

RAPPORT SCIENTIFIQUE

**Prolifération de l'huître creuse du Pacifique
Crassostrea gigas sur les côtes Manche-Atlantique
françaises : bilan, dynamique, conséquences
écologiques, économiques et ethnologiques,
expériences et scénarios de gestion.**

Programme **PROGIG**



Responsable scientifique du projet : Christian HILY

**INTERVENANTS SCIENTIFIQUES
ET
PARTICIPATION AU PROGRAMME**

LEMAR (IUEM, UBO)

Christian Hily (coordination animation, + ensemble des thèmes 1, 2, 4)
Morgane Lejart : DEA + Thèse (thèmes 1 (sauf génétique) et 2)
Jacques Clavier, PR (thème 2 : métabolisme, biocalcification)
Laurent Chauvaud, CR CNRS (thème 2 : métabolisme, biocalcification)
Olivier Ragueneau CR CNRS (thème 2 : cycle de la silice, biodépôts)
Marie-Thérèse Thébault , PR (participation au conseil scientifique et directeur de thèse de L. Meistertzheim)
Anne-Leila Meistertzheim, Thèse (thème 1 : génétique, écophysiologie)
Agathe Larzillière Ingénieur d'étude CDD 12 mois (thème 1 : gestion du SIG et thème 4 : gestion expérimentale et mise en place et gestion du site Progig)
Christian Tartu, Technicien université (participation terrain thème 1 et travaux de laboratoire)
Alain Marhic, Technicien (travail de laboratoire : assistance génétique et écophysiologie)
Marie Lhuillery, stagiaire M2 SBM (thème 4 : gestion)
Marine Holbach, stagiaire M2 SBM (thème 1 : dynamique colonisation)
Morgane Le Gall, stagiaire M1 SBM IUEM, UBO (thème 1 : dynamique colonisation)
*Christian Beuvar*d, stagiaire M1 SBM, IUEM, UBO (thème 2 : interactions – huîtres/fucales)

GEOMER LETG UMR6554 CNRS (IUEM, UBO)

Iwan Le Berre, MdC (participation au conseil scientifique et thème 1 : mise en place et gestion du SIG)
Alain Henaff, MdC (thème 2 : rôle des huîtres sur la fraction biogène des sables)
Raphaël Gouill, Stagiaire M1 Egel (mise en place du SIG)

CEDEM (IUEM, UBO)

Jean Boncoeur, professeur, GdR AMURE (participation au conseil scientifique)
Johann Leroux CDD 6 mois (thème 3 : enquête auprès des professionnels)

CRBC (UBO)

Frédérique Chlous-Ducharme, MdC (participation au conseil scientifique thème 3 : ethnologie)
Anne Leroux CDD 6mois (enquête auprès des usagers non professionnels en Rade de Brest)

IFREMER La Tremblade

Philippe Gouletquer, Cadre (participation au conseil scientifique)
Laurence Miossec, Cadre (participation au conseil scientifique coordination de la participation Ifremer, thème 4 : historique et évolution des pratiques ostréicoles)
Leslie Coic, stagiaire, Master 2 bio UBO

IFREMER St Malo (CRESCO)

Patrick Le Mao, Directeur LER (participation au conseil scientifique thème 1 : suivi de terrain des sites Bretagne Nord-Est)
Nicolas Desroy, Cadre (thème 1 : suivi de terrain des sites Bretagne Nord-Est)

IFREMER La Trinité

Edouard Bédier, Directeur LER (participation au conseil scientifique)
Aimé Langlade, Technicien (Thème 1 : suivi de terrain des sites Bretagne Sud)

IFREMER Bouin : Station IFREMER Polder des Champs 85230 Bouin tel : 02 51 68 77 80

PROGIG

Jean-Louis Martin, Directeur LER (participation au conseil scientifique et thème 1 : suivi de terrain des sites Baie de Bourgneuf)

CREMA l'Houmeau (UMR CNRS-Ifremer)

Pierre-Guy Sauriau, CR1 CNRS, (thème 1 suivi de terrain des sites Ré et Oléron et thème 2 : compétition trophique huîtres/balanes)

Bureau d'étude

Marie-Jo Menozzi, Ethnologue (enquête auprès des usagers non professionnels dans le Golfe du Morbihan)

INTRODUCTION : RAPPEL DE LA PROBLEMATIQUE ET DE L'OBJECTIF MAJEUR

L'huître creuse du Pacifique, *Crassostrea gigas* est élevée en France depuis les années soixante dix pour pallier à l'effondrement des stocks des autres espèces : l'huître « portugaise », *Crassostrea angulata* et l'huître « plate » *Ostrea edulis*. Introduite massivement quasi simultanément sur la façade atlantique, seuls deux bassins ostréicoles du Sud de la Loire : Marennes-Oleron et bassin d'Arcachon, ont vu l'espèce s'implanter hors des parcs ostréicoles dès les premières années de l'introduction et établir des populations « sauvages ». Depuis plus de 30 ans, l'espèce s'y reproduit annuellement. Les premiers cas de recrutement ont été observés à Marennes-Oléron et Arcachon en 1975 (Grizel et Heral 1991). Dans les années 80, quelques recrutements se produisirent au Nord de la Loire mais la colonisation restait très sporadique. A partir du milieu des années 90 les épisodes de reproduction se sont multipliés dans les sites plus au Nord en Bretagne et la colonisation s'étend désormais sur la façade Manche-Atlantique, du Golfe Normano-Breton à la frontière espagnole. Les huîtres sauvages colonisent préférentiellement tous les substrats rocheux intertidaux en milieu plutôt abrité (roche, blocs, cailloutis) mais également les structures ostréicoles laissées à l'abandon ou les infrastructures marines humaines (cale, jetée) avec des biomasses pouvant atteindre plus de 50 kg.m⁻² (Cognie et al. 2006). Des populations sauvages sont également observées sur le substrat meuble dans les zones de vase ou sur les peuplements de moules par exemple en Mer du Nord (Mer de Wadden et Oosterschelde) qui servent de support à la fixation des huîtres (Reise 1998; Diederich 2005; Diederich 2006; Markert et al. 2009).

La survie des larves dans des conditions thermiques et halines favorables a conduit rapidement à la constitution de populations « sauvages » installées principalement sur les estrans rocheux mais parfois aussi en estran meuble à partir de fixations sur des supports coquilliers dispersés sur les sédiments. Compte tenu des caractéristiques écophysiologicalues de l'espèce et des aires de répartition initiales dans son pays d'origine, les prévisions étaient qu'elle ne se reproduirait pas de manière efficace au Nord de la Loire. Le risque écologique de sa dispersion et *a fortiori* de son éventuelle invasion sur le littoral n'avait pas été envisagé.

L'espèce présente des caractéristiques proches de celles des espèces invasives proliférantes pouvant perturber des écosystèmes et la biodiversité associée. L'origine de ce changement de distribution pouvait résulter des modifications des conditions climatiques générales comme d'une adaptation génétique en limite d'aire de distribution. C'était peut-être aussi une sous-estimation des potentialités de l'environnement capable très localement de présenter des conditions thermiques suffisantes pour assurer le cycle reproducteur. Jusqu'à présent aucun programme d'étude intégrée n'avait été développé sur ce phénomène, même si la profession ostréicole avait pris conscience du problème et que quelques actions d'éradications avaient été menées localement par les collectivités et les comités professionnels.

En dehors du littoral français, l'espèce s'est également naturalisée au début des années quatre vingt dix en mer du Nord en mer de Wadden, dans les lacs salés hollandais (Oosterschelde et Grevenligen) et dans le Westerschelde (Reise, 1998, Drinckwaard, 1999 ; Wehrmann et al, 2000). L'espèce est également présente en Belgique et localement en Grande Bretagne (quelques sites en Cornouailles, au pays de Galles et sur les côtes de la mer du Nord) (Eno et al, 1997) et en Irlande (baie de Galway, récemment (2007) l'espèce est signalée en Norvège (non publié). Dans l'ensemble de ces secteurs du Nord de l'Europe les huîtres se fixent principalement sur les moulières et localement les enrochements destinés à protéger le recul des dunes de sable. L'installation de *C. gigas* en milieu naturel ne se cantonne pas à l'Europe, aux Etats-Unis l'espèce s'est acclimatée aux eaux froides des îles de St Juan dans l'état de Washington qui étaient sensées empêcher la reproduction (Steele, 1964) ; en Australie elle a colonisé les estuaires de la Mcleay river où elle a pris la place de l'huître indigène (*Saccostrea commercialis*) (Ayres, 1991).

L'objectif de ce projet était de dresser un premier bilan de la prolifération de l'huître japonaise au niveau des façades atlantiques et Manche Ouest en identifiant les différentes interactions réalisées avec les écosystèmes marins et les activités humaines. Il s'agissait également de prendre la mesure des principales composantes de la dynamique de la prolifération pour définir une stratégie de gestion adaptée à la diversité des situations rencontrées.

Thème 1

Bilan, dynamique et causes de la colonisation

Caractérisation des sites colonisés sur le littoral Manche Atlantique

Morgane Lejart, Iwan Le Berre, Raphaël Gouill, Christian Hily, Agathe Larzillière

Au démarrage de Progig, il n'existait aucun recensement des sites colonisés par *C. gigas* sur les côtes Manche –Atlantique. Cette action du thème 1 a réalisé ce bilan. Un **inventaire des sites** touchés par l'installation des huîtres en milieu naturel a été réalisé sous forme d'un **atlas cartographique à l'échelle de la Bretagne**. Des enquêtes ont été réalisées par différentes approches complémentaires. La base de données associée permet de compléter et d'actualiser en direct les nouvelles observations et l'évolution des populations. Une méthode originale a été mise au point pour estimer les densités :

Tableau ci-dessous : Cet indice permet d'estimer rapidement la densité en particulier autour des zones sur lesquelles les comptages ont été faits, facilitant ainsi la définition de grandes bandes intertidales de densité identique.

Indice de densité	Nombre d'individus par m ²	Estimation visuelle de l'indice de densité sur une bande d'un mètre de large
0	0	
1	< 0,01	< 10 individus (ind.) sur 100 mètres de long
2	0,01 à 1	≈ 10 ind. sur 100 mètres de long
3	1 à 10	≈ 10 ind. sur 10 mètres de long
4	10 à 100	> 10 ind. sur 1 mètre
5	100 à 1000	> 10 ind. sur 0,1 mètre

Mise en place d'un SIG

- Les données produites ou exploitées dans le cadre de Progig sont intégrées à un système d'information géographique (SIG).

La structure adoptée pour le SIG de Progig est celle d'un géorépertoire, assimilé ici à un simple dossier d'archivage. Il archive des couches d'information géographique cohérentes (topologie et typologie) et dûment renseignées par des métadonnées au format ISO 19115. Les couches sont archivées en format Shapefile (.shp) d'Esri et projetées en Lambert II étendu. Les noms des couches décrivent systématiquement le thème, l'échelle et la source. Le type d'entité (point, ligne, poly) est éventuellement indiqué.

Le géorépertoire est organisé en sous-dossiers :

- **1-IGreference**, dans lequel est archivée l'information géographique de référence provenant du SHOM et de la BDCarthage ;
- **2-Environnement**, pour les données environnementales ;
- **3-Biologie**, pour les données biologiques collectées par le Lémar ;
- **4-Socio-eco**, pour les données relatives aux activités humaines sur le littoral ;
- **5-Orthophotos**, rassemble les orthophotographies de la BDOortho littorale (littoral breton uniquement) qui sont archivées séparément pour faciliter leur archivage (et les sauvegardes) en raison du volume de données qu'elles représentent ;

PROGIG

- Enfin, **6-Données-diverses** regroupe les données originales d'après lesquelles ont été produites les couches d'information intégrées au SIG de Progig, ainsi que certaines données non encore exploitées.

Les thèmes de données intégrés au SIG sont inventoriés dans le tableau ci-dessous. Attention, ce tableau constitue un résumé : un thème peut en réalité contenir plusieurs couches d'information géographique.

Les données ont été recherchées au sein de différents organismes et structures susceptibles de les détenir. Pour davantage de détail sur la méthode adoptée, sur les démarches entreprises et sur les résultats se référer au rapport de G. Louis et I. Le Berre, *Structuration d'un SIG dédié à PROGIG*, mars 2007.

Géorépertoire	Thèmes	Entité	Source	Echelle
Information géographique de référence	Estran	Poly	BDCarthage	Nationale
	Trait de côte	Poly	BDCarthage	Nationale
	Bathymétrie	Ligne	SHOM	Intermédiaire
Environnement	Nature du substrat	Poly	Terrain Géomer-Lémar & Ortho photo	Locale
Biologie	Prolifération de <i>C.gigas</i>	Point	Terrain Géomer et Lemar	Intermédiaire
	Habitats	Poly	TBM	Locale
	Population et densité	Poly	terrain Lémar	Locale
	Caractéristiques	Poly	terrain Lémar	Locale
	Traceurs	Poly	terrain Lémar	Locale
	Fèces	Point	terrain Lémar	Locale
	Autres espèces cohabitantes	Poly	terrain Lémar	Locale
	Phytoplancton	Poly	terrain Lémar	Locale
Socio-économique	Marées vertes	Poly	terrain Lémar	Locale
	Natura 2000	Poly	Diren Bretagne	Nationale
	SIC	Poly	Diren Pays de Loire	Nationale
	Réserves naturelles	Poly	Diren Bretagne	Nationale
	Parcs naturels régionaux	Poly	Diren Pays de Loire	Nationale
	ZNIEFF type 1	Poly	Diren Bretagne et Pays de Loire	Nationale
	Natura2000	Poly	DIREN	Nationale
	Parcs ostréicoles	Poly	DDAM et SRC	Intermédiaire
	Cales pour le Finistère	Point	Nautisme en Finistère	Intermédiaire
	Mouillages pour le Finistère	Point	Nautisme en Finistère	Intermédiaire
	Pêche à pied	Poly	IFREMER	Intermédiaire
	Ports de plaisance	Point	Nautisme en Bretagne	Intermédiaire
	Centres nautiques	Point	Nautisme en Bretagne; Ligue de voile des PdL	Intermédiaire
	Spots de surf	Point	The Stormrider guide	Intermédiaire
	Capacité d'accueil	Poly	CDT 22,29,35,56 et IFEN (44)	Intermédiaire
	Taux de fonction touristique	Poly	CDT 22,29,35,56 et IFEN (44)	Intermédiaire
	Sites de baignade	Poly	Ministère de la Santé	Intermédiaire
Ortholittorale	images	CETE Normandie Centre	Nationale	

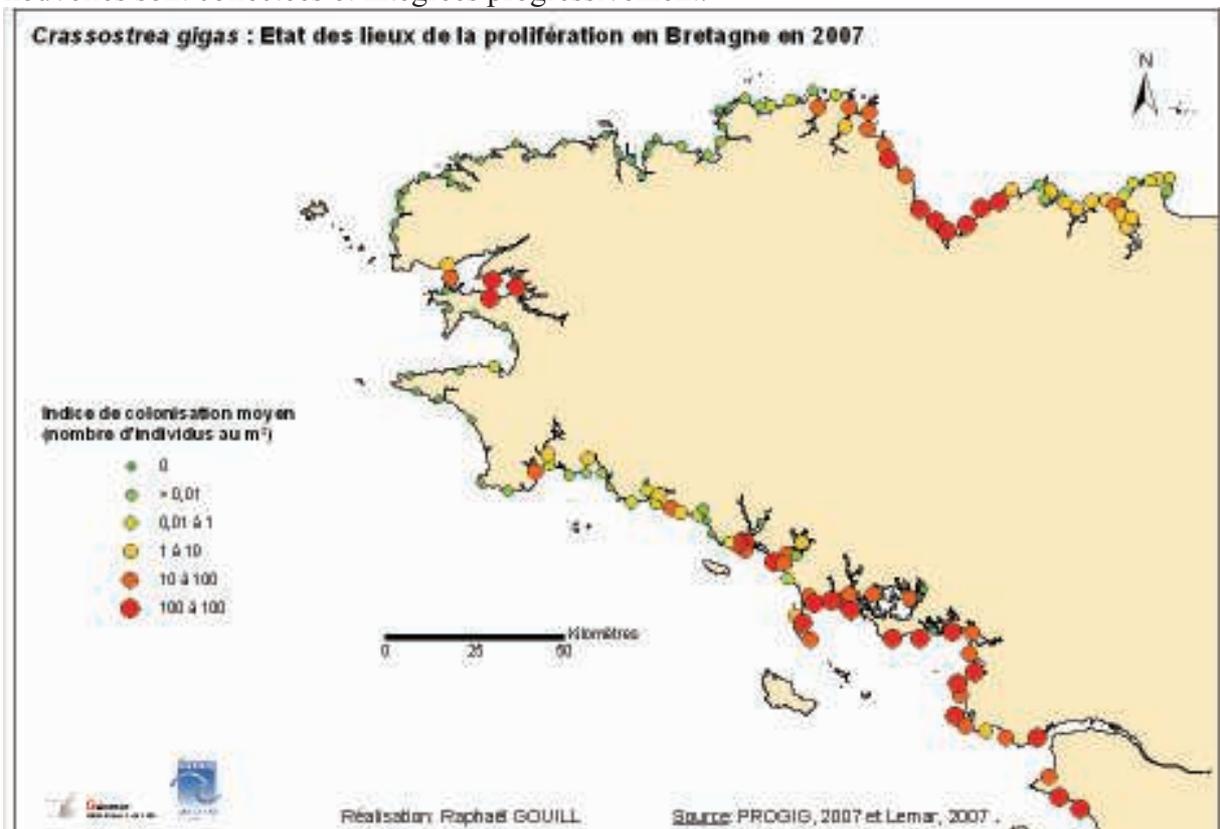
Tableau : thèmes de données intégrées au SIG PROGIG

Inventaire des peuplements de *C. gigas*

De plus, des données relatives à la prolifération de *Crassostrea gigas* ont été collectées sur le terrain à l'échelle de la Bretagne par le laboratoire Géomer. Elles complètent ainsi les données recueillies par le Lemar à l'échelle de la rade de Brest et du golfe du Morbihan ainsi que dans différentes stations de suivi local réparties sur l'ensemble du littoral Manche-Atlantique. La méthodologie mise au point par Lejart et Hily, 2006 en rade de Brest a été adaptée pour permettre un rapide inventaire d'échelle régionale. Elle repose sur la sélection de sites d'échantillonnage, bien répartis et jugés représentatifs des différentes entités littorales de la côte bretonne.

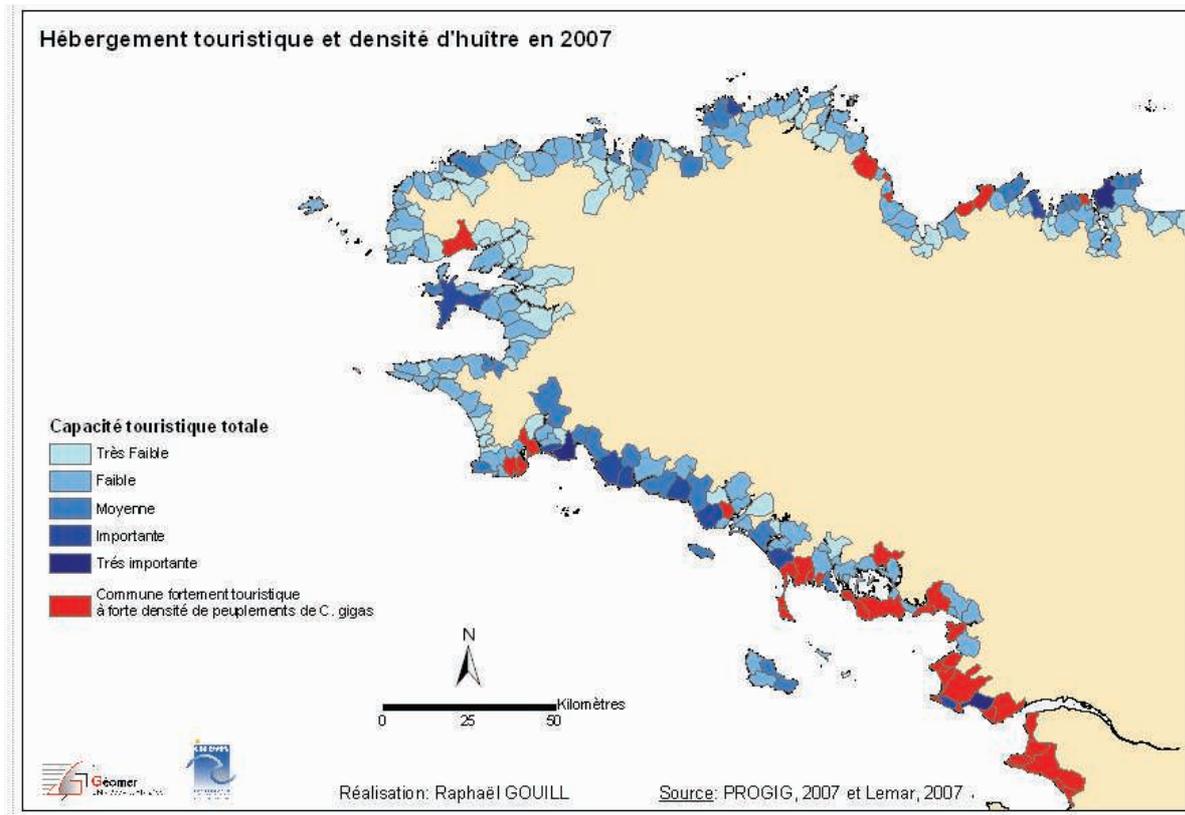
Sur chaque site une évaluation du niveau de prolifération est réalisée en utilisant l'indice mis au point par Lejart et Hily. Chaque site fait l'objet d'un arpentage selon les règles suivantes : un transect descendant du niveau HMVE jusqu'au niveau de basse mer au moment de l'échantillonnage afin de déterminer, le cas échéant, le niveau de plus forte densité des peuplements ; un transect au sein de la zone de plus forte densité ; un troisième transect, enfin, du niveau de basse mer jusqu'au trait de côte. Il est à noter que l'ensemble des missions a été réalisé au moment de l'étalement de basse mer (+/- 1h30 avant la basse mer) durant deux périodes de coefficients supérieurs à 80. Pour les sites dont la densité dépasse le niveau de densité 3, un quadrat est utilisé (trois répliquats par site). Chaque site a fait l'objet d'une prise de vue générale et, si besoin, de photographies plus ciblées montrant les peuplements dans la zone de plus forte densité. Un point GPS a également été collecté sur chaque site.

Les données ainsi collectées ont permis la constitution d'une couche d'information thématique décrivant l'état des peuplements de *C. gigas* à l'été 2007. Depuis les informations nouvelles sont collectées et intégrées progressivement.



PROGIG

C'est précisément cette couche qui a été confrontée aux données socio-économiques afin d'identifier les secteurs les plus susceptibles d'être soumis aux risques liés à une prolifération de cette espèce. A ce niveau, l'apport du SIG est essentiel puisque c'est par des requêtes spatiales ou par des géotraitements que les interactions possibles entre l'huître et les activités humaines sur le littoral peuvent être mises en évidence. L'exploitation des données a été initiée dans le cadre d'un stage de M1 (mention EGEL du master science de la mer et du littoral) effectué par Raphaël Gouill (2007). Ainsi, à titre d'exemple, l'analyse de la relation entre les zones de prolifération de l'huître creuse et les principaux centres d'hébergement touristique de la région (carte ci-dessous) montre l'importance du risque dans le Sud Bretagne.



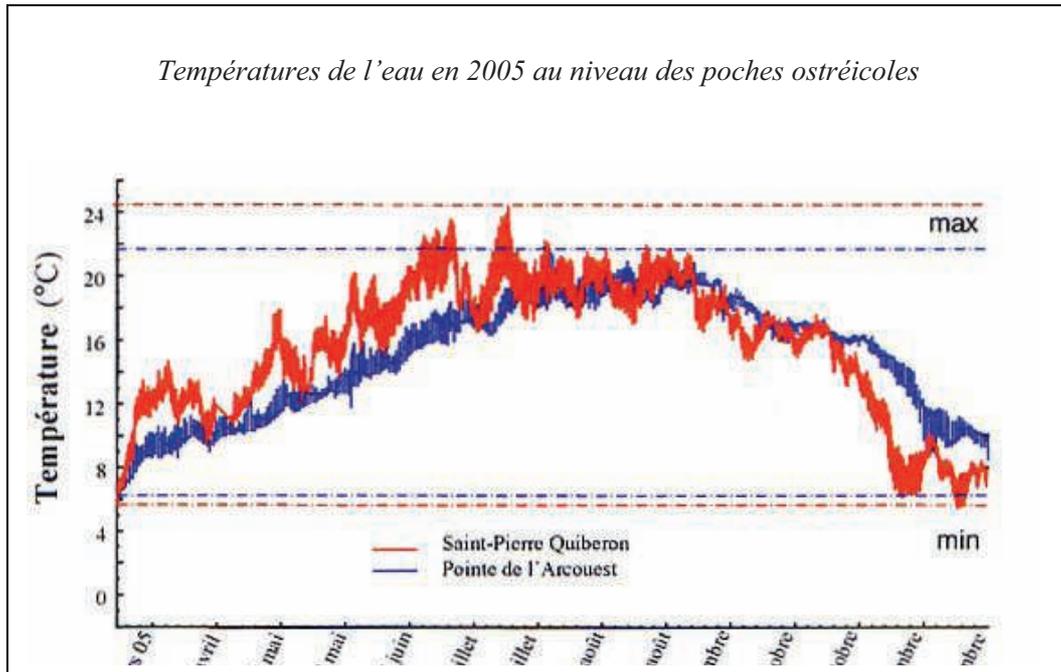
Recherche des causes induisant les modifications de l'aire géographique de l'espèce

Adaptation génétique

Anne-Leila Meistertzheim et Marie Thérèse Thébault

L'objectif principal de ce travail réalisé dans la thèse de Anne-Leila Meistertzheim était d'estimer les stratégies adaptatives développées par cette espèce, à l'aide d'une approche génétique et physiologique.

Une des hypothèses explicatives de l'extension de l'aire géographique de l'huître est l'adaptation génétique. Si le stock élevé dans les concessions ostréicoles est issu à l'origine d'importation localisée (Arcachon principalement) le brassage est aujourd'hui intense du fait des pratiques ostréicoles, l'hypothèse de l'individualisation de populations sauvages locales n'était pas à négliger. Les objectifs étaient alors d'obtenir des éléments permettant de caractériser la variabilité des populations sauvages et de mesurer la dynamique de la prolifération sur un échantillon de stations représentatives des différents types de sites. Les facteurs pouvant conditionner le succès de *C. gigas* sont multiples, mais parmi ceux-ci, la capacité d'adaptation au nouvel environnement est déterminante. La mise en place des réponses adaptatives repose sur la capacité des organismes à intégrer et à décoder rapidement les signaux de l'environnement en vue d'aboutir à l'activation de programmes génétiques appropriés. L'adaptabilité physiologique se traduit par une sensibilité particulière aux influences du milieu et par une plasticité phénotypique élevée. *C. gigas* montre une grande plasticité phénotypique en réponse à des variations des paramètres de l'environnement comme la température (Le Gall et Raillard, 1988 ; Handoum *et al.*, 2003), la quantité de nourriture (Ernande *et al.*, 2004a) et des stress de diverse nature. Cependant, les contributions respectives du génotype et de la plasticité phénotypique dans le succès de la colonisation des côtes par *C. gigas* sont peu connues (Gaffney *et al.*, 1984 ; Li et Hedgecock, 1998 ; Ernande *et al.*, 2004b). La première partie de cette thèse consistait à étudier le polymorphisme génétique de certaines populations sauvages françaises à l'aide de marqueurs microsatellites et exoniques, à différentes échelles spatiales et temporelle. Une étude a été réalisée à deux échelles différentes : (1) macro-échelle : suivi de quelques paramètres physiologiques et étude en parallèle de la structure génétique de trois populations d'huîtres sauvages réparties le long des côtes bretonnes : en Bretagne Nord (Pointe de l'Arcouest), en Rade de Brest (Squiffiec) et en Bretagne Sud (Saint Pierre Quiberon), et de deux populations de naissains originaires d'Arcachon transplantées dans des parcs ostréicoles à proximité du site " nord " et du site " sud ". Le choix des trois sites ateliers a été déterminé par leur situation géographique (ainsi, le site de la Pointe de l'Arcouest est dans une zone froide de l'aire de répartition des huîtres sauvages en Bretagne), la densité des populations (préalable nécessaire à l'étude génétique), et enfin leur date d'installation (le site le plus récent étant celui de la Pointe de l'Arcouest, et le plus ancien étant Squiffiec). (2) micro-échelle (estran), afin de mesurer les effets de l'émergence. A cet effet, des huîtres ont été prélevées à deux hauteurs d'estran (temps d'émergence de 30 et 45 %) sur les sites de Squiffiec et de St Pierre Quiberon. Des sondes thermiques ont été installées dans des parcs ostréicoles à proximité des trois sites, pour le suivi en continu des températures de l'eau et de l'air. Les données météorologiques de Météo France ont permis de vérifier les valeurs de températures mesurées par les sondes, ainsi que de prendre en compte les événements climatiques exceptionnels et la pluviométrie. Les données Ifremer (<http://www.ifremer.fr/envlit/>) et des cartes de températures satellitaires ont permis de mieux caractériser les sites ateliers (teneur en métaux lourds, en pesticides, blooms de phytoplancton, développement bactérien). Les températures de l'eau obtenues à St Pierre Quiberon en 2005 sont supérieures de 1°C environ à celles mesurées à la Pointe de l'Arcouest au printemps et au début de l'été, et inférieures de 1°C environ en automne et en hiver. Le site de la Pointe de l'Arcouest présente en revanche, des variations journalières beaucoup moins contrastées.



Etude à macro-échelle

Les huîtres ont été prélevées à une hauteur d'estran correspondant à un temps d'émersion de 30 %, puis disséquées et identifiées en fonction de leur sexe mais aussi en fonction de leur stade de maturation gonadique. Le suivi de différents indices de gamétogenèse (Indice de condition, identification histologique des stades) a permis de mettre en évidence des différences dans la date d'entrée gamétogenèse. De plus, les individus de la Pointe de l'Arcouest et de St Pierre Quiberon ont montré une ponte totale à une date extrêmement proche tandis que les individus du site de Squiffiec ont effectué uniquement des pontes partielles correspondant à une absence de chute de l'indice de condition. Les naissains d'Arcachon transplantés sur ces deux sites montrent une meilleure croissance sur le site de la Pointe de l'Arcouest que sur le site de St Pierre Quiberon.

Etude à micro-échelle

Les huîtres ont été prélevées à deux hauteurs d'estran sur le site de Squiffiec en Rade de Brest, l'une correspondant à un temps d'émersion d'environ 30 % (Squiffiec Bas : SB) et l'autre, à un temps d'émersion supérieur à 45 % (Squiffiec Haut : SH).

Les individus n'ont pas effectué de ponte totale, mais seulement partielle, quel que soit leur niveau d'émersion. Cependant, les groupes d'huîtres recrutées sur les deux hauteurs de l'estran se différencient par leur date d'entrée en gamétogenèse : les individus de SB entrent plus tôt en gamétogenèse. De plus, les ovocytes de ces derniers restent en atrésie (stade 5) plus longtemps. Ce résultat suggère que la gestion des réserves s'effectue différemment pour les huîtres situées sur les deux hauteurs d'estran.

Les résultats indiquent une sélection des individus prélevés à même hauteur d'émersion, sur les sites d'Arcouest et de St Pierre Quiberon comparativement au site de Squiffiec. Les individus de Squiffiec présentent un polymorphisme plus important à 30 % de temps d'émersion que les individus prélevés à 45 % de temps d'émersion sur le même site ou à 30 % sur les autres sites. Les résultats montrent un effet de sélection de même intensité sur les sites d'Arcouest et de St Pierre Quiberon en bas de l'estran et sur Squiffiec en haut de l'estran. Ces résultats privilégient l'hypothèse d'un effet sélectif des individus de manière locale comme stratégie de colonisation de l'espèce.

Synthèse des résultats : A macro-échelle spatiale, une différenciation génétique significative a été observée entre les populations adultes localisées le long des côtes françaises à l'aide de marqueurs exoniques. *A contrario*, aucune structuration génétique des populations n'a été décelée par les microsatellites, indiquant un haut niveau de flux génique entre les populations. La comparaison des structurations obtenues par les exons d'une part et les microsatellites de l'autre, permet d'émettre l'hypothèse que la sélection naturelle est vraisemblablement la force sélective à l'origine d'une différenciation génétique des populations. L'étude d'une structuration génétique à micro-échelle spatiale par ces mêmes marqueurs génétiques n'a pas permis de révéler des différences significatives entre les huîtres du bas et du haut de l'estran. Cependant, l'utilisation d'autres marqueurs génétiques comme les allozymes a permis de différencier les individus à 30 de ceux à 42 % de temps d'émersion dans un des sites. Dans trois sites bretons (Arcouest, St Pierre Quiberon et Squiffiec), une structuration génétique significative a été observée entre les adultes en 2005 et les jeunes recrues des années 2005 et 2006, et dans une moindre manière entre ces recrues et des naissains cultivés. Cette structuration pourrait être le fait d'une dérive génétique et/ou d'un effet de sélection. Cependant, ces résultats indiquent que les recrues 2005 et 2006 pourraient être issues pour une forte part des huîtres cultivées présentes dans les parcs ostréicoles et pour une faible part d'un autorecrutement des populations sauvages environnantes.

La plasticité phénotypique de *C. gigas* étant reconnue par des études antérieures et sachant que le phénomène adaptatif, à l'origine de son potentiel invasif, serait vraisemblablement la sélection naturelle, nous nous sommes interrogés sur les variations physiologiques que pourraient présenter ces populations sauvages. Dans la seconde partie de cette étude, plusieurs indicateurs physiologiques de santé et de la « fitness » ont été estimés sur des adultes des trois sites cités précédemment. Ainsi la reproduction, la croissance, la réponse au stress, les réserves énergétiques ont été abordées à l'aide de plus de 15 mesures physiologiques. Des différentiels de croissances et de vitesse de gamétogénèse ainsi que du type de ponte ont été observés, attribués à des différences de vitesse d'augmentation de la température de l'eau dans la littérature. Les indices physiologiques ont été par la suite comparés sur des individus catégorisés par leur sexe et leur stade de gamétogénèse à une date commune. De fortes différences significatives ont été observées entre des individus les femelles et les mâles mais aussi entre des individus de même sexe à des stades différents de gamétogénèse dans les trois sites au cours de l'année 2005. Cependant, aucune différence majeure des indices physiologiques n'a été révélée entre les adultes des différents sites à micro- et macro-échelles spatiales. Les individus seraient donc sélectionnés localement, mais leurs paramètres physiologiques présenteraient plus de variations liées à des paramètres intrinsèques plutôt qu'à des variations des conditions environnementales. En conclusion, l'ensemble de ces résultats suggère un fort potentiel invasif de *C. gigas*, résultant d'une probable plasticité phénotypique mais surtout d'une sélection locale permise par sa forte diversité génétique.

Changement climatique : rôle sur le cycle reproducteur

Christian Hily et Morgane Lejart

La deuxième hypothèse à tester pour expliquer les causes de la prolifération des huîtres est le réchauffement climatique qui aurait facilité la réussite du cycle reproducteur.

PROGIG

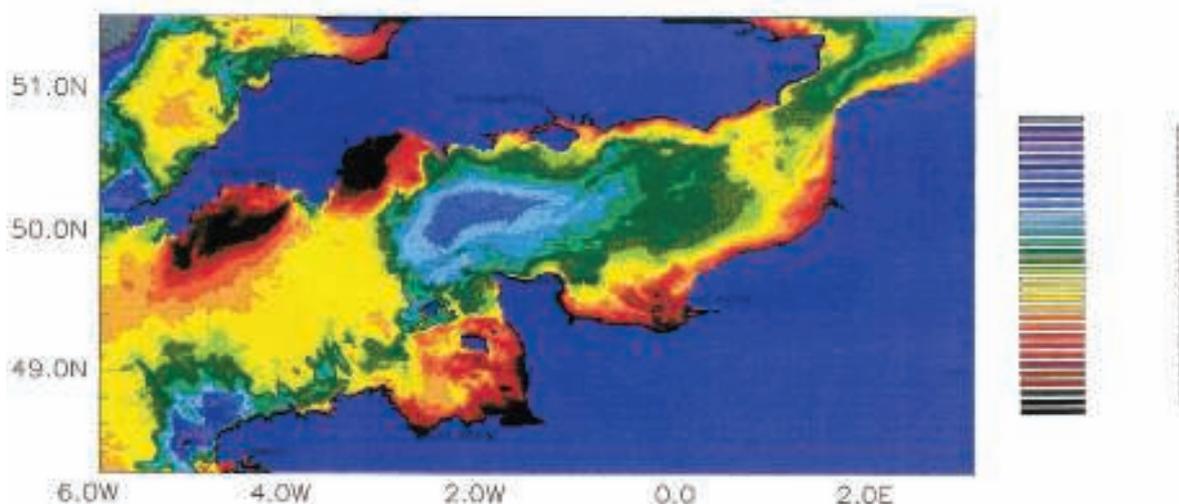
Dans un premier temps nous avons recherché dans la bibliographie les caractéristiques particulières et les tolérances de l'espèce vis-à-vis de la température, aux différentes phases de son cycle reproducteur, maturation ponte, vie larvaire, fixation et croissance. L'espèce peut faire sa croissance coquillière entre 3 et 30°C, la fixation des larves s'effectue entre 15 et 25°C après un minimum de 21 jours de vie larvaire pélagique. La ponte s'effectue suite à un choc thermique ou halin, à partir d'un seuil que certains placent à 18,5°C et d'autres à 20°C. Ce seuil est tout à fait crucial pour la problématique de l'étude. Il faut ainsi rechercher dans quels sites ce seuil est dépassé pendant la période estivale période pendant laquelle les adultes sont matures, et si la fréquence d'atteinte et de dépassement de ce seuil a augmenté depuis quelques années. Une enquête a été menée auprès du maximum d'utilisateurs de l'espace littoral et en particulier auprès des professionnels de la conchyliculture pour retrouver les dates importantes de la colonisation du milieu naturel dans le maximum de sites. Si ces données restent souvent imprécises, les tendances bien nettes se dégagent et permettent d'avancer quelques traits déterminants :

- si les huîtres ont été introduites sur l'ensemble du littoral Manche-Atlantique dès le début des années soixante dix, les populations sauvages ne se sont pas installées simultanément sur les sites d'élevage. Deux périodes se distinguent :

- 1970-1980 : les premières observations de naissain sauvage ont été réalisées au Sud de la Loire, dans le Bassin d'Arcachon et dans le Bassin de Marennes Oléron en premier lieu, et rapidement en Baie de Bourgneuf. L'été caniculaire de 1976 a permis aux huîtres de se reproduire en rade de Brest avec des premières fixations observées l'année suivante. Par contre cet épisode ne semble pas s'être renouvelé ensuite pendant plusieurs années. Les sites les plus chauds au Sud de la Loire ont donc été colonisés les premiers. Jusqu'en fin des années 80 la colonisation au Nord de la Loire semble être restée anecdotique alors quelle est devenue régulière au Sud, tout au moins à l'intérieur des bassins ostréicoles.

- 1990 – 2006 Depuis le début des années 90, de nombreux observateurs signalent d'une part la colonisation nouvelle dans de nombreux sites en particulier en Manche, et d'autre part le phénomène de prolifération dans des sites déjà touchés. C'est à cette période que devient véritablement « invasive » dans le sens d'espèce « proliférante ». Au Nord du Cotentin quelques recrutements sporadiques ont lieu mais les populations ne restent pas pérennes.

Image satellite Tiros montrant un épisode chaud estival de juillet 1990 mettant en évidence les sites littoraux dans lesquels le seuil de température favorable à la ponte est dépassé (noir et rouge sombre)



La série long terme de températures de surface de l'eau reconstituée par modélisation en trois points au large de la Bretagne sont cohérentes entre elles et montrent une augmentation forte de la température de près de 1°C, ce qui est considérable, dans la période 1990-2003 alors qu'elles sont restées stables sur la période 70-90 (météo France, Esnault et Maurer, 2004). Il y a bien une concordance entre la phase d'installation de *C. gigas* en Bretagne et l'augmentation moyenne des températures de l'eau. Il n'y a pas de série équivalente en zone littorale mais il est logique de supposer que cette tendance a concerné l'ensemble de la masse d'eau, avec éventuellement quelques variations locales, mineures pour notre problématique à l'échelle régionale. En valeurs absolues les températures atteintes par les eaux littorales sont largement plus élevées que celles mesurées au large, les épisodes chauds dépassant les seuils de 18-20°C permettant la ponte sont bien plus fréquents que ne peuvent le mettre en évidence les relevés de température en pleine eau. Ces élévations de température sont d'autant plus fortes que les milieux sont abrités et semi-fermés et peu profonds, avec de grandes surfaces de roche ou de vasières découvrantes aux basses mers. Ces conditions permettent à la mince lame d'eau les recouvrant au flot d'atteindre temporairement des températures de 3 à 4°C plus élevées que la température moyenne de la masse d'eau. Cette fine lame d'eau chaude suivie rapidement par des eaux plus froides est capable de créer le choc thermique nécessaire à la ponte.

Si l'augmentation de la fréquence d'épisodes chauds explique l'augmentation moyenne des températures annuelles, ces épisodes chauds ne se situent pas toujours à la même période dans l'année. Une étude bibliographique a été réalisée pour identifier les principales conséquences sur le cycle biologique de *C. gigas*.

- Si l'épisode chaud a lieu sur la période de mars à mai, l'effet a lieu sur les adultes : une meilleure production primaire, et donc une nourriture abondante, permet l'augmentation de l'effort de reproduction et une meilleure croissance.
- Si l'épisode chaud a lieu en juillet-août les conséquences pour les adultes sont une facilitation du déclenchement des pontes, et de la fréquence de ces pontes puisqu'un même individu dans des conditions optimales de température peut pondre jusqu'à 4 fois la même année. Pour les larves la survie est meilleure du fait de la disponibilité en nourriture et du raccourcissement de la durée de la vie larvaire.
- Si l'épisode chaud a lieu en septembre-novembre les conséquences sont essentiellement bénéfiques aux larves et au jeune naissain avec un taux de survie à la fixation meilleur et une meilleure croissance assurant un échappement plus rapide à l'action des prédateurs (crustacés en particulier).
- Enfin un hiver doux peut diminuer la mortalité hivernale mais ici d'autres interactions peuvent moduler ces conséquences.

Ponte et recrutement

Une étude comparative de la gamétogénèse a été menée entre deux sites très contrastés : La région des Abers (Aber Benoît) où il n'y a pas de populations sauvages malgré la présence d'ostréiculture et la Rade de Brest (Pointe du Château). Les résultats ont montré des différences dans le déroulement de la gamétogénèse, entre les deux sites, corrélées avec les différences de températures pouvant atteindre 2 à 3°C supplémentaires à la Pointe du Château, pendant la période de gamétogénèse active d'avril à octobre. Chez *C. gigas*, comme chez de nombreux bivalves marins, il est maintenant reconnu que la température de l'eau est le principal facteur environnemental affectant le développement gonadique (Mann 1979; Muranaka and Lannan 1984; Fabioux et al. 2005).

L'indice de condition a révélé qu'il existait des différences inter-sites des profils de développement gonadique mais également interannuelles au sein d'un même site. Il est à noter que l'origine des huîtres n'a pas eu d'influence sur leur gamétogénèse étant donné que les huîtres sauvages de la Pointe du Château ont présenté un cycle reproductif identique à celui des huîtres cultivées sur ce même site, originaires de Marennes-Oléron. Une

augmentation progressive des indices de condition a été observée jusqu'en été dans les trois groupes d'huîtres et pendant les deux années de suivi (2006 et 2007). Si l'indice de condition constitue une estimation globale de l'état physiologique des animaux, il permet également de suivre la gamétogénèse (Lucas et Beninger 1985). Ainsi, les efflorescences phytoplanctoniques printanières engendrent une ingestion de matière énergétique, qui est alors redirigée prioritairement vers le compartiment gonadique où la gamétogénèse s'accélère et les maturations ovocytaires se produisent (Costil et al. 2005). L'augmentation de l'indice de condition pendant cette période a été largement décrite chez *C. gigas* (Ruiz et al. 1992; Lango-Reynoso et al. 1999; Steele and Mulcahy 1999). L'indice de condition arrive à son maximum début août en Bretagne puis il diminue brusquement au moment de la ponte, lors de l'expulsion des gamètes. Dans notre étude, cette évolution de l'indice de condition n'a été observée qu'à la Pointe du Château en 2007. L'analyse histologique des gonades des individus mâles et femelles a révélée qu'il y avait bien eu une ponte massive entre la fin juillet et mi-août 2007. Inversement, à l'Aber Benoît, pendant les deux années de suivi, ainsi qu'à la Pointe du Château en 2006, l'indice de condition n'a diminué que très progressivement tout au long de l'automne ne révélant aucune émission massive estivale de gamètes. Des individus présentant des ovocytes matures (stade 3), ont en effet été observés jusqu'au mois d'octobre. Lorsque les gamètes ne sont pas émis, on assiste à un phénomène de résorption, permettant à l'huître de réutiliser l'énergie présente dans ces gamètes pour réinitier un nouveau cycle sexuel. Les huîtres de l'Aber Benoît qui ne pondent pas ou très peu présentent une proportion de plus de 20 % des individus en stade de résorption gonadique jusqu'au mois de mai 2007. Les huîtres de l'Aber Benoît présentent une gamétogénèse atypique, car ce phénomène de résorption a été observé dans d'autres zones froides où est élevée *C. gigas*, notamment en Irlande (Steele and Mulcahy 1999) mais il ne se prolongeait pas aussi longtemps dans l'année. L'hypothèse émise par Chavez et al. (2000) est que la ressource trophique étant particulièrement abondante dans cette région, la résorption est spécialement lente car l'huître dispose de suffisamment d'énergie dans sa prise alimentaire.

L'abondance de la ressource trophique est également révélée par la comparaison des indices de condition et des indices gonado-somatiques (IGS) en 2007. En effet, l'analyse de l'évolution des indices de condition (IC) indiquait que dès le début du mois de juin et jusqu'au mois de novembre, l'IC des huîtres de l'Aber Benoît était significativement supérieur à celui des huîtres de la Pointe du Château. Cette seule analyse ne permettait pas de se prononcer sur le fait que cette différence soit due à une production gonadique ou à un embonpoint plus important chez les huîtres de l'Aber Benoît. La quantification des œufs (méthode ELISA) a montré que, excepté de mi-août à fin septembre, lorsque les huîtres de la Pointe du Château ont pondu, les IGS des huîtres de la Pointe du Château et de celles de l'Aber Benoît n'étaient pas significativement différents. Ainsi, le développement gonadique, en rapport de biomasse, est identique dans les deux sites et l'abondance trophique remarquable dans le site de l'Aber Benoît explique les indices de conditions élevés dans ce site, tendance particulièrement nette en 2006.

Les suivis de la gamétogénèse par les IC, IGS et analyse histologique ont montré qu'il n'y a eu de ponte massive que pendant l'été 2007 à la Pointe du Château alors que l'analyse des températures estivales de l'eau a pourtant révélé que l'été 2006 a été beaucoup plus chaud que l'été 2007. Si une température seuil minimale comprise entre 18 et 20°C (Mann 1979) est nécessaire à l'émission des gamètes, Mann (1979) a montré qu'une durée d'exposition minimale était aussi déterminante pour obtenir des huîtres matures 'prêtes à pondre'. Il s'agit de la notion de degré-jour (Dj), correspondant à la somme des températures journalières de l'eau, du début de la gamétogénèse, dont la température d'initiation a été estimée à 10.55°C (Mann 1979), à l'émission des gamètes. Or, si les températures estivales ont été supérieures en 2006, en revanche l'hiver et le début du printemps ont été plus froids en 2006 qu'en 2007.

Ainsi la température d'initiation de la gamétogenèse a été atteinte dès la mi-février en 2007 mais uniquement à partir de la mi-avril en 2006. Lors de la ponte des huîtres de la Pointe du Château début août 2007, la valeur de Dj était de l'ordre de 2200 Dj. Cette valeur a été atteinte au même moment sur le site de l'Aber Benoît mais la température de l'eau ne dépassant pas 17.5°C, les gamètes n'ont pas été émis. En 2006, les 2200 Dj n'ont pas été réalisés avant la mi-septembre à la Pointe du Château et début octobre à l'Aber Benoît. La température de l'eau étant encore supérieure à 18.5°C en septembre à la Pointe du Château, l'émission des gamètes a été possible d'où l'observation d'individus en stade 4 lors de l'analyse histologique. Cependant, la libération des gamètes a été partielle car aucun phénomène de ponte massive n'a été observé par le suivi de l'indice de condition. A l'Aber Benoît en revanche, la température de l'eau ne dépassant pas 16°C, des individus matures en stade 3 ont été observés jusqu'au mois d'octobre. Des individus au stade 4 ont cependant été révélés par l'analyse histologique dès la mi-août. Ces pontes très partielles n'apparaissent pas dans le suivi de l'indice de condition. Le test de fécondation réalisé début août 2007 a montré que les croisements effectués avec les gamètes issus de la population de l'Aber Benoît donnaient des taux de fécondation plus faibles que le croisement des mâles et femelles de la Pointe du Château. Ainsi, malgré le fait que les 2200 Dj aient été atteints au même moment dans les deux sites, les gamètes des huîtres de l'Aber Benoît semblaient moins mûres ou de moins bonne qualité que ceux de la Pointe du Château. Par ailleurs, les individus ont été prélevés le 31 juillet 2007 et sont restés 8 jours en eau courante à 17°C au laboratoire. Alors que l'émission massive des gamètes a eu lieu dans la population sauvage, les huîtres au laboratoire n'ont pas pondue. Si le seuil de température n'a pas été atteint, un autre facteur susceptible de déclencher la ponte était absent au laboratoire. Il s'agit des chocs thermiques, bien connus en éclosion pour déclencher les pontes. En effet, début août 2007, les températures de l'air étaient particulièrement élevées et les huîtres ont subi des écarts thermiques de plus de 6°C lorsque la mer les recouvrait en fin d'après-midi. Ces chocs thermiques qui n'ont pas été observés pendant l'été 2006 pourraient avoir été un des facteurs déclenchant la ponte.

Dans un contexte de réchauffement climatique, Diederich et al. (2005) ont montré que l'augmentation des températures estivales depuis le début des années 90 avait accéléré la prolifération des populations sauvages de *C. gigas* en Mer de Wadden. Nos travaux ont montrés que si la température seuil minimale est nécessaire au déclenchement de l'émission des gamètes, les températures hivernales et du début de printemps conditionnent l'initiation de la gamétogenèse et la cinétique du développement gonadique. En Mer d'Iroise, depuis l'introduction de *C. gigas* au début des années 70, l'augmentation nette des températures de surface ne s'est également produite que depuis le début des années 90. Cette augmentation concerne toutes les saisons de l'année avec une tendance plus marquée pour la saison hivernale (+ 1°C). Ainsi, le réchauffement des eaux de l'Iroise a permis de dépasser la température seuil minimale de 18-20°C nécessaire à la ponte mais également d'initier plus précocement la gamétogenèse et d'accélérer le développement gamétique. Si ces deux conditions (hiver doux et été chaud) ne sont pas encore réunies chaque année en Rade de Brest et plus largement en Bretagne, le réchauffement des eaux côtières, depuis le début des années 90, a accéléré le phénomène de prolifération de *C. gigas* sur les côtes bretonnes et seule la région des Abers dans le Finistère Nord où les températures estivales de l'eau dépassent rarement les 17.5°C est encore indemne de cette invasion.

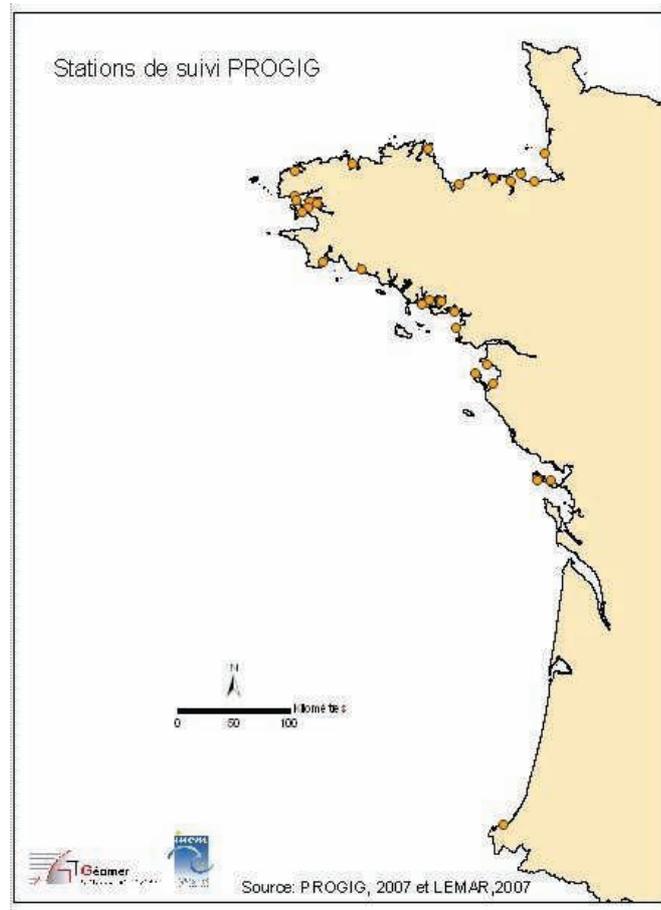
Dynamique de la colonisation : réseau de stations d'observation

Morgane Lejart, Marine Holbach, Christian Hily, Patrick Le Mao, Nicolas Desroy, Edouard Bédier, Aimé Langlade, Jean-Louis Martin, Pierre-Guy Sauriau

Il n'existait de réseau organisé au niveau des organismes publics ni au niveau des professionnels de la conchyliculture permettant de connaître précisément la réussite du recrutement de juvéniles ni son devenir dans le milieu naturel. Nous avons souhaité mettre en place un outil permettant de mesurer à grande échelle spatiale les différences locales et régionales de réussite de recrutement du naissain, de croissance des huîtres et de compétition spatiale avec les espèces autochtones. Concrètement il s'agissait de mettre en place un ensemble de stations d'observation avec un protocole standardisé comportant : le suivi des populations et du recrutement : carrés permanents (comptages, suivi photo, espèces compétitrices), échantillonnage au hasard (radiales), collecteurs naturels (substrat mis à nu par grattage). Ces stations ont été suivies en début de programme deux fois par an en fin de printemps et en fin d'automne pour étudier la dynamique de la population, puis à partir de 2008 une fois par an.

1 Granville	311707,42	2433406,03
2 Baie du Mont Saint-Michel	303105,21	2408790,81
3 Cancale	291030,02	2415939,16
4 Rance maritime	281458,62	2408104,46
5 Saint Jacut	265930,71	2410789,67
6 La Cotentin (Saint Brieuc)	235237,31	2406266,92
7 Arcouest	207471,74	2438211,77
8 Roc'h Glaz (Morlaix)	140674,46	2424359,66
9 Aber Benoît	89647,28	2418422,98
10 Dellec (Rade de Brest)	88940,53	2394958,96
11 Squiffiec (Rade de Brest)	101944,69	2390718,47
12 Moulin Mer (Rade de Brest)	108729,47	2388739,58
13 Le Poulmic (Rade de Brest)	101237,94	2385347,19
14 Roscanvel (Rade de Brest)	90212,67	2391283,87
15 Plage de l'Aber (Baie de Douarnenez)	96149,36	2381106,70
16 L'Ile Tudy	113818,05	2336298,89
17 Aven Belon	148307,34	2329938,16
18 Locmariaquer	202585,57	2297427,77
19 Larmor Baden	208674,72	2301748,27
20 Montsarrac (Séné)	219143,76	2300506,94
21 Damgan	231137,58	2290867,04
22 Piriac	232725,00	2276381,79
23 Sainte Marie (Baie de Bourgneuf)	260962,93	2243997,64
24 Bouin 2	266027,76	2226862,40
25 Ré 1	304685,13	2140159,44
26 Ré est	316686,22	2139381,48
27 Noirmoutier	250252,81	2235571,75
28 Saint Jean de Luz	275606,26	1829587,28

Tableau ci-dessus : localisation en X et Y des sites de suivi de la dynamique de la colonisation des huîtres, Réseau PROGIG.



Un réseau de 28 sites a été mis en place et le suivi a été réalisé par les différents partenaires du programme et centralisé à Brest au Lemar. Une base de données et d'image a été créée pour ce suivi, elle intègre également une analyse de la croissance individuelle des huîtres identifiées dans les 3 quadrats permanents de chaque site qui sont conservés dans l'état naturel (non mis à nu).



Mise en place de quadrats de substrat nu pour le suivi du recrutement du naissaim de C. gigas et de la compétition interspécifique (ici Station de Ste Marie de Pornic (Baie de Bourgneuf))

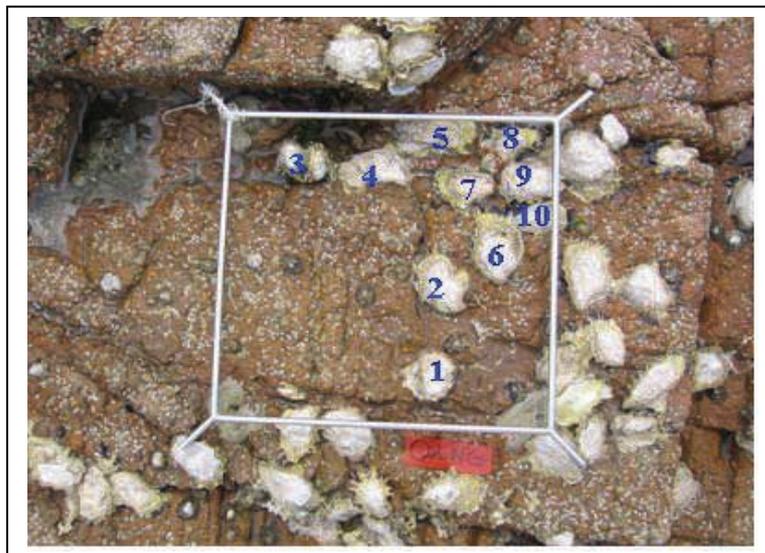
Une analyse des résultats a été réalisée sur 8 de ces sites répartis du Nord au Sud des côtes bretonnes. Les sites de l'Arcouest et du Dellec présentent un indice de colonisation de *C. gigas* de 3 (10-100 huîtres.m⁻²) tandis que tous les autres sites présentent un indice 4 (100-1 000 huîtres.m⁻²). L'habitat colonisé par *C. gigas* dans l'ensemble des sites correspond à de la roche couverte de balanes en situation semi-exposée (code A1.212 classification EUNIS, Davies et al. 2004) à l'exception du site de Jospinet (La Cotentin) où la roche est couverte par une moulière (code A1.221 classification EUNIS, (Davies et al. 2004)).

Le suivi de ces sites a débuté en juillet 2005 à raison de deux relevés par an, au début de l'hiver et au début de l'été. Sur chaque site, six quadrats permanents de 0,1m² ont été installés sur la zone de densité d'huîtres maximale. Trois quadrats sont laissés en l'état (QNG) et le substrat des trois autres est débarrassé de tous les épibiontes par grattage (QG) chaque année au début de l'été. Les quadrats dits 'grattés' servaient à comparer le recrutement de *C. gigas* entre un substrat colonisé par une communauté intertidale et un substrat nu.

Dans les quadrats intacts (NG), toutes les huîtres ont été identifiées et mesurées à chaque retour sur le site selon leurs plus grandes longueur et largeur. Nous avons fait le choix, de par leurs formes très irrégulières, d'obtenir la surface approximative des huîtres en multipliant les valeurs de leur longueur et de leur largeur. La surface de tous les individus du quadrat est ensuite additionnée pour suivre l'évolution de la surface totale recouverte par les huîtres dans chaque quadrat. Chaque naissain qui s'est fixé dans les quadrats, au cours du suivi, a été identifié l'hiver suivant son recrutement, et mesuré pour être intégré dans la surface totale des huîtres du quadrat. Le suivi de la faune associée a été réalisé.

Le pourcentage de recouvrement des huîtres sur le substrat augmente sur l'ensemble des quadrats des 8 sites (Figure). On peut toutefois remarquer deux 'accidents' : une diminution du recouvrement sur le quadrat 3 du site de la Cotentin entre juillet 2007 et janvier 2008, et une augmentation brutale sur le quadrat 1 à Moulin Mer entre juin 2006 et décembre 2006. La diminution s'explique par le fait qu'une partie des huîtres présentes sur le quadrat a été pêchée, le site de la Cotentin étant particulièrement fréquenté par les pêcheurs à pied. L'augmentation sur le site de Moulin Mer est due au recrutement de 12 naissains sur le quadrat au cours de l'été 2006. Pour remarque, le recrutement a été très faible sur l'ensemble de nos sites, puisqu'en trois ans, en plus du recrutement sur le site de Moulin Mer, seuls trois naissains (deux sur le site de Poulmic et un à l'Arcouest) ont été recensés. L'augmentation progressive des surfaces de recouvrement des huîtres dans les quadrats est donc uniquement liée à la croissance des huîtres et à l'étalement de leur coquille sur le substrat.

Exemple de l'identification des huîtres sur un quadrat permanent (QING à l'Arcouest)



PROGIG

Au total, quatorze espèces, dont une majorité de gastéropodes, ont été répertoriées sur l'ensemble des sites (Tableau). Les tests non paramétriques de Kruskal-Wallis ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) de l'abondance et de la richesse spécifique entre les relevés effectués en hiver et en été pour l'ensemble des sites à l'exception de Locmariaquer où l'abondance était significativement plus forte en hiver qu'en été (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Pour ce site, l'analyse de la régression entre l'abondance de la macrofaune associée et la surface de recouvrement des huîtres n'a donc été effectuée qu'avec les données hivernales.

Les augmentations des taux de recouvrement par les huîtres restent modérées sur la majorité des sites suivis. Cette augmentation correspond en réalité à la résultante combinée de la croissance des individus et des pertes de surfaces, liées à la mortalité naturelle et au prélèvement de quelques individus par les pêcheurs.

Synthèse de la biodiversité observée dans les quadrats des 8 sites étudiés. La présence d'une espèce est signalée par le symbole X.

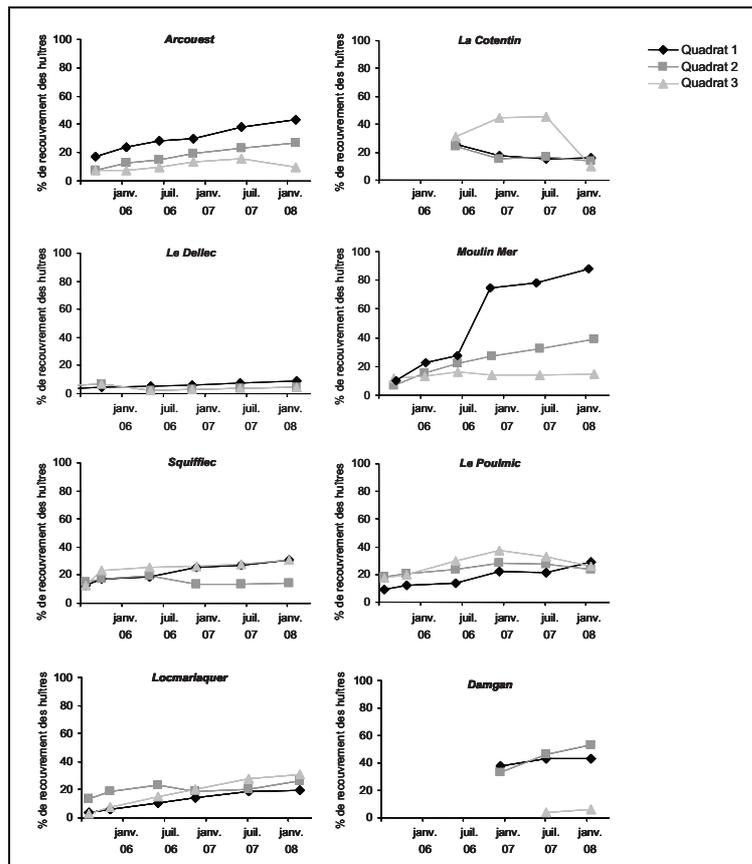
Taxons	Espèces	Arcouest	La Cotentin	Dellec	Moulin Mer	Squiffiec	Poulmic	Locmariaquer	Damgan
Gastéropodes	<i>Patella vulgata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Nucella lapillus</i>		X			X		X	X
	<i>Gibulla cineraria</i>		X			X	X	X	
	<i>Gibulla umbilicalis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Monodonta lineata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Littorina littorea</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Littorina obtusata</i>			X					
	<i>Littorina saxatilis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Onchidella celtica</i>			X		X			
Bivalves	<i>Mytilus edulis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Venerupis decussata</i>								X
Cirripèdes	Balanes sp	X	X	X	X	X	X	X	X
Malacostracés	<i>Caercinus moenas</i>				X				
Anthozoaires	<i>Actinia equina</i>		X						

La colonisation du substrat rocheux par *C. gigas* n'a d'impact sur l'abondance de la macrofaune associée qu'une fois le substrat entièrement recouvert, ou presque (85 % à Moulin Mer), par les huîtres. *C. gigas* en se fixant sur la roche augmente l'hétérogénéité du substrat, or plusieurs études ont montré l'influence de l'hétérogénéité du substrat sur l'abondance des communautés intertidales (Bourget et al. 1994; Archambault et Bourget 1996; Pech et al. 2002). La relation négative entre la surface recouverte par les huîtres et l'abondance de la macrofaune sur le site de moulière de la Cotentin confirme ce résultat. L'abondance de la macrofaune est en effet conditionnée par l'hétérogénéité créée par les moules. Dans ce site, la contribution des huîtres à l'hétérogénéité du substrat est donc limitée et leur disparition, du fait de la pêche, n'a pas d'influence sur l'abondance. Le seuil de l'impact de la surface de recouvrement de 100 % sur l'abondance pourrait être du à la formation de crevasses entre les huîtres qui n'apparaissent qu'une fois les huîtres jointives. En plus d'augmenter l'hétérogénéité, *C. gigas* augmente la surface développée totale du substrat disponible pour la fixation des espèces sessiles, ici les balanes, et par conséquent leur abondance.

La colonisation du substrat rocheux par *C. gigas* a peu d'impact sur la richesse spécifique de la macrofaune intertidale. Une dizaine d'espèces est présente sur chaque site, et si lors de l'étude ponctuelle réalisée en Rade de Brest, il y avait une différence entre le substrat non colonisé et le substrat recouvert à 100 % par *C. gigas*, l'augmentation de la surface de recouvrement sur un même quadrat, au fil des années, n'influe pas sur la richesse spécifique. A l'échelle d'un site, les zones fortement colonisées par les huîtres pourraient concentrer la

PROGIG

biodiversité aux dépens des zones non colonisées, mais à l'échelle d'un quadrat la colonisation progressive du substrat n'augmente pas la diversité de la macrofaune. *C. gigas* augmente l'hétérogénéité et la surface du substrat mais, tant qu'aucune structure en trois dimensions n'est formée, elle ne crée pas de nouveaux microhabitats, responsables de la présence de nouvelles espèces. On peut toutefois noter que dès l'apparition de *C. gigas* dans les quadrats du site de Squiffiec, *Mytilus edulis* et *Carcinus maenas* qui consomment cette espèce, entre autres, sont présents.



Evolution du taux de recouvrement des huîtres dans 8 des sites étudiés

Interactions avec l'écosystème

Ce thème traite de la place occupée par l'espèce *C. gigas* dans le milieu naturel, des interactions biotiques avec les espèces autochtones et de son rôle sur le fonctionnement de l'écosystème. De nombreuses questions se posaient en effet sur les modifications que peut induire une espèce exogène à comportement invasif sur les peuplements de faune et flore indigènes et plus largement sur le fonctionnement de l'écosystème dans lequel elle s'installe. Ces aspects sont abordés sous forme de deux opérations de recherche complémentaires : d'une part les changements induits sur la structure, le fonctionnement et l'évolution des biocénoses intertidales dans lesquels s'installe *C. gigas* et d'autre part la mesure des activités biologiques – filtration - respiration – biodéposition – biocalcification dans le site atelier de la rade de Brest.

Impacts sur les habitats et la biodiversité spécifique et fonctionnelle des écosystèmes autochtones

Il s'agissait d'observer et de comprendre les interactions entre l'espèce invasive et son milieu en terme de compétition spatiale et trophique et des processus mis en œuvre (inhibition, facilitation, ...). Quelles sont les conséquences au niveau de la biodiversité et de la structure des communautés concernées dans les différents habitats colonisés ?

Cette partie du programme a été abordée à quatre niveaux (1) Inventaire des habitats concernés par *C. gigas* sur le littoral, (2) Analyse de l'évolution de la biodiversité sur un gradient croissant de densité d'huîtres sur sédiment meuble (vasière) et en substrat rocheux (3) Rôle du substrat et compétition spatiale et (4) Caractérisation de la variabilité du régime alimentaire (méthode des isotopes stables de C et N) dans le contexte fonctionnel de la compétition trophique interspécifique.

Les habitats côtiers concernés par l'installation de *C. gigas*

Christian Hily et Morgane Lejart

Les prospections de terrain ont permis de mesurer l'amplitude de la niche écologique (au sens de Hutchinson) de *C. gigas* dans quatre dimensions : substrat, salinité, hydrodynamisme et exondaison.

Les résultats montrent que l'espèce présente des capacités d'installation extrêmement élevées :

- En terme de niveau sur l'estran elle se situe depuis la zone à *Pelvetia* jusqu'au bas de l'estran les derniers individus sont rencontrés dans la frange émergée aux grandes marées de l'infralittoral. L'optimum est situé entre la ceinture à *Fucus vesiculosus* et le niveau médian de la ceinture à *Fucus serratus*.
- En terme d'hydrodynamisme l'espèce couvre l'ensemble du gradient avec les individus observés dans les zones très exposées à *Pollicipes cornupie* (Pouce-pied) à Belle-Ile, les moulières du Minou, Pointe St Mathieu, ... jusqu'aux milieux très abrités dans les estuaires et lagunaires. Les milieux semi exposés et abrités sont les zones où la prolifération est maximale.
- En terme de salinité les milieux dans lesquels l'huître a été observée couvrent le gradient le plus large depuis les milieux océaniques ouverts au milieu d'estuaire où la salinité est inférieure à 10. De plus les huîtres s'implantent également dans les étiers et anciens marais salants qui atteignent de très fortes salinités en période estivale et de fortes dessalures en hiver (Presqu'île Guérandaise).
- En terme de substrat l'huître s'est implantée sur tous les substrats durs qu'ils soient rocheux, biogènes ou artificiels. Il suffit d'une très faible surface de substrat dur pour qu'une larve se fixe et une simple coquille de palourde déposée à la surface d'une vasière est un support suffisant, pouvant initier un processus de recrutement conduisant à un récif d'huître en quelques années. Des huîtres de quelques centimètres ont été observées sur des frondes de fucales mettant en évidence ce fort potentiel d'installation et de survie dans des conditions a priori défavorables pour l'espèce.

La large tolérance dans ces quatre dimensions de l'environnement confère à l'espèce un potentiel de colonisation inégalé par rapport à toutes les autres espèces présentes dans le domaine intertidal. La présence de bancs de *C. gigas* en domaine subtidal est signalée mais n'a pour le moment pas été contrôlée, elle se cantonnerait au milieu estuarien. Par contre des individus isolés fixés sur des supports coquilliers ont été collectés. Une expérimentation en rade de Brest a montré qu'aucun individu ne s'était fixé sur des collecteurs naturels et artificiels dans un site ostréicole dont la zone intertidale était envahie par les huîtres et dans laquelle sur cette même période d'expérimentation de nombreuses recrues s'étaient installées.

Interactions Huitres-algues fucales

Christian Hily, Christian Beuvar, Morgane Lejart

Un point important dans le domaine des interactions avec les espèces locales est la compétition spatiale avec les fucales (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus serratus*, *F. vesiculosus*, *F. spiralis*). Le recul actuel de ces fucales sur de nombreux secteurs des côtes atlantiques est aujourd'hui avéré par des comparaisons de photographies aériennes. De nombreux usagers de l'estran ont rapidement fait la relation de cause à effet entre le recul des fucales et l'invasion des huîtres. Une étude expérimentale de terrain croisée avec une approche comparative *in situ* a été initiée pour tester cette hypothèse.

Les résultats ont montré que les fucales réduisent significativement la colonisation du substrat par *C. gigas*. L'impact de *C. gigas* sur les fucales est quant à lui dépendant du site et de l'espèce. Le recrutement de *F. vesiculosus* est similaire voire supérieur sur les huîtres alors que celui d'*A. nodosum* est plus faible sur les huîtres par rapport à la roche adjacente. La

densité des pieds adultes n'est corrélée significativement à la densité des huîtres que dans un site sur trois (Pointe du Château, Rade de Brest). Dans le site de Rosnoën (Rade de Brest), bien que le succès de recrutement d'*A. nodosum* soit plus faible sur les huîtres, la densité moyenne actuelle de *C. gigas*, qui est d'environ 100 individus.m⁻² sous les algues, n'a pas d'influence sur la densité de l'algue.

A plus long terme, *C. gigas* pourrait avoir un impact différentiel sur les populations de fucales. La durée de vie de *F. vesiculosus* est de trois à cinq ans environ alors que celle d'*A. nodosum* est estimée entre onze et vingt ans environ (MarLIN). Le suivi réalisé depuis 2005 sur les sites bretons révèle que les huîtres sauvages fixées sur de la roche, où la densité de balanes n'est pas trop importante, y restent au moins trois ans. Les pieds de *F. vesiculosus* fixés sur les huîtres peuvent donc y effectuer leur cycle entier. En ce qui concerne *A. nodosum*, les huîtres pourraient se détacher du substrat et être emportées vers des zones moins favorables à la survie des algues en diminuant la densité de la population d'origine, alors que le recrutement de cette espèce est plus faible que celui des *Fucus sp.* *C. gigas* représente un substrat plus instable que la roche sous-jacente, à la manière d'un tapis roulant, dont le renouvellement, d'autant plus fréquent que la densité des balanes sur la roche est forte, impacte plus ou moins les populations de fucales en fonction de leur taux de recrutement et de la durée de leur cycle de vie.

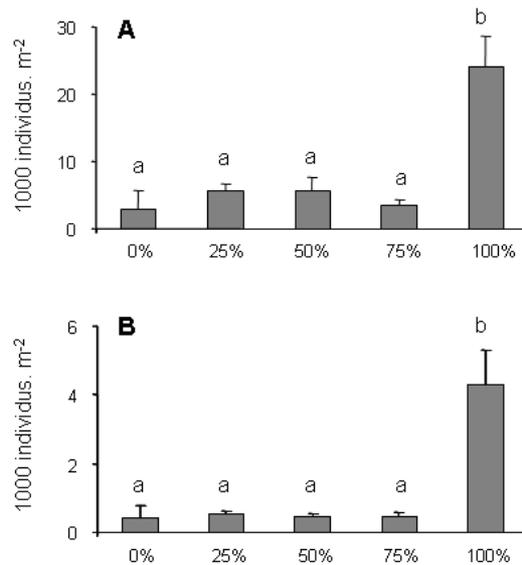
Ces résultats montrent que l'impact de *C. gigas* sur les populations de *F. vesiculosus* est assez limité mais pourrait être plus prononcé sur celles d'*A. nodosum*. Les travaux réalisés dans le cadre du réseau REBENT portent sur l'ensemble des fucales de l'estran, c'est-à-dire, *F. vesiculosus* et *A. nodosum* mais également *Fucus spiralis* et *Fucus serratus* dont les niveaux de répartition sont situés, respectivement, au-dessus et en bas de la bande de densité maximale d'huîtres, donc pour lesquelles l'impact de *C. gigas* est limité. De plus, sur le linéaire côtier s'étendant de Perros-Guirec au Sud de Paimpol, l'analyse du différentiel d'évolution de la couverture en fucales montre une nette tendance à la régression (23 %) entre 1989 et 1998 (Perrot et al. 2006), alors que la densité des huîtres y est assez faible aujourd'hui et *a fortiori* encore plus faible à cette époque. Ces résultats confortent l'hypothèse que la prolifération de *C. gigas* et la régression des fucales seraient des phénomènes qui se produisent en parallèle plutôt qu'en relation de cause à effet. Le réchauffement net des eaux de surface responsable de la prolifération de *C. gigas* depuis le milieu des années 90 en Bretagne, pourrait être la cause de la régression des fucales. Cette hypothèse est appuyée par l'accélération de la régression des fucales sur la zone de Perros-Guirec au Sud de Paimpol depuis 1998, et la régression la plus faible observée en Bretagne (6 %) entre 1987 et 2003 se situe dans la région des Abers, où la température de l'eau trop froide empêche la reproduction de *C. gigas* (Perrot et al. 2006). Nous avons cependant montré que le recul des fucales a un impact sur la prolifération de *C. gigas* en facilitant le recrutement des naissains sur un substrat devenu plus accessible.

Interactions huîtres – peuplement autochtone en milieu rocheux

Morgane Lejart, christian Hily

Une étude a été menée par un échantillonnage au hasard de la biodiversité de la faune et de la flore autochtones dans des quadrats de 0,1 m² dans des strates aux taux de recouvrement croissants d'huîtres (0, 25, 50, 75, 100, > 100 % (i.e. récif en surépaisseur). L'approche s'est faite en deux étapes (1) colonisation de la roche de 0 à 100 % et (2) récifs d'huîtres.

L'étude, menée en Rade de Brest, montre qu'entre des taux de 0 et 75 % de recouvrement du substrat rocheux par les huîtres, aucune différence significative (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) de l'abondance totale de la macrofaune associée aux huîtres n'est observée. Une fois que les huîtres atteignent un pourcentage de recouvrement du substrat de 100 %, l'abondance augmente significativement d'un facteur 5 (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). On notera que si l'analyse est réalisée en retirant du jeu de données les balanes, qui représentent environ 80 % de l'abondance totale (Tableau III.1), les résultats des tests statistiques sont inchangés.

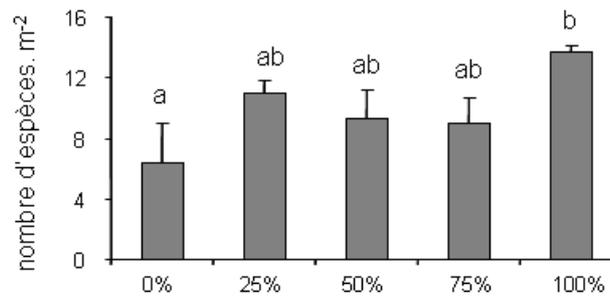


Abondance de la macrofaune associée aux huîtres en fonction du pourcentage de recouvrement des huîtres. (A) Abondance totale et (B) Abondance sans les balanes. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les valeurs (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Les barres d'erreur représentent l'écart-type.

Tableau : Détail de l'abondance et de la richesse spécifiques moyennes de la macrofaune associées aux huîtres en fonction du pourcentage de recouvrement des huîtres. L'écart-type est indiqué entre parenthèses.

Taxons	Espèces	0	25%	50%	75%	100%
Gastéropodes	<i>Cingula trifasciata</i>	6,7 (9,4)	16,7 (17)	-	-	600 (297,1)
	<i>Gibbula cineraria</i>	-	6,7 (9,4)	26,7 (18,9)	-	166,7 (138,9)
	<i>Gibbula umbilicalis</i>	73,3 (89,6)	123,3 (65,5)	26,7 (37,7)	40 (16,3)	690 (144,4)
	<i>Littorina nigrolineata</i>	40 (43,2)	86,7 (49,2)	-	-	410 (302,3)
	<i>Littorina littorea</i>	16,7 (23,6)	-	133,3 (34)	120 (16,3)	-
	<i>Littorina obtusata</i>	-	-	6,7 (9,4)	-	-
	<i>Littorina saxatilis</i>	-	-	80 (28,3)	73,3 (57,3)	-
	<i>Monodonta lineata</i>	-	6,7 (9,4)	6,7 (9,4)	-	16,7 (4,7)
	<i>Nucella lapillus</i>	26,7 (4,7)	10 (14,1)	-	-	96,7 (33)
	<i>Patella vulgata</i>	146,7 (55,6)	83,3 (20,5)	113,3 (18,9)	113,3 (34)	153,3 (24,9)
Bivalves	<i>lasaea rubra</i>	33,3 (47,1)	43,3 (20,5)	20 (28,3)	13,3 (18,9)	1066,7 (237,9)
	<i>Modiolus barbatus</i>	66,7 (94,3)	126,7 (28,7)	20 (16,3)	33,3 (9,4)	650 (330,8)
	<i>Mytilus edulis</i>	-	13,3 (9,4)	20 (0)	40 (16,3)	233,3 (160,28)
Polyplacophores	<i>Acanthochitona crinita</i>	3,3 (4,7)	13,3 (12,5)	6,7 (9,4)	6,7 (9,4)	110 (64,8)
Cirripèdes	<i>Balanus perforatus</i>	-	3,3 (4,7)	-	-	-
	<i>Elminus modestus</i>	2476,8 (2513,1)	5107 (980,5)	5307,3 (1920,8)	3011,4 (717,1)	19925,1 (3415,7)
Malacostracés	<i>Carcinus maenas</i>	-	10 (8,2)	6,7 (9,4)	13,3 (9,4)	76,7 (59,1)
	Richesse spécifique	6,3 (2,6)	11 (0,8)	9,3 (1,9)	9 (1,6)	13,7 (0,5)

Au total, dix-sept espèces, dont une majorité de gastéropodes, ont été répertoriées dans l'ensemble des quadrats. De 0 à 75 % de recouvrement du substrat rocheux par les huîtres, aucune différence significative (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) de la richesse spécifique de la macrofaune associée aux huîtres n'est observée (Figure III.5). Une fois que les huîtres atteignent un pourcentage de recouvrement du substrat de 100 %, la richesse spécifique est significativement supérieure (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) à celle observée sur les quadrats non colonisés par *C. gigas* mais il n'y a pas de différence avec les taux de 25 à 75 % (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$).



Richesse spécifique de la macrofaune associée aux huîtres en fonction du pourcentage de recouvrement des huîtres. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les valeurs (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Les barres d'erreur représentent l'écart-type.

Structure et biodiversité des récifs d'huître sur la roche intertidale

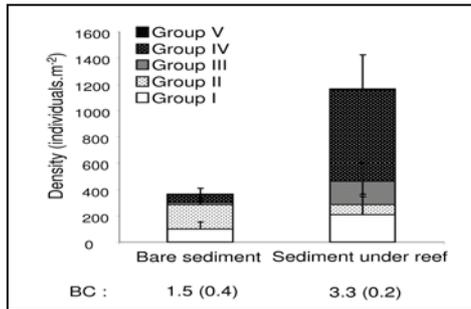
Morgane Lejart et Christian Hily

Au-delà de 100 % de recouvrement les huîtres constituent un récif, donnant une structure physique à trois dimensions. L'étude a été menée au niveau de la ceinture à *Fucus vesiculosus* et du haut de la ceinture à *Fucus serratus*. Les effets visibles sont une augmentation des abondances, biomasses et nombres d'espèces. En particulier les résultats montrent que le récif induit sur la biodiversité un effet lié à l'augmentation de la complexité et de l'hétérogénéité de l'habitat et la création de microhabitats. L'abondance de la macrofaune totale est trois fois supérieure à l'abondance sur la roche sans huître. Le nombre total d'espèces passé de 10 (moyenne = 5.4, SD = 1.7) sur la roche à 55 (moyenne = 33, SD = 2.3) sur le récif d'huîtres. Le nombre de groupe taxonomique est également plus élevé dans les récifs et les taux des groupes dominants sont différents et mieux équilibrés : mollusques (50 %), crustacés (20 %), et annélides (30 %) sur la roche et 31 % chez ces trois groupes sur les récifs.

Structure et biodiversité d'un récif d'huître sur les vasières intertidales

Morgane Lejart, Christian Hily et Julie Gard-Baholet

Le sédiment recouvert par les huîtres voit l'abondance de sa macrofaune multipliée par 3. Lorsque les espèces associées au récif d'huîtres sont ajoutées, l'abondance est multipliée par un facteur 30. En terme de richesse spécifique le nombre total d'espèces est multiplié par 2 entre le sédiment nu et le sédiment couvert par les huîtres, et par 6 lorsque l'on intègre les espèces associées aux huîtres.



Abondance des espèces de la macrofaune benthique des sédiments avec et sans récif, réparties dans les groupes de sensibilité à l'enrichissement organique et mettant en évidence l'augmentation des espèces opportunistes sans réduction des espèces sensibles conduisant à une augmentation du Biotic Index de Borja.

Les biomasses augmentent considérablement avec l'installation des récifs d'huîtres.

Le modèle huître comme espèce invasive est donc particulièrement intéressant car c'est une des seules espèces qui ne fait pas baisser la biodiversité mais au contraire la stimule. Il faut cependant prendre ces résultats à la bonne échelle spatiale. Il s'agit ici de la biodiversité alpha c'est-à-dire locale. Les conséquences en terme de biodiversité gamma, régionale peuvent être différentes car il y a un risque d'homogénéisation et de banalisation à grande échelle si l'« habitat » « récif d'huîtres » se surimpose à un ensemble d'habitats différents.

La comparaison des récifs d'huîtres sur roche et sur vase met en évidence que deux peuplements différents se constituent. Dans un même secteur comme la rade de Brest seules 19 % des espèces sont communes (11 communes sur 63 espèces au total associées aux huîtres sur vase et sur 55 dans le peuplement de récif d'huître sur roche).

38 % des espèces inventoriées sur les récifs développés sur les vasières sont des espèces de substrat dur. Dans les zones de roche intertidale 10 sont des espèces de substrat meuble. Elles sont associées aux dépôts de sédiments piégés dans les interstices et valves d'huîtres mortes du récif.

Rôle des caractéristiques physiques et biologiques du substrat sur la fixation du naissain : Approche expérimentale *in situ*.

Morgane Lejart et Christian Hily

Les substrats et leurs peuplements associés peuvent modifier la dynamique de l'invasion en modulant en particulier les possibilités de fixation et de développement du naissain et de la survie, au moment de la fixation et dans les premiers mois de vie benthique. Pour tester ces hypothèses du rôle des différents substrats sur la fixation du naissain, une série d'expérimentations *in situ* a été mise en place entre 2006 et 2007. L'expérimentation a porté sur 7 types de substrats à trois niveaux d'émergence. A chacun de ces niveaux a également été testé le rôle de la prédation (i.e. collecteurs protégés ou non).

Compétition trophique avec les espèces autochtones : huîtres/balanes

Pierre-Guy Sauriau, François Cramet, Morgane Lejart, Christian Hily

L'hypothèse testée est "la compétition trophique entre les suspensivores est-elle constante quel que soit l'environnement trophique?". Il est en effet vraisemblable que du fait du mode d'alimentation strictement suspensivore de ces espèces (huîtres et cirripèdes fixés sur leur coquille), elles aient à disposition le même cortège de ressources trophiques et incorporent de façon similaire ces mêmes ressources. L'influence des variations spatiales est appréhendée en

PROGIG

comparant 2 stations de même salinité au sein de chacun des sites retenus mais divergeant par leur environnement trophique, avec une station abritée et une forte turbidité liée aux remises en suspension des substrats meubles vaseux et une station à faible turbidité. L'influence des variations saisonnières sera appréhendée par un suivi à minima sur 2 saisons successives les plus contrastées possibles, fin d'été et fin d'hiver permettant d'intégrer sur plusieurs mois un environnement trophique contrasté. Cette comparaison s'effectue sur la Rade de Brest - baie de Marennes-Oléron. Les échantillons ont été prélevés en hiver 2006 et printemps 2007 et sont en cours d'analyse. Les analyses isotopiques des huîtres et des balanes réalisées dans le bassin Marennes – Oléron, montrent que le régime alimentaire des huîtres est composé en majeure partie de phytoplancton estuarien et d'apports continentaux en zone fluviale, de phytoplancton océanique et estuarien au niveau de l'estuaire externe et de phytoplancton océanique en zone océanique. Celui des balanes est composé principalement des apports continentaux en zone fluviale, de phytoplancton estuarien au niveau de l'estuaire externe et en zone océanique. Cette caractérisation du régime alimentaire a permis de déterminer d'une part la capacité de l'huître à se nourrir à partir d'une ou plusieurs sources de nourriture alors que les balanes semblent n'utiliser qu'une seule source de nourriture, parmi celles disponibles, et d'autre part une compétition entre les huîtres et les balanes sur les apports continentaux en zone fluviale et sur le phytoplancton estuarien au niveau de l'estuaire externe. L'étude du suivi dans le temps a permis de dégager, d'une part, une tendance des huîtres et des balanes à capter une nourriture plus enrichie en ^{13}C et appauvrie en ^{15}N en été qu'au printemps, et d'autre part une tendance à capter une nourriture plus appauvrie en ^{13}C et plus enrichie en ^{15}N en automne qu'en été.

Rôle des activités biologiques des huîtres sur le fonctionnement de l'écosystème

Biodéposition

Marie Lhuillery, Olivier Ragueneau, Christian Hily

L'objectif est ici de tester si l'huître peut avoir un impact semblable à celui démontré pour la crépidule (Ragueneau et al, 2004) dans le fonctionnement des écosystèmes *via* leur activité de filtration et de biodéposition. En effet, la crépidule, par son activité de filtration et de biodéposition, retient une part importante de la production siliceuse dans l'écosystème Rade de Brest, empêchant notamment son export hors de l'écosystème (Ragueneau et al, sous presse). Par le mécanisme de recyclage, intense en période estivale, la silice biogénique piégée à l'interface eau-sédiment se dissout et les silicates sont remis à disposition des diatomées, permettant d'assurer leur maintien tout au long de la période productive. C'est la prolifération de la crépidule qui pourrait avoir permis à la Rade de ne pas basculer vers des floraisons de dinoflagellés, souvent toxiques, comme cela a pu être observé dans d'autres écosystèmes où l'excès d'apports azotés en provenance des bassins versants a entraîné une limitation des floraisons de diatomées par la disponibilité en silicates et où l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des floraisons toxiques a pu être reliée à une décroissance des rapports Si : N.

Les premiers travaux menés dans le cadre de Progig cherchaient à répondre à trois questions : (1) Observe-t-on en Rade de Brest une variation spatiale des teneurs en silice indiquant une rétention de celle-ci par les huîtres, à petite (banc d'huîtres) ou grande échelle (rade) ? Pour répondre à cette première question la silice biogénique a été mesurée dans les sédiments à proximité des bancs d'huîtres. (2) En choisissant des stations de prélèvement entre l'estuaire de l'Aulne et le goulet de Brest on a cherché à tester si les valeurs de silice biogénique mesurées dans les sédiments variaient selon le continuum terre-mer comme l'avaient montré des analyses préliminaires ? (3) Les variations spatiales de silice dans les sédiments sont-elles le fait des processus de dissolution ou d'une variabilité dans l'alimentation ? Pour cela on a déterminé le rapport Si : C dans les sédiments et on l'a comparé avec celui des fèces d'huîtres prélevées sur les mêmes sites, au même moment.

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de teneur en silice significativement plus importante à proximité des bancs d'huîtres que sur les sédiments éloignés.

Il y a cependant un gradient décroissant de l'estuaire vers les sites les plus proches de l'océan en terme de teneur en silice. Ceci est lié à la plus forte proportion de diatomées benthiques, plus riches en silice dans les petits fonds et à proximité des eaux douces, à la plus forte densité des huîtres et à l'hydrodynamisme plus faible qui limite la dispersion des fèces.

L'existence d'un gradient terre-mer Si : C reste à démontrer par les expérimentations programmées dans la deuxième partie du programme.

L'estimation du stock d'huître en rade de Brest de 16 000 tonnes permet de calculer une valeur théorique de quantité de silice biogénique provenant des fèces qui serait redissoute en DSi dans la rade de Brest. En connaissant la quantité moyenne de silice dans les fèces sur l'année (1, 57 à 4,7 %) et en retenant une vitesse de dissolution équivalente à celle de la crépidule, 48,6 an⁻¹ (Moriceau, 2002), l'estimation du flux de silice provenant des fèces d'huîtres dans la rade de Brest (180 km²) serait comprise entre 0.03 et 0.08 mol Si.m⁻². Ceci est environ 10 % des valeurs estimées pour la crépidule (Ragueneau et al, 2004). Ceci est loin d'être négligeable étant donné le poids de la crépidule en rade et la jeunesse du stock d'huîtres qui est en phase d'augmentation rapide. Le flux de silice provenant des fèces d'huîtres alimenterait 5 % de la production annuelle des diatomées en rade. Ces résultats mettent en évidence que le rôle de l'activité de filtration-biodéposition des huîtres sauvages est capable de jouer un rôle non négligeable à l'échelle d'un écosystème comme la Rade de Brest. La dispersion des fèces par l'hydrodynamisme et le lavage des sédiments intertidaux rend plus difficile la mesure des

mécanismes et la localisation des secteurs de décantation. La compréhension de ce processus à grande échelle spatiale (une baie, un bassin) demanderait une étape ultérieure au programme en couplant les mesures de biodéposition avec un modèle d'hydrodynamique sédimentaire.

Métabolisme et calcification

Morgane Lejart, Jacques Clavier, Laurent Chauvaud, Christian Hily

Le développement des populations d'huîtres provoque des modifications du fonctionnement des zones intertidales avec des conséquences à la fois sur les populations associées et sur les émissions de CO₂. Les peuplements benthiques intertidaux sont influencés par les modifications du substrat induites par la présence des coquilles et par les activités biologiques (filtration, biodépôts) des huîtres. Ces phénomènes ont des effets sur le fonctionnement global de l'écosystème. Par ailleurs, les huîtres, par leur influence directe (respiration, calcification) ou par les interactions avec les autres populations intertidales, vont modifier les flux de carbone liés au métabolisme benthique (production primaire et respiration). La présente action de recherche a cherché à évaluer d'une part le métabolisme des populations d'huîtres isolées puis du peuplement qu'elles structurent afin de préciser leur influence sur les flux métaboliques benthiques.

Huîtres isolées

La respiration et la calcification des huîtres isolées sont évaluées à la fois sous l'eau et

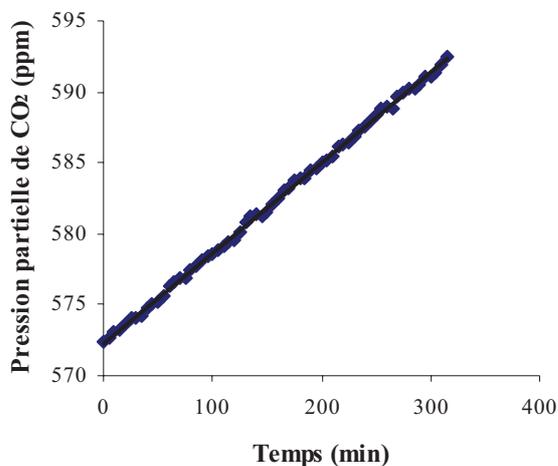


Figure ci-dessus : Evolution de la pression partielle de CO₂ dans l'air lors de l'incubation d'huîtres isolées.

en situation exondée. La respiration sous l'eau sera mesurée saisonnièrement dans des enceintes placées, en laboratoire, à la température de l'eau de mer. La respiration est estimée par la mesure des flux de carbone inorganique dissous alors que la calcification est mesurée simultanément par les variations d'alcalinité totale et par l'évolution de calcimasse en environnement naturel grâce à des mesures successives de coquilles marquées selon le protocole de Jokiel (1978). La respiration à l'air est mesurée par les variations de pression partielle de CO₂ dans des enceintes placées, en laboratoire, à différentes températures. Les mesures sont effectuées grâce à un analyseur de CO₂ à infrarouge toutes les heures pendant les

Peuplements benthiques

Ces opérations sur les huîtres isolées permettent de déduire le métabolisme des huîtres de celui des peuplements mesuré *in situ*. Pour cela, des enceintes benthiques sont disposées

sur un socle scellé en environnement naturel. Elles reçoivent des blocs de roche avec et sans huîtres sur lesquels seront déterminés la production primaire et la respiration en conditions exondées et sous l'eau. Les mesures de production à l'air se font en éclaircissement naturel saturant et les mesures de respiration en enceintes opaques. Les mesures à l'air et dans l'eau portent sur les mêmes échantillons et permettent de comparer le métabolisme intertidal dans les deux situations. Ces mesures sont ramenées à la surface projetée des échantillons et extrapolées à la zone d'étude.

L'étude des processus de respiration et de calcification a montré que contrairement à d'autres espèces intertidales, *C. gigas* ne respire pas pendant la période d'émersion. Seul le biofilm vivant sur la coquille contribue à hauteur de 3,5 % à la production totale de CO₂ de l'huître lors de la marée basse. La production maximale de CO₂ est assurée par la respiration de l'huître en immersion mais les flux émis par le processus de calcification représentent 22,5 % de la production totale. Cette contribution très importante de la calcification aux flux totaux de CO₂ est liée au fait que la précipitation de CaCO₃ prédomine sur la dissolution tout au long de l'année, ce qui n'est pas le cas pour *Crepidula fornicata* (Martin et al. 2006) ou *Chthamalus montagui* (Clavier et al. 2009) par exemple. La production annuelle de carbone estimée à 36,23 g C m⁻² an⁻¹ est similaire à celle d'une autre espèce intertidale, *Chthamalus montagui* (Clavier et al. 2009). En adéquation avec ces premiers résultats, la seconde étude de l'impact de *C. gigas* sur le métabolisme des communautés intertidales n'a montré aucune contribution significative de *C. gigas* à la respiration de la communauté pendant la phase d'émersion. *C. gigas* a cependant un impact en période d'émersion en augmentant la production primaire. La protection du microphytobenthos, induite par les huîtres, vis-à-vis de la dessiccation et des forts éclaircissements limite le phénomène de photoinhibition en été. En immersion, les huîtres augmentent nettement les flux de respiration et de calcification de la communauté mais ont peu d'impact sur la photosynthèse. La production totale annuelle de carbone de la communauté intertidale rocheuse est multipliée par plus de vingt lorsque *C. gigas* est présente en forte densité (environ 700 individus.m⁻²), par rapport à un substrat non colonisé, pour atteindre une valeur de 761,77 g C m⁻² an⁻¹. Ainsi 3 km² d'estran colonisés par *C. gigas* à cette densité d'huîtres (surface atteinte par exemple en rade de Brest) produisent autant de carbone annuellement que 1 100 voitures (pour une production moyenne de 175 gC.km⁻² et une distance moyenne de 12 230 km parcourus par an, données SOFRES 2005). Notre étude démontre ainsi que les espèces invasives doivent être considérées comme une composante du changement global (Dukes and Mooney 1999).

Jokiel et al. (1978) Coral growth : buoyant weight technique. In Stoddart & Johannes (eds), Coral Reefs: Research Methods. UNESCO Paris 529-541.

Thème 3 : Interactions avec les activités humaines

Ce thème du projet avait pour objectif de faire le bilan des différents aspects socio-économiques et ethnologiques du phénomène pour poser, avec l'approche écologique, les bases de la gestion intégrée du problème qui fait l'objet du thème 4.

Approche Economique : Impact de la prolifération de l'huître creuse sauvage en Bretagne sur les activités conchylicoles et la pêche à pied professionnelle

Johann Leroux et Jean Boncoeur

L'économie des invasions biologiques est un thème de recherche qui connaît aujourd'hui un développement rapide (Perrings et al., 2000). L'invasion d'un écosystème par une espèce exotique est susceptible d'altérer gravement les services écologiques qu'il fournit (atteinte aux usages marchands et non marchands, dégradation de valeurs de non-usage). L'analyse économique peut remplir ici une double fonction : i) évaluer le coût social de l'invasion ; ii) procéder à une analyse coût-avantage des différentes options de politique publique susceptibles d'être mises en oeuvre pour traiter le phénomène et/ou ses conséquences.

Comme prévu, la participation du CEDEM à Progig s'est effectuée en 2006. L'étude a traité des conséquences économiques du phénomène, et plus spécifiquement de son impact sur les activités marchandes du secteur primaire : conchyliculture et, plus marginalement, pêche à pied professionnelle. Elle repose à titre principal sur une enquête auprès des producteurs. Pour des raisons pratiques, la zone d'investigation a été circonscrite à la Bretagne.

Données économiques sur la conchyliculture en Bretagne

La présentation s'appuie sur les résultats du recensement conchylicole de 2001 et utilise le découpage professionnel en deux sections régionales (SRC) : Bretagne Nord et Bretagne Sud (dont la compétence territoriale déborde le cadre strict de la région Bretagne, puisqu'elle s'étend jusqu'à l'estuaire de la Loire). Le poids économique de la conchyliculture bretonne est appréhendé à l'aide des indicateurs suivants : nombre d'entreprises, emploi, surfaces concédées, production.

Selon le recensement conchylicole, sur un total de 3727 entreprises comptabilisées à l'échelle nationale en 2001, 487 entreprises disposaient de surfaces d'exploitation en Bretagne Sud et 257 en Bretagne Nord. Au nord, leur présence est concentrée dans le secteur de Cancale et de la Baie du Mont-Saint-Michel ; au Sud, dans le golfe du Morbihan, la baie de Quiberon et la baie de Vilaine-Pénestin-Pénerf. Plus des trois quarts des entreprises présentes en Bretagne Sud sont spécialisées dans l'ostréiculture, 10 % dans la mytiliculture, le solde (14 %) étant composé d'entreprises classées comme « autres » (entreprises partageant leur activité entre ostréiculture et mytiliculture ou produisant d'autres espèces de coquillages). En Bretagne Nord, les ostréiculteurs représentent 47 % du total, les mytiliculteurs 29 % et les « autres » 24 %.

À l'échelle régionale, ces entreprises représentaient 2390 emplois équivalents temps plein en 2001, soit environ 8 % du total de l'emploi dans l'agriculture, la sylviculture et la pêche. La conchyliculture présente l'intérêt de générer des emplois réguliers tout au long de l'année dans des zones littorales de plus en plus orientées vers le tourisme, marqué par une forte saisonnalité.

En matière de concessions sur le DPM, la Bretagne occupe la première place à l'échelle nationale, avec 48 % du total des surfaces concédées sur le littoral Manche-Atlantique. Les concessions conchyloles représentent 6151 ha en Bretagne Sud et 4088 ha en Bretagne Nord.

Avec une production apparente de 30500 tonnes en 2001 (dont 70 % en Bretagne Sud), la Bretagne représente 28 % de la production totale d'huîtres creuses en France, en seconde place derrière le Poitou-Charentes (31 % du total national). Du fait des transferts intra-entreprise, l'écart entre les deux régions est plus grand en termes de commercialisation (44 % du total national pour le Poitou-Charentes, contre seulement 21 % pour la Bretagne). La place de la Bretagne est beaucoup plus modeste pour le captage naturel d'huîtres creuses (7 % du total national), l'espèce étant, jusqu'à une époque récente, réputée ne pas se reproduire au Nord de la Loire. Pour l'huître plate en revanche, le naissain est produit quasi-exclusivement en Bretagne, qui concentre 75 % de la commercialisation nationale de cette espèce. Mais les volumes sont beaucoup plus modestes que pour l'huître creuse (1227 tonnes commercialisées en Bretagne en 2001). En ce qui concerne la mytiliculture, la production estimée est de l'ordre de 20000 tonnes en 2001 pour la région Bretagne (dont 16000 tonnes en Bretagne Nord), soit un peu plus du tiers de la production nationale estimée. La production régionale porte quasi-exclusivement sur l'espèce *Mytilus edulis*, dont la Bretagne Sud fournit 10 % du naissain produit à l'échelle nationale (activité pratiquement inexistante en Bretagne Nord). Pour les moules, contrairement aux huîtres, les importations contribuent de façon significative à l'approvisionnement du marché intérieur (22 % en 2001).

Techniques de production conchylole et exposition à la prolifération de l'huître creuse

Ce chapitre a pour objet de caractériser les interactions entre la présence de l'huître sauvage et la conchyliculture. Il commence par décrire les techniques de production, pour savoir de quelle manière les producteurs peuvent être affectés par le phénomène. Ensuite, il retrace les expériences de trois zones conchyloles situées à l'extérieur de la région Bretagne et confrontées depuis plusieurs années à la prolifération de l'huître sauvage. Ces éléments rassemblés, des hypothèses sont formulées quant aux conséquences économiques possibles de la prolifération de l'huître creuse sauvage sur les activités conchyloles en Bretagne.

Résultats

Les interférences entre activités conchyloles et prolifération d'huîtres sauvages peuvent s'effectuer au stade du captage de naissain et lors de l'élevage. Des entretiens avec des professionnels ont permis de préciser leur nature.

Le développement de stocks sauvages d'huîtres creuses dans de nouvelles zones peut créer des opportunités pour le développement du captage de cette espèce sur des fractions du littoral où il ne se pratiquait pas antérieurement. En revanche, ce développement peut constituer une gêne pour le captage d'autres espèces, si le mélange des naissains impose des opérations de tri.

Pour ce qui est de l'élevage, la prolifération des huîtres creuses sauvages est de nature à susciter deux types de nuisance. D'une part, leur présence sur les concessions impose des opérations supplémentaires d'entretien du matériel (tables ostréicoles, poches, ...) et des animaux en élevage. Ce type de nuisance peut varier selon divers paramètres, notamment l'espèce en élevage (huîtres ou moules) et la technique d'élevage. Toutefois, la grande capacité d'adaptation de l'huître creuse ne permet pas de considérer que certaines espèces ou techniques sont par nature à l'abri. En second lieu, le développement de stocks sauvages d'huîtres creuses dans des bassins conchyloles est de nature à accroître la compétition trophique avec les animaux en élevage et donc ralentir la croissance.

Du côté des avantages éventuels, on doit considérer la possibilité d'exploiter les huîtres sauvages présentes sur les parcs ou à l'extérieur de ceux-ci (ce qui est susceptible de générer une nouvelle filière de production, associant pêcheurs à pied professionnels et ostréiculteurs). Le mode de fixation et le dimorphisme des animaux sauvages imposent toutefois de fortes contraintes à ce type d'activité.

PROGIG

Une revue de littérature consacrée à l'expérience de trois zones ostréicoles situées hors de Bretagne (baie de Bourgneuf, bassin de Marennes-Oléron, bassin d'Arcachon) a permis de préciser certains enjeux techniques et financiers liés à la prolifération de *C. gigas* :

En baie de Bourgneuf, le phénomène épisodique du « gallis » (terme désignant les naissains d'huîtres venant se coller sur les huîtres en poche et sur les tables d'élevage) se manifeste avec une fréquence accrue. L'entretien des parcs est devenu de plus en plus lourd, et des concessions ont été abandonnées (sans nécessairement avoir été nettoyées au préalable, ce qui favorise la prolifération de compétiteurs et de prédateurs, ainsi que l'envasement des concessions). Le stock sauvage présent sur le bassin est évalué à près de 30 000 tonnes (pour une biomasse en élevage estimée à 46 000 tonnes), ce qui suggère une compétition trophique significative. Les professionnels se sont adaptés de différentes manières, notamment en s'équipant de matériel pour nettoyer leurs huîtres (échaudeuses), ou en délocalisant la première partie du cycle d'élevage dans des bassins situés plus au Nord. Certains ont cherché à tirer parti du phénomène en posant des collecteurs de naissain dans la baie. En 2003, les pouvoirs publics ont entrepris de restructurer le DPM, avec comme objectifs l'amélioration de la courantologie et le désenvasement, ainsi que la réduction du stock d'huîtres sauvages. La première étape a consisté à détruire un muret de 4000 mètres sur lequel on trouvait, par endroits, de 40 à 50 kg d'huître au mètre carré. La seconde partie des travaux concerne le nettoyage des concessions abandonnées. Les ostréiculteurs reçoivent une compensation financière pour nettoyer leur parc s'ils acceptent ensuite de le céder. Son montant s'échelonne de 3800 à 6000 € par hectare selon la nature des travaux réalisés.

Dans le bassin de Marennes-Oléron, le stock d'huîtres sauvages est actuellement estimé à 20 000 tonnes. Les opérations de nettoyage ont commencé dès 1988. Coordonnées par la SRC de Poitou-Charentes, elles bénéficient depuis 1994 de financements publics dans le cadre du contrat de plan Etat-Région. Les travaux consistent à aplanir et désenvaser les concessions. En 2004, 60 ha ont été nettoyés (sur un total prévu de 3000 ha). En rapportant cette surface au budget annuel du programme (610 000 € en 2004), on obtient un coût moyen de 10 166 € par hectare.

Le bassin d'Arcachon rencontre le même type de problème que les deux zones précédemment décrites. Les opérations de grande ampleur y ont débuté en 2004, mais le nettoyage à grande échelle bute sur le problème de l'élimination des déchets. Pour réaménager une zone de 40 ha, une pelle mécanique, installée sur un ponton flottant, a été mise en oeuvre en vue de détruire les massifs d'huîtres. Les déchets ont été déposés dans une souille créée à cet effet. Le coût de l'opération s'est élevé à 2,7 millions d'euros, soit 67 500 € à l'hectare.

Un ordre de grandeur utile pour situer les coûts évoqués ci-dessus est le chiffre d'affaires de l'ostréiculture, de l'ordre de 26000 € par hectare en moyenne dans les zones concernées (estimation sur la base de la production apparente et de la surface des bassins, ainsi que du prix de vente moyen).

Enquête auprès des conchyliculteurs bretons

Afin de tester les hypothèses formulées sur les conséquences de la prolifération de l'huître creuse en Bretagne pour les activités ostréicoles et mytilicoles et de fournir des informations en vue de quantifier ces conséquences, une enquête postale a été menée auprès de l'ensemble des ostréiculteurs et mytiliculteurs exploitant des concessions en Bretagne. Cette enquête a été réalisée en avril-mai 2006 avec le concours des deux SRC, et a été complétée par une série d'entretiens directs avec des conchyliculteurs. Au total, 191 réponses ont été obtenues, dont 162 provenant d'ostréiculteurs et 29 de mytiliculteurs.

Près des deux tiers des répondants (mytiliculteurs comme ostréiculteurs) se déclarent victimes de captage indésirable d'huîtres creuses sur leurs concessions, ou sur certaines d'entre elles. On note une forte variabilité des réponses selon la zone considérée. Le taux de réponses positives dépasse 80 % pour la rade de Brest, la baie de Vilaine et le Croisic, alors qu'il est nul pour les Abers et la zone de la baie de Morlaix-Lannion.

Ce phénomène induit des coûts supplémentaires à divers titres : nettoyage des concessions, déroquage des huîtres, retournement et nettoyage des poches. Ces opérations génèrent une dépense de travail supplémentaire, évaluée à environ 7 % en moyenne chez les ostréiculteurs, et 2-3 % en moyenne chez

les mytiliculteurs (estimation effectuée sur la base du personnel permanent de l'entreprise). Elles génèrent également une usure accélérée du matériel et des tenues et, dans certains cas, des investissements spécifiques. Ainsi, un quart des ostréiculteurs concernés par la prolifération de l'huître creuse déclarent avoir fait l'acquisition d'une échaudeuse. Chez les mytiliculteurs, l'achat de matériel spécifique pour l'entretien des concessions (gratte-pieux) est envisagé par la moitié des répondants concernés.

La prolifération de l'huître creuse peut également susciter des évolutions de stratégie d'entreprise. Ce phénomène, qui semble concerner essentiellement les ostréiculteurs, peut revêtir un caractère défensif ou offensif. On trouve dans la première catégorie, pour les concessions les plus exposées, la spécialisation dans la seconde phase d'élevage des animaux, voire l'arrêt de l'exploitation de ces concessions : 9 % des ostréiculteurs déclarent avoir augmenté leurs achats d'huîtres de demi-élevage, et 7 % déclarent avoir arrêté d'exploiter certaines concessions à cause du gallis. Dans la seconde catégorie, on trouve le développement d'une nouvelle activité de captage de naissains et l'exploitation des huîtres sauvages. En ce qui concerne le captage, 6 % des ostréiculteurs ayant répondu à l'enquête déclarent pratiquer le captage d'huîtres creuses en Bretagne. Il s'agit d'une activité récente (postérieure à 2000) et, dans la moitié des cas, les ostréiculteurs concernés pratiquaient déjà le captage d'huîtres creuses hors de Bretagne ou le captage d'huîtres plates. Le naissain collecté est le plus souvent utilisé pour les besoins propres de l'exploitant : un seul des ostréiculteurs captant du naissain d'huître creuse en Bretagne déclare commercialiser celui-ci. L'exploitation d'huîtres sauvages (à un stade postérieur au naissain) concerne 13 % des ostréiculteurs ayant répondu à l'enquête, mais seulement 3 % des répondants déclarent acheter des huîtres sauvages à des pêcheurs à pied professionnels. Chez les ostréiculteurs exploitant des huîtres sauvages, celles-ci contribuent à hauteur de 17 % en moyenne à la quantité totale commercialisée. Interrogés sur leur perception du phénomène de la prolifération de l'huître creuse sauvage, la grande majorité des conchyliculteurs ayant répondu à l'enquête caractérisent ce phénomène de façon négative : pour 43 % d'entre eux, il représente avant tout une gêne pour leur activité immédiate et, pour 39 %, une menace pour l'avenir. Seuls 6 % des répondants y voient une opportunité de développement, et 11 % un phénomène sans importance.

Pêche à pied professionnelle à l'huître

La pêche à pied professionnelle a pris récemment de l'ampleur et, parallèlement, a fait l'objet d'un encadrement réglementaire accru. En Bretagne, celui-ci se traduit notamment par le développement d'un système de licences, sous l'égide du Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins (CRPMEM). En 2005, 1068 licences de pêche à pied professionnelle ont été délivrées par le CRPMEM, avec une forte concentration sur le secteur d'Auray-Vannes (69 % du total). La principale espèce ciblée est la palourde. Les premières licences pour l'huître ont été délivrées en 2005, et leur nombre reste à ce jour marginal. Deux secteurs sont concernés : Auray-Vannes (20 licences) et le Nord-Finistère (12 licences). Les moyens impartis pour l'étude n'ont pas permis de réaliser une étude approfondie de cette activité. Des entretiens réalisés avec deux pêcheurs à pied de la rade de Brest, il ressort que l'huître n'est qu'une espèce ciblée parmi d'autres, dont l'exploitation a surtout pour fonction de combler les périodes de manque sur les espèces principales (notamment la palourde). Les huîtres sont vendues à des ostréiculteurs, qui achètent prioritairement des animaux dont la taille correspond à celle d'animaux de demi-élevage (18 mois), au prix d'1 €/kg environ.

Approche ethnologique : La prolifération des huîtres creuses – l'ambivalence d'un phénomène.

Anne Leroux, Frédérique Chlous-Ducharme, Marie Jo Menozzi

Le développement de l'huître creuse du Pacifique, *Crassostrea gigas* sur le littoral breton génère diverses gênes et nuisances au niveau des activités socio-économiques,

PROGIG

professionnelles ou de loisir, présentes sur le littoral ; nuisances qui interpellent les acteurs locaux quant à engager des actions de gestion de ce qui peut être perçu comme une prolifération problématique.

Le volet ethnologique du programme Progig a porté sur deux sites de Bretagne, la rade de Brest et le Golfe du Morbihan. Des investigations de type qualitatif, observations, entretiens semi-directifs, ont été réalisées dans ces deux sites la première année du programme, en 2006. Tout d'abord a été observée la perception du développement des huîtres par différentes catégories d'acteurs du littoral : pêcheurs professionnels, ostréiculteurs, pêcheurs de loisir, représentants des administrations, élus, ... cette approche a permis de constater que l'observation de ce phénomène est liée aux portions de littoral fréquentées, aux pratiques exercées par les acteurs sociaux, ainsi qu'aux nuisances que cela peut générer pour leur activité. Les observations et remarques émises par les ostréiculteurs portaient souvent sur des sites bien localisés, sur les parcs qu'ils exploitent ou à proximité..., certaines de leurs observations émanant des expérimentations qu'ils peuvent être amenés à réaliser. A l'inverse, les pêcheurs professionnels sillonnent le littoral, en fonction des différentes zones de pêche qu'ils exploitent. Leurs observations la plupart du temps portaient sur des linéaires plus vastes. Ceux qui ont été rencontrés se considèrent d'ailleurs comme étant des observateurs privilégiés du milieu. Les pêcheurs de loisir ne peuvent pas généraliser leurs observations, elles sont localisées en fonction des lieux fréquentés peu diversifiés, mais elles sont précises et couvrent, ajoutées les unes aux autres, un territoire important et quelques fois peu accessible. Quant aux gardes des affaires maritimes, leur observation du littoral porte essentiellement sur les bancs classés ayant une valeur économique, ce qui n'est pas le cas des huîtres creuses. Ils portent donc un moindre intérêt à l'évolution du développement de cette espèce.

Deux inconvénients majeurs dus à la prolifération des huîtres sont présentés par les ostréiculteurs et les pêcheurs à pied professionnels : un risque de compétition trophique entre les huîtres sauvages et les huîtres cultivées ou les palourdes et les huîtres sauvages, un travail supplémentaire pour les ostréiculteurs qui doivent nettoyer les huîtres commercialisées du *galli* (*naissain sauvage*). Pour les plagistes, la présence d'huîtres à la coquille coupante génère des risques de blessures aux pieds pour les baigneurs. A ces problèmes s'ajoutent des nuisances induites, comme des problèmes de police municipale dans les communes littorales submergées par l'afflux massif de pêcheurs à pied de loisir aux périodes de grandes marées, où la circulation et le stationnement peuvent devenir très problématique, et où les résidents se plaignent d'un afflux important de camping cars à ces occasions. Cependant, l'abondance des huîtres peut être appréciée et aussi être l'objet de développement de nouvelles filières économiques. Les pêcheurs professionnels peuvent ainsi compléter une activité et les pêcheurs à pied de loisir se régaler d'une pêche abondante, peu contraignante et à proximité. En ce qui concerne l'exploitation des coquilles, il existe différents usages qui restent cependant à petite échelle relativement aux stocks déjà disponibles : amendement par les agriculteurs ; matériau de stabilisation des concessions des ostréiculteurs ou pour combler les chemins et voies d'accès. D'autres usages ont aussi vu le jour ces dernières années, comme la confection de peintures de chaussée à partir de coquilles d'huîtres, comme le pratique une entreprise du Morbihan. D'autres usages peuvent aussi être développés. Les industriels du béton notamment se questionnent sur l'utilisation des coquilles dans la fabrication de béton.

Si les scientifiques parlent volontiers d'espèces exotiques invasives, ce type de classification n'est guère présent parmi les acteurs locaux, riverains et usagers des sites. Une prolifération ou un développement accru est certes constaté par nombre d'entre eux, à des degrés divers, mais peu de relations sont établies entre le caractère exotique de l'espèce et son caractère invasif. Le caractère exotique n'est pas un trait marquant pour toutes les personnes, même si l'origine exogène de l'espèce est connue et pensée (au moins du fait de son appellation « huître japonaise »).

Les discours tenus sur les causes de la prolifération des huîtres creuses diffèrent selon les usages et pratiques sur l'estran mais aussi selon la position occupée. Déclinées sur un mode contradictoire, les représentations des acteurs locaux s'organisent sur le registre de la nature bienveillante et généreuse tout autant qu'en direction d'inquiétudes et d'interrogations quant aux causes du phénomène. Par delà le thème mythique de la grande générosité de la mer, essentiellement invoqué par les pêcheurs à pied de loisir, la prolifération des huîtres est mise en relation avec d'autres facteurs, d'ordre naturel mais aussi humain. Les plus fréquemment invoqués sont le réchauffement climatique, la pollution par les nitrates et la matière organique en général, l'augmentation de la présence de parcs ostréicoles. La thèse du réchauffement de l'eau en lien avec le réchauffement climatique est partagée par la plupart des acteurs. Une partie des explications données par les riverains et les usagers recourent aux hypothèses émises par les scientifiques. La mise en relation de la prolifération des huîtres creuses avec le réchauffement climatique, ou un réchauffement de l'eau et la dégénérescence des huîtres autochtones (l'huître plate *Ostrea edulis*) est partagée à la fois par les ostréiculteurs et les scientifiques.

Au cours de leur histoire sur le littoral atlantique, les huîtres creuses ont suivi un cheminement inverse à celui des huîtres plates. En effet, ces dernières, « de produit de cueillette naturel, l'huître devient un produit cultivé, « éduqué », disent certains, de sauvage elle devient domestique » (Salitot, 1994). Au contraire, les huîtres creuses, produit importé au départ pour être cultivé se retrouve maintenant être dans certaines circonstances un produit « sauvage », « naturel », qui peut être objet de pêche et de cueillette par certaines catégories de populations. La prolifération des huîtres creuses sur le littoral questionne les relations entre le sauvage, le naturel et le cultivé (ou domestique), ainsi que les pratiques qui y sont liées.

Tous les acteurs sociaux établissent une distinction entre les huîtres sauvages ou naturelles, qui se développent spontanément, et les huîtres cultivées, distinction qui correspond à la définition que Pelosse et Micoud (1993) donnent du domestique et du sauvage : « est domestique ce que dans le monde naturel l'homme contrôle, maîtrise, alors que tout ce qui échappe à son entreprise de domination ou vient la perturber ressort du sauvage ». Ces distinctions s'expriment aussi dans les caractéristiques des huîtres destinées ou non à la consommation, selon qu'elles sont issues de la culture ou de la pêche.

Dans les discours, ces deux catégories d'huîtres sont présentées comme étant à la fois différentes et similaires. Les huîtres sauvages se distinguent des huîtres cultivées du fait de la forme souvent « hors norme » de la coquille. Le travail de l'homme agit sur la forme et valorise l'huître cultivée. Par contre, le goût de l'huître n'est guère lié au travail humain, ce caractère étant le fait de facteurs naturels comme les caractéristiques écologiques et géographiques du site. La « nature » tend(ra)it aussi à rendre les huîtres sauvages plus résistantes que les huîtres cultivées.

Les formes non normées des huîtres sauvages les rendent difficilement intégrables dans certaines filières de commercialisation comme celles des supermarchés, et elles sont essentiellement vendues sur les marchés. Certains pêcheurs pratiquent la collecte du naissain d'huîtres sauvages, qu'ils revendent à des ostréiculteurs ou bien utilisent dans leurs propres concessions quand ils sont aussi ostréiculteurs. Dans certains cas, une filière de vente de juvéniles d'huîtres creuses se met en place, entre les pêcheurs et les ostréiculteurs. Des ostréiculteurs pratiquent le captage de naissain, notamment en rade de Brest, mais le fait que ce captage soit aléatoire, qu'il s'agisse d'un métier à part entière selon les ostréiculteurs, qui nécessite un savoir-faire qu'ils disent ne pas forcément posséder, font que cette pratique est peu développée en Bretagne à l'heure actuelle.

Si le captage des huîtres creuses en Bretagne tendait à devenir plus important, cela induirait probablement la réorganisation de certains éléments de la filière, telle qu'elle est actuellement constituée : mise en place d'un nouveau métier dans le Golfe du Morbihan, celui de capteur

PROGIG

d'huîtres creuses, diminution des échanges entre la Charente et la Bretagne en ce qui concerne la fourniture de naissains, réorganisation des échanges entre pêcheurs et ostréiculteurs, etc...

Les huîtres creuses fournissent une ressource abondante et relativement facile à pêcher pour les pêcheurs de loisir, qu'ils soient amateurs ou confirmés. Si la pêche à pied est une pratique habituelle dans le Golfe du Morbihan et ses abords ainsi que dans la rade de Brest, la prolifération des huîtres creuses semble avoir participé à accentuer cette pratique, et génère des afflux de plus en plus importants de pêcheurs, notamment lors des grandes marées. Cela induit différents types d'impacts. Les uns sont positifs, comme la possibilité d'effectuer une pêche fructueuse sans trop de difficultés, les autres sont négatifs, comme les impacts que cette pêche importante peut avoir sur le bon état de l'estran si elle n'est pas précautionneuse, et les impacts sur la circulation municipale.

La prolifération des huîtres est perçue de manière émergente comme un problème. Tous les usagers du littoral ne perçoivent pas une nécessité de gestion. Celle-ci émane pour l'instant de manière forte des pêcheurs à pied de palourdes, du fait notamment que les huîtres se développent dans les vasières où ils pêchent ainsi que des maires de certaines communes, où la prolifération des huîtres peut être cause de nuisance pour les activités balnéaires. Les quelques actions de gestion réalisées (avant la mise en place de PROGIG) le sont sans réelle concertation avec les autres catégories d'acteurs et ne concernent que des aspects ponctuels, dans le temps, l'espace et les problématiques prises en compte. La question des huîtres et de leur gestion ne concerne pas que les scientifiques ou techniciens, ni que les professionnels et autres types d'usagers, mais tous les types d'acteurs concernés par ce phénomène. La question est alors de savoir comment parvenir à une gestion permettant de mobiliser et coordonner les différentes catégories d'acteurs concernés. Cela induit de prendre en compte différents aspects : les différents types de connaissances et compétences mises en œuvre dans l'exploration de solutions pour la gestion, et les modalités de leur mise en commun ; les modalités d'organisation des acteurs sociaux concernés, la place et les caractéristiques de chaque catégorie d'acteurs sociaux, ainsi que les stratégies mises en œuvre par chacun d'eux.

Thème 4 : Outils et propositions de gestion intégrée.

Les bilans réalisés, les enquêtes et les résultats acquis dans les trois thèmes précédents montrent que, du fait de l'ampleur du phénomène, des capacités de dispersion larvaire, de la permanence des propagules via les parcs ostréicoles, des tendances climatiques favorables, la gestion du problème ne se pose pas en terme d'éradication de l'espèce du milieu naturel à grande échelle.

La gestion va donc se situer au niveau :

- des actions à l'échelle locale (plages, pointe rocheuses, cales, ...), ponctuelles dans le temps et/ou l'espace en fonction de demande spécifique.*
- des actions à l'échelle de grands sites (baies, ...) récurrentes pour maintenir périodiquement un niveau de colonisation minimum suffisant pour minimiser les aspects négatifs sur un secteur et/ou un usage.*

La démarche retenue pour la gestion s'appuiera sur un monitoring de la prolifération mis en place à l'échelle régionale.

La coordination sera réalisée sous le relais du site internet Progig et du SIG associé qui constitue l'outil central de gestion que le programme PROGIG a délivré.

La démarche que nous avons mise en place a été tout d'abord d'identifier plus précisément les aspects négatifs de l'invasion au niveau des différents éléments (écosystèmes et usages), puis d'identifier les sites les plus concernés, afin de mettre en place des scénarios d'action en les testant préalablement dans des sites pilotes.

De nombreux contacts et entretiens ont, en particulier, été réalisés d'une part avec les professionnels de la conchyliculture au niveau national (CNC) et régional (SRC Bretagne Nord et Bretagne Sud) et d'autre part avec les élus et représentants d'usagers de l'estran. Une synthèse et un bilan du problème vu sous l'angle de la profession ostréicole dans le bassin Marennes-Oléron ont été réalisés. D'autre part en rade de Brest, des actions pilotes ont permis de tester des scénarios de gestion dans le cadre des usages non professionnels de l'estran et de conservation de l'environnement naturel.

Dynamique de l'ostréiculture dans différents bassins ostréicoles depuis l'introduction de l'huître japonaise *Crassostrea gigas* : De la production à la prolifération

Leslie Coic et Laurence Miossec

Une analyse de l'évolution de la production d'huîtres creuses *C. gigas* de 1970 à nos jours dans le secteur conchylicole de Marennes Oléron, a été réalisée en recherchant les avantages

et les inconvénients du développement et de l'expansion de cette espèce aquacole devenue espèce invasive. L'analyse a considéré :

- L'évolution du nombre d'établissements, des emplois et des surfaces concédées
- L'évolution de la production par bassin
- L'évolution du captage
- L'évolution des pratiques culturelles

Par ailleurs, l'analyse porte sur les conséquences négatives de la prolifération de cette espèce aquacole exotique. Un bilan critique des mesures de gestion du phénomène a été réalisé en s'intéressant plus particulièrement à :

- L'estimation des stocks sauvages
- La restructuration du domaine public maritime
- Les mesures mises en œuvre pour juguler le phénomène et réduire son extension

Réflexion sur les bases d'une gestion locale expérimentale de la prolifération de l'huître sauvage *Crassostrea gigas* en Rade de Brest dans le cadre d'usages de loisirs et de gestion d'espaces naturels littoraux protégés.

Agathe Larzillière et Christian Hily

Problématique

Devant les gênes non négligeables pour les activités humaines littorales, la modification des habitats et du paysage d'origine induites par la prolifération des huîtres sauvages, colonisant rapidement tous types de milieux, les collectivités, gestionnaires, associations locales ou professionnels se posent un certain nombre de questions, en particulier : faut-il intervenir pour limiter la prolifération de ces huîtres sauvages ? Si oui, où, avec qui, comment ?

Objectifs

Pour les aider dans leur prise de décision et leurs actions, l'objet de cette étude a été de produire des outils de gestion pour :

- pouvoir évaluer la nécessité ou non d'éliminer les huîtres sauvages, et où en priorité
- savoir comment le faire, le cas échéant

D'autre part, si une gestion s'avère nécessaire, il est apparu important de la mettre en place de manière cadrée pour :

- éviter les destructions intempestives d'huîtres pouvant avoir des impacts sur le milieu naturel
- pouvoir en tirer des enseignements afin d'en évaluer les éventuels impacts et améliorer constamment la méthode
- pouvoir réaliser un suivi des sites après destruction, afin d'évaluer la rapidité d'une éventuelle recolonisation, voire observer la recolonisation par d'autres espèces.

D'où l'importance de produire également des protocoles d'état des lieux, d'action et de suivi, qui décrivent la méthode à suivre et permettent de collecter un certain nombre de résultats pendant et après la gestion.

Les objectifs de ce travail ont donc été les suivants :

- Répondre à un certain nombre de questions préliminaires à une éventuelle gestion des huîtres sauvages : la nécessité ou non d'une gestion, les différents modes de gestion possibles, les autres expériences de gestion déjà menées, les aspects réglementaires, économiques (pistes de valorisation), et l'existence de différentes voies d'élimination possibles, ...

PROGIG

- Mettre en place des scénarii de gestion de la prolifération des huîtres sauvages, collecter les résultats de manière à produire des outils d'aide à la décision et à la gestion à usage des gestionnaires d'espaces naturels, collectivités, associations, professionnels confrontés à cette problématique.
- Mettre au point des protocoles de gestion et de suivi pour guider les opérations et en collecter les principaux résultats.
- Développer un outil de communication pour informer, et pour rendre ces outils de gestion facile d'accès, de manière à en faire profiter tous les acteurs confrontés à cette problématique, et de profiter en retour de leurs expériences.

Nous présentons ici les outils d'aide à la décision, à la gestion et à la communication produits grâce aux différents résultats de cette étude.

1) Outils d'aide à la décision

Ces outils ont pour but de répondre aux questions : faut-il intervenir, peut-on intervenir, pourquoi, comment ?

2 approches ont été envisagées :

- La première est une approche globale, à l'échelle d'un vaste site (grande baie, site Natura 2000, Aire marine protégée, ...), à usage des gestionnaires de communautés de communes ou d'espaces naturels protégés. Elle a pour objet d'apporter des réponses aux questions générales : faut-il agir, avec quel type de gestion et où en priorité ?
- La deuxième est une approche locale, à l'échelle d'un site (grève, crique, cale, port, ...), à usage d'un maire de commune, d'une association locale, d'usagers, ... qui permet de répondre aux questions : peut-on agir et avec quel type de gestion ?

a) Approche globale

Les outils d'aide à la décision en approche globale se présentent sous la forme d'un organigramme et d'un tableau des différents critères à prendre en compte.

L'organigramme guide le gestionnaire dans sa décision de mettre en place ou non une gestion et sous quelle forme le cas échéant.

Les critères à prendre en compte pour évaluer les zones d'intervention prioritaires sont classés par ordre d'importance.

Ils peuvent constituer la base d'un jeu de données dans un Système d'Information Géographique. En superposant des différentes couches d'informations et en leur attribuant un ordre d'importance, on fait ressortir des zones où les huîtres posent ou vont poser potentiellement des problèmes, et où cela pourrait être envisageable d'intervenir.

Ces sites seront ainsi classés avec 3 niveaux de priorité :

- Forte (intervention urgente et possible),
- Moyenne (intervention utile mais plus difficile),
- Faible (intervention moins utile et compliquée).

b) Approche locale

On évalue la faisabilité générale et le mode de gestion à privilégier pour un site donné en fonction de différents critères ayant différents niveaux d'importance.

Cet outil se présente sous la forme d'un organigramme qui guide le gestionnaire depuis le site colonisé par les huîtres jusqu'au mode de gestion à privilégier en fonction des caractéristiques locales.

2) Outil d'aide à la gestion

Cet outil se présente sous la forme d'une fiche pratique, conçue sous la forme de tableaux, qui a été construite à l'aide des résultats issus de cette étude (recherches bibliographiques, scénarios de gestion, entretiens).

Elle a pour but de guider dans leurs actions les gestionnaires qui souhaitent mettre en place une gestion locale de la prolifération d'huîtres sauvages.

Elle est complétée par des protocoles de gestion qui accompagneront les gestionnaires sur le terrain afin de les aider à collecter toutes les données nécessaires à l'évaluation de l'efficacité de la gestion.

2 types de protocoles ont été construits en fonction du mode de gestion préconisé :

- Protocole de gestion pour les sites « usages de loisirs » : état des lieux, collecte des résultats pendant l'enlèvement et suivi après gestion.
- Protocole de gestion pour les sites « espaces naturels protégés » : état des lieux (faune/flore), suivi de la recolonisation.

3) Outil de communication

Un site Internet, destiné à diffuser ces résultats à un large public, a été construit à l'aide des résultats du programme PROGIG. Il présente à la fois la problématique de prolifération des huîtres de manière simple et concise (causes, conséquences), et propose une aide à la gestion en mettant à disposition les outils présentés.

Les échanges entre l'utilisateur et le webmaster se font par le biais de formulaires ou de mail.

Adresse : www.progig.fr

Mail : a.larzilliere@progig.info

Les résultats de cette étude (recherches bibliographiques et outils de gestion) sont présentés sous la forme de documents synthétiques en annexe.

Ils sont également visibles sur le site Internet progig.fr.

Les documents de synthèse présentés ici sont le résultat d'une étude sur les modalités de gestion des huîtres sauvages, organisée en trois parties.

Dans un premier temps, une réflexion globale a été menée afin de répondre à un certain nombre de questions préliminaires, auxquelles ils paraissent indispensable de répondre avant de mettre en place toute démarche de gestion : Faut-il intervenir pour limiter la prolifération des huîtres ? Pour quelles raisons ? Où et comment ? Dans quel cadre juridique ? Avec quelles possibilités d'élimination ou de valorisation des huîtres enlevées ? Les réponses à ces questions ont été cherchées à travers diverses études et publications, mais aussi par le biais de nombreux entretiens avec différents acteurs ressources. Les résultats de cette étude ont permis d'éliminer un grand nombre de voies de gestion qui se seraient avérées trop coûteuses, trop polluantes, en inadéquation avec des objectifs de conservation des milieux naturels, ou générant trop de conflits d'usages.

Quatre grands points ressortent de cette étude :

- Une éradication totale des huîtres à grande échelle ne paraît ni envisageable au regard des quantités estimées, ni justifiée au regard des différents impacts écologiques et socio-économiques. Seule une éradication locale semble envisageable, au titre de la sécurité des usagers, ou de la conservation des habitats et de la biodiversité.

- Aucune loi n'interdit d'éliminer localement les huîtres, même si ce geste peut paraître destructeur, sauf sur un territoire faisant l'objet d'un statut de protection élevé. Dans un espace naturel protégé, il serait donc préférable d'intégrer l'élimination locale dans un contexte de conservation des milieux. En cas de plaintes pour blessure grave par les huîtres, il apparaît que la responsabilité d'une commune pourrait être engagée, ce qui peut justifier une éradication locale sur des sites très fréquentés.

PROGIG

- Les pistes de valorisation économiques à grande échelle sont nombreuses et réalisables sur le plan technique, mais la rentabilité n'est pas assurée tant que le produit final n'aura pas une plus grande valeur ajoutée. Seule la piste paramédicale/cosmétique paraîtrait rentable. Par contre, des voies de valorisation à petite échelle pourraient être envisagées sur la base de cette étude préliminaire, pour valoriser localement les huîtres enlevées.

- Aucune voie d'élimination/destruction des huîtres enlevées n'est vraiment satisfaisante sur le plan économique (coût), écologique (pollution) ou sociologique (conflits). La seule solution consiste à laisser les huîtres sur place, ce qui implique de ne se cantonner qu'à de faibles surfaces de traitement (2000 m² maximum) et sur des sites suffisamment espacés les uns des autres pour éviter les pollutions locales (prolifération bactériennes).

Les résultats de cette première approche se présentent sous la forme de trois documents de synthèse présentés dans l'annexe 2:

- Une synthèse juridique qui permet de se positionner dans un cadre réglementaire précis en fonction des situations rencontrées (document 1).

- Un tableau de synthèse des différentes voies de valorisation à grande échelle. Seules des idées globales et des ordres de coûts sont présentés ici. Chaque piste devrait donc faire l'objet d'une étude de faisabilité plus poussée en fonction des contraintes locales si besoin (document 2). Cela a permis d'envisager quelques pistes d'élimination à petite échelle en cycle court.

- Un tableau des différentes voies d'élimination possibles des huîtres dans l'hypothèse d'un enlèvement massif, qui amène à la conclusion de les laisser sur place, pour un enlèvement très local (document 3).

Dans un deuxième temps, des scénarii de gestion ont été mis en place sur le site atelier de la rade de Brest, afin de tester différentes techniques d'élimination et de valorisation locales et mettre au point des outils d'aide à la gestion. Des sites de gestion ont d'abord été choisis en rade de Brest, en fonction de différents critères, en accord avec les élus locaux et en tenant compte des contraintes propres des différents intervenants potentiels. Ensuite, par le biais de réunions rassemblant tous les acteurs concernés, les modalités de gestion ont été décidées sur chaque site, puis testées grandeur nature. Les sites choisis et les modalités pratiques des scénarios de gestion mis en place (intervenants, coûts, techniques, ...) sont présentés dans des tableaux de synthèse (document 4).

Enfin, les résultats collectés lors de la mise en place de cette gestion et des tests grandeur nature ont permis de construire plusieurs outils destinés à aider les gestionnaires dans leur prise de décision d'agir ou non, de savoir où en priorité et comment.

Ces résultats se présentent sous la forme des documents de synthèses suivants :

- Un organigramme d'aide à la décision en approche globale : destiné aux gestionnaires confrontés à cette problématique sur un vaste territoire, et qui s'interrogent d'une manière globale sur une éventuelle gestion (document 5).

- Une liste des critères à prendre en compte en approche globale : destinée aux mêmes gestionnaires, qui cherchent à faire ressortir des sites de gestion prioritaire en fonction de différents critères sur leur vaste secteur colonisé. Cette liste peut servir de base à la mise en place d'un SIG d'aide à la décision (document 6).

- Un organigramme d'aide à la décision en approche locale : destiné aux gestionnaires qui sont confrontés à cette problématique sur un site donné, et cherchent la meilleure voie de gestion possible en fonction des caractéristiques du site (document 7).

- Une fiche pratique d'aide à la gestion : destinée à tout gestionnaire une fois la décision de gestion prise et le site défini. Cette fiche rassemble tous les éléments utiles à la mise en place d'une gestion et à son bon déroulement (document 8).

- Un protocole de gestion, destiné à donner un cadre scientifique à la gestion et à collecter le maximum de données pour améliorer les techniques et évaluer leur efficacité (document 8).

PROGIG

- Un protocole de gestion pour les « sites de référence biodiversité », destiné aux gestionnaires d'espaces naturels protégés qui décident de garder des sites de référence sans huîtres, de manière à pouvoir comparer la biodiversité avec les sites encore colonisés à court, moyen et long termes (document 9).

L'ensemble de ces outils est disponible sur le site Internet Progig.fr en libre accès. Il est néanmoins demandé aux personnes qui souhaitent se lancer dans ce type de gestion de remplir un formulaire de contact, afin de se présenter et d'expliquer les raisons de leur demande de gestion. Une fois le contact pris, des conseils supplémentaires peuvent être donnés en ligne. Les résultats obtenus sont également collectés grâce à des formulaires en ligne, afin de tenir compte des remarques et de pouvoir améliorer les outils de gestion au fur et à mesure des expériences de terrain.

Annexes :

1 Textes des publications

2 Protocoles de gestion et d'aide à la décision

Annexe 1

1 : Analyse spatiale de la prolifération de *C. gigas* à l'échelle de la Bretagne

Iwan Le Berre ¹, Christian Hily ², Morgane Lejart ², Raphaël Gouill ¹

¹ *Laboratoire Géomer, UMR 6554 LETG (Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique), Institut Universitaire Européen de la Mer, Université Occidentale de Bretagne, 29280 Plouzané, France*

² *Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin, CNRS UMR 6539, Institut Universitaire Européen de la Mer, Université Occidentale de Bretagne, 29280 Plouzané, France*

Soumise dans la revue : Cybergeog

Résumé

L'huître creuse du Pacifique *Crassostrea gigas* est une espèce introduite massivement dans les années 70 en France pour les besoins de l'ostréiculture. Elle représente aujourd'hui l'essentiel de la production conchylicole française. Depuis le début des années 90, l'espèce a commencé à s'installer durablement sur de nombreux sites de Bretagne et de Normandie. Le processus de colonisation s'est accéléré depuis 2000, induisant des modifications profondes dans les écosystèmes et des changements dans la biodiversité. Ce phénomène d'invasion biologique a pour origine probable le réchauffement climatique qui favorise l'extension spatiale des zones dans lesquelles les huîtres peuvent pondre. Un programme de recherche a été mis en œuvre pour évaluer et quantifier la dynamique de cette prolifération au niveau des façades Manche et Atlantique et pour identifier les interactions réalisées avec les écosystèmes marins et les activités humaines. L'objet de cet article est de présenter le système d'information géographique (SIG) mis en œuvre pour intégrer les données de suivi de cette prolifération sur les côtes Manche-Atlantique de la Bretagne et pour l'analyse spatiale de ses interactions potentielles avec les activités humaines du littoral.

Mots-clefs : biogéographie, espèce invasive, huître, *Crassostrea gigas*, changement climatique, SIG, littoral, Bretagne

Spatial analysis of *C. Gigas* proliferation in Brittany (France)

Abstract

After its massive introduction in the seventies in France *Crassostrea gigas* has become the main production of French oyster farming. From the early 1990's, *C. gigas* has started to spread many sites of Brittany and Normandy and, thanks to climate warming, its population has dramatically increased leading to a general invasion and to deep changes in ecosystems and biodiversity. A research program called PROGIG has been set up to evaluate the dynamic of this proliferation on French Channel and Atlantic coasts, and to identify its interactions with marine ecosystems and human activities. This paper presents the GIS implemented to integrate the data collected during field surveys of oyster populations, and the results of a spatial analysis of its potential interactions with human activities on coastal zone.

keywords : Biogeography, Invasive specy, Oyster, *Crassostrea gigas*, Global change, GIS, Coastal zone, Brittany

2 - Sex-, gametogenesis, and tidal height-related differences in levels of HSP70 and metallothioneins in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*

Anne-Leila Meistertzheim , Morgane Lejart, Nelly Le Goïc, Marie-Thérèse Thébault

Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR), UMR CNRS 6539, Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne occidentale, 29280 Plouzané, France

Keywords: *Crassostrea gigas*, Reproduction, Heat shock proteins, Metallothioneins, Sex Gonad, Maturation stage

Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, living at a range of tidal heights, routinely encounter large fluctuations in temperature. We demonstrate that levels of heat shock proteins (HSP) and other stress proteins (metallothioneins, MTs) quantified by ELISA, remained similar in gills, mantle and digestive gland between oysters inhabiting low and high tidal heights. In contrast, endogenous HSPs and MTs levels in gonad changed significantly during gametogenesis. In female gonads, the constitutive form of HSP70 and the MTs increased from immature (or resting) to mature stages (about more than 3-fold) and decreased after spawning. In male gonads, the same expression patterns were observed, whereas proteins levels decreased once fully mature. Females presented higher concentration of HSP70 and MTs than males during the spawning period. No significant difference in HSPs and MTs patterns was found among oysters sampled at low and high tidal heights. We hypothesize that the high level of stress proteins in eggs may increase survival of oyster progeny.

Published by Elsevier Inc.

3 - Discrimination between the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, and European oyster, *Ostrea edulis*, at an early developmental stage using Taqman real-time PCR

Morgane Lejart ¹, Anne Leila Meistertzheim ¹, Christian Hily ¹

Soumis dans la revue Molecular Ecology Resources

¹Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin, UMR CNRS 6539, Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, 29280 Plouzané, France

Running title

Oyster discrimination using Taqman technology

Abstract

Considering the difficulty to identify oyster larvae and spat by morphological examination, we developed a simple molecular genetic method to identify European oyster, *Ostrea edulis* (L., 1758) and Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (T., 1793) spats using real-time polymerase chain reaction (qPCR) assay. qPCR was undertaken using Taqman technology on 18S rDNA sequences. Taqman qPCR method was successful in identifying species and can be applied in the management of oyster aquaculture, invasive species and conservation.

4 - Respiration and calcification of *Crassostrea gigas*: contribution of an intertidal invasive species to coastal ecosystem CO₂ fluxes

Morgane Lejart ^{1*}, Jacques Clavier ¹, Laurent Chauvaud ¹, Christian Hily ¹

¹ Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin, CNRS UMR 6539, Institut Universitaire Européen de la Mer, Université Occidentale de Bretagne, 29280 Plouzané, France

publication soumise dans le journal 'Journal of Experimental Marine Biology and Ecology'

Abstract

Respiration and calcification of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* T., were measured both in the air and underwater, considering seasonal variations and individual size, to estimate the effects of this exotic species on annual budgets of carbon in the Bay of Brest (France). Respiration and calcification rates changed significantly with season and size. Mean underwater respiration, determined from changes in dissolved inorganic carbon (DIC), were $9.76 \mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$ and $31.99 \mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$ for adults and juveniles, respectively. The mean daily contribution of *C. gigas* population-wide underwater respiration to DIC during immersion (14 h per day) was $6.13 \text{ mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (SD 7.09). Mean aerial CO₂ respiration, estimated using an infrared gas analyser, was $0.71 \mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$ for adults and nil for juveniles, corresponding to a daily population-wide contribution of $0.27 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (SD 0.32) when the mean daily

emersion time is 10 h. Mean CaCO_3 uptake rates for adults and juveniles were $3.16 \mu\text{mol CaCO}_3 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ and $45.22 \mu\text{mol CaCO}_3 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectively. The mean daily contribution of net calcification in the Bay of Brest *C. gigas* population to CO_2 fluxes during immersion (14 h a day) was estimated to be $1.99 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (SD 2.30). Total carbon release by the Bay of Brest *C. gigas* population was $36.23 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ and reached $327.22 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ for densely colonized areas with relative contributions by underwater respiration, net calcification and aerial respiration of 74, 22.5 and 3.5%, respectively. These results emphasize the substantial influence this invasive species has on the carbon cycle, including biogenic carbonate production, in coastal ecosystems.

Keywords: CO_2 , invasive species, *Crassostrea gigas*, respiration, calcification, intertidal.

5 - Ecological impacts of a new habitat, oyster reef (*Crassostrea gigas*, Thunberg), on the intertidal communities of the Bay of Brest, France

Morgane Lejart ^{1*}, Christian Hily ¹

¹ Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin, CNRS UMR 6539, Institut Universitaire Européen de la Mer, Université Occidentale de Bretagne, 29280 Plouzané, France

publication soumise dans le journal 'Journal of Sea Research'

ABSTRACT

When introduced into France for aquaculture in the mid-sixties, the Pacific oyster, (*Crassostrea gigas*, Thunberg), was initially confined to the sites where it was farmed. Subsequent global warming has facilitated the propagation of wild populations the length of the French coastline. This phenomenon of proliferation has become so great that oyster reefs have recently appeared in sheltered estuaries, on both soft and hard substrata. The present study examines two such sites in the Bay of Brest, Brittany, and is the first to investigate the impacts of this new substratum on the biocenosis of intertidal habitats in France. Results reveal that abundance and specific richness of intertidal macrofauna are significantly

increased by oyster reefs on both mud and rock. Analysis of trophic group composition showed that oyster reefs change trophic dominance in muddy sediment macrofauna from suspension feeders dominance in bare substrata to carnivore dominance on reefs and underlying sediment. On rock, trophic group composition remains unchanged between bare rock and oyster reef. Calculation of biotic coefficient (BC) reveals no marked organic enrichment. This result is underlined by the fact that organic and silt composition in the sediment beneath oyster reefs was not significantly different from bare sites. Despite a local enhancement of the biodiversity, *C. gigas* is suspected to cause a homogenisation of coastal habitats with an impoverishment of overall quality. Our results show that it is not the case because there were only 11 species in common between reefs on mud and on rock.

Keywords: *Crassostrea gigas*, invasive species, oyster reefs, habitat, intertidal communities

6 - The invasion of French shores by the Pacific oyster *Crassostrea gigas*: a threat to intertidal ecosystems?

Christian HILY, Morgane LEJART
Laboratoire LEMAR, UMR 6539 CNRS, Institut Universitaire Européen de la Mer,
Université de Bretagne Occidentale
Technopole Brest Iroise, 29287, Plouzané, France

Corresponding author :

Christian.hily@univ-brest.fr, tel (33) (0)2 98 49 86 40, fax (33) (0)2 98 49 86 45

Publication soumise au journal Aquatic conservation

Abstract

The question of the spatial distribution of the non native Pacific oyster, which develops wild populations in many coastal areas in Western Europe, is examined in the case study of the French coasts. The paper analyses the diversity of the coastal habitats concerned by the settlement of *C. gigas* wild populations on a large latitudinal gradient spreading from the south Bay of Biscay on Atlantic coasts to the Normano-Breton gulf on Channel coasts.

Spatfall came in a first time from the reproduction of adults exploited in oyster farms but the period of colonization varied from the early seventies in the South, to the late nineties to the North and since the 2000's the spreading process is still very active. Because the spawning occurs only when temperature is higher 18°C, the reproduction had been facilitated by the increasing of warm summers in the context of global warming and today many permanent populations are established in numerous sites and in some *C. gigas* presents the characteristics of a pest species.

We showed that *C. gigas* is an invasive species able to colonize and to invade a wide range of habitats on the shore under various situations of substratum, hydrodynamism, temperature

PROGIG

and salinity, which give it the largest ecological area of the intertidal species of the temperate East Atlantic coasts.

C. gigas can induce strong modifications in the native communities by modifying the habitat structure and the biological interaction network and, as an engineer species, induces the creation of new habitats which could be integrated in the European habitats type classifications. The question of the conservation of native shore ecosystems is raised in front of this wide invasion.

Invasive species, intertidal area, macrozoobenthic biodiversity, marine habitats, French seashores, climatic change.

ANNEXE 2 : DOCUMENTS D'AIDE A LA GESTION

Agathe Larzillière, LEMAR, IUEM

Document 1 : Aspects juridiques d'une éventuelle gestion de la prolifération des huîtres sauvages

Sans rechercher l'exhaustivité d'une étude juridique complète sur le sujet, cette première approche a permis d'apporter des éléments de réponse aux questions élémentaires que pourraient se poser les gestionnaires ou collectivités confrontés à cette problématique de gestion des huîtres sauvages :

- *A-t-on le droit d'enlever ou de détruire les huîtres localement ?*
- *Quelles sont les autorités compétentes pour donner cette autorisation le cas échéant ?*
- *Quelle pourrait être la responsabilité des élus communaux face au danger de blessures lié aux huîtres ?*

I) A-t-on le droit d'enlever ou de détruire les huîtres localement ?

Si le sujet n'est bien sûr pas abordé en tant que tel, la réglementation concernant les milieux naturels terrestres et littoraux peut apporter quelques précisions, sans pour autant répondre directement à la question.

Au moins deux cas de figure sont à envisager :

Soit l'huître sauvage est considérée comme une espèce invasive, soit comme une espèce autochtone. Dans le premier cas, il faut se référer aux textes de loi relatifs aux espèces invasives, dans l'autre, à ceux relatifs aux espèces autochtones, voire à l'étranger dans son intégralité.

Si *C. gigas* est considérée comme une espèce invasive :

Définition : « Espèce de faune ou de flore d'origine exotique et dont l'introduction, l'installation, et la propagation sur un nouveau territoire en menacent les écosystèmes, les habitats et les espèces. » (Source : dictionnaire Larousse).

Compte-tenu de l'ancienneté de son introduction et de son utilisation massive en France pour l'ostréiculture, *C. gigas* ne serait pas considérée comme une espèce invasive. (Source : Comité National de la Conchyliculture).

Si *C. gigas* est considérée comme une espèce autochtone :

Deux niveaux sont à envisager :

- L'huître en tant qu'espèce ou habitat
- La fraction d'étranger qui abrite les huîtres
- L'huître en tant qu'espèce ou habitat :

Code de l'environnement :

L'article L411 de la partie Législative du code de l'Environnement (Section 1 : Préservation du patrimoine biologique) concerne la réglementation relative aux espèces protégées sur le plan national. Il stipule notamment que leur destruction ou celle de leur habitat est interdite.

PROGIG

L'huître *C. gigas* ne faisant pas partie de la liste des espèces protégées au niveau national, et ne constituant pas un habitat privilégié d'une des espèces de cette liste, elle n'est pas concernée par ces articles.

Directive habitat : L'huître et le récif d'huîtres ne faisant ni partie des habitats d'intérêt communautaires ni de la liste d'espèces d'intérêt communautaires, elle n'est pas concernée par la présente directive.

Si on considère l'huître en tant qu'espèce ou habitat, sa destruction n'est pas interdite au regard de ces deux textes de lois.

- Si on considère la fraction d'estran qui abrite les huîtres :

L'huître est alors considérée comme faisant partie d'un tout, l'estran, sa destruction pouvant constituer une atteinte de l'intégrité de l'estran, ou du milieu naturel en général.

Dans ce cas, deux catégories de réglementation sont à considérer :

- la réglementation concernant l'estran lui-même

- la réglementation concernant le territoire sur lequel se trouve l'estran

Liste des textes de lois relatifs à l'estran susceptibles d'apporter des éléments de réponse :

Loi 63-1178 du 28/11/63 relative au Domaine Public Maritime
Loi n° 76-629 du 10 07 1976 (J.O. du 13 07 76) relative à la protection de la nature
Décret n° 77-1141 du 12 10 1977 (J.O. du 13 10 77)
Loi n° 86-2 du 3 01 86 (J.O. du 4 01 86) relative à l'aménagement et à la protection du littoral
Loi n° 92-3 du 3 01 92 (J.O. du 4 01 92) sur l'eau
Art 10 II Journal officiel 16/10/2007
Art R 211-11-1 Code de l'environnement
Décret n° 2007-1467 12/10/2007
Règlement CE 338/97
Conseil du 9/12/96

Globalement, tout ce qui touche à l'intégrité de l'estran est condamné par ces textes, bien que cela concerne davantage les extractions minières et déroctages.

- Si on considère un territoire faisant l'objet de statuts de protection particuliers :

Dans ce cas, l'estran portant les huîtres n'est qu'une partie du territoire protégé.

Nous ne considérerons pas ici tous les cas de figure possible. D'une manière générale, il convient de consulter les textes de lois et documents de gestion correspondant au(x) statut(s) de protection dont le territoire concerné peut faire l'objet.

Nous listons simplement quelques statuts de protection territoriale pouvant générer une restriction voire une interdiction de la destruction d'huîtres sauvages pouvant nuire à l'intégrité de l'estran.

Cœur d'un Parc National	Territoires soumis à des réglementations strictes. Tout ce qui touche à l'intégrité des milieux ou des paysages y est en général proscrit.
Réserve naturelle	
Réserve géologique	
Site inscrit	
Site classé	
Arrêté de biotope	
Parc naturel marin	Territoire soumis à des réglementations moins strictes.
Parc naturel régional	
Site Natura 2000	

A priori, la destruction d'huîtres sur une partie de l'estran engendrant une modification irréversible de celui-ci, elle semble prohibé sur les zones où la protection territoriale est totale (cœur d'un parc naturel, réserve naturelle, site classé, réserve géologique)

Cependant, il semblerait que le caractère scientifique d'une démarche de gestion expérimentale, et le caractère préventif ou de restauration des habitats et paysages menacés par une prolifération massive d'huîtres, pourraient justifier ce type d'opération, au regard des objectifs de protection et de gestion qui prévalent sur ces territoires.

Néanmoins, ces opérations ne semblent pas répondre à ces conditions dans les cas particuliers d'habitats ou milieux pouvant souffrir de la méthode d'enlèvement des huîtres (roche friable, récifs d'hermelles, réserves géologiques...).

II) Doit-on demander l'autorisation d'éradiquer localement les huîtres et à qui ?

Quelles sont les autorités compétentes :

Le maire a un pouvoir de police dans la bande des 300 m, il doit être prévenu au minimum des opérations d'éradication et de leur date (Article L.2213-23 du code général des collectivités territoriales).

Concernant le risque sanitaire, même s'il est minime pour une surface réduite : il faut prévenir la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales.

Concernant la proximité possible de concessions ostréicoles : Les Affaires Maritimes, la Section Régionale Conchylicole locale, ainsi que le Comité Local des Pêches (pêche à pied professionnelle)

Prévenir l'autorité compétente de l'état pour tout ce qui concerne le Domaine public maritime : Préfet de Département (Loi 63-1178 du 28/11/63 relative au DPM).

III) Quelle pourrait être la responsabilité d'une collectivité face à cette prolifération ?

Prenons l'exemple d'un baigneur qui se coupe le pied lors d'une baignade et porte plainte.

« Aux termes de l'article L.2213-23 du code général des collectivités territoriales : Le maire exerce la police des baignades (). Cette police s'exerce en mer jusqu'à une limite fixée à 300 mètres à compter de la limite des eaux. Le maire réglemente l'utilisation des aménagements réalisés pour la pratique de ces activités. Il pourvoit d'urgence à toutes les mesures d'assistance et de secours. Le maire délimite une ou plusieurs zones surveillées dans les parties du littoral présentant une garantie suffisante pour la sécurité des baignades (). Il détermine des périodes de surveillance. »

« Hors des zones et des périodes ainsi définies, les baignades () sont pratiquées aux risques et périls des intéressés. »

« Le maire est tenu d'informer le public par une publicité appropriée, en mairie et sur les lieux où elles se pratiquent, des conditions dans lesquelles les baignades () sont réglementées () ; »

Ainsi, la responsabilité d'un maire ne serait engagée que dans le cas de plages surveillées.

La jurisprudence estime par ailleurs qu'il incombe au maire d'une commune sur le territoire de laquelle sont situés des lieux de baignade qui, alors même qu'ils n'auraient pas été aménagés à cet effet, **font l'objet d'une fréquentation régulière et importante**, même de manière saisonnière, **de prendre les mesures nécessaires destinées à assurer l'information, la sécurité et le sauvetage des baigneurs en cas d'accident** (voir notamment CAA Marseille, 13.02.2006 n° 04MA00249)

D'autre part, le juge estime qu'aucun devoir de signalisation ou de surveillance ne pèse sur la police municipale en l'absence de danger particulier, l'utilisateur devant faire preuve d'une diligence moyenne.

PROGIG

Les juges administratifs tiennent cependant fréquemment compte des imprudences des victimes pour exonérer partiellement les communes de leurs responsabilités. Or se couper le pied en nageant ne relève pas d'une imprudence, si ce n'est celle de ne pas avoir gardé ses chaussures !

Ce n'est donc que si les huîtres, par leur nombre, leur emplacement, ou tout autre élément, deviennent un danger particulier que le maire aura l'obligation d'en assurer la signalisation et de prendre des mesures tant pour prévenir les accidents qu'organiser les secours.

En résumé, si les huîtres constituent un danger particulier, et si elles sont situées sur un lieu, même non délimité ni aménagé, mais habituellement fréquenté par les baigneurs, le maire peut engager sa responsabilité s'il ne prend pas les mesures adéquates.

A noter que la responsabilité du maire ne saurait être engagée dans le cas de coupure liée à une baignade dans une zone interdite, comme un port de plaisance par exemple.

Conclusion générale des aspects juridiques :

Les différents textes de lois étudiés ici n'apportent pas de réponse directe aux questions posées au départ. Mais ils permettent d'avoir une idée générale du cadre réglementaire dans lequel on peut se positionner pour justifier une gestion locale.

Globalement, rien n'interdit explicitement la destruction locale des huîtres, mais ce geste peut apparaître destructeur et polluant aux yeux des autorités locales. Ces opérations de gestion devraient s'intégrer soit dans le cadre de la sécurité des usagers, soit dans le cadre de la conservation des habitats marins pour être acceptées. Toutes destructions intempestives et gratuites ne saurait être autorisées.

Eléments favorables à leur élimination locale	Eléments défavorables à leur élimination locale
L'huître présente toutes les caractéristiques d'une espèce invasive, sans toutefois en avoir le statut. Les impacts sur le milieu ne sont pas négligeables.	L'aspect destructeur des opérations : on peut nous reprocher une certaine « sauvagerie » envers ces animaux ou envers l'estran.
Sur un territoire faisant l'objet d'un statut de protection : - Le caractère préventif : enlever les huîtres avant leur prolifération sur des territoires faisant l'objet d'un statut de protection au titre de la conservation d'habitats marins - Le caractère de restauration des habitats marins ou des paysages (site inscrit) - Le caractère scientifique expérimental de la gestion	La destruction des roches pouvant être occasionnée par les outils (problématique sur une roche très friable, ou faisant l'objet d'un statut de protection comme les récifs d'hermelles ou les réserves géologique)
Pour la collectivité : au titre que la responsabilité des maires des communes pourrait être engagée en cas de coupure grave. Pour la sécurité des usagers en général.	Les aspects sanitaires : pollution de l'eau pouvant être engendrée par une destruction importante d'huîtres sur une surface réduite
Rien ne l'interdit directement sur un territoire ne faisant pas l'objet d'un statut de protection (ni en tant qu'espèce, ni en tant que portion d'estran)	Les aspects de conflits d'usage : proximité d'un site ostréicole, de captage, d'un site de pêche à pied professionnel

Document 2 : Les différentes voies de valorisation économiques des huîtres et coquilles d'huîtres à grande échelle

Type de valorisation	Forme d'utilisation des huîtres	Nature du produit fini (après transformation)	Filières : existantes ou non	Entreprises concernées	Contacts pour d'autres renseignements sur ce type de filière	
Agriculture	Amendement calcaire	Coquilles d'huîtres vides broyées plus ou moins finement	Filières effectives	SIVU DECOMY (Syndicat Intercommunal à Vocation Unique des Déchets Conchylicoles et Mytilicoles) de Sète	M. Decoopman, Chambre Agriculture Finistère 02 98 69 38 30	
	Amendement calcaire - engrais	Coquilles d'huîtres réduites en poudre mélangées à des déchets végétaux.	Filière effective	Entreprise Théaud : tri sélectif et collecte des déchets verts sur la ville de Saint Malo, transformation en compost (Collecte et transformation)	Anne Bénédicte Martinot Chambre d'agriculture d'île et vilaine, 02 23 48 27 30 M. Decoopman, Chambre Agriculture Finistère 02 98 69 38 30	
	Epannage	Huîtres entières et coquilles vides (si moins de 5% de matière organique). Apport calcaire et organique, changer la texture du sol	Aucune filière effective			
	Améliorer la texture du sol	Coquilles d'huîtres broyées grossièrement (peut être concilié à l'épandage), pour les sols trop glaiseux par exemple	Broyats de coquilles d'huîtres plus ou moins grossiers	Aucune filière effective		
	Alimentation animale	Coquilles d'huîtres vides broyées grossièrement	Complément calcaïque pour poules pondeuses sous la forme d'écaillés	Filière effective	Entreprises Ostrea (collecte) et Ouvre (transformations), Charente-Maritime (Bassin d'Arcachon)	Pierrick Tanguy : Coopérative Agricole du Morbihan 02 97 54 42 53 Isabelle Bouvarel UMT BIRD - Unité de Recherches Avicoles, INRA : 33.2.47.42.79.36

Document 3 : Etude des différentes voies d'élimination possibles des huîtres après enlèvement : Aspects pratiques et réglementaires

	Solutions d'élimination	Aspects réglementaires	Aspects pratiques		Conditions	
			Avantages	Inconvénients		
Élimination des huîtres	Voie terrestre	Déchetterie/ centre enfouissement technique	Interdit			
		Incinération	Autorisé	Rapide et efficace	Onéreux. Problèmes du transport et du stockage à terre.	Nécessite un stockage permanent d'huîtres sur place, interdit à priori.
		Voie ostréicole	Douteux	Pratique si proximité du site de gestion avec la concession	Peut être mal accepté par la profession.	Uniquement si besoin particulier pour un ostréiculteur et si petites quantités
		Enfouissement	Interdit			Utilisation de chaux vive pour les rendre inertes ?
		Les brûler	Interdit			
		Rejet en mer	A priori autorisé si huîtres vivantes	Rapide et efficace, limite les manutentions	Nécessite un bateau. Mal vu, en particulier par les pêcheurs, risque de conflits. Mauvaise image environnementale. Huître supporte bien la pression : risque de foyer de dissémination ?	Bien choisir le site pour limiter les conflits et les atteintes à d'autres espèces. Veillez à avoir toutes les autorisations requises
Voie maritime	Enfouissement sous sédiment	A priori pas interdit	Les huîtres meurent	Mauvaise image environnementale. Coût élevé. Pollution potentielle.	Bien choisir le site (pas dans un herbier par exemple). Manutentions en hiver.	

Document 4 : Mise en place des scénarii de gestion en rade de Brest

Mise en place sur des sites fréquentés pour des usages de loisirs :

Communes	Sites pilotes choisis	Pourquoi	Intervenants	Période	Financement	Technique
LOGONNA- DAOULAS	Plages de Porsisuen et Bindy	Coupures des baigneurs. Plages les plus fréquentées.	Chantier de réinsertion : Association Don Bosco.	Hiver 2007-2008	Commune de Logonna en ½ journées de voile	3 sorties à 4 personnes Ecrasement des huîtres (masse)
	Cale de Moulin Mer	Coupures des baigneurs. Altération des bateaux.	Association AGSEL.	Hiver 2007-2008	Commune de Logonna Coût : 175 euros/journée/homme	1 sortie à 2 personnes Grattage des huîtres (bêche)
	Centre Nautique de Moulin Mer	Coupures des enfants.	Chantier de réinsertion : Association Don Bosco	Oct 2007	Commune de Logonna en ½ journées de voile	1 sortie à 4 personnes Déplacement des blocs recouverts d'huîtres
PLOUGASTEL- DAOULAS	Plage et cale du port de Lauberlac'h	Coupures des baigneurs.	Association de quartier	Mai 2008	Bénévolat	1 sortie à 10 personnes Enlèvement puis écrasement des huîtres (marteau-burin, masse)
LANDEVENNEC	Cale du port de plaisance	Coupures des baigneurs.	Association des plaisanciers	Nov 2007	Bénévolat	1 sortie à 8 personnes Grattage des huîtres

Mise en place de sites de référence biodiversité sans huître :

Communes	Localisation	Surface	Nettoyage	Période	Financement	Suivi
Plougastel-Daoulas	Grève de Kergarvan	~ 1800 m ²	Association AGSEL Enlèvement des huîtres (marteau-burin)	Février 2008	Brest Métropole Océane Coût : 175 euros/journée/homme	LEMAR (IUEM)
Logonna-Daoulas	Grève à l'ouest de Moulin Mer	~ 1400 m ²	LEMAR (IUEM) Ecrasement des huîtres (bêche, masse, piolet)	Hiver 2008	LEMAR (IUEM)	LEMAR (IUEM)

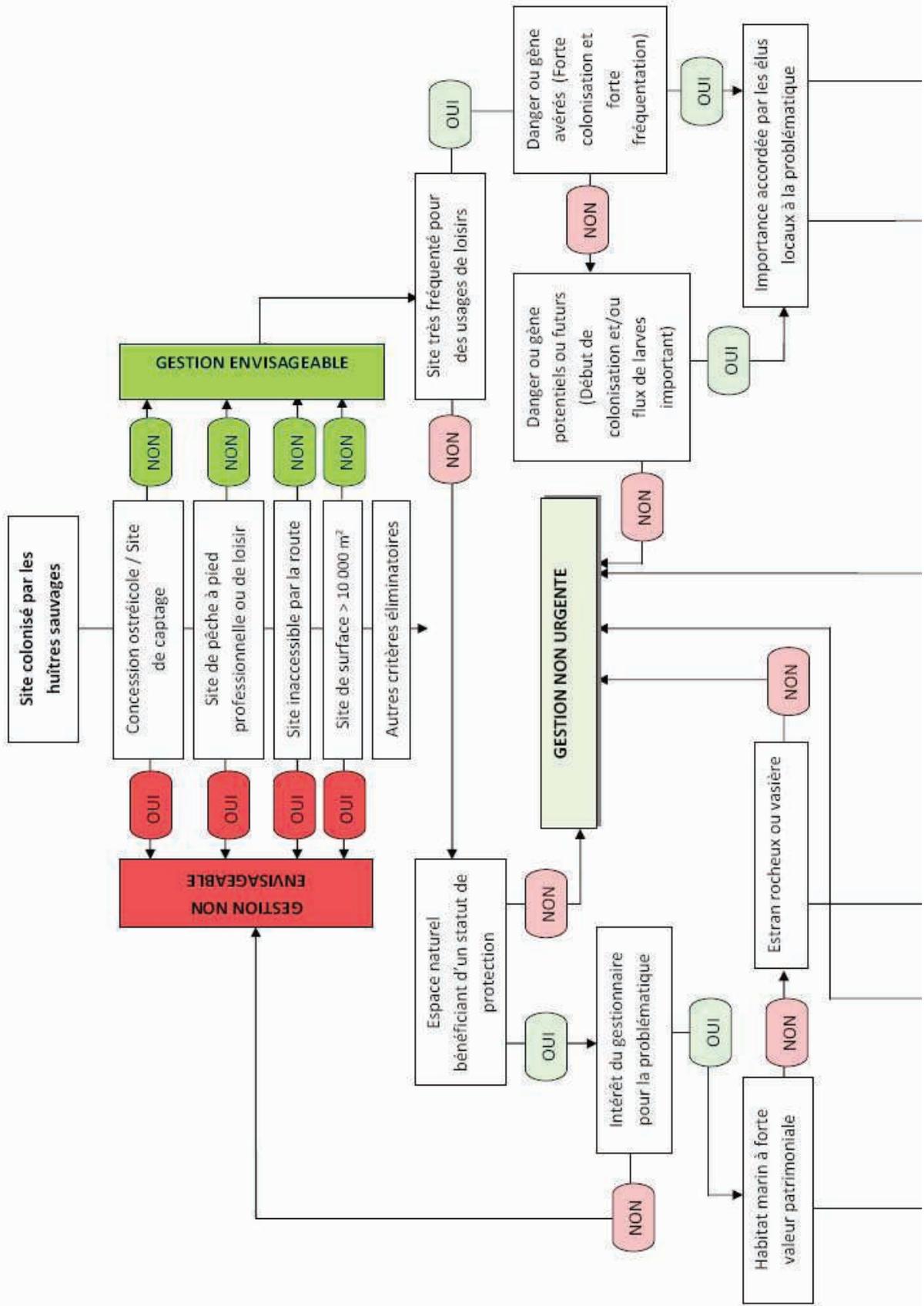
Document 6 : OU AGIR EN PRIORITE ? BASES DE LA MISE EN PLACE D'UN SIG D'AIDE A LA DECISION EN APPROCHE GLOBALE

Espaces naturels très fréquentés	Espaces naturels protégés
Usages de loisirs	Milieux naturels et habitats
Cales de mise à l'eau, quais, digues	Habitats intertidaux protégés et/ou à forte valeur patrimoniale (champs de blocs, herbiers, récifs d'hermelles, bancs de pousse-pied...)
Plages, grèves comportant des zones de roche affleurantes	Portion d'estran à fort caractère paysager
Plages et grèves les plus fréquentées	Portions d'estrans rocheux présentant un intérêt particulier en termes de biodiversité
Centres nautiques	
Sites de pêche à pied de loisir les plus fréquentés	
Chemins les plus fréquentés	
Chenaux de navigation	
Localisation d'associations locales (plaisanciers, riverains, écoles de voiles, clubs sportifs, centre de réinsertion...)	
Huîtres sauvages	
Localisation des zones colonisées par les huîtres, classées selon leur indice de densité	
Localisation des zones de récifs d'huîtres sur roche	
Localisation des zones de récifs d'huîtres sur sédiments meubles	
Localisation des zones pas ou peu colonisées	
Modélisation des flux larvaires et localisation des sites les plus touchés	
Statuts de protection des habitats et espèces littoraux et marins	
Site Natura 2000, Réserve naturelle, Parc national, arrêté de biotope, site classé/inscrit, réserve géologique...)	
Activités professionnelles	
Sites de pêche à pied professionnelle (huîtres, palourdes, praires...)	
Concessions ostréicoles / mytilicoles	
Sites de captage d'huîtres	
Accès par la route	
Zones inaccessibles par la route (situées à plus de 500 m d'un accès par la route)	
Sites directement accessibles par la route (situés à moins de 500 m d'un accès par la route)	
Parkings situés en bordure d'estrans rocheux	
Sites déjà répertoriés	
Sites faisant l'objet d'une plainte ou d'une demande de gestion	
Sites connus pour être dangereux (coupures), ou contraignant pour des activités littorales (plaisance, pêche...)	
Géologie	
Nature de la roche	

D'autres critères peuvent venir compléter le choix des sites de gestion prioritaires (liste non exhaustive) :

Sites « Usages de loisirs »	Sites « Espaces naturels protégés »
Avis final du maire ou des élus de la commune concernée	Avis final du gestionnaire selon ses propres contraintes
Avis des différents intervenants en fonction de leurs propres contraintes (professionnels, associations...)	Avis final des spécialistes pour le choix des sites de référence sans huître qui doivent présenter une similitude en termes de biodiversité pour que les résultats soient comparables entre eux par la suite
Site sur lequel une association locale accepterait de s'impliquer dans la gestion des huîtres	
Site le plus fréquenté par les touristes (image de la commune)	

Document 7 : PEUT-ON AGIR ET AVEC QUEL TYPE DE GESTION ? ORGANIGRAMME D'AIDE A LA DECISION EN APPROCHE LOCALE



Document 8 : Fiche pratique d'aide à la gestion

1) Modalités pratiques d'enlèvement des huîtres

		Huîtres sur surface lisse (béton, pierre)	Huîtres à plat sur roche	Huîtres en récifs sur roche	Huîtres sur blocs			
Enlèvement des huîtres	Surface maximale à traiter	200 m ²	Inférieure à 2000 m ²					
	Technique	Grattement de la surface de haut en bas ou sur le côté	Eclatement et/ou enlèvement		Enlèvement des récifs Eclatement des huîtres ou non		Déplacement des blocs Enlèvement des huîtres ou éclatement	
	Enlèvement et/ou destruction	ELF*	ELF	ENP*	ELF	ENP	ELF	ENP
	Enlèvement (valves sup. et inf.)	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI
	Destruction (par éclatement)	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON
	Outils	Bêche	Masse ou piolet (éclatement) Marteau-burin (enlèvement)		Masse, piolet ou marteau-burin		Barre à mine Marteau-burin	
	Temps en m ² /pers/heure	Entre 5 et 10 m ² /pers/heure	Entre 20 (si éclatement) et 40 (si enlèvement) m ² /pers./heure					
	Temps en min/pers/m ²	Entre 5 et 10 min/pers/m ²	Entre 2 (si éclatement) et 5 (si enlèvement) min/pers./m ²					
	Quantité d'huîtres enlevées en kg/m ² (densité > 100 ind/ m ²)	Environ 15 kg par m ²						
Devenir des huîtres enlevées et/ou des débris d'huîtres	Huîtres entières et fragments d'huîtres laissés sur place							
Suivi après enlèvement	Vitesse d'érosion des valves inférieures fixées	Plus d'un an						
	Vitesse d'érosion des huîtres roulantes	2 à 3 mois (suivant la fréquence des tempêtes)						
	Mode de dispersion des coquilles	Vers le haut et latéralement sur plusieurs centaines de mètres						
	Vitesse de disparition de la chair	En une marée						
	Vitesse de disparition des mauvaises odeurs	En une marée						

Intervenants	Intervenants bénévoles possibles (non exhaustif)	<ul style="list-style-type: none"> - Associations d'usagers : plaisanciers, riverains - Associations de gestion d'espaces naturels - Centre nautique : dans le cadre de classes de mer par exemple
	Intervenants non bénévoles possibles (non exhaustif)	<ul style="list-style-type: none"> - Professionnels qualifiés : ouvriers des espaces verts, du littoral - Chantiers éducatifs, chantiers de réinsertion - Employés communaux
	Impressions recueillies	Travail pénible, qui s'apparente à un travail agricole (difficulté, pénibilité, dangerosité), mais qui reste tout à fait faisable par toute personne de plus de 12 ans (utilisation d'outils dangereux)
	Conseils pratiques	<ul style="list-style-type: none"> - Le site peut être divisé en sous-zones pour faciliter l'organisation du nettoyage - Pas plus de 3h de nettoyage par jour, pas plus de 2 jours de suite
	Cadre scientifique	<ul style="list-style-type: none"> - Etat des lieux avant intervention : description du site et prise de clichés - Description des opérations d'enlèvement : technique, outil, durée... - Suivi après enlèvement : vitesse de disparition de la chair, d'érosion, de recolonisation...
	Documents à fournir aux intervenants et gestionnaires	<ul style="list-style-type: none"> - Les différents protocoles - Synthèse expliquant la problématiques d'invasion par l'huître sauvage (causes, conséquences, principe de gestion) - Document pratique avec : vue aérienne du site, liste des différents intervenants et leurs coordonnées, matériel, horaires des marées, plan d'accès.
	Recommandations	<ul style="list-style-type: none"> - Préserver les autres espèces animales présentes - Préserver le substrat (roche ou béton suivant les cas) - Expliquer aux éventuels observateurs les raisons de l'opération : pour éviter des opérations de destructions intempestives non cadrées. Si besoin, leur donner l'adresse du site Internet - Bien respecter le protocole et renseigner les informations demandées : cela permet d'améliorer constamment les techniques et de contrôler leur efficacité.
Pistes de valorisation	Filière de pêche à pied professionnelle	Les pêcheurs à pied professionnels peuvent ramasser les huîtres roulantes détachées lors des opérations d'enlèvement. Attendre un à deux mois pour l'érosion de la coquille. Pour la vente : nécessité d'être en zonage sanitaire de classe A.
	Filière agriculture bio	Les coquilles vides peuvent être ramassées et broyées grossièrement pour amender les champs de cultures maraichères biologiques.
	Filière compost	Les coquilles vides peuvent être ramassées puis transportées vers un centre de compostage où elles seront broyées pour alcaliniser le compost trop acide.
	Filière ostréicole	Les ostréiculteurs locaux peuvent venir ramasser les huîtres de ½ élevage (juvéniles) détachées lors des opérations d'enlèvement.
	Filière agricole ou communale	Les coquilles d'huîtres broyées grossièrement peuvent servir de remblais pour les terrains communaux ou agricoles locaux.

PROGIG

Intervenants	Intervenants bénévoles possibles (non exhaustif)	<ul style="list-style-type: none"> - Associations d'usagers : plaisanciers, riverains - Associations de gestion d'espaces naturels - Centre nautique : dans le cadre de classes de mer par exemple
	Intervenants non bénévoles possibles (non exhaustif)	<ul style="list-style-type: none"> - Professionnels qualifiés : ouvriers des espaces verts, du littoral - Chantiers éducatifs, chantiers de réinsertion - Employés communaux
	Impressions recueillies	Travail pénible, qui s'apparente à un travail agricole (difficulté, pénibilité, dangerosité), mais qui reste tout à fait faisable par toute personne de plus de 12 ans (utilisation d'outils dangereux)
	Conseils pratiques	<ul style="list-style-type: none"> - Le site peut être divisé en sous-zones pour faciliter l'organisation du nettoyage - Pas plus de 3h de nettoyage par jour, pas plus de 2 jours de suite
	Cadre scientifique	<ul style="list-style-type: none"> - Etat des lieux avant intervention : description du site et prise de clichés - Description des opérations d'enlèvement : technique, outil, durée... - Suivi après enlèvement : vitesse de disparition de la chair, d'érosion, de recolonisation...
	Documents à fournir aux intervenants et gestionnaires	<ul style="list-style-type: none"> - Les différents protocoles - Synthèse expliquant la problématiques d'invasion par l'huître sauvage (causes, conséquences, principe de gestion) - Document pratique avec : vue aérienne du site, liste des différents intervenants et leurs coordonnées, matériel, horaires des marées, plan d'accès.
	Recommandations	<ul style="list-style-type: none"> - Préserver les autres espèces animales présentes - Préserver le substrat (roche ou béton suivant les cas) - Expliquer aux éventuels observateurs les raisons de l'opération : pour éviter des opérations de destructions intempestives non cadrées. Si besoin, leur donner l'adresse du site Internet - Bien respecter le protocole et renseigner les informations demandées : cela permet d'améliorer constamment les techniques et de contrôler leur efficacité.
Pistes de valorisation	Filière de pêche à pied professionnelle	Les pêcheurs à pied professionnels peuvent ramasser les huîtres roulantes détachées lors des opérations d'enlèvement. Attendre un à deux mois pour l'érosion de la coquille. Pour la revente : nécessité d'être en zonage sanitaire de classe A.
	Filière agriculture bio	Les coquilles vides peuvent être ramassées et broyées grossièrement pour amender les champs de cultures maraîchères biologiques.
	Filière compost	Les coquilles vides peuvent être ramassées puis transportées vers un centre de compostage où elles seront broyées pour alcaliniser le compost trop acide.
	Filière ostréicole	Les ostréiculteurs locaux peuvent venir ramasser les huîtres de ½ élevage (juvéniles) détachées lors des opérations d'enlèvement.
	Filière agricole ou communale	Les coquilles d'huîtres broyées grossièrement peuvent servir de remblais pour les terrains communaux ou agricoles locaux.

*ELF = Espace de Loisirs Fréquenté ENP = Espace Naturel Protégé

2 - Personnes à prévenir dans le cas d'une gestion sur un espace fréquenté pour usages de loisirs

Types d'acteurs			Motifs
Autorités départementales	Préfecture	Lettre	Demande d'autorisation
	DDASS	Lettre	Expliquer la problématique et informer sur les modalités pratiques
	Affaires maritimes	Entretien	Expliquer la problématique et informer sur les modalités pratiques
	Section régionale conchylicole locale	Entretien	Expliquer la problématique et informer sur les modalités pratiques
Autorités locales	Maire	Entretien	Demande d'autorisation Choix du site si nécessaire
	Elus et responsable environnement	Entretien	Expliquer la problématique et informer sur les modalités pratiques.
Acteurs professionnels locaux	Comité local des pêches (pêcheurs et pêcheurs à pied professionnels)	Entretien téléphonique	Expliquer la problématique et informer sur les modalités pratiques de gestion.
	Ostréiculteurs et mytiliculteurs locaux	Entretien	Expliquer la problématique et informer sur les modalités pratiques de gestion.
Acteurs locaux non professionnels	Associations de plaisanciers, de riverains, centres nautiques, pêcheurs à pied	Entretiens téléphoniques	Expliquer la problématique et informer sur les modalités pratiques de gestion. But : éviter les conflits et une mauvaise interprétation des opérations d'enlèvement
Intervenants potentiels	Associations locales, ou professionnels	Plusieurs entretiens et réunions	Expliquer la problématique et organiser les modalités pratiques de la gestion. Prendre connaissance de leurs propres contraintes
Valorisation des huîtres et coquilles vides	Agriculteurs locaux (en particulier maraichers bio), pêcheurs à pied professionnels, employés communaux	Entretiens téléphoniques puis entretiens avec les personnes intéressées	Evaluer la faisabilité de la filière de valorisation. Connaître les conditions de rentabilité (quantité, coût, transport). Fixer les modalités pratiques pour chaque étape de la filière.

3 - Personnes à prévenir dans le cas d'une gestion sur un espace naturel protégé

Gestionnaire concerné, élus de la commune concernée et les intervenants potentiels.

Acteurs professionnels : ostréicoles, pêcheurs à pieds.

4 - Modalités de mise en place de la gestion

Ordre des événements pour l'organisation de la gestion sur un site donné :

- 1) Demande d'autorisation aux autorités compétentes.
- 2) Rencontre de l' élu local et/ou du responsable environnement. Choix définitif du site si besoin.
- 3) Rencontre des usagers particulièrement concernés pour la problématique sur le site (associations locales)
- 4) Recherche d'un intervenant potentiel et rencontre
- 5) Organisation d'une réunion rassemblant ces différents acteurs : explication de la problématique, de la démarche de gestion. Fixer les modalités pratiques : jours d'intervention, modes de financement si besoin, matériel fourni...

Document 9 : Protocole de gestion : Etat des lieux, mode opératoire, résultats, suivis.

Date	
Lieu	
Coordonnées GPS	
Heure de la basse mer	
Coefficient de marée	
Nombre de participants	
Nom de la structure (association, entreprise...)	
Nombre de spectateurs	
Qui sont-ils	
Leurs questions ou remarques	

I) Etat des lieux avant nettoyage :

1) Prise de clichés

Objectif :

Prendre des clichés avant nettoyage pour garder une trace du recouvrement des différentes espèces présentes avant l'enlèvement des huîtres.

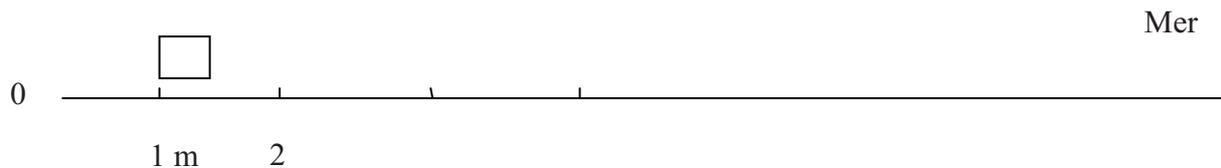
Matériel :

- Corde marquée tous les mètres
- Cadre métallique carré de 0,1 m²
- Appareil photo numérique

Disposition d'un cordage marqué tous les mètres transversalement à la bande d'huîtres sur le site de gestion.

Repérage du passage de la corde par la mise en place de repères permanents : petits plots en ciment répartis le long du passage du bout.

Prise de clichés tous les 5 m avant nettoyage. Disposer le cadre après le premier mètre. Orienter toujours les photos de la même façon (exemple : mer à droite et cadre au dessus de la corde).



PROGIG

2) Calcul de surface :

- Cale, quai, digue :

Longueur	Largeur	Hauteur	Surface

- Estran rocheux :

Méthode SIG : Contourer la zone de gestion au GPS : La surface est donnée par le logiciel ArcMap 9

Surface =

Méthode traditionnelle :

Longueur	Largeur	Surface

3) Caractérisation générale du substrat :

Type de substrat :

Recouvrement des huîtres :

- Densité (voir le tableau de correspondance des indices ci-dessous) :
- Huîtres à plat sur roche : oui non
- Huîtres en récifs : oui non

Autres espèces présentes :

Indices visuels de densité

Indice de densité	Nb d'individus par m ²	Estimation visuelle de l'indice de densité sur une bande d'1 m de large
0	0	
1	<0.01	<10 ind sur 100 m de long
2	0.01 à 1	10 ind sur 100 m de long
3	1 à 10	10 ind sur 10 m de long >10
4	10 à 100	>10 ind sur 1 m de long
5	100 à 1000	>10 ind sur 0,1 m de long

II) Opération de nettoyage :

1) Présentation des résultats attendus et du mode opératoire. Consignes de sécurité et de préservation des espèces. Rappel des techniques et outils.

2) Mode opératoire :

Mode de progression	
Mode de délimitation du site	
Délimitation de couloirs de progression	Oui Non
Techniques	
Enlèvement et/ou éclatement	
Outils	
Modalités pour respecter les autres espèces	
Devenir des huîtres enlevées	
Autre remarque	

III) Résultats :

Durée	Début nettoyage	
	Fin nettoyage	
	Début finitions	
	Fin finitions	
Durée /personne/surface		
Surface/personne/durée		
Techniques/outils les plus adaptés		
Aspect du site après nettoyage (degré de finition accepté)		
Quantité d'huîtres enlevées sur 1 m ²	Nombre :	Poids :
Evaluer la proportion d'huîtres vivantes/mortes		
Devenir des huîtres : solutions de valorisation ou de destruction testées		

IV) Avis des intervenants :

Avis général	
Evaluation de la difficulté et dangerosité	Faible Moyenne Grande
Problèmes rencontrés	
Améliorations possibles	
D'accord pour faire le suivi ? L'entretien ?	Oui Non Pourquoi

V) Suivi :

Retours sur site conseillés :

- Le lendemain
- Au bout d'un mois
- Au bout de deux mois
- Au bout de 6 mois

Retour sur site le		
Devenir des débris coquilliers	Degré d'érosion	
	Mode de dispersion	
	Disparition de la chair	Oui Partiellement Non
	Disparition de l'odeur	Complètement Partiellement
Devenir des huîtres enlevées	Degré d'érosion de la coquille	
	Couleur de la coquille	
	Mode de dispersion	
	Leur quantité paraît-elle avoir diminué (par ramassage) ?	
Devenir des valves inférieures restées sur la roche	Degré d'érosion	
Recolonisation	Par les huîtres	Oui Non Nombre de recrues par m ²
	Par d'autres espèces	Oui Non Lesquelles

ANNEXE : PARTIE CONFIDENTIELLE

Vous pouvez insérer ici toute information ou résultat qui revêt une part de confidentialité.

Merci de préciser le degré de confidentialité de ces données.

Nous vous recommandons de préciser dans la partie non confidentielle l'existence de ces données confidentielles et d'expliquer la raison de leur confidentialité.

Cette partie ne sera pas diffusée sur le site Internet du Ministère.

Cette partie peut être rendue sous forme non modifiable (fichier pdf de préférence).

Son format est laissé à la libre appréciation de ses rédacteurs.