduction de matière organique dans ces conditions qui, d'ordinaire, ne permettent pas de minéralisation bactérienne efficace.

III.6.c. Oxygène dissout

Suivre l'évolution de l'oxygène dissout dans la colonne d'eau nous permet d'apprécier la production phytoplanctonique et la consommation bactérienne (et la respiration des organismes présents).

Nous pouvons observer la même évolution quelque soit le site (fig.16-18).

L'oxygène dans les témoins décroît légèrement les premiers jours de l'expérience. Ensuite, l'oxygène augmente brutalement puis se stabilise à une valeur élevée (12 à 14 mg/L) pour une eau à 20°C. Cette hausse du taux d'oxygène dissout est due à une prolifération phytoplanctonique.

Les microcosmes traités ne progressent pas de la même façon (fig.16-18).

Tout d'abord, l'oxygène dissout augmente légèrement en début d'expérience. Cette observation confirme une hypothèse des études antérieures : la diffusion augmente à l'interface air/eau, par la faculté de la craie à désorganiser le biofilm de cette interface.

Ensuite, le taux d'oxygène diminue et atteint sa valeur minimale (1 à 2 mg/L selon le site) aux environs du 8^{ème} jour. L'oxygène est consommé par les bactéries aérobies. Puis le

taux remonte sous l'action du phytoplanton, présent en quantité modérée. La concentration se stabilise vers 6 mg/L pour Aiguillon et Grand Piquey et vers 8mg/L pour Taussat.

Evolution de l'oxygène dissout - Aiguillon

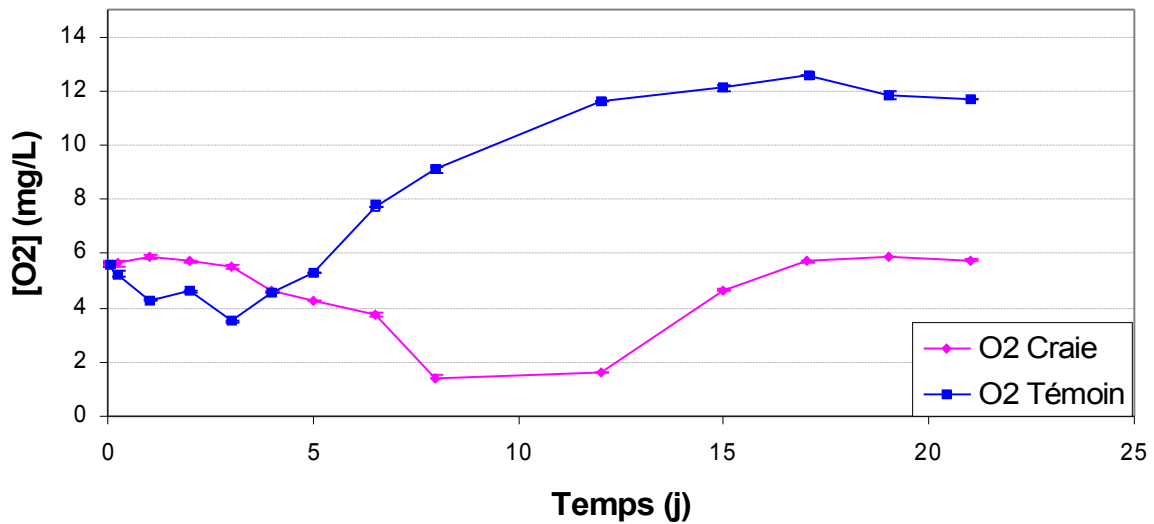


Fig. 16 : Evolution de la concentration en oxygène dissout pour le site de l'Aiguillon.

Oxygène Dissout en surface du sédiment - Grand Piquey

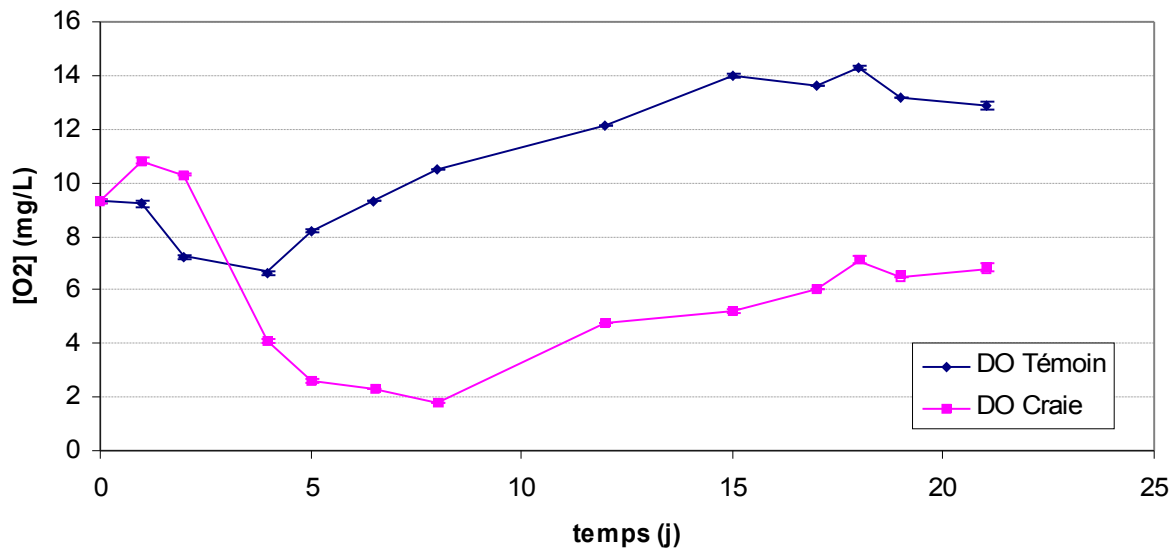


Fig. 17 : Evolution de la concentration en oxygène dissout pour le site du Grand Piquey.

Evolution de l'oxygène dissout - Taussat

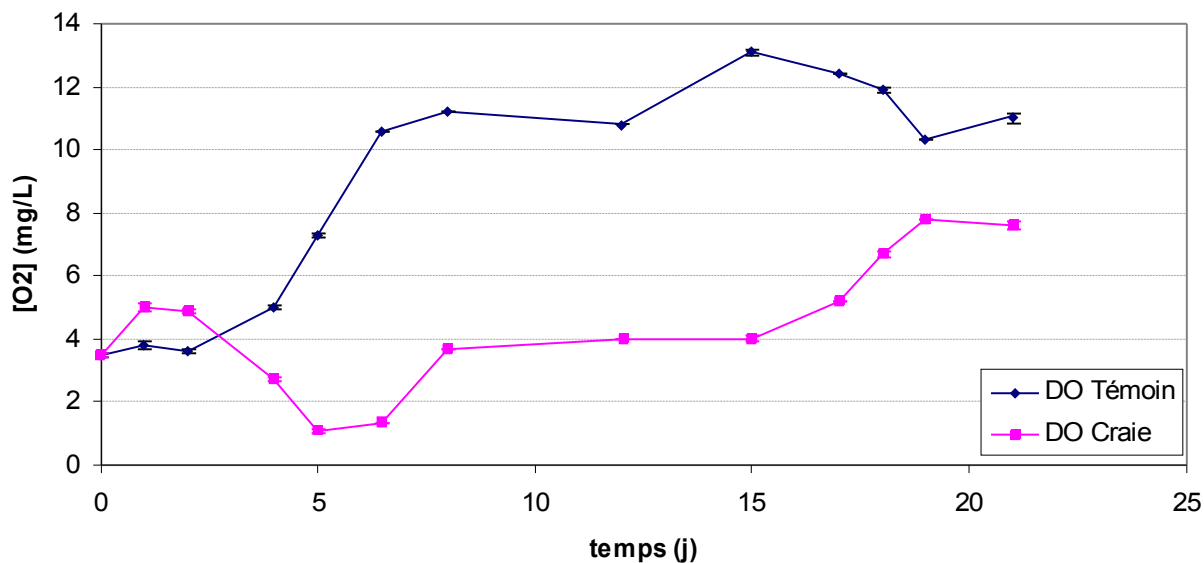


Fig. 18 : evolution de la concentration en oxygène dissout pour le site de Taussat.

III.6.d. Interprétation

Interprétation pour les milieux témoins:

Malgré l'apport d'oxygène par le phytoplancton, la dégradation aérobie de la matière organique ne se fait qu'en surface dans les témoins. Ceci peut être expliqué par la présence d'un important biofilm sur l'interface eau/sédiment, colmatant le sédiment et ne captant l'oxygène qu'en surface (faible couche d'oxydation en surface de 5mm).

De plus, l'hypothèse d'un sédiment anaérobie est confortée par la présence excessive de phytoplancton dans les témoins. En effet, la digestion anaérobie peut provoquer un relargage de nutriments azotés et phosphorés favorisant les blooms.

Des dépôts d'acide sulfurique sont également visibles au fond des microcosmes. D'après les schémas classiques de diagenèse précoce, le soufre est utilisé comme accepteur d'électrons en anaérobie lorsque les nitrates sont consommés. Quelques précipitation ferreuses sont aussi visibles localement.

Le sédiment est donc resté majoritairement anaérobie dans les témoins. L'observation au microscope du sédiment témoin à la fin de l'expérience montre aussi une forte présence de matière organique, liant les grains de sables entre eux. Les sédiments sont toujours très compacts et n'ont pas beaucoup évolué, du fait de la faible efficacité de la minéralisation anaérobie.

Interprétation pour les milieux traités à la craie :

La forte baisse du taux d'oxygène dissout et la hausse du potentiel redox du sédiment indiquent que la minéralisation bactérienne est devenue aérobie, même en profondeur. Toutefois, l'oxygène n'est pas totalement consommé. L'oxygène apporté par la diffusion et la photosynthèse est suffisant à la dégradation de la matière organique. En effet, le biofilm d'interface eau/sédiment n'est plus visible à l'œil nu. Il reste ponctuellement présent et non homogène lors de l'observation microscopique.

Le carbonate de calcium intervient dans la liaison entre les structures bactériennes et donc dans la cohésion du biofilm (*Davey et al., 2000*)(*Characklis et al., 1990*). Les bactéries, alors libérées, se fixent sur la craie et se diffusent avec ce nouveau support dans le sédiment. L'oxygène se diffuse aussi dans la vase ce qui permet aux bactéries aérobies de se développer. Le sédiment devient alors moins compact au fur et à mesure de la disparition du liant organique.

A la fin de l'expérience, la structure est plus aérée. Toute la colonne de sédiment a une couleur beige clair pour les sites sablonneux comme le Grand Piquey et Aiguillon. Tausat, quant à lui, s'est considérablement éclairci. Une réduction de la hauteur de vase a également été constatée dans tous les microcosmes traités.

Les microcosmes ne présentent pas de dépôts d'acide sulfurique. De plus, les amas de matière organique et les enveloppes de plancton mort sont devenus rares lors de l'observation au microscope. Les grains de sable sont peu cohésionnés.

La minéralisation aérobie s'est montrée efficace dans tous les microcosmes traités à la craie coccolithique.

III.7. Activité des macro-invertébrés

Outre l'activité bactérienne, celle des macro-invertébrés entre aussi en jeu dans le processus naturel de dégradation de la vase.

En général, les sédiments sont principalement composés de particules fines (limon, argiles) bien que la vase sablonneuse puisse contenir jusqu'à 80% de sable. La vase contient souvent une haute teneur en matière organique. Peu d'oxygène pénètre dans ces sédiments cohésifs, qui sont souvent anoxiques dès les premiers millimètres de profondeur. Ces milieux vaseux supportent des communautés caractérisées par des polychètes, des bivalves et des oligochètes. Les plus courants dans les trois sites étudiés sont les oligochètes et polychètes. En effet, ces organismes mangeurs de substrat, consomment la matière organique présente. Leur participation à la dégradation du sédiment peut parfois être aussi importante que la minéralisation bactérienne étant donné qu'ils peuvent réduire considérablement le volume de vase.

Lors de cette étude, leur activité est évaluée par le comptage de leurs terriers, sachant qu'il y a, en moyenne, le même nombre d'individus dans chaque microcosme (homogénéisation des sédiments avant la mise en place des microcosmes).

Activité des oligochètes et des polychètes

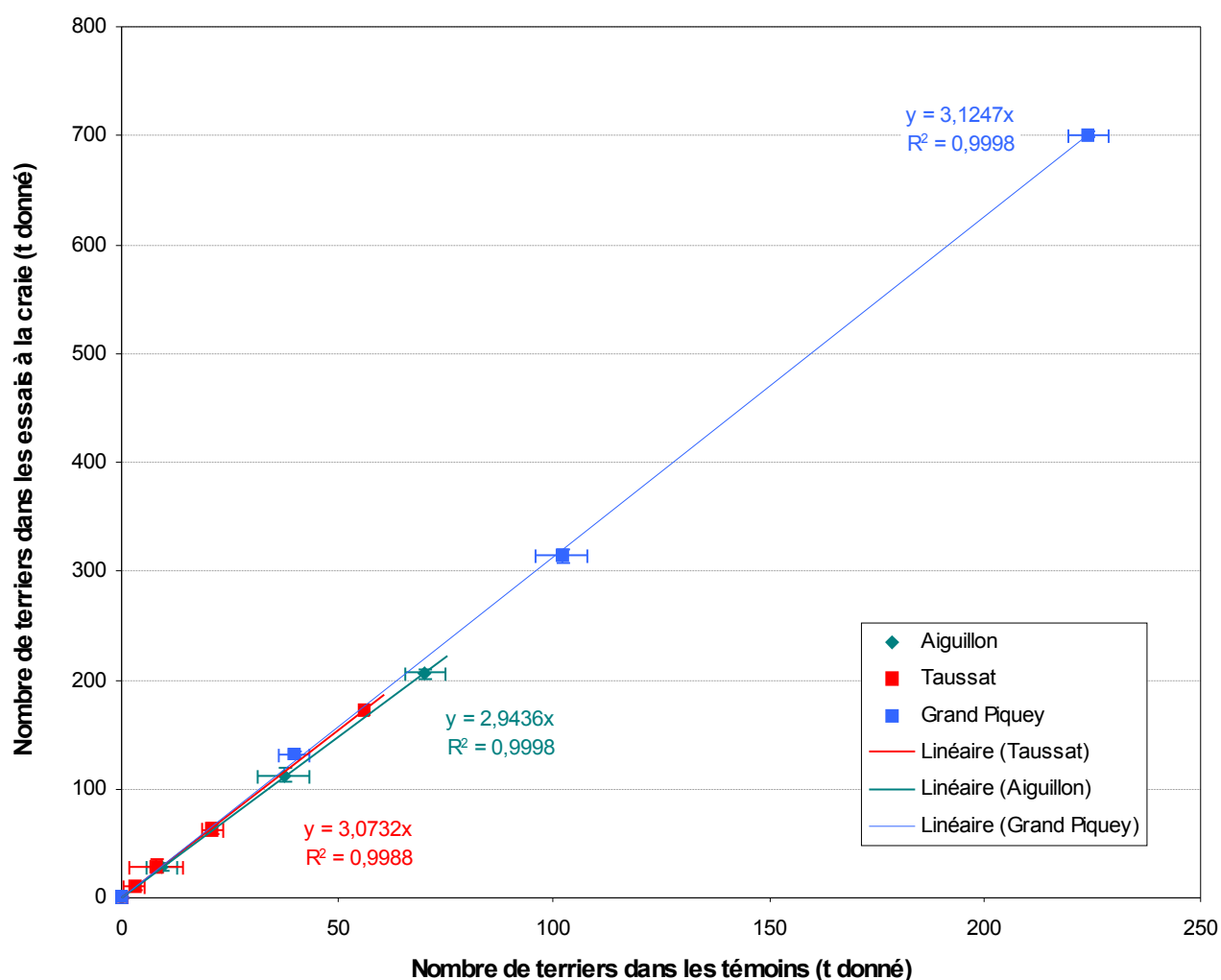


Fig. 19 : Activité des macro-invertébrés.

Dès le deuxième jour, l'activité des macro-invertébrés est plus intense dans les microcosmes traités à la craie. Cet écart se confirme tout le long de l'expérience (21 jours) et met en évidence que l'activité dans les milieux traités est environ 3 fois plus importante que dans les témoins. Cette corrélation est retrouvée dans les trois sites; elle ne dépend donc pas du lieu ni de la structure de la vase (fig.19).

Ainsi, la craie favorise la dégradation de la vase par les oligochètes et les polychètes. Ces organismes facilitent la déstructuration de la surface du sédiment. De plus, ils créent des mouvements d'eau dans leurs terriers, accélérant ainsi l'oxygénation de la couche supérieure de la vase. Ils améliorent d'autant l'activité bactérienne.

III.8. Essai de mélange Craie/Bactéries

Les gestionnaires de plan d'eau ayant des problèmes d'envasement ajoutent souvent des bactéries pour dégrader la vase. Cette méthode est d'ailleurs fréquemment favorisée dans les milieux très envasés. Ces bactéries peuvent être vendues sur support calcaire comme la craie coccolithique.

Les mêmes expériences qu'avec la craie ont été menées pour un mélange 50/50 de craie/bactéries (soit l'équivalent de 300g/m² au total). Les sites évalués correspondent à deux configurations différentes :

- Une vase fluide : Taussat
- Un sédiment sablo-vaseux : Le grand Piquey.

L'effet tampon de la craie n'est pas observé lorsqu'elle est mélangée aux bactéries. Le pH évolue sensiblement comme le pH des témoins (fig.20,21).

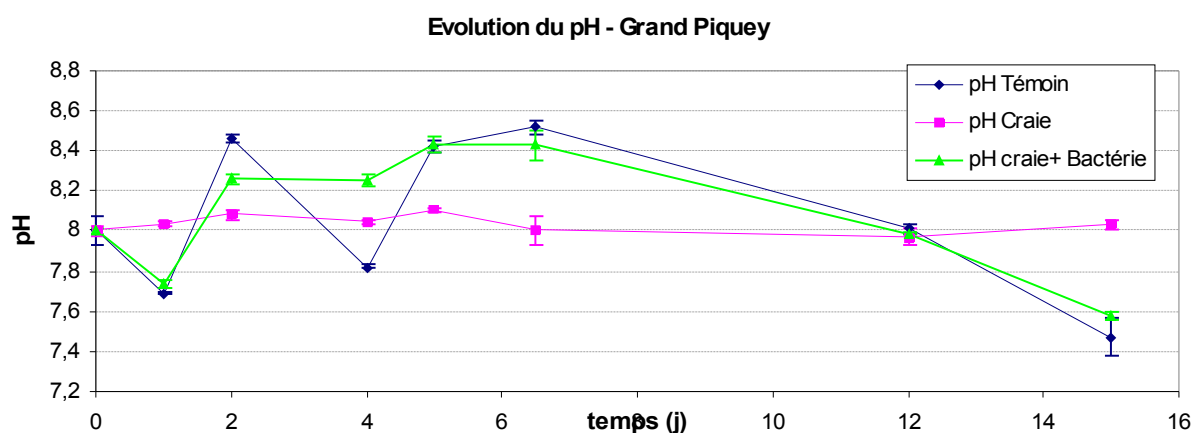


Fig. 20 : Evolution du pH pour le site du grand Piquey (craie+bactéries).

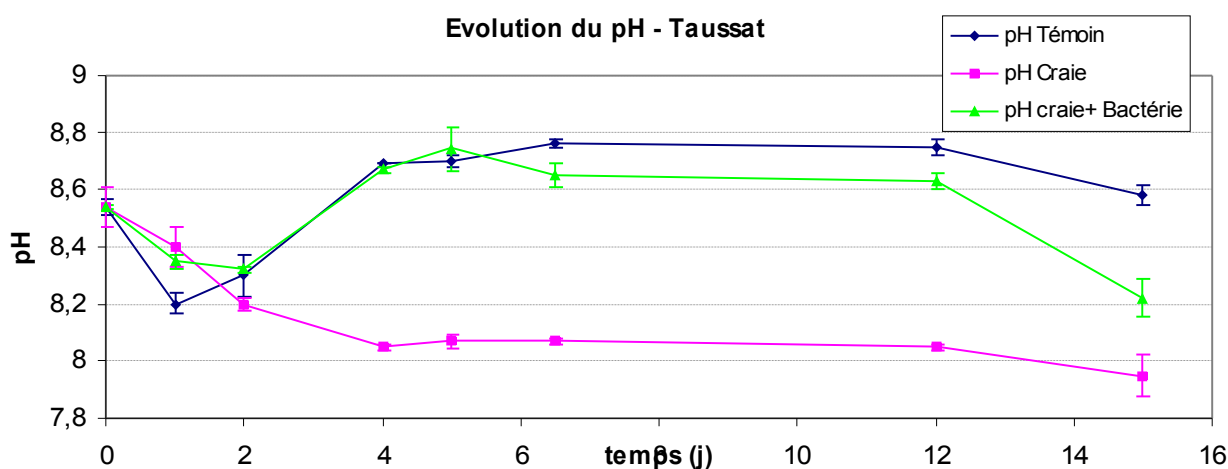


Fig. 21 : Evolution du pH pour le site de Taussat (craie+bactéries).

Le potentiel des échantillons traités au mélange remonte un peu le premier jour mais redescend rapidement pour suivre la même évolution que le potentiel témoin (fig.22).

Evolution du potentiel rédox (1,5cm de profondeur)

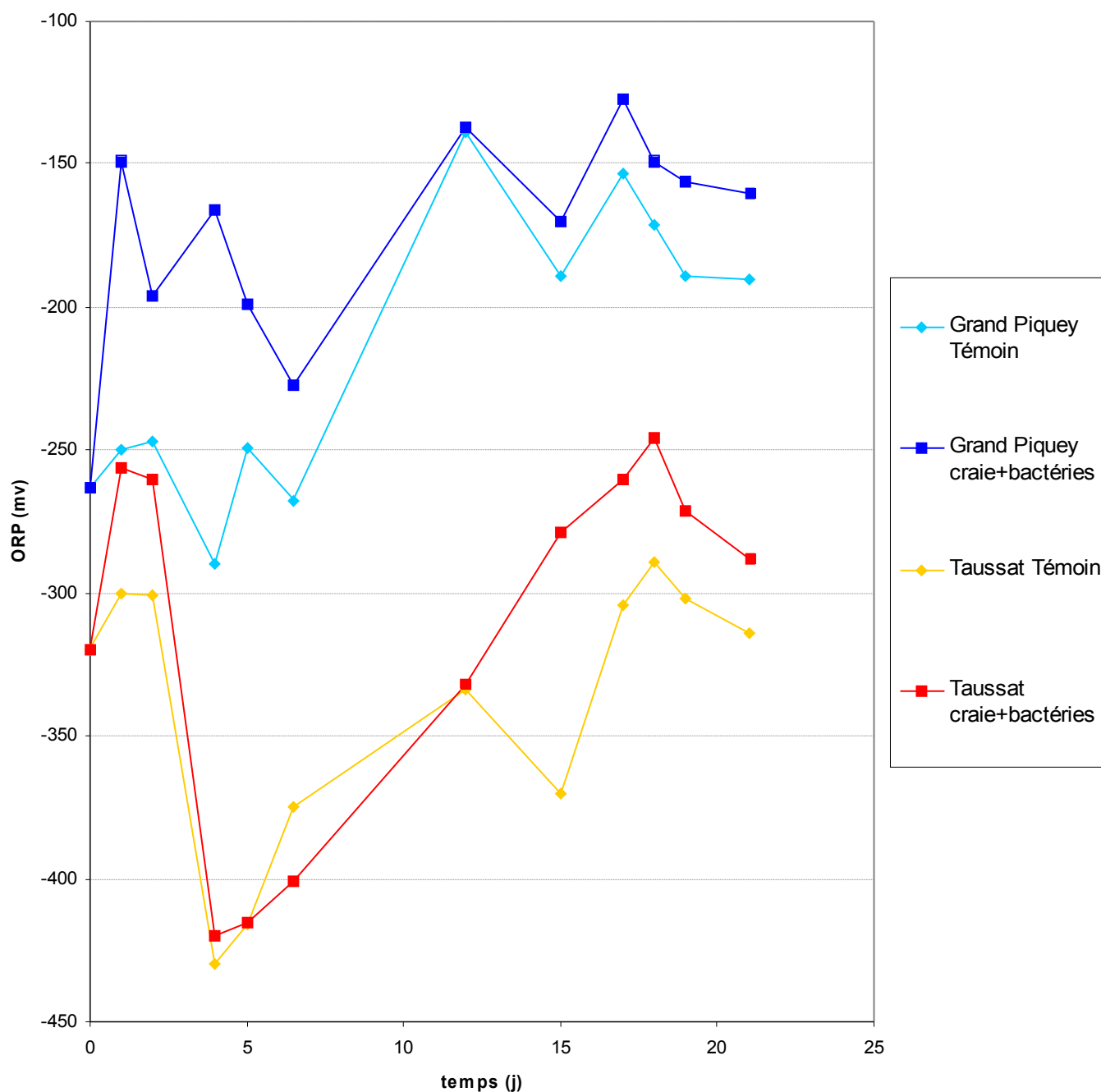


Fig. 22 : Evolution du potentiel d'oxydoréduction (craie+bactéries).

L'Evolution des ions ammonium est globalement identique dans les témoins et les microcosmes soumis au mélange. Cependant, l'amplitude des variations de concentration est plus important pour les échantillons traités. Cela est peut-être dû à des réactions chimiques aérobiees très localisées et ponctuelles. La concentration en nitrates est nulle (en dessous du seuil de détection de 0,05mg/L), comme pour les témoins (fig.23, 24).

Evolution de l'ammonium - Grand Piquey

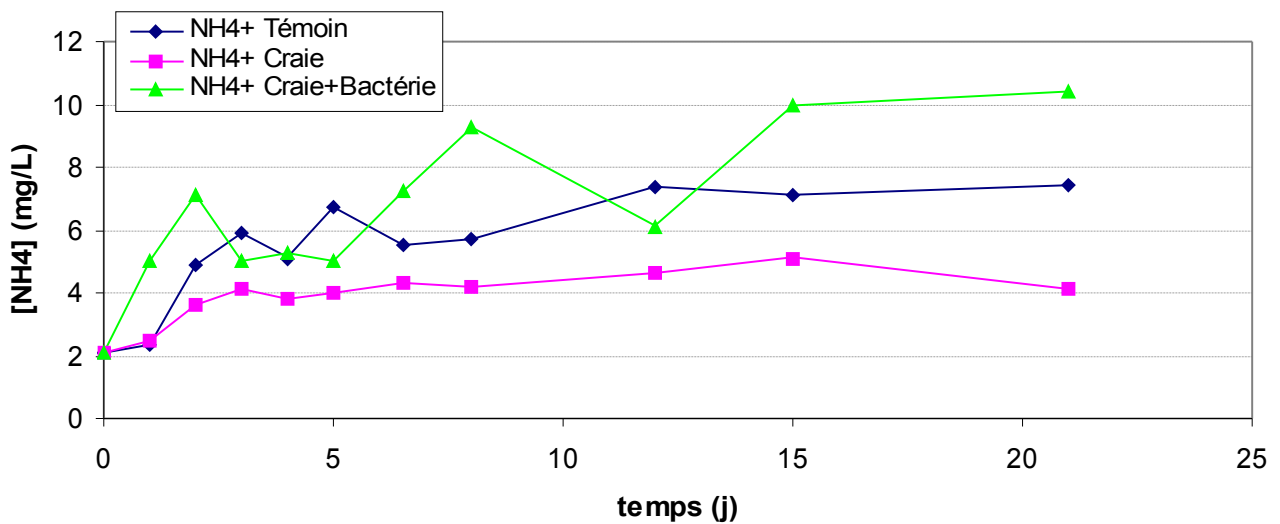


Fig. 23 : Evolution de la concentration en ions ammonium pour le site du grand Piquey (craie+bactéries).

Evolution de l'amonium - Taussat

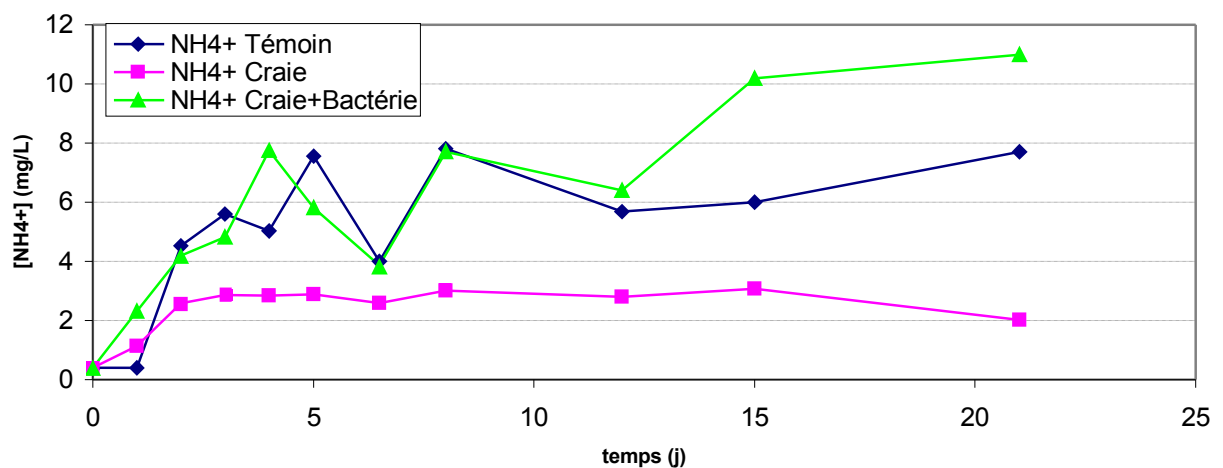


Fig. 24 : Evolution de la concentration en ions ammonium pour le site de Taussat (craie+bactéries).

La concentration en phosphates progresse de la même manière qu'après un traitement à la craie pour le site du Grand Piquey. Par contre, la teneur en phosphates reste similaire à celle dans les témoins pour le site de Taussat (fig.25, 26).

Evolution des phosphates - Grand Piquey

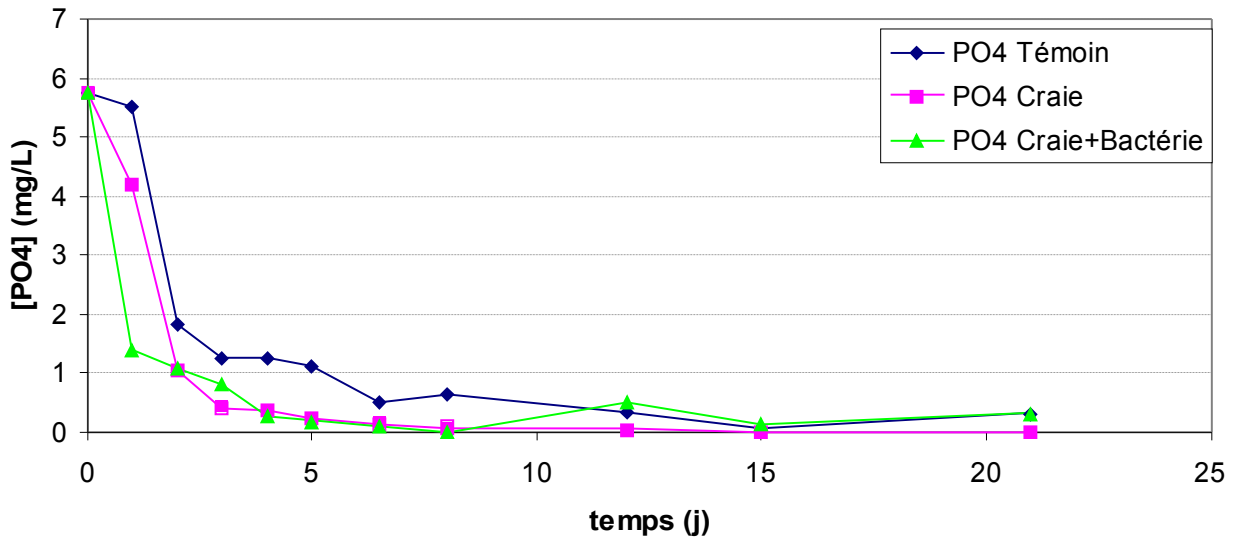


Fig. 25 : Evolution de la concentration en phosphates pour le site du Grand Piquey (craie+bactéries).

Evolution des phosphates - Taussat

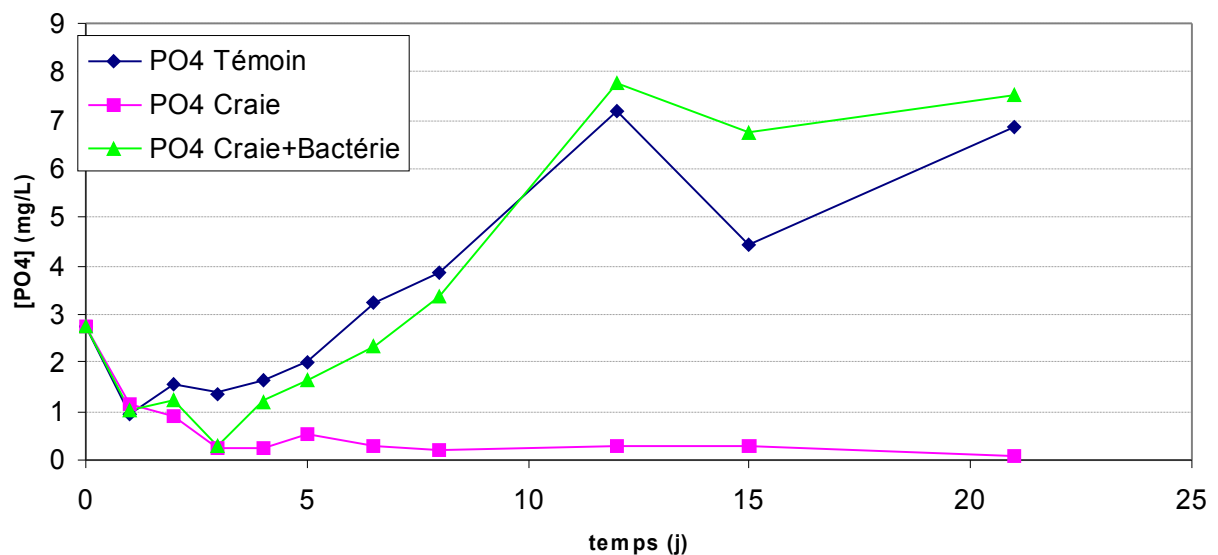


Fig. 26 : Evolution de la concentration en phosphates pour le site de Taussat (craie+bactéries).

L'oxygène dissout, dans les microcosmes traités avec ce mélange, est nul au bout de 4 jours. Cette décroissance est due à la minéralisation de surface par les bactéries aérobies. Puis l'oxygène remonte brusquement (fig.27, 28). Un bloom phytoplanctonique est par ailleurs observé dans tous les microcosmes traités à partir du 8^{ème} jour. Ce bloom est provoqué par le relargage de nutriments, le bloom étant plus prononcé pour Taussat (>100.000Cellules/L).

Oxygène Dissout en surface du sédiment - Grand Piquey

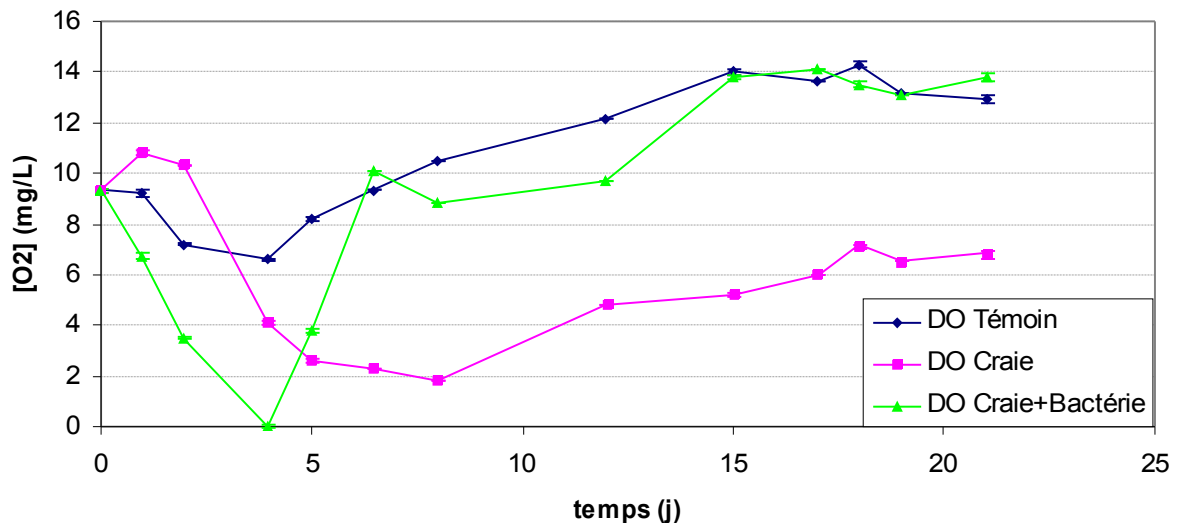


Fig. 27 : Evolution de l'oxygène dissout pour le site du Grand Piquey (craie+bactéries).

Evolution de l'oxygène dissout - Taussat

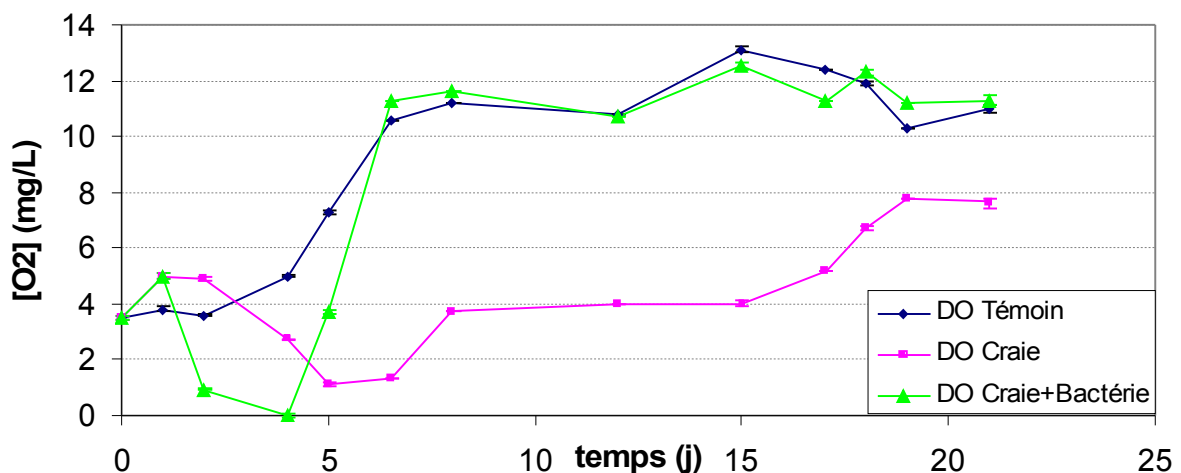


Fig. 28 : Evolution de l'oxygène dissout pour le site de Taussat (craie+bactéries).

Le mélange craie/bactérie réagit mieux en milieu sablo-vaseux, sans excédant de matière organique. Les bactéries apportées dégradent peut-être trop vite la matière organique en surface à cette température (20°C). Elles consommeraient alors tout l'oxygène, créant ainsi leur perte. Ces bactéries ne se disperseraient pas en profondeur à cause d'un biofilm (présent

et visible à l'œil nu), comprenant la craie. Une deuxième hypothèse serait l'existence d'une compétition entre bactéries allochtones et bactéries autochtones, inhibant tout effet sur la minéralisation. Dans tous les cas, la minéralisation aérobie ne s'effectue qu'en surface. Une couche d'oxydation de la surface a été observée pour les témoins et les microcosmes traités à la craie. Celle-ci n'excède pas 5mm.

III.CONCLUSION

L'effet tampon de la craie a été vérifié lors de cette expérience. Quelque soit le site étudié, le pH fluctue dans les témoins alors qu'il se stabilise rapidement dans les microcosmes traités à la craie : la craie coccolithique tamponne le pH. Cet apport de carbonate de calcium permet de limiter l'impact du caractère acido-basique de la vase.

La craie modifie le milieu en profondeur. Sa diffusion rapide et son pouvoir oxydoréducteur rendent le milieu oxydant et plus propice à la minéralisation aérobie.

L'étude de l'oxygène dissout prouve la présence de blooms dans les témoins alors que la consommation par les bactéries est visible dans les microcosmes traités. De plus, la diffusion de l'oxygène augmente à l'interface air/eau, par la faculté de la craie à désorganiser le biofilm de cette interface.

Le sédiment est donc resté majoritairement anaérobie dans les témoins alors que la minéralisation aérobie s'est montrée efficace dans tous les microcosmes traités à la craie coccolithique. La craie agit comme un catalyseur de l'activité bactérienne.

Outre cet impact sur la boucle bactérienne, la craie favorise l'activité des macro-invertébrés. Ceux-ci sont trois fois plus actifs qu'à l'ordinaire. Ainsi, la craie favorise la dégradation de la vase par les oligochètes et les polychètes. Ces organismes facilitent la déstructuration de la surface du sédiment. De plus, ils créaient des mouvements d'eau dans leurs terriers, accélérant ainsi l'oxygénation de la couche supérieure de la vase. Ils améliorent d'autant l'activité bactérienne.

Son action au niveau des éléments nutritifs est tout aussi significative : la limitation du relargage des ions ammonium et des phosphates permettent d'éviter les blooms phytoplanctoniques. Le changement de milieu est caractérisé par un relargage de nitrates, qui ne sont plus consommés par les bactéries anaérobies.

En effet, lors des expériences, les blooms se sont généralisés dans les témoins, avec une dominance des Dinophycées. Au contraire, la quantité de phytoplancton reste stationnaire et diversifiée dans le cas d'un traitement à la craie.

Par contre, l'utilisation d'un mélange craie/bactéries ne s'est pas montrée concluante. Pourtant, cette méthode est fréquemment utilisée par les professionnels sur les sites extrêmement envasés. Cette expérience montre pourtant que la minéralisation aérobie ne s'effectue qu'en surface.

Le milieu marin est strictement règlementé afin de limiter l'impact des activités humaines. Il devient très contraignant, de nos jours, de modifier le plateau continental de l'océan ou encore le littoral. Pour répondre aux critères environnementaux du milieu, les aménagements ou les constructions sur les vieux ports, souvent mal agencés, sont difficiles et peu souvent autorisés (*Légifrance, CE*). En effet, autrefois, le principal souci lors de la construction des ports était la protection des bateaux et des quais. La vase accumulée n'était pas un réel problème, le dragage permettait une évacuation régulière. Maintenant que la réglementation et le contrôle de cette activité s'est intensifié, les gestionnaires des ports espacent voire abandonnent les dragages.

I. REGLEMENTATION

Les lois L214-1 à L214-6 du code de l'environnement concernent les activités et travaux entraînant « des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, même non polluants ». Ces activités sont soumises à autorisation ou déclaration selon la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993, actualisé le 18 Juillet 2006, en vigueur le 1^{er} octobre 2006.

Le régime d'autorisation ou déclaration est soumis à plusieurs critères comme la proximité d'activités aquacoles, la teneur en métaux des sédiments ou encore la nature de l'activité.

D'après cette réglementation, la déclaration ou l'autorisation pour le déversement de craie ne dépendra que de l'éloignement des sites ostréicoles, étant donné la quantité et la nature du produit déversé (Annexe).

Mais la craie active la minéralisation de la matière organique. Or, cette matière constitue le liant du sédiment (dans le cas de sédiment sablo-vaseux par exemple). Bien que la situation des ports permette une stagnation de la vase, la craie risque de favoriser le départ d'une certaine quantité de sédiment vers le bassin et, à fortiori, vers l'océan atlantique. Le milieu côtier est actuellement protégé par la loi des rejets contaminant la mer et pouvant nuire à sa faune et à sa flore. Le déplacement de sédiments contaminés, en métaux lourds par exemple, font partie de cette classe de rejet.

II. ESTIMATION DES REJETS

La quantité de sédiment risquant d'être déplacée vers la mer représente les parties entraîna- bles par les marées. Ce phénomène se produit naturellement. Après un traitement, il sera relargué une quantité naturelle et un apport supplémentaire dû à l'action de la craie. Des mesures de ces quantités permettront de séparer les 2 types d'apports.

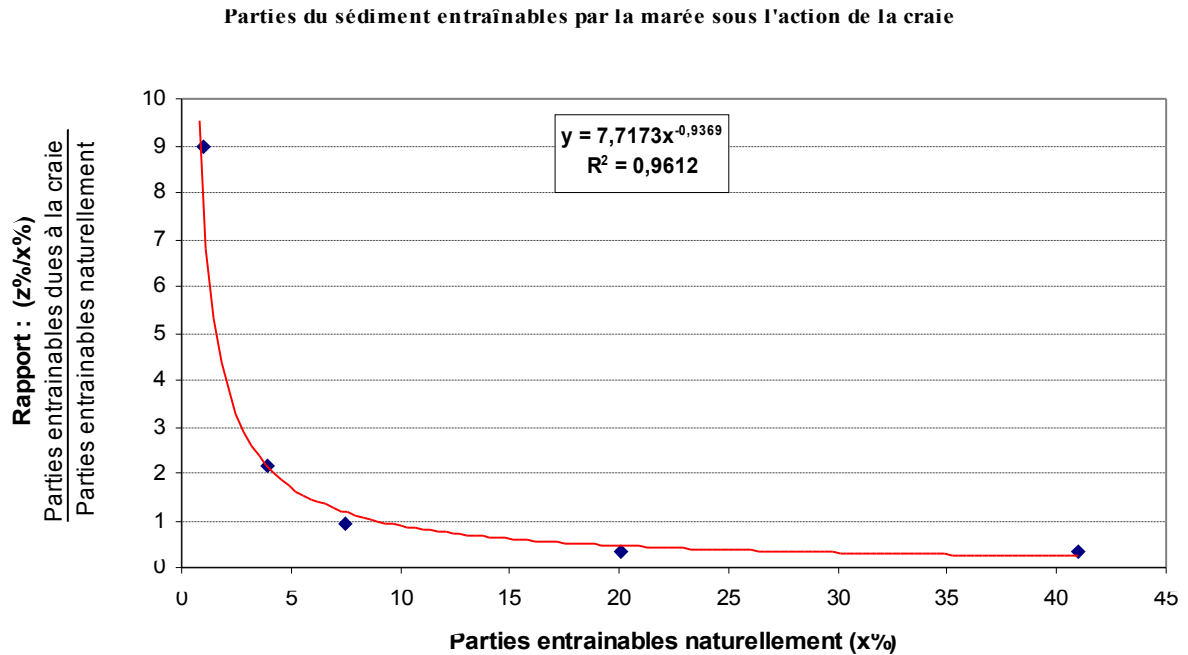


Fig. 29 : Parties entraîna- bles par la marée.

D'après les mesures, effectuées sur plusieurs sédiments de structure différentes, les parties entraîna- bles dues à l'action de la craie représentent en moyenne 7,8 % du volume total de sédiment traité (fig.29).

En effet, en approxima- nt les résultats, exprimés dans le graphique suivant, nous avons une relation $Y = 7,8 / X$ or $Y = Z / X$ donc $Z = 7,72$.

X correspond aux parties (du sédiment total) entraîna- bles naturellement (%) et Z correspond aux parties entraîna- bles (du sédiment total) dues à l'action de la craie. Donc 7,72 % du sédiment traité risque d'être entraîné à cause de l'action de la craie. Pour des raisons de facilités de calcul et de coefficient de sécurité, la quantité calculée pourra être ramenée à 10% (fig.29).

Ce calcul de relargage de sédiment, accompagné d'une analyse en métaux lourds et certains polluants (ainsi que la situation du site par rapport aux activités ostréicoles) nous permettent de se situer dans la réglementation, afin de savoir, au cas par cas, si l'activité est soumise à déclaration, à autorisation ou si ces formalités ne sont pas nécessaires.

L'analyse de sédiments a été réalisée pour les sites de Taussat et du Grand Piquey. Les teneurs en métaux sont assez proches du bruit de fond géochimique. Leur quantité n'est pas alarmante (fig.30).

Métaux (ppm)	Taussat	Grand Piquey
As	26	3,3
Cd	0,71	0,04
Cu	68	13
Cr	77	5,7
Ni	30	2,3
Pb	51	6,7
Zn	194	26
Hg	1,45	0,05

Fig. 30 : Quantité de métaux dans les sédiments.

Le Tributylétain (TBT) et ses métabolites, le Monobutylétain (MBT) et le dibutylétain (DBT) ont également été dosés (fig.31). Leur concentration est plus importante à Taussat qu'au grand Piquey ; mais les quantités restent tout de même faibles.

Dosage (ppb Sn)	Taussat	Grand Piquey
MBT	19,1	<2
DBT	10,8	<1
TBT	21,3	<1

Fig. 31: Dosage du Tributylétain et de ses métabolites.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'importante dynamique hydro-sédimentaire observée sur le bassin d'Arcachon contribue largement à la sédimentation rapide des apports marins et continentaux. Il est donc indispensable de restaurer des tirants d'eau suffisants pour assurer la navigation des navires et maintenir les activités qui en dépendent.

De part leur position et leur agencement, les ports sont les plus touchés par l'accumulation de vase. Mais les curages s'avèrent difficiles et soulèvent de nombreuses controverses sur le bassin. En effet, dans la conjoncture, les lourds travaux liés au dévasement des sites sont très onéreux. De plus, ils sont très règlementés en raison de leur impact sur l'environnement. Les ports, souvent enclavés, sont les plus touchés par l'envasement : les gestionnaires espacent voire abandonnent les dragages, laissant la vase s'accumuler et asphyxier le milieu.

La craie coccolithique peut répondre favorablement à cette problématique. En effet, ce produit, présent naturellement dans le milieu, est essentiel à la vie aquatique et ne présente donc pas de toxicité particulière pour le milieu. De plus, ce procédé de dévasement original et peu onéreux possède de nombreuses qualités (fig.30).

Son effet tampon de stabilise rapidement le pH. Cet apport de carbonate de calcium permet de limiter l'impact du caractère acido-basique de la vase. Cette observation avait déjà été largement constatée lors des études antérieures.

La craie modifie également le milieu en profondeur. Sa diffusion rapide et son pouvoir oxydoréducteur rendent le milieu oxydant. Le potentiel d'oxydoréduction augmente significativement entraînant une modification biologique en rendant le sédiment plus propice à la minéralisation aérobie.

L'étude de l'oxygène dissout prouve la présence de blooms dans les témoins alors qu'une consommation d'oxygène par les bactéries est observée dans les microcosmes traités. De plus, la craie désorganise le biofilm de l'interface air/eau, augmentant ainsi la diffusion de l'oxygène.

Le sédiment reste majoritairement anaérobie en temps normal alors que la minéralisation aérobie se montre efficace après un traitement à la craie coccolithique. La craie agit comme un catalyseur de l'activité bactérienne.

Outre cet impact sur la boucle microbienne, la craie favorise l'activité mangeurs de substrats comme les oligochètes et polychètes. Ceux-ci sont trois fois plus actifs qu'à l'ordinaire. Ainsi, la craie favorise la dégradation de la vase par les macro-invertébrés. Ces

organismes facilitent l'activité bactérienne grâce aux mouvements d'eau, et donc d'oxygène, provoqués par leur terriers.

L'impact de la craie sur les bivalves (huîtres) avait déjà été démontré lors d'études antérieures. La craie permet de rendre les huîtres plus attractives commercialement en favorisant leur croissance mais aussi leur aspect, témoin d'une bonne santé.

L'action de la craie au niveau des éléments nutritifs est tout aussi significative : la limitation du relargage des ions ammonium et des phosphates permettent d'éviter les blooms phytoplanctoniques. Le changement de milieu est caractérisé par un relargage de nitrates, qui ne sont plus consommés par les bactéries anaérobies. Ces éléments restent tout de même en quantités modérées. Lors des expériences, les blooms se sont d'ailleurs généralisés dans les témoins, avec une dominance des Dinophycées. Au contraire, la quantité de phytoplancton reste stationnaire et diversifiée dans le cas d'un traitement à la craie.

Ainsi, la craie améliore le milieu en agissant sur de nombreuses composantes environnementales : physiques, chimiques et biologiques (fig.32).

L'utilisation de ce produit apparaît comme un moyen efficace de lutter contre l'envasement excessif des ports mais son application doit se faire dans le respect de la réglementation et de l'environnement. La quantification des rejets dans le milieu marin présente tout de même un impact inférieur à celui provoqué par un curage.

Les curages sont des procédés lourds à mettre en œuvre et traumatisants pour le milieu. En extrayant toute la vase, cette méthode laisse un milieu presque stérile. De plus, la vase revient rapidement. Ce procédé est pourtant, encore à l'heure actuelle, le moyen privilégié pour dévaser les milieux aquatiques.

Le dévasement reste donc un sujet sensible qui regroupe de nombreux détracteurs. En l'absence de nouvelles options, les gestionnaires espacent voire abandonnent l'entretien des sites, pour se préserver d'éventuelles poursuites judiciaires ou administratives. En laissant s'amonceler la vase, le problème s'aggrave et paraît insurmontable.

Ainsi, la recherche de procédés alternatifs, de type « méthode douce », me paraît essentielle pour répondre aux problèmes socio-économiques sans pour autant négliger l'environnement.

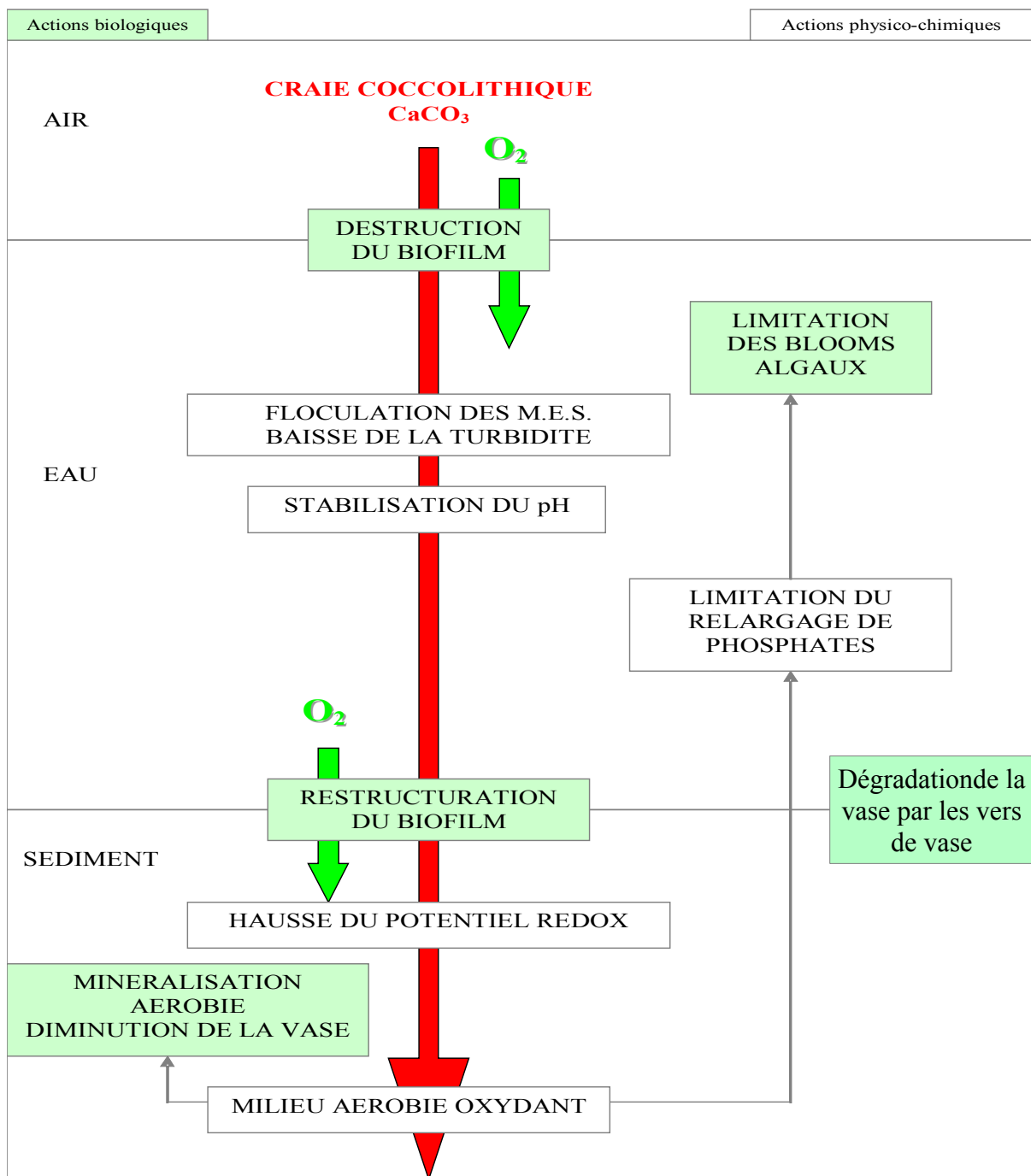


Fig. 32 : Schéma récapitulatif de l'impact de la craie coccolithique.

ABREVIATIONS

CE : Code de l'Environnement

LMB : Laboratoire Municipal de Bordeaux, disparu depuis 1999.

IEEB : Institut européen de l'environnement de Bordeaux.

PVC : Chlorure de polyvinyle (polymère vinylique thermoplastique).

SMIDAP : Syndicat Mixte intercommunal de Développement de l'Aquaculture et de la Pêche (des Pays de la Loire)

TASO : Travaux Aquatiques du Sud-Ouest

TBT, MBT, DBT : Le Tributylétain (TBT) et ses métabolites : le Monobutylétain (MBT) et le dibutylétain (DBT)

DEFINITIONS

Bruit de fond géochimique : Il représente la quantité d'un élément retrouvée normalement dans la croûte continentale ou dans les sédiments.

Carbonate de calcium : Composé minéral naturel de formule chimique CaCO_3 .

Craie de Champagne ou craie coccolithique ou Nautex : Carbonate de calcium issu de la sédimentation de coccolithophoridées dans le bassin parisien (Région de la Champagne). Celui-ci n'est modifié ni chimiquement ni thermiquement comme le sont les chaux traditionnelles.

Métabolites : Produits de dégradation d'un composé chimique ;

Microcosme : Unité expérimentale visant à recréer, dans un espace limité, les phénomènes mis en jeu dans le milieu naturel. Cette démarche tend à simplifier et expliciter l'action des facteurs environnementaux sur un paramètre donné.

Oligochètes : Les Oligochètes sont des vers à segmentation, caractérisés par la présence de faisceaux de soies rangés le long du corps servant à la locomotion et lors de la reproduction.

Passe : Corridor maritime de 3 km de large restant en eau à marée basse.

Polychètes : Les polychètes sont des vers annelés (vers à segmentations) présentant de nombreux faisceaux de soies, présents en milieux sableux et vaseux marins.

BIBLIOGRAPHIE

Bachasson B., 1997, Mise en valeur des étangs, 2^{ème} édition, *Lavoisier TEC et DOC, Paris*.

Capdevielle, 1973, Lutte contre l'envasement, *Publication INRA*.

Characklis WG, Marshall KC, 1990, Biofilms.

Davey M.E. , O'toole G.A, 2000, Microbial Biofilms: from Ecology to Molecular Genetics, *Microbiology and Molecular Biology Reviews 2000, 64 : 847-867*

IIEB : Etudes sur la craie menées de 1999 à 2003.

INRA, Pourquoi chauler les étangs.

http://www.comifer.asso.fr/groupe_travail/103bachasson-colloque-final.prn.pdf

LégiFrance : Textes législatifs et réglementaires français.

www.legifrance.gouv.fr

LMB : Etudes sur la craie menées de 1980 à 1989.

Marcel J., 1996, Production piscicole maîtrisée en plan d'eau, *ITAVI éditeurs, Paris*.

Martin J.F., 1985, Minéralisation des eaux des étangs, les apports calciques en étangs. *Etangs, 3, 23-30*.

Salinères J.B., Faugère J.G., 1990, Recherche sur l'appréciation et le mécanisme des pollutions organiques, les procédés biologiques de restauration et de réhabilitation des milieux organiques. *Rapport pour le ministère de l'environnement réf. SRETIE/MERE/7043*.

http://www.comifer.asso.fr/groupe_travail/103salineres-colloque-final.prn.pdf

Schlumberger O., 2002, Mémento de la pisciculture d'étang, *CEMAGREF éditions*.

Société Historique et Archéologique d'Arcachon et du Pays de Buch

<http://shaapb.free.fr/>

SMIDAP, Observatoire de l'eau de Vendée, 2005, Gestion du fonctionnement des étangs : Les amendements calciques.

http://www.observatoire-eau-vendée.fr/suivi/redirect_doc.asp?ID=140

TASO, Laboratoire Municipal de Bordeaux, 1988, Etude de restauration d'un étang de la région Aquitaine : L'étang de Léon. *Rapport interne de TASO*.

ANNEXES

ANNEXES

FICHE DE DONNEES DE SECURITE (Selon Directive 91 / 155 / CEE)

1 IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE / PREPARATION ET DE LA SOCIETE / ENTREPRISE	
1.1 Identification de la substance /préparation	NAUTEX
1.2 Autre Nom	Carbonate de calcium naturel broyé
1.3 Identification de la Société / Entreprise	GROUPE MEAC SAS
1.4 Numéro de téléphone d'appel d'urgence	
2 COMPOSITION / INFORMATION SUR LES COMPOSANTS	
2.1 Composition	Naturel, carbonate de calcium broyé (CaCO ₃ : CAS - N° 1317 - 65 - 3)
2.2 Substances dangereuses pour la santé	
2.3 Classification / Symbole	
3 IDENTIFICATION DES DANGERS	
Selon les données actuelles relatives au carbonate de calcium et aux additifs mentionnés en 2.1, la substance ne présente aucun risque ni pour l'homme ni pour l'environnement.	

CaCO₃ - F

4 PREMIERS SECOURS	
Contact avec les yeux	Rincer avec beaucoup d'eau. En cas d'irritation consulter un médecin.
Contact avec la peau	Laver avec de l'eau.
Inhalation	Déplacer la personne à l'air frais. En cas d'indisposition consulter un médecin.
Ingestion	Traitement symptomatique. En cas d'indisposition consulter un médecin.
5 MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE	
Substance ininflammable, pas applicable.	
6 MESURES A PRENDRE EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE	
En cas d'épandage de solution, ramasser et jeter dans une décharge autorisée. Eviter le contact avec des acides.	
7 MANIPULATION ET STOCKAGE	
7.1 Manipulation	Il convient de respecter les précautions générales relatives à la manipulation des produits chimiques.
7.2 Stockage	Conserver dans des emballages bien fermés. Ne pas stocker avec des acides.

1.1 Produit : **NAUTEX**

CaCO₃ - F

8 CONTROLE DE L'EXPOSITION / PROTECTION INDIVIDUELLE		
8.1	Protection respiratoire	Porter un masque à poussière
8.2	Protection des mains	-
8.3	Protection des yeux	-
8.4	Protection de la peau	-
9 PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES		
9.1	Aspect	Poudre METHODE
9.2	Couleur	Blanc
9.3	Odeur	Inodore
9.4	Valeur du pH	8.5 - 9.5 (100 g/l / 20 °C) DIN - ISO 787/9
9.5	Température de fusion	1340 ° C (102 bar)
9.6	Température d'ébullition	Pas applicable
9.7	Point d'éclair	Pas applicable
9.8	Inflammabilité	Ininflammable
9.9	Auto-inflammabilité	Pas d'autoignition
9.10	Propriétés comburantes	Non explosif
9.11	Pression de vapeur	Négligable
9.12	Densité relative	2.6 - 2.8 (20 °C) DIN - ISO 787/10
9.13	Solubilité	
	a) Hydrosolubilité	0.014 g/l (20 °C) 0.018 g/l (75 ° C) DIN - ISO 787/8
	b) Liposolubilité	Non déterminé
9.14	Coefficient de partage n - Octanol / H ₂ O	< 1 (estimation)
9.15	Autres données	
	a) Décomposition thermique	Au-dessus de 825 ° C

1.1 Produit : **NAUTEX**
CaCO₃ - F

10 STABILITE ET REACTIVITE	
10.1 Condition à éviter	Aucune recommandation
10.2 Matières à éviter	Eviter le contact avec des acides (réagit avec les acides en formant du CO ₂)
10.3 Produits de décomposition dangereux	Aucun
10.4 Autre information	Aucune
11 INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES	
11.1 Toxicité orale aigüe	DL 50 orale, rat = > 5000 mg/Kg
<p>Tout effet de toxicité chronique ou de sensibilisation est pratiquement exclu du fait que le carbonate de calcium solide est un minéral naturel de la surface terrestre et, à l'état dissous, un constituant naturel et indispensable de l'eau dans la nature.</p>	
12 INFORMATIONS ECOLOGIQUES	
<p>Le carbonate de calcium, à l'état solide, est un constituant minéral naturel de la terre. A l'état dissous, la substance est un constituant naturel et indispensable des eaux dans la nature. On peut donc exclure des effets défavorables pour l'environnement. Le carbonate de calcium ne peut pas être biodégradé.</p> <p>Quelques restrictions sont à faire quant à l'effet défavorable que pourraient avoir sur les organismes aquatiques les suspensions concentrées de Carbonate de Calcium dans les eaux naturelles (perturbations de la microflore et de la microfaune dans les sédiments avec, en conséquence, un effet négatif pour l'existence des organismes aquatiques supérieurs).</p>	
13 CONSIDERATIONS RELATIVES A L'ELIMINATION	
<p>On peut rejeter dans une décharge autorisée. En ce qui concerne les dispositions à prendre, consulter le fournisseur.</p>	

1.1 Produit : **NAUTEX**

CaCO₃ - F

14 INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT	
14.1 GGV See/IMDG Code	-
14.2 GGVE/GGVS	-
14.3 UN No	-
14.4 RID / ADR	-
14.5 ICAO / IATA - DGR	-
14.6 ADNR	-
15 INFORMATIONS REGLEMENTAIRES	
Le carbonate de calcium broyé n'est pas une substance dangereuse du point de vue des réglementations CEE concernées.	
16 AUTRES INFORMATIONS : Statuts d'enregistrement	
1. Suisse	Classé comme produit non toxique sous le numéro G - 7458 CH.
2. Europe	EINECS listé sous CAS - N° 215 - 279 - 6
3. Etats-Unis	Listé dans le TSCA Inventory sous CAS N° 1317 - 65 - 3 Le carbonate de calcium/le calcaire sont classés GRAS par la FDA.
4. Japon	MITI enregistré sous 1 - 122 - 122
5. Australie	ACQIN édition 92 listé sous CAS N° 1317 - 65 - 3
6. Canada	Le calcaire n'est pas concerné par le PDSL (substance se trouvant à l'état naturel).

1.1 Produit : **NAUTEX**

Les informations et les recommandations contenues dans cette fiche sont basées sur des données estimées justes.

Néanmoins, il ne peut être donné aucune assurance ou garantie relative aux informations présentées ici.

Les valeurs et les descriptions ont été établies par la Société RCC (Registration And Consulting Company Ltd) CH - 4425 Itingen, Basel, Suisse.