



# Approche participative pour la modélisation qualitative de socio-écosystèmes conchylicoles dans le Golfe Normand-Breton

Léa Monnier

## ► To cite this version:

Léa Monnier. Approche participative pour la modélisation qualitative de socio-écosystèmes conchylicoles dans le Golfe Normand-Breton . Sciences et techniques des pêches. 2017. dumas-01697013

**HAL Id: dumas-01697013**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01697013>**

Submitted on 30 Jan 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AGROCAMPUS  
OUEST

☐ CFR Angers

☒ CFR Rennes



Année universitaire : 2016-2017

Spécialité : Sciences halieutiques et aquacoles

Spécialisation (et option éventuelle) :

GPECC

### Mémoire de Fin d'Études

- ☒ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- ☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- ☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

# Approche participative pour la modélisation qualitative de socio-écosystèmes conchylicoles dans le Golfe Normand-Breton

Par : Léa MONNIER



**Soutenu à RENNES le 13/09/2017**



### Devant le jury composé de :

Président : Guy FONTENELLE

Maître de stage : Sophie GOURGUET

Enseignant référent : Jean-Eudes BEURET

Autres membres du jury : Benoît SALAUN (CRC Bretagne Nord)

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST*

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation

«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»



## Fiche de confidentialité du mémoire

### Confidentialité

☐ Non ☐ Oui si oui : ☐ 1 an ☐ 5 ans ☐ 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible <sup>(1)</sup>.

Date et signature du maître de stage <sup>(2)</sup> :

**A la fin de la période de confidentialité**, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

### Droits d'auteur

L'auteur<sup>(3)</sup> **Monnier Léa**

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

☐ Oui ☐ Non

Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement<sup>(4)</sup>

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☐ la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) ☐ accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-BY-NC-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur :

### Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

☐ Oui ☐ Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement<sup>(4)</sup>

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☐ la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

## Remerciements

Mes remerciements s'adressent d'abord à mes encadrants de stage, Sophie et José, pour leur encadrement, leur disponibilité et leur soutien tout au long des six derniers mois. Merci beaucoup pour le temps consacré aux nombreuses relectures de ce mémoire et vos commentaires constructifs. C'était très agréable de travailler avec vous.

Merci également à tous les autres chercheurs impliqués dans le projet REMAIC : Cédric Bacher, Pierre Boudry, Philippe Cugier, Jeff Dambacher, Nicolas Desroy, Aline Gangnery, Sophie Girard, Patrick Le Mao, Martin Marzloff, Olivier Thébaud. Merci de m'avoir fait confiance. Merci en particulier à Martin pour les quelques heures passées devant R pour explorer des scénarii en restant calme...

Merci aux quelques conchyliculteurs rencontrés en début de stage dans les Abers pour avoir pris du temps pour me parler de leur activité avec passion.

Merci à l'équipe de l'UMR AMURE. Je pense, entre autres, à Fanny (pour ta sérénité et ton calme de vivre dans l'émerveillement), Kévin (pour toutes tes personnalités), Soazig (pour tes encouragements permanents et pour ton chocolat à la fleur de sel), Joanna (pour ces quelques semaines sympathiquement partagées), Aurélia (pour ton soutien dans la dernière ligne droite), Sophie (pour ton investissement dans le bon vivre du labo), Tangi, Adrien, Eva, Manu, Céline... C'était un plaisir de partager du temps avec vous ! Merci donc à l'ensemble du laboratoire AMURE pour cet accueil chaleureux.

Merci aussi à ceux qui ont partagé une partie de mon quotidien hors murs, je pense notamment à Gégé, grande âme de ce petit coin de terre au bout du monde... Merci pour tout. Et merci à mon coloc rappeur au rire communicatif Ntsoa Rakoto Razafimahefa ! Bien que stressantes, les dernières semaines avec toi auront été particulièrement divertissantes (ça allait ensemble) !

Merci aux personnes qui m'ont aidée à la rédaction et à la relecture de ce mémoire.

Merci enfin à l'IUEM pour le financement de ce stage.

Kenavo, ar wech'al !

*« Ici, les toits de zinc ou d'ardoises avaient remplacé les toits de tuiles rouges, et le vent, tant bien que mal, tenait lieu de soleil. Si bien que tout était grisaille, variations et harmonies de gris sur gris... Sauf le cœur de ces gens qui y habitaient, sauf aussi la nostalgie qu'on en emportait avec soi [...]. »*

Jean NEUVILLE.

# Sommaire

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introduction .....                                                                                                        | 1  |
| I - Cas d'étude : la conchyliculture dans le Golfe Normand-Breton.....                                                    | 3  |
| I-1- Le Golfe Normand-Breton : une zone de production conchylicole importante.....                                        | 3  |
| I-1-1-Le territoire étudié : la partie occidentale du Golfe Normand-Breton.....                                           | 3  |
| I-1-2- Production conchylicole.....                                                                                       | 4  |
| I-2- Interactions au sein du socio-écosystème.....                                                                        | 6  |
| I-2-1- Biologie/écologie .....                                                                                            | 6  |
| I-2-2- Interactions avec les autres usages : activités économiques et de loisir .....                                     | 7  |
| I-2-3- Encadrement de l'activité conchylicole .....                                                                       | 8  |
| II – Méthode .....                                                                                                        | 10 |
| II-1- Modélisation qualitative – contexte .....                                                                           | 10 |
| II-2- Modélisation qualitative – fondamentaux.....                                                                        | 11 |
| II-2-1- Graphes orientés .....                                                                                            | 11 |
| II-2-2- Matrices d'interactions et analyses mathématiques.....                                                            | 12 |
| II-3- Mise en œuvre de l'approche de modélisation qualitative lors d'ateliers participatifs                               | 15 |
| II-3-1- Différents types d'acteurs conviés à des ateliers participatifs .....                                             | 16 |
| II-3-2- Déroulement des ateliers : animation et schématisation des paroles d'acteurs sous forme de cartes cognitives..... | 17 |
| III – Résultats .....                                                                                                     | 18 |
| III-1- Détail des représentations obtenues lors des ateliers et synthèse .....                                            | 19 |
| III-2- Comparaison des représentations .....                                                                              | 20 |
| III-2-1- Homogénéisation des noms de variables.....                                                                       | 20 |
| III-2-2- Distribution des variables.....                                                                                  | 21 |
| .....                                                                                                                     | 22 |
| III-2-3- Représentation synthétique et identification des grands enjeux de la filière .....                               | 22 |
| III-3- Etude de scénarii.....                                                                                             | 28 |
| IV- Discussion et perspectives .....                                                                                      | 30 |
| Conclusion.....                                                                                                           | 33 |
| Bibliographie .....                                                                                                       | 34 |
| Annexes .....                                                                                                             | 37 |

## Liste des abréviations

AOP : Appellation d'Origine Protégée

BMSM : Baie du Mont-Saint-Michel

CRC : Comité Régional de la Conchyliculture

CL : Conservatoire du Littoral

DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer

DIRM : Direction Interrégionale de la Mer

DPM : Domaine Public Maritime

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

FEAMP : Fonds Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche

MSM : Mont-Saint-Michel

RéMi : Réseau Microbiologique

SRDAM : Schéma Régional de Développement de l'Aquaculture Marine

STG : Spécialité Traditionnelle Garantie

# Liste des illustrations

## Figures

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 1</b> Cadastre conchylicole.....                                                                                    | 4  |
| <b>Figure 2</b> Exemple de graphe orienté.....                                                                                | 12 |
| <b>Figure 3</b> Exemple de graphe orienté et de sa matrice d'interactions associée. Explication de lecture de la matrice..... | 12 |
| <b>Figure 4</b> Organisation de la salle lors des ateliers.....                                                               | 18 |
| <b>Figure 5</b> Cartes cognitives obtenues lors des six ateliers.....                                                         | 19 |
| <b>Figure 6</b> Distribution des variables, par dominante.....                                                                | 22 |
| <b>Figure 7</b> Représentation commune aux différents ateliers.....                                                           | 23 |
| <b>Figure 8</b> Modèle issu de l'atelier B3, utilisé pour les scénarii.....                                                   | 28 |
| <b>Figure 9</b> Résultat des effets de trois scénarii dans le modèle B3.....                                                  | 29 |
| <b>Figure 10</b> Exemple illustratif de l'effet incertain d'une diminution des déchets sur la pêche récréative.....           | 29 |

## Tableaux

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau 1</b> Tonnages et chiffres d'affaires pour les productions mytilicoles et ostréicoles de la Baie du Mont-Saint-Michel et de la côte Ouest-Cotentin..... | 6  |
| <b>Tableau 2</b> Dénomination des ateliers.....                                                                                                                    | 16 |
| <b>Tableau 3</b> Analyses synthétiques des modèles.....                                                                                                            | 20 |
| <b>Tableau 4</b> Extrait du tableau d'homogénéisation des variables (complet en annexe VI) .....                                                                   | 21 |
| <b>Tableau 5</b> Signification des liens du modèle commun.....                                                                                                     | 24 |
| <b>Tableau 6</b> Variables spécifiques à une région ou à un type d'acteur.....                                                                                     | 25 |

## Introduction

La zone côtière est la scène de nombreux usages (pêche, aquaculture, tourisme, loisirs...) et doit être appréhendée comme un socio-écosystème, c'est-à-dire un « espace composite et complexe, siège d'interactions entre des composantes physiques, biologiques et anthropiques » (COI-UNESCO, 1997). De par cette dimension multi-usage, de nombreux acteurs locaux (professionnels, administrations, associations, etc.) sont impliqués dans la gestion de la zone côtière. Les directives de gestion européennes visent à prendre en compte le point de vue de ces acteurs locaux dans les prises de décisions territoriales, notamment au travers de la Gestion Intégrée de la Zone Côtière (GIZC), qui a pour objectif d'introduire les principes du développement durable dans l'aménagement des zones littorales. Il s'agit d'une démarche d'action publique qui se veut à la fois intégrée et concertée en réponse aux besoins de gestion des externalités et interactions multiples qui caractérisent ces espaces, à la reconnaissance de la pluralité des objectifs du développement durable et aux impératifs de décentralisation et de gouvernance qui mettent l'accent sur les conditions de participation de la société civile pour renforcer la légitimité et l'efficacité des politiques publiques. Les politiques de GIZC mettent l'accent sur la notion d'intégration, le caractère intégré s'appliquant à des dimensions multiples qui concernent les objectifs, les instruments, les domaines d'action, les espaces, notamment pour relier les domaines terrestres et maritimes et également les connaissances et les disciplines (Rey-Valette et Antona, 2009).

L'activité conchylicole (élevage de coquillages), au caractère à la fois terrestre et marin, s'inscrit dans cet environnement particulier de la zone côtière. La conchyliculture française totalise une production moyenne de l'ordre de 150 000 tonnes de coquillages par an pour un chiffre d'affaires de l'ordre de 520 millions d'euros (en 2013). Elle emploie 18 000 personnes représentant 6 000 équivalents temps plein. L'ostréiculture produit actuellement 80 000 tonnes d'huîtres en moyenne, chiffre ayant baissé de près de 40% dans un contexte de surmortalités du naissain de captage naturel depuis 2008, pour un chiffre d'affaires de l'ordre de 390 millions d'euros (en 2013). La mytiliculture, quant à elle, produit 75 000 tonnes de moules engendrant un chiffre d'affaires estimé à 130 millions d'euros (Cabinet Ithaque, 2013).

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet de recherche REMAIC (Représentation intégrée de socio-écosystèmes à spécialisation conchylicole à l'aide de méthodes de modélisation qualitative par matrices d'interactions) financé par l'axe 8 du LabexMER (laboratoire d'excellence). Cet axe a pour vocation de soutenir les actions de recherche s'intéressant à la gestion des socio-écosystèmes marins et côtiers dans une perspective interdisciplinaire associant sciences naturelles et sciences sociales. Le projet REMAIC a pour objectifs de construire des modèles qualitatifs du fonctionnement d'un socio-écosystème conchylicole servant de base à une modélisation dynamique intégrée, pour évaluer les conditions de durabilité de la conchyliculture. Il implique les acteurs en lien avec ce secteur, dans le but d'avoir leur représentation de l'insertion de l'activité conchylicole au sein du socio-écosystème. Le projet associe des chercheurs de différents laboratoires Ifremer (AMURE, LEMAR, DYNECO, LER/BN et LER/N, liste en annexe I). Il associe également Jeffrey Dambacher (chercheur en mathématiques au CSIRO, Australie) qui a animé un premier atelier de lancement de REMAIC en juin 2016 avec des chercheurs de l'Ifremer. Le cas d'étude privilégié est celui de la conchyliculture dans le Golfe Normand-Breton, qui regroupe deux bassins de production conchylicole (la Baie du Mont-Saint-Michel et la côte

Ouest-Cotentin) importants à l'échelle nationale (40% de la production de moules de bouchot, 20% de la production d'huîtres). Ce stage a pour objectif de répondre à la question suivante : ***Quels sont les enjeux actuels et les leviers d'action pour la durabilité de l'activité conchylicole dans le Golfe Normand-Breton ?***

Afin de répondre à cette problématique, la modélisation qualitative en tant qu'approche participative a été testée dans le projet REMAIC qui peut être vu comme un projet pilote. Ce type de modélisation présente plusieurs avantages pour faciliter la participation des acteurs locaux (dessins, etc.) et elle permet l'analyse de socio-écosystèmes dans leur complexité. Cet outil de modélisation a déjà été mis en œuvre en Australie et dans d'autres sites d'étude par Jeffrey Dambacher (Barber *et al.*, 2015). Lors de ce stage, différentes représentations du socio-écosystème à spécialisation conchylicole du Golfe Normand-Breton ont donc été construites au cours d'ateliers participatifs impliquant différents acteurs en lien avec la conchyliculture. Chaque atelier, suivant une méthode de *Focus group*, a réuni un type d'acteurs : (i) professionnels ; (ii) institutions ; et (iii) associations environnementales et autres usagers de la zone côtière. Ces ateliers avaient pour but d'obtenir des cartes cognitives, traitant du sujet suivant : « la durabilité de la conchyliculture dans le Golfe Normand-Breton : la Baie du Mont-Saint-Michel/la côte Ouest-Cotentin ». Ces représentations visent à mieux comprendre les différentes dimensions écologiques, économiques et sociales qui interviennent dans ces socio-écosystèmes afin d'en déduire la dynamique qui découle de leurs interactions. C'est grâce à l'étude de ces cartes et des discussions qui ont eu lieu lors des ateliers que l'on se propose de mettre en évidence les enjeux actuels pour le secteur conchylicole, et de déterminer s'il ressort des cartes des spécificités par type d'acteur ou par région. De plus, afin d'étudier d'éventuels leviers d'action au regard des enjeux identifiés, des scénarii de changement d'état de certaines composantes du socio-écosystème et la conséquence de ces changements sur les autres éléments du système ont été explorés grâce à une approche mathématique de matrices d'interactions.

Après une présentation du cas d'étude de la conchyliculture dans le Golfe Normand-Breton dans une première partie, la deuxième partie présente la méthodologie utilisée de modélisation qualitative au cours d'ateliers participatifs. Les résultats obtenus lors de la mise en œuvre de cette méthodologie sont présentés dans un troisième temps avant d'être finalement discutés et mis en perspective dans une quatrième et dernière partie.

# I - Cas d'étude : la conchyliculture dans le Golfe Normand-Breton

## I-1- Le Golfe Normand-Breton : une zone de production conchylicole importante

Cette section a pour objectif de présenter le territoire étudié, et comment l'activité conchylicole s'y insère.

### I-1-1-Le territoire étudié : la partie occidentale du Golfe Normand-Breton

Cette étude se concentre sur une partie du Golfe Normand-Breton. Cette partie du golfe, que nous appellerons par la suite le territoire d'étude, comprend deux sites accolés : la baie du Mont-Saint-Michel (BMSM), qui s'étend à terre de Cancale (Ille-et-Vilaine, Bretagne) à Granville (Manche, Normandie), et la côte Ouest Cotentin, de Granville à Flamanville incluant l'archipel de Chausey (Manche, Normandie), cf. figure 1. Le Golfe Normand-Breton est une entité biogéographique dont les caractéristiques principales sont les amplitudes de marée (jusqu'à 15 mètres de marnage en baie du Mont-Saint-Michel) qui sont à l'origine d'intenses courants de marée, ainsi que sa faible profondeur et ses vastes estrans. De nombreuses études biologiques et écologiques ont été menées au niveau du golfe, notamment en écologie benthique, fournissant une base de connaissances scientifiques solide sur ce territoire (Rollet et Dedieu, 2012).

Les projets menés à cette échelle de territoire sont relativement rares mais on recense tout de même récemment le projet de Parc Naturel Marin Normand-Breton (Dedieu *et al.*, 2011). Initié en 2011 et prenant la suite du projet de Gestion Intégrée de la Zone Côtière GIZC porté par l'association interdépartementale Manche-Ille-et-Vilaine (Queffelec et Kervarec, 2010), ce projet a donné lieu à des ateliers de concertation dans une démarche d'intégration des parties prenantes tenant compte de la vision des acteurs sur les usages et interactions. Ce projet est en sommeil depuis 2013. D'après les acteurs locaux, cela s'explique en partie par le fait que la démarche ait été une démarche « top-down » (échange téléphonique avec T. Robin, Conseil Départemental d'Ille et Vilaine, 2017). La rareté des projets à l'échelle du golfe s'explique notamment par le fait que ce territoire d'étude ne forme pas en soi une entité administrative, ni une entité conchylicole. En effet, il se partage entre deux départements (Ille-et-Vilaine et Manche) appartenant à deux régions différentes : la Bretagne et la Normandie.

Le territoire étudié, entre terre et mer, fait l'objet de mesures de protection environnementale notamment des zones Natura 2000 et, dans la baie du Mont-Saint-Michel, une protection au titre de la convention Ramsar ainsi qu'une labellisation Grand Site de France. Depuis la création du Domaine Public Maritime (DPM), zone où se déroulent les activités d'élevage de la conchyliculture, sa gestion a été exclusivement la compétence de l'Etat. Cette zone est constituée du sol et du sous-sol de la mer, compris entre la limite haute du rivage, et la limite, côté large, de la mer territoriale. La loi du 27 février 2002 (Art. L322-6 du code de l'environnement) définit le mode d'intervention par le Conservatoire du Littoral (CL) sur le Domaine Public Maritime. Cette loi attribue des compétences au CL en matière d'acquisition de sites à des fins de protection et de conservation. Le CL met en œuvre son propre dispositif de gestion intégrée, notamment des activités sur les espaces concernés (dont la conchyliculture). Cela a entraîné la signature d'une convention de partenariat entre le Conservatoire du littoral et le Comité Régional de la Conchyliculture Manche-mer du Nord pour le DPM attribué autour des Iles Chausey.

## I-1-2- Production conchylicole

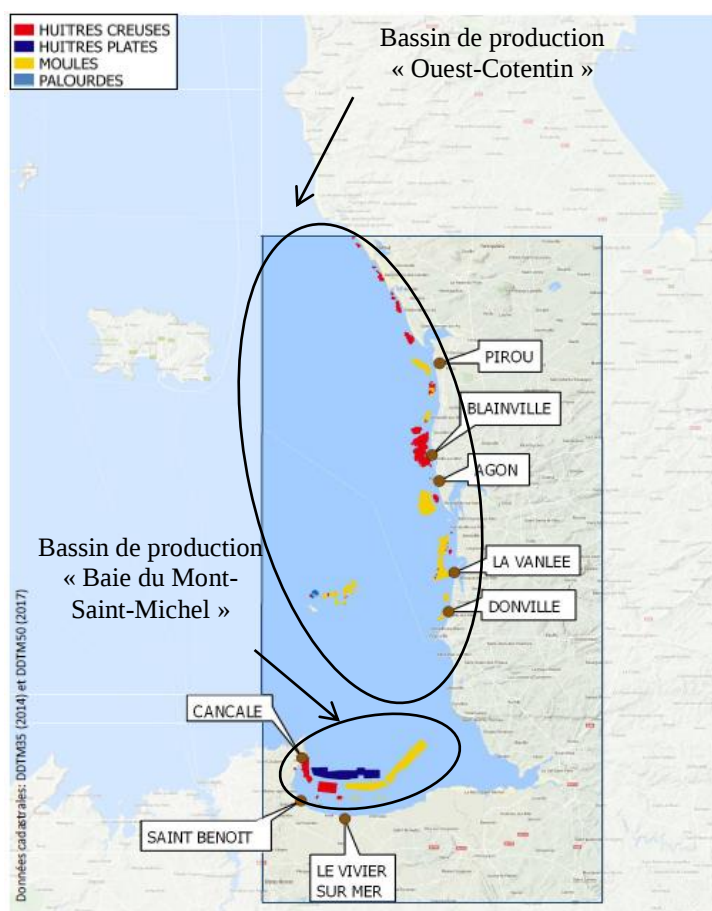


Figure 1 Cadastre conchylicole. La partie encadrée en bleu correspond au territoire étudié. Données DDTM35 (2014) et DDTM50 (2017).

Bien que la baie du Mont-Saint-Michel s'étende sur deux régions, la conchyliculture n'est présente que sur la partie du DPM dont la gestion administrative est assurée par la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) d'Ille et Vilaine. Ce site sera donc désigné comme le site breton dans la suite du rapport. Le site Ouest Cotentin sera quant à lui désigné comme le site normand.

### La mytiliculture

En Bretagne, la culture de moules sur bouchot est apparue en 1954 sous l'impulsion des élus de la commune du Vivier-sur-Mer. En 1958, des mytiliculteurs charentais ayant subi de fortes mortalités sur leurs productions en Charente s'installent au Vivier pour développer leur activité (Frangouides, 1999). Le port mytilicole "Le Vivier / Cherrueix" est aujourd'hui le plus important de France. L'espèce de moule cultivée dans les deux bassins de production (baie du Mont-Saint-Michel et Ouest Cotentin) est *Mytilus edulis*. Après captage du naissain sur la côte Atlantique, elle est élevée sur bouchot, c'est-à-dire enroulée autour de pieux en bois alignés, sur l'estran. La moule de bouchot de la baie du Mont-Saint-Michel fait l'objet d'une Appellation d'Origine Protégée (AOP) « Moules de bouchot de la baie du Mont-Saint-Michel » depuis 2011. C'est le premier produit de la mer à bénéficier d'une telle appellation. C'est après avoir atteint la capacité de charge du bassin breton que les mytiliculteurs ont décidé de s'organiser autour de la production (établissement de normes de qualité et respect d'un cahier des charges d'adhésion volontaire). Malgré les contraintes que cette démarche

Les activités conchylicoles dans la baie du Mont-Saint-Michel et sur la côte Ouest - Cotentin sont principalement la mytiliculture et l'ostréiculture qui représentent respectivement 24 000 tonnes et 15 000 tonnes annuellement (CRC Bretagne Nord, 2016 et CRC Normandie - Mer du Nord, 2016). De façon plus anecdotique, la vénériculture (élevage de palourdes) représente une production de l'ordre de 80 à 240 tonnes/an selon les années, concentrée autour des îles Chausey (Conseil Départemental de la Manche, 2015).

On distingue deux bassins de production : la baie du Mont-Saint-Michel et l'Ouest-Cotentin, sites conchylicoles importants en France puisqu'ils représentent 40% de la production mytilicole et 20% de la production ostréicole. La disposition des concessions conchylicoles, aussi appelée cadastre, est présentée figure 1.

impose, les professionnels bénéficient d'une plus-value considérable du fait de la forte demande existante de moules de bouchot de qualité. Cette démarche s'avère également efficace pour gérer la ressource en adaptant des niveaux de production à la capacité de charge du bassin. A l'heure actuelle, tous les mytiliculteurs adhèrent à l'AOP, et la très grande majorité des moules est commercialisée sous AOP (une petite partie l'est sous le signe STG - Spécialité Traditionnelle Garantie) (CRC Bretagne Nord, 2016). Egalement produite sur bouchot en Normandie, la moule n'y fait toutefois pas l'objet d'une AOP.

## **L'ostréiculture**

La culture des huîtres s'est implantée au XIX<sup>ème</sup> siècle avec l'arrivée d'ostréiculteurs charentais dans de nouveaux sites de production en Bretagne et en Normandie, et s'est développée au XX<sup>ème</sup> siècle. Suite aux épisodes d'épidémies massives affectant les élevages d'huître plates (*Ostrea edulis*), puis ceux de sa remplaçante, l'huître portugaise (*Crassostrea angulata*), l'élevage de l'huître creuse, aussi appelée huître japonaise, *Crassostrea gigas*, est devenu largement majoritaire. Alors que la Charente a une histoire conchylicole ancienne et s'est spécialisée dans le captage de naissain, l'affinage et la vente au consommateur final, la Bretagne et la Normandie assurent le demi-élevage et l'élevage. En baie du Mont-Saint-Michel, deux types d'huîtres sont produites : l'huître creuse est élevée dans des poches sur tables sur l'estran ; et l'huître plate est élevée à plat dans la zone subtidale. Quant à eux, les conchyliculteurs normands ne produisent que l'huître creuse, sur tables.

Ostréiculture et mytiliculture se différencient selon plusieurs aspects. Alors que les moules sont produites sur un cycle court de 12 à 18 mois, les huîtres sont élevées en moyenne pendant trois ans. La saisonnalité est également différente : les huîtres sont vendues principalement à la période des fêtes de fin d'année, alors que la saison des moules est plus étendue, de juillet à octobre avec un pic estival. Tandis que la production française d'huîtres couvre l'ensemble de la consommation nationale et que l'excédent des échanges extérieurs d'huîtres atteint 15 millions d'euros en 2003, les échanges de moules sont déficitaires de 72 millions d'euros d'import (Girard *et al.*, 2005). Les entreprises mytilicoles ont donc beaucoup plus de facilités à écouler leur production sur le marché, et cette différence a un impact fort sur la stabilité économique des entreprises, et par extension sur l'enjeu de la pérennisation des activités conchylicoles.

Le cadastre conchylicole, document dressant l'état de la propriété foncière du territoire, est tenu par la DDTM : il identifie, répertorie et immatricule toutes les parcelles du DPM concédées à des fins de cultures marines. Il a évolué avec le temps, son évolution la plus récente datant de 2003. Le remembrement de ce cadastre a eu pour objectif d'abandonner et transférer les zones de la partie Ouest plus soumises à l'envasement et peu productives. Certaines concessions étaient devenues difficilement exploitables. Par ailleurs, le gradient de productivité de la baie croissant de l'ouest vers l'est (Cugier *et al.*, 2010) et l'amélioration de la qualité de l'eau dans la zone des Hermelles ont permis une extension des zones de mytiliculture vers l'est. Cette restructuration du cadastre a permis d'éclaircir certaines zones pour améliorer la croissance, et d'investir de nouvelles zones dans l'Est de la baie avec un objectif global de maintenir la charge totale de production du bassin tout en améliorant la qualité des produits et du travail. L'espace libéré par la mytiliculture est aujourd'hui occupé par l'ostréiculture d'estran. Cette restructuration a donné lieu à des alliances et oppositions dans la profession, au travers de différents syndicats conchylicoles (Pennanguer *et al.*, 2005).

## Quelques chiffres sur la conchyliculture dans la baie du Mont-Saint-Michel et sur la Côte Ouest-Cotentin

Tableau 1 Tonnages et chiffres d'affaires pour les productions mytilicoles et ostréicoles de la Baie du Mont-Saint-Michel et de la côte Ouest-Cotentin. Les « ? » signifient que les données ne sont pas connues. (Source : CRC Bretagne Nord 2015 et CRC Normandie - Mer du Nord 2016)

|           | Moules         |             | Huîtres        |             |                |             | Total          |             |
|-----------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
|           |                |             | Creuses        |             | Plates         |             |                |             |
|           | Production (t) | Valeur (M€) | Production (t) | Valeur (M€) | Production (t) | Valeur (M€) | Production (t) | Valeur (M€) |
| Bretagne  | 11 000         | 20          | 3 750          | ?           | 850            | ?           | 15 600         | 62          |
| Normandie | 14 500         | 26          | 10 500         | 30          | 0              | 0           | 25 000         | 56          |

Le tableau 1 présente les tonnages et les chiffres d'affaires pour chaque espèce. Certains concessionnaires ne produisent qu'une espèce, alors que d'autres ont une activité mixte et produisent huîtres et moules. En Normandie, les moules sont produites par 101 concessionnaires, dont 36 mytiliculteurs exclusifs. Les huîtres sont quant à elles produites par 161 concessionnaires, dont 96 ostréiculteurs exclusifs. 65 concessionnaires ont donc une activité mixte, élevant à la fois moules et huîtres. L'emploi direct et induit lié à l'activité de production est estimé à 750 Equivalent Temps Plein (ETP) (CRC Normandie - Mer du Nord, 2016). En Bretagne, on compte 119 entreprises qui ont une activité sur le secteur. Ces entreprises génèrent 580 emplois directs dont 150 chefs d'entreprise et 430 salariés ETP (CRC Bretagne Nord, 2016).

## I-2- Interactions au sein du socio-écosystème

L'activité conchylicole s'insère dans un socio-écosystème où elle est en interaction avec les autres composantes, qu'elles soient biologiques ou sociales.

### I-2-1- Biologie/écologie

Sur le plan biologique, moules et huîtres sont des coquillages filtreurs et se nourrissent de phytoplancton. Par conséquent, la production primaire phytoplanctonique conditionne fortement la croissance des animaux cultivés.

La ressource trophique disponible dépend des apports en sels minéraux (tels que l'azote et le phosphate), qui sont essentiels à la photosynthèse dont dépend la production de phytoplancton. Dans la baie du Mont-Saint-Michel, trois bassins versants principaux contribuent à alimenter la baie en éléments nutritifs : la Sée, la Sélune et le Couesnon. Un inter-SAGE Baie du Mont-Saint-Michel regroupant 4 SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) de la baie a été créé en 2012 afin de coordonner la gestion des eaux littorales sur les bassins de la baie. Sur la côte Ouest Cotentin, les bassins versants sont ceux de la Vanlée et de la Sienne, et la phase d'élaboration d'un SAGE Sienne-Soules-Côtiers Ouest Cotentin vient de débuter. En raison des orientations vers une diminution des apports azotés inscrites dans les SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux fixant pour six ans les orientations qui permettent d'atteindre les objectifs attendus en matière de "bon état des eaux") et les SAGE (déclinaisons de SDAGE à une échelle plus locale), le

projet IPRAC<sup>1</sup> (Cugier *et al.*, 2010) a étudié différents scénarii allant dans ce sens, en baie du Mont-Saint-Michel : l'un, « réaliste », envisageant une diminution de 30% des concentrations des apports azotés ; et l'autre, « extrême », simulant une diminution des apports d'azote à 13 mg/L sur l'ensemble des cours d'eau (objectif de la convention internationale OSPAR de 1992). Ces études ont montré que le scénario « réaliste » n'avait pas d'impact significatif sur la ressource trophique disponible, alors que le scénario « extrême » en avait un, diminuant suffisamment la quantité de nutriments pour avoir un impact sur la croissance des coquillages.

La ressource trophique disponible dépend également de la compétition avec d'autres espèces qui la consomment. Le projet IPRAC, qui a permis de construire un modèle de la ressource trophique primaire et de son partage en baie du Mont-Saint-Michel, a mis en évidence le rôle important dans cet écosystème de la crépidule, *Crepidula fornicata*, en tant que principal compétiteur trophique pour les moules et les huîtres. On trouve une biomasse de 150 000 tonnes dans la baie du Mont-Saint-Michel (contre 20 000 tonnes de biomasse de coquillages cultivés). Cette espèce non autochtone et considérée comme invasive colonise les fonds très rapidement et représente une menace pour la croissance des coquillages élevés. Le projet IPRAC a montré que le principal forçage du socio-écosystème conchylicole en baie du Mont-Saint-Michel est la crépidule, au-delà même des autres facteurs de l'écosystème (apports de bassins versant, etc.). Afin de pallier à ce problème de compétition trophique, des projets d'exploitation et de valorisation de la crépidule ont vu le jour mais sont aujourd'hui interrompus en raison de l'expiration de l'autorisation de pêche expérimentale de crépidules depuis le 31 décembre 2016 (Cultures marines, 2017).

## I-2-2- Interactions avec les autres usages : activités économiques et de loisir

En plus d'interagir avec l'écosystème, la conchyliculture n'est évidemment pas la seule activité développée sur ce territoire et elle peut interagir avec d'autres usages. Diverses autres activités économiques et non économiques prennent place comme la pêche professionnelle ou récréative, le tourisme, les activités récréatives, l'agriculture. Parmi elles, certaines sont en interaction et parfois en conflit avec l'activité conchylicole notamment lorsqu'il existe un certain degré de compétition pour les espaces ou les ressources.

Parmi les différentes activités en interaction, on compte **la pêche**. Notamment, la seiche est pêchée au chalut : cette pêche fait l'objet d'une dérogation pour pêcher dans la zone des 3 miles, au moment de la saison de la seiche, d'avril à juin. Les conchyliculteurs se plaignent alors souvent de retrouver des parties de leurs installations abimées après le passage des chaluts (Frangoudes, 1999). L'estran découvert à marée basse présente de larges surfaces exploitées par une pêche à pied professionnelle ciblant préférentiellement les crevettes grises et les petits bivalves. Cette pêche à pied peut interagir avec la conchyliculture de deux façons : compétition trophique et compétition spatiale, car plus la conchyliculture se développe sur l'estran, moins il y a d'espace pour les autres usages.

Une autre activité est **le tourisme**. Le Mont-Saint-Michel et sa baie, inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1979, ont un attrait touristique notable (plus d'un million d'entrées enregistrées à l'Abbaye en 2016), entraînant des fréquentations importantes lors des week-ends printaniers et en période estivale (Guégan, 2012). Cet attrait touristique

---

<sup>1</sup> IPRAC : Impacts des facteurs environnementaux et des pratiques conchylicoles sur l'écosystème de la baie du Mont Saint Michel et la production conchylicole

constitue un atout pour la conchyliculture en termes de consommation de produits du terroir local. Cependant, le tourisme est sensible aux externalités négatives issues de la conchyliculture et liées par exemple aux déchets biologiques et macro-déchets générés par la conchyliculture, mais aussi l'encombrement des routes par les engins conchylicoles, en période de très grande affluence de touristes, etc.

**L'agriculture** est également une activité interagissant indirectement avec la conchyliculture. Autour de la baie, l'intérieur des terres est dominé par l'agriculture et l'élevage. Le marais de Dol, proche des exploitations conchylicoles, est aménagé et cultivé depuis plusieurs siècles. On y trouve principalement des cultures céréalières, majoritairement du maïs. Au Sud Est de la baie et sur la côte Ouest Cotentin, l'élevage intensif de bovins, porcs et volailles domine, avec des cultures légumières (Conservatoire du littoral, 2010) et Frangoudes, 1999). Ces activités agricoles ont un impact direct sur la qualité des eaux des bassins versants débouchant sur le littoral. Bien que les engrais que l'on retrouve dans l'eau soient source de nutriments, les cultures riches en intrants relarguent des polluants dans le milieu. De cela résulte une méfiance des conchyliculteurs qui ont lutté à plusieurs reprises contre l'installation d'élevages hors sol. L'exemple le plus médiatisé a été celui de la manifestation sur le pont d'accès au Mont-Saint-Michel en 1991 contre l'installation de porcheries. Il a conduit à l'abandon du projet d'installation de ces porcheries, montrant ainsi le pouvoir important des conchyliculteurs, soutenus par des associations environnementales (Frangoudes, 1999).

Enfin, l'activité conchylicole s'insère dans un lieu de vie, et **les riverains et associations environnementales** sont des acteurs importants, en lien avec l'image de l'activité. Plusieurs articles de presse font référence aux déchets de moules sous-taille en baie du Mont-Saint-Michel et au projet d'extension du cadastre pour l'implantation d'élevage sur filières à l'Ouest de la baie. Un article du quotidien de l'écologie Reporterre intitulé « Les moules du Mont-Saint-Michel étouffent la baie magnifique » et daté de 2015 (Reporterre, novembre 2015) dénonce la quantité de rejets de moules sur l'estran et évoque les projets de moules sur filière au large de Cancale et Saint-Coulomb. Il dénonce les effets négatifs de la mécanisation du secteur conchylicole. Ce projet de moules sur filières, porté par le comité régional conchylicole, a fait l'objet d'une pétition, recueillant 1244 signatures, principalement de citoyens de Saint Coulomb (255), Saint-Malo (132) et Cancale (97). Finalement, ce projet a été rejeté par le Tribunal Administratif suite à la plainte d'associations environnementales et à la mobilisation citoyenne, en l'absence d'une étude d'impact environnementale malgré l'acceptation initiale du projet. Les craintes majeures évoquées par rapport aux projets de filières étaient l'envasement des plages en raison des quantités importantes de fécès rejetées par les bivalves.

### I-2-3- Encadrement de l'activité conchylicole

Etant en forte interaction avec l'écosystème et avec d'autres activités humaines, il est important de réglementer l'activité conchylicole. Cette activité est encadrée par des réglementations européennes, nationales et départementales.

## **A l'échelle européenne**

Il existe une réglementation sanitaire européenne relative aux conditions de première mise en marché des coquillages et aux contrôles sanitaires en fonction du classement de la qualité de l'eau des zones conchylicoles (Règlement (CE) N°853/2004 consolidé du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale). Ce classement est effectué par le préfet et basé sur les résultats d'analyses sur la qualité réalisées par l'Ifremer dans le cadre du réseau RéMi (Réseau Microbiologique). Il est établi sur la base d'analyses microbiologiques des coquillages issus des différentes zones, en utilisant la concentration d'*Escherichia coli* comme indicateur de contamination fécale (en nombre d'*E. coli* pour 100 g de chair et de liquide intervalvaire). Les contaminants de l'environnement sont également mesurés : plomb, cadmium, mercure, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dioxines et polychlorobiphényles (PCB).

Ce classement a des conséquences sur les conditions de mise en commercialisation des coquillages par les entreprises : en zone A, les coquillages peuvent être récoltés et mis directement sur le marché pour la consommation humaine directe ; en zone B, ils peuvent être récoltés mais ne peuvent être mis sur le marché pour la consommation humaine qu'après avoir été traités dans un centre de purification (48 heures) ou après reparcage ; en zone C, les coquillages peuvent être récoltés mais ne peuvent être mis sur le marché pour la consommation humaine qu'après un reparcage de longue durée ou après traitement thermique dans un établissement agréé ; et en zone NC, toute activité de pêche ou d'élevage est interdite. Dans le périmètre du territoire d'étude, les zones sont actuellement classées A ou B.

Cette réglementation européenne n'est pas sans répercussions sur l'activité conchylicole, car elle implique l'installation et l'utilisation de bassins de purification. Ces bassins ont permis une rationalisation des heures de travail en éliminant la dépendance à la marée pour s'approvisionner en produits, participant à la diminution de la charge salariale. Ils ont également permis de diversifier les activités vers le commerce d'autres coquillages, principalement issus de la pêche, entraînant une augmentation du chiffre d'affaires. Cependant, l'installation des bassins participe à l'élévation des coûts de fonctionnement. C'est également un enjeu pour l'installation de nouvelles concessions. Par exemple, c'est le reclassement de la zone Est, anciennement C, en B qui a été le feu vert à la restructuration conchylicole de 2002 suite à l'amélioration de la qualité de l'eau. Cette amélioration a été la conséquence de l'installation d'une station d'épuration traitant les eaux usées issues du Mont-Saint-Michel grâce aux manifestations de la profession en 1991 contre les projets de porcheries (Pennanguer *et al.*, 2005).

## **A l'échelle régionale**

Le Schéma Régional de Développement de l'Aquaculture Marine (SRDAM) est un schéma de planification permettant de construire des stratégies de développement du secteur aquacole dans le cadre de la croissance bleue et de la nouvelle Politique Commune des Pêche (PCP). Il recense les sites existants et les sites potentiels en tenant compte des impacts environnementaux et des bénéfices socio-économiques des activités.

## **A l'échelle départementale**

L'activité conchylicole fait l'objet d'un document départemental cadre : le schéma des structures (SDS). Ce dernier fixe le cadre de l'exploitation des cultures marines par bassin de production homogène et s'inscrit dans la politique de réglementation du DPM concédé, c'est-

à-dire qu'il détermine les implantations de cultures, les longueurs de lignes de pieux, le nombre de pieux par ligne, et le taux d'ensemencement (taux de pieux/tables en culture). Il ne limite pas les densités au sein des poches à huîtres ou sur les pieux. Ce schéma des structures comporte un volet environnemental qui est soumis à une évaluation environnementale (selon une directive européenne relative à l'évaluation d'impacts). Le SDS a pour but de réguler la densité à l'hectare (huîtres) ou à la ligne (moules) par rapport à la capacité de production. En Ille-et-Vilaine, le SDS date de 2002 et est en cours de révision. Le volet environnemental n'a pas encore été validé.

Pour le bassin de production de la Baie du Mont-Saint-Michel, le schéma actuellement en vigueur autorise uniquement certaines cultures telles que l'ostréiculture, la mytiliculture, la vénériculture. Le schéma actuel est également plutôt restrictif sur les techniques d'élevage pouvant être utilisées : les techniques sur filières, par captage et par container ne sont notamment pas permises.

L'activité conchylicole, dans le Golfe Normand-Breton, prend place dans un socio-écosystème complexe. Elle interagit fortement avec son environnement puisqu'elle repose sur l'état de la ressource trophique primaire et est très sensible à la qualité de l'eau. Activité économique, elle s'insère également parmi d'autres usages de la zone côtière avec lesquelles elle entre parfois en interaction, ce qui peut être à l'origine de conflits entre différents acteurs. Ces différents acteurs sont donc tous concernés par la réglementation et la gestion de l'activité : des professionnels, des institutions, des associations environnementales, etc. Ce sont ces acteurs qui ont été impliqués dans la mise en place de la méthodologie choisie pour le projet REMAIC : des approches participatives pour la modélisation qualitative du socio-écosystème conchylicole complexe du Golfe Normand-Breton. Cette méthodologie est développée dans la partie suivante.

## **II – Méthode**

Cette section a pour objectif de présenter l'approche de modélisation qualitative utilisée pour répondre à la problématique posée ; et comment cette approche a été mise en œuvre dans le cadre du projet REMAIC.

### **II-1- Modélisation qualitative – contexte**

La modélisation des systèmes complexes vise à comprendre leur fonctionnement, prédire leur évolution et assister à leur gestion (par exemple, via la simulation de mesures ou interventions). Par définition, chaque approche de modélisation vise à représenter la réalité de manière simplifiée en choisissant un compromis entre : (1) généralité : c'est ce qui permet de rendre le modèle transposable à d'autres cas d'étude ; (2) réalisme : c'est ce qui permet de construire une représentation du monde réel le plus fidèlement possible ; (3) précision : c'est ce qui permet de caractériser quantitativement le plus finement possible le monde représenté.

Suivant le raisonnement de Richard Levins dans les années 1960 (Levins, 1966), la diversité des approches de modélisation des systèmes complexes peut se résumer selon ces trois dimensions et notamment le choix de privilégier deux d'entre elles tout en négligeant la troisième : (1) les modèles mécanistes, tels que ceux utilisés pour les projets IPRAC (Cugier *et al.*, 2010) et OGIVE<sup>2</sup> (Gangnery *et al.*, 2008), favorisent réalisme et précision ; (2) Les modèles statistiques accordent une priorité à la généralité et la précision afin d'analyser les corrélations, sans expliciter les processus et les relations de causalité entre les éléments du système analysé. (3) Les modèles qualitatifs privilégient généralité et réalisme, au détriment de la précision. En effet, ces derniers négligent la quantification précise des processus qui régissent le fonctionnement du système (informations souvent coûteuses en temps et moyen) afin de développer une compréhension globale de la structure et du fonctionnement du système fondée sur le sens et le signe des interactions entre les différents éléments (appelés variables dans la suite de ce rapport). Les modèles qualitatifs permettent ainsi la représentation de variables de différents types (par exemple physiques, biologiques, écologiques) et intègrent facilement des informations de diverses disciplines, y compris concernant les aspects sociaux, culturels et économiques des socio-écosystèmes. La construction de tels modèles qui intègrent différentes disciplines et/ou des variables très diverses, n'est cependant pas triviale car elle requiert d'être attentif à la cohésion d'échelle entre les variables.

La modélisation qualitative permet d'analyser deux questions importantes relatives aux systèmes analysés :

1. Le système est-il stable compte tenu de sa structure ? En effet, une perturbation du système peut le déstabiliser et l'éloigner d'un état d'équilibre, ou bien le système peut revenir à une situation d'équilibre.
2. Comment le système répond-il face à des perturbations sur le long-terme ? En se fondant sur la typologie du système, la modélisation qualitative permet d'appréhender le signe (positif, négatif ou nul) de réponses de chacune des variables modélisées suite à une pression prolongée sur un ou plusieurs éléments.

## **II-2- Modélisation qualitative – fondamentaux**

### **II-2-1- Graphes orientés**

Un modèle qualitatif peut-être représenté schématiquement sous forme de graphes orientés, également appelés diagrammes orientés (figure 2), qui représentent la structure du système et les interactions entre ses différents éléments. Les premières notions de la théorie des graphes ont été développées par Euler en 1763 (Ozesmi, 1999) et sont devenues un champ de recherche à part entière en mathématiques. Harary *et al.* (1965) utilisent pour la première fois des graphes orientés dans des recherches pour l'étude empirique des propriétés structurelles du monde. Les anthropologues ont longtemps utilisé les diagrammes orientés pour représenter les différentes structures dans la société humaine (Poignonec, 2006).

Un graphe orienté est constitué de sommets (dans notre cas, de variables) et d'arcs (liens entre deux variables). Un lien peut être décrit par plusieurs caractéristiques : la direction, la polarité, la certitude. Un lien est dirigé de la variable cause vers la variable effet

---

<sup>2</sup> Outils d'aide à la Gestion Intégrée et à la Valorisation des Ecosystèmes conchyliques de Basse-Normandie

(i.e. variable impactée) (Chauvin, 2010). Au lien est associée une polarité : le lien est soit positif, soit négatif. La polarité d'un lien peut être déterminée en posant la question suivante : la cause a-t-elle un effet positif ou négatif sur la variable effet ? La représentation graphique de la polarité est la suivante : un lien positif est représenté par une flèche simple, et un lien négatif est représenté par une flèche dont l'extrémité est un cercle plein. Les liens connectent les variables entre elles. Les variables sont les objets qui composent le système que l'on étudie et sont matérialisées par des cercles ; elles forment les sommets d'un graphe.

La figure 2 montre l'exemple d'interactions entre deux variables : « plancton » et « biomasse ». Ces dernières sont reliées entre elles par deux liens. Le plancton a un effet positif sur la biomasse de coquillages car le coquillage se nourrit de plancton et se développe donc. La biomasse a quant à elle un effet négatif sur le plancton car elle en prélève, diminuant ainsi sa quantité.

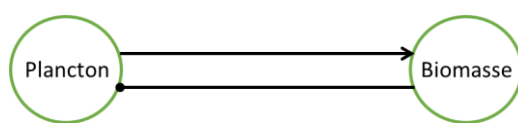


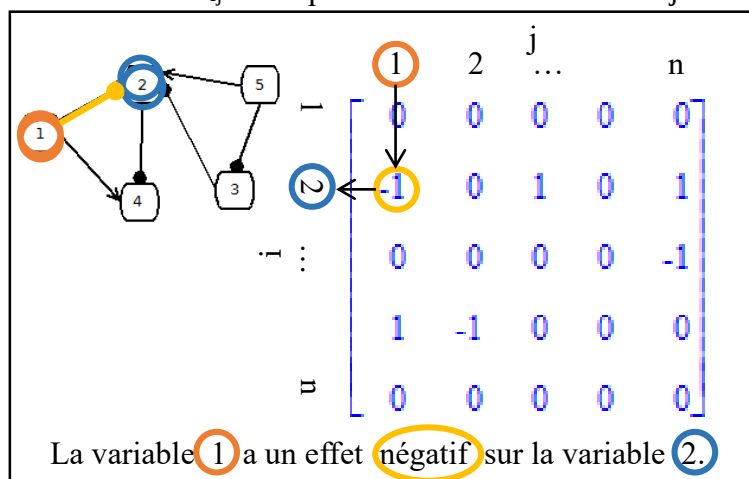
Figure 2 Exemple de graphe orienté. Les variables sont représentées par des cercles, les liens positifs entre variables par des flèches et les liens négatifs entre variables par des liens à bout rond. Les liens vont de la variable impactante vers la variable impactée.

Il existe plusieurs logiciels pour créer des graphes orientés sur ordinateur. Parmi eux, les logiciels PowerPlay et DIA sont ceux qui ont été utilisés dans le cadre de cette étude.

## II-2-2- Matrices d'interactions et analyses mathématiques

### II-2-2-1- Matrices d'interaction

Un graphe orienté, qui représente les interactions entre variables deux à deux, peut être traduit mathématiquement sous forme de matrice, appelée matrice d'interactions. Cette dernière est une matrice carrée de taille  $n$ ,  $n$  correspondant au nombre de variables du modèle. Le coefficient  $a_{ij}$  correspond à l'effet de la variable  $j$  sur la variable  $i$ . Il peut être égal à :



- -1 si l'effet direct de  $j$  sur  $i$  est négatif
- 0 si  $j$  n'a pas d'effet direct sur  $i$
- 1 si l'effet direct de  $j$  sur  $i$  est positif

La figure 3 présente un exemple de matrice d'interactions.

Figure 3 Exemple de graphe orienté et de sa matrice d'interaction associée. Explication de lecture de la matrice.

Des analyses mathématiques reposant sur des calculs matriciels peuvent être réalisées à partir des matrices d'interactions obtenues via les logiciels de représentation PowerPlay et DIA. Les analyses effectuées portent sur l'étude de la stabilité du système et sur la réponse du système à une perturbation.

### Stabilité du système

Un système à l'équilibre est dit stable si, suite à une perturbation petite et soudaine sur une ou plusieurs de ses variables, toutes les variables convergent vers leur niveau d'équilibre initial. La stabilité peut ainsi être vue comme une capacité d'un système (vivant) à persister dans son état actuel malgré des perturbations (Dambacher, 2003). La stabilité d'un système peut ainsi être associée à sa capacité de résilience.

Lyapunov a défini la stabilité d'un système reposant sur les valeurs propres ( $\lambda$ ) de la matrice d'interactions, qui sont les racines de l'équation caractéristique  $|A - \lambda I| = 0$ , où  $I$  est la matrice identité. Le polynôme caractéristique résultant est de la forme  $a_0\lambda^n + a_1\lambda^{n-1} + \dots + a_n = 0$  (Dambacher, 2003).

La stabilité d'un système dépend notamment des boucles de rétroaction présentes dans le système (Dambacher, 2003). On appelle une boucle de rétroaction, ou encore feedback en anglais, un chemin partant d'une variable et revenant à cette variable en passant, ou non, par d'autres variables du système. Si le produit des liens est positif, il s'agit d'une boucle de rétroaction positive. A l'opposé, si le produit est négatif, il s'agit d'une boucle de rétroaction négative. Alors que les boucles de rétroaction négative apportent de la stabilité au système, les boucles de rétroaction positive « s'auto-alimentent » et déstabilisent le système. L'analyse de la stabilité d'un système implique donc l'identification des cycles de feedback positifs et négatifs qui émergent de tout le réseau d'interactions. Le feedback au niveau  $k$  (i.e. contenant  $k$  variables) est donné par l'équation (1) (Puccia et Levins, 1985).

$$F_k = \sum_{all\ m} (-1)^{m+1} L(m, k) \quad (1)$$

Où  $L(m, k)$  est le produit de  $m$  boucles disjointes avec  $k$  variables.

Afin d'étudier la stabilité, on se réfère aux déterminants de Hurwitz ( $H$ ) qui se calculent de la manière suivante :

$$\begin{aligned} H_1 &= -F_1 \\ H_2 &= \begin{vmatrix} -F_1 & -F_3 \\ -F_0 & -F_2 \end{vmatrix} \\ H_3 &= \begin{vmatrix} -F_1 & -F_3 & -F_5 \\ -F_0 & -F_2 & -F_4 \\ 0 & -F_1 & -F_3 \end{vmatrix} \\ H_n &= \begin{vmatrix} -F_1 & -F_3 & -F_5 & \dots & -F_{2n-1} \\ -F_0 & -F_2 & -F_4 & \dots & -F_{2n-2} \\ 0 & -F_1 & -F_3 & \dots & -F_{2n-3} \\ 0 & -F_0 & -F_2 & \dots & -F_{2n-4} \\ 0 & 0 & -F_1 & \dots & -F_{2n-5} \\ 0 & 0 & -F_0 & \dots & -F_{2n-6} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & -F_n \end{vmatrix} \end{aligned}$$

Où  $||$  est le symbole du déterminant de la matrice.

La stabilité du système est en effet basée sur le critère de Routh-Hurwitz, qui nécessite (i) que les coefficients  $a_0, a_1, \dots, a_n$  du polynôme caractéristique de la matrice soient tous du même signe et (ii) que les déterminants de Hurwitz  $H_1, H_2, H_3 \dots H_n$  soient tous positifs (Dambacher, 2003).

## Réponse du système à une perturbation

Alors que la question de stabilité concerne la capacité ou non d'un système à se remettre d'un choc de court-terme sur l'une de ses variables, on peut également prédire la direction du changement (augmentation, diminution ou pas de changement) de l'ensemble des variables dû à une perturbation de longue durée (soutenue) sur le système (Puccia et Levins, 1985 ; Dambacher *et al.* 2002). On appelle feedback complémentaire la somme de tous les effets directs et indirects qui contribuent à une réponse (Dambacher, 2002).

Soit A la matrice d'interactions. Le changement de l'abondance d'équilibre est donné par l'équation (2) :

$$dN^* = \underbrace{\frac{1}{\det(-A)}}_{\text{Feedback général}} * \underbrace{\text{adj}(-A)}_{\text{Feedback complémentaire}} * \underbrace{\frac{\partial(\frac{dN}{Ndt})}{\partial p_h}}_{\text{Force de la perturbation}} dp_h. \quad (2)$$

avec  $dN^*$  le vecteur recensant les changements de niveau d'équilibre pour chaque variable, A la matrice d'interactions, N le vecteur d'« abondance » de chaque variable et  $p_h$  un paramètre changé sur le long terme.

L'expression de la variation de l'état d'équilibre d'une variable lors d'une perturbation est donc calculée grâce à des calculs matriciels. Il s'agit des réponses du système suite à une perturbation à long terme. La matrice adjointe prend en compte à la fois les effets directs et indirects d'une perturbation en termes de cycles de feedback complémentaire. Le signe de  $\det(-A)$  étant toujours positif dans un système stable, quelle que soit sa taille, la matrice adjointe donne une estimation correcte des signes des cycles de feedback, permettant de déterminer l'implication de multiples chemins d'influences entre variables. Dans une analyse qualitative de perturbations, pour déterminer le signe de la réponse (augmentation, stagnation ou diminution) à un changement de paramètre, seul le signe de  $dN^*$  importe. Ne considérant que le signe de la perturbation, et non son intensité, il n'est donc pas nécessaire de quantifier  $\frac{\partial(\frac{dN}{Ndt})}{\partial p_h} dp_h$ . Le signe des éléments de la matrice adjointe apporte ainsi tous les éléments nécessaires à l'analyse qualitative des effets de perturbations. Si le coefficient  $a_{ij}$  est positif, alors l'augmentation de j a un effet positif sur i. Inversement, pour connaître l'effet d'une diminution dans l'une des variables, il suffit de changer le signe des coefficients de la matrice adjointe. Une réponse composée d'effets tous du même signe peut-être déterminée de manière certaine (indépendamment de la magnitude des rétroactions en jeu), mais quand des effets positifs et négatifs contribuent à la réponse, la prédiction de son signe est ambiguë.

Afin de caractériser cette ambiguïté dans les prédictions, l'approche QPress propose une implémentation numérique de la modélisation qualitative fondée sur des simulations Monte-Carlo (Melbourne-Thomas *et al.*, 2012 et Marzloff *et al.*, 2016). Dans QPress implémenté dans R, X (=5000 ici) matrices d'interactions sont peuplées numériquement de manière aléatoire, tout en respectant le signe des éléments de la matrice : les coefficients générés aléatoirement sont compris dans  $[-1,0[$  lorsque l'interaction est négative, égale à 0 en l'absence d'interactions et compris dans  $]0,1]$  lorsque l'interaction est positive. Cela revient à donner du poids aux liens, et de voir sur un grand nombre de cas (ici 5000) quelles sont les proportions de réponse « positive » et « négative » et donc si le signe de la réponse est dépendant ou non de la magnitude des éléments de la matrice. Dans le cas où la réponse

prédite pour une variable est très incertaine (le signe de la réponse prédite est soit « positive » soit « négative » en fonction de la force des termes de la matrice), il s'agit alors de déterminer dans la mesure du possible avec un appui scientifique ou empirique l'effet le plus important qui déterminera la réponse de la variable.

### **II-3- Mise en œuvre de l'approche de modélisation qualitative lors d'ateliers participatifs**

Les travaux du projet REMAIC s'insèrent dans le cadre de démarches participatives dans lesquelles on intègre les parties prenantes dans des travaux de recherche. Il s'agit là d'une démarche science-société dans laquelle les questionnements scientifiques traitent des problématiques sociétales.

De manière générale, le terme "participation" désigne des tentatives de donner un rôle aux individus dans une prise de décision affectant une communauté. Pour les acteurs professionnels, elle peut conduire à une amélioration des politiques et des lois conduites ou encore à une orientation des projets de recherche en se rapprochant au plus près des besoins et des attentes de la population concernée. Dans le but d'une Gestion Intégrée de la Zone Côtière, cette démarche semble pertinente.

Parmi les méthodes pour faciliter la participation, certaines mettent en jeu la modélisation. Dans cette catégorie, le collectif ComMod (Companion Modelling, modélisation d'accompagnement) a développé plusieurs méthodes, sur de nombreux cas d'étude. La modélisation d'accompagnement respecte des principes élémentaires : (i) la démarche se structure autour d'une question qu'un ensemble d'acteurs s'approprient pour la traiter collectivement ; (ii) l'objectif de la démarche est de permettre le partage des points de vue lors de temps d'échanges collectifs et de temps d'échanges en sous-groupes ; (iii) tous les points de vue et savoirs identifiés doivent être considérés ; (iv) la modélisation est utilisée pour expliciter et formaliser les points de vue. Sa mise en œuvre collective vise à produire une représentation partagée du fonctionnement du système étudié et offre un espace de discussion des limites et des incohérences éventuelles de chaque point de vue (Association ComMod, 2013). C'est dans cet esprit que REMAIC propose une approche alternative comme approche participative en se tournant vers la modélisation qualitative.

La modélisation qualitative présente plusieurs avantages pour la participation. D'abord elle peut être réalisée en faisant des dessins. Il s'agit de créer des variables et de les lier négativement ou positivement. C'est donc visuel, et facilement compréhensible pour les participants. Par ailleurs, la nature des relations (positive ou négative) entre les éléments du système représenté est souvent connue par les acteurs, alors qu'ils ne savent ou ne peuvent pas toujours toutes les quantifier. Cela permet de faire participer un panel d'acteurs assez vaste. La modélisation qualitative est un outil intéressant pour faciliter l'interdisciplinarité car les représentations peuvent intégrer relativement facilement des composantes et des dimensions différentes (environnementales, sociales et économiques par exemple). Enfin, plusieurs représentations des systèmes sont possibles, ce qui permet de prendre en compte les opinions de chacun des participants sur le fonctionnement de la réalité représentée aux ateliers.

Dans le cadre du projet REMAIC, l'approche a donc été mise en œuvre au travers d'ateliers participatifs. La construction de cartes cognitives a été menée avec la participation de parties prenantes des deux sites d'étude. L'organisation des ateliers par groupes d'acteurs

homogènes a visé à favoriser le travail de représentation en petits groupes. Les sections suivantes détaillent les objectifs et le mode opératoire du travail de terrain.

### II-3-1- Différents types d'acteurs conviés à des ateliers participatifs

Six ateliers participatifs se sont déroulés au mois de mars 2017. J'ai participé à ces ateliers, en tant qu'observatrice pour les 5 premiers et en tant qu'animatrice traductrice lors du dernier. Par ailleurs, des scientifiques de l'Ifremer (économistes, modélisateurs, biologistes, physiciens, etc.) impliqués dans le projet REMAIC étaient présents, également en tant qu'observateurs et/ou co-animateurs.

Ces ateliers visaient à répondre à trois questions principales : (i) quels sont les enjeux actuels auxquels le secteur conchylicole doit faire face ?, (ii) quelles sont les interactions entre écosystème, activité de production conchylicole et autres usages de l'écosystème ? et (iii) quels sont les leviers d'action pour le secteur de la conchyliculture ?

Les ateliers, réunissant chacun un type d'acteurs, ont eu lieu en Bretagne puis en Normandie. Les trois types d'acteurs concernés sont les suivants :

- « **Les professionnels** » : des conchyliculteurs (mytiliculteurs et ostréiculteurs), et leurs représentants (Comité Régional de la Conchyliculture, syndicats).
- « **Les institutionnels** » : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), DDTM, Direction Interrégionale de la Mer (DIRM), Conseil généraux, Conseils Régionaux, Mission parc GNB, élus, Agences de l'Eau, Conservatoire du littoral. Les institutions conviées travaillent à plusieurs échelles : locale, départementale et régionale. Elles agissent dans des domaines différents : gestion de l'eau, gestion de l'aquaculture, gestion environnementale, etc.
- « **Les autres parties prenantes** » : autres usages (pêcheurs professionnels, pêcheurs de loisir) et associations de protection de l'environnement.

Pour faciliter le travail d'analyse, les ateliers ont été codifiés de la manière décrite dans le tableau 2.

Tableau 2 : Dénomination des ateliers

|           | Professionnels | Institutions | Autres parties prenantes |
|-----------|----------------|--------------|--------------------------|
| Bretagne  | B1             | B2           | B3                       |
| Normandie | N1             | N2           | N3                       |

La liste des personnes présentes aux ateliers, ainsi que les structures qu'elles y représentaient, est donnée en annexe II. Au total, 39 personnes ont participé.

Suite aux ateliers et à une première analyse des résultats, une réunion de restitution a été organisée à Pontorson. Tous les acteurs conviés aux ateliers étaient invités. Les objectifs de cette réunion, que j'ai co-organisée (préparation de la présentation des résultats, invitation des acteurs et suivi des réponses), étaient les suivants :

- Restituer les premières analyses issues des résultats des 6 ateliers de mars 2017
- Discuter des perspectives : quels besoins de connaissances supplémentaires ? Quel(s) enjeu(x) ? Quelle(s) suite(s) éventuelle(s) donner au projet REMAIC ?

23 personnes étaient présentes lors de cette réunion, dont 17 avaient participé aux ateliers. La liste des participants est donnée en annexe III.

### II-3-2- Déroulement des ateliers : animation et schématisation des paroles d'acteurs sous forme de cartes cognitives

L'approche se base sur l'analyse de cartes cognitives, réalisées au cours des ateliers. Les cartes cognitives peuvent être vues comme des modèles qualitatifs sous forme de graphes de concepts. En effet, la cartographie cognitive trouve ses origines dans la théorie des graphes. Axelrod (1976) est le premier à avoir utilisé cette approche pour représenter graphiquement les dires des personnes qu'il interrogeait. Il emprunte le terme de carte cognitive à Tolman pour définir les relations causales reliant les variables définies par des personnes enquêtées. Depuis, les cartes cognitives ont été utilisées dans de nombreux domaines, dans lesquels le social et les liens de causalité peuvent inter-évoluer de manière complexe. Dans le cadre des études utilisant la cartographie cognitive, les chercheurs utilisent les cartes pour appréhender le savoir commun partagé des différents acteurs interrogés (Chauvin, 2010). Par définition, le savoir commun partagé est "une forme de connaissance socialement élaborée et partagée, ayant une visée pratique et concourant à la construction d'une réalité commune à un ensemble social ou culturel" (Jodelet *et al.* 1994). C'est ce savoir que l'on a cherché à appréhender et représenter, lors des ateliers.

Au cours des ateliers, les acteurs sont placés en U tourné vers un ou deux tableaux blancs (figure 4), sur lesquels les modèles sont construits. En support visuel, un poster du cadastre conchylicole est affiché. Les ateliers ont été enregistrés dans le but de pouvoir réécouter les échanges par la suite, notamment pour s'assurer de la signification des liens entre variables.

Les ateliers commencent par une brève introduction réalisée par un scientifique de l'Ifremer, contenant une description du projet et des attendus de l'atelier, ainsi que la suite qui pourra y être donnée. Les ateliers sont animés par Jeffrey Dambacher. Ce chercheur ne parlant pas français, deux chercheurs Ifremer assurent la traduction, l'un « anglais-français » pour la salle et l'autre « français-anglais » pour l'animateur.

L'animateur commence par présenter la méthode : l'intérêt des modèles qualitatifs et ce qu'ils apportent par rapport aux autres types de modèles (statistiques et mécanistiques). Ensuite, il présente les codes de représentation en partant d'un exemple qu'il complexifie au fur et à mesure. La procédure de construction du modèle démarre ensuite. Les participants doivent commencer par déterminer les objectifs du modèle : à quoi va-t-on s'intéresser en rapport avec la conchyliculture ? Une fois l'objectif défini, les participants délimitent le périmètre géographique du modèle à l'aide de la carte représentant le cadastre : Se situe-t-on dans la partie encadrée entière ou bien seulement dans les parties « bretonne » ou « normande » ? Faut-il étendre hors du rectangle ? Le périmètre déterminé, les participants sont invités à donner une liste de mots-clé (valeurs, processus, dynamiques, menaces) en lien avec le sujet du modèle. Cette liste sert ensuite de support pour s'assurer que tous les sujets ont été abordés et intégrés dans la représentation.



Figure 4 Organisation de la salle lors des ateliers : exemple de B1. Le Vivier-sur-Mer, 21/03/2017, © Léa Monnier

La « variable d'entrée » du modèle est alors définie. Elle va permettre de commencer la construction du modèle : quelle est l'unité qui varie avec le temps et qui est centrale par rapport à l'objectif du modèle ? Une fois déterminée, l'animateur pose la question : « Qu'est-ce qui influe sur la variation de cette variable, et de quelle manière (positive ou négative) ? ». Le modèle se construit en ajoutant des variables (thème par thème, principalement à partir de la liste de mots-clé) au fur et à mesure, et en les liant aux autres variables de manière positive ou négative, selon ce qui est dit par les participants. Par exemple, « le plancton a un impact positif sur la production » est représenté de la manière suivante : plancton → production. S'il y a des désaccords ou des incertitudes quant à l'existence ou l'importance de l'interaction, elle apparaît sur le schéma représenté avec une liaison entre variables en pointillés.

Une fois que tous les grands thèmes ont été abordés, l'animateur demande aux participants s'ils sont satisfaits par le modèle ou s'ils veulent ajouter un ou des élément(s).

A la fin de l'atelier, un tour de table est réalisé pour que chaque participant puisse donner son ressenti sur la méthode utilisée et sur le modèle construit.

### III – Résultats

Cette partie vise à présenter les résultats des ateliers organisés au mois de mars. D'abord, en présentant les données brutes que sont les cartes cognitives obtenues lors des ateliers, avant de comparer les différentes représentations et analyser ces données. Nous détaillerons ensuite les enjeux qui émergent à la fois des discussions lors des ateliers mais aussi des cartes cognitives qui en résultent. Enfin, nous présenterons l'étude de scénarii mettant en jeu différents leviers d'action pour la durabilité du secteur conchylicole dans le Golfe Normand-Breton.

### III-1- Détail des représentations obtenues lors des ateliers et synthèse

Les six ateliers ont permis d'obtenir six représentations (figure 5, agrandissement de chaque photo en annexe IV) du socio-écosystème conchylicole dans le Golfe Normand-Breton. Ce sont ces représentations sur tableaux blancs, toutes différentes, qui servent de données brutes pour les analyses qui suivent. On nommera maintenant ces représentations des modèles.

**B1 : « Professionnels / Bretagne »**



**B2 : « Institutions / Bretagne »**



**B3 : « Autres parties prenantes / Bretagne »**



**N1 : « Professionnels / Normandie »**



**N2 : « Institutions / Normandie »**



**N3 : « Autres parties prenantes / Normandie »**



**Figure 5** Cartes cognitives obtenues lors des six ateliers. L'annexe IV présente un agrandissement de chaque photo.

Les représentations construites lors des ateliers se distinguent d'abord de par la délimitation du périmètre choisi par les participants. En effet, la plupart des acteurs ont tenu à traiter le sujet sur leur « propre » région. Seul un atelier (N3) prend le territoire proposé en début d'atelier (i.e. la partie orientale du Golfe Normand-Breton) dans son ensemble, tenant compte des interactions physiques et biologiques entre les deux bassins de production. Par ailleurs, toutes les représentations portent sur l'élevage à la fois de moules et d'huîtres, même si les acteurs semblaient sceptiques à l'idée de les regrouper au démarrage du modèle. Ils étaient toutefois d'accord à la fin des ateliers pour dire que la représentation s'appliquait aussi bien pour les moules que pour les huîtres. Le tableau 3 est un tableau synthétique des représentations.

Lors de la transcription des modèles sous PowerPlay et DIA (en utilisant des noms homogénéisés), des liens manquants évidents ont été ajoutés, en s'appuyant sur les discussions enregistrées afin de ne pas rajouter des liens non mentionnés lors des ateliers. En effet, certains liens pourtant évoqués pendant les ateliers n'apparaissent pas sur les cartes cognitives. Ce travail de retranscription sur les logiciels a permis d'obtenir les matrices d'interaction nécessaires aux analyses mathématiques. L'ensemble des modèles représentés sous DIA est donné en annexe V.

Par ailleurs, afin de pouvoir analyser mathématiquement les modèles, ils ont été simplifiés. En effet, le code d'analyse sous Maple ne fonctionne bien que jusqu'à un certain nombre de variables (20 variables). Les analyses étudiant les boucles, les résultats des analyses sont inchangés si l'on supprime des variables qui ne sont que des forçages (variables ne recevant pas de lien d'autres variables) et n'ont donc pas d'impact sur la dynamique du système.

**Tableau 3 Analyses synthétiques des modèles**

| Atelier | Titre du modèle                                            | Périmètre choisi                  | Variable d'entrée      | Nombre de variables | Nombre de variables impliquées dans des feedbacks | Variables les plus impliquées dans des feedbacks                  |
|---------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| B1      | "Production conchylicole dans la BMSM"                     | De St Malo à Granville            | Densité d'élevage      | 26                  | 17                                                | Plancton, Production                                              |
| B2      | "Conchyliculture durable dans la BMSM"                     | De Cancale à Granville            | Densité d'élevage      | 24                  | 20                                                | Acceptabilité sociale, Déchets sous taille, Retombées économiques |
| B3      | "Développement durable de la conchyliculture dans la BMSM" | de Cancale à Granville            | Surface de concessions | 18                  | 14                                                | Acceptabilité sociale, Image de la baie, Surface de concessions   |
| N1      | "Production d'huître et de moules"                         | Ouest-Cotentin                    | Densité d'élevage      | 27                  | 20                                                | Plancton                                                          |
| N2      | "Activité conchylicole durable dans l'Ouest-Cotentin"      | Ouest-Cotentin                    | Densité d'élevage      | 22                  | 11                                                | Production                                                        |
| N3      | "Conchyliculture durable"                                  | Périmètre prédéfini (cf figure 1) | Densité d'élevage      | 21                  | 12                                                | Production                                                        |

Les six modèles répondent aux critères de stabilité évoqués dans la section méthodologie.

## III-2- Comparaison des représentations

Possédant ces six modèles, chacun propre à un type d'acteur et à une région, il est intéressant de comparer les différentes représentations entre elles. A cette fin, il a fallu travailler à l'homogénéisation des noms de variables avant de créer une représentation synthétique et identifier des grands enjeux de la filière.

### III-2-1- Homogénéisation des noms de variables

Afin de pouvoir comparer les représentations, un travail d'homogénéisation lexicale des variables a été nécessaire. De plus, les ateliers ayant eu lieu en anglais, il a fallu faire un travail de traduction anglais-français.

Comme les participants aux ateliers ne travaillaient pas à partir d'une liste de variables pré-établie, certaines variables ont été nommées différemment selon les modèles mais ont la même signification. Le but de cette homogénéisation est d'éviter qu'une même variable apparaisse sous différentes terminologies. Par exemple, la production a été nommée « Biomass », « Biomass Adult mussel/oyster », « production biomass », « kg shellfish/year » dans différents ateliers. Nous regroupons alors tous ces termes en un seul : « Production ». Une partie du tableau d'homogénéisation est donnée tableau 4. La totalité du tableau d'homogénéisation est en annexe VI. Il y a finalement 74 variables différentes. On notera que certaines variables font l'objet d'un regroupement alors que d'autres ne sont utilisées que dans un seul atelier et leur sont donc spécifiques.

**Tableau 4 Extrait du tableau d'homogénéisation des variables (tableau complet en annexe VI)**

| <b>Atelier</b> | <b>Nom de la variable durant l'atelier</b>        | <b>Nom final</b>                  |
|----------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------|
| N1             | Spat                                              | Naissain                          |
| B1             | Juvenile mussel/oyster                            | Juvénile                          |
| N1             | Biomass                                           | Production (biomasse)             |
| B2             | Biomass                                           |                                   |
| B1             | Biomass Adult mussel / oyster                     |                                   |
| N2             | Production biomass                                |                                   |
| N3             | kg shellfish/year                                 | Certification AOC                 |
| B1             | Certification                                     |                                   |
| B2             | Local certification                               | Retombées économiques             |
| B2             | Economic return                                   |                                   |
| N1             | Economic return (revenue/cost)                    |                                   |
| N2             | Profits (R/C)                                     |                                   |
| B1             | Market Value (economic return)                    | Prédation                         |
| N1             | Predation                                         |                                   |
| N2             | Predation                                         |                                   |
| B1             | Consistant losses (predation)                     |                                   |
| B2             | Predation by fish, birds                          | Pertes aléatoires                 |
| N2             | Mortality                                         |                                   |
| N2             | Spat mortality                                    |                                   |
| N1             | Oyster disease                                    |                                   |
| N1             | Mussels disease                                   |                                   |
| N3             | Disease                                           | Utilisation des terres            |
| B1             | Random losses (manipulation, weather, disease...) |                                   |
| B1             | Agriculture and urban growth                      | Utilisation des terres            |
| N3             | Agriculture, cities, sewage, erosion              |                                   |
| B2             | intensive land use                                | Déchets (hors taille)             |
| B3             | Discard product                                   |                                   |
| B1             | Discard production                                |                                   |
| N2             | Organic waste                                     |                                   |
| B2             | Shellfish waste                                   | Macrodéchets (plastiques, cordes) |
| B1             | Waste garbage                                     |                                   |
| B3             | Waste                                             |                                   |

### III-2-2- Distribution des variables

Les variables issues de la colonne « Nom final » du tableau 4 ont été regroupées par concept et classées selon une dominante parmi les dimensions écologique, sociale et/ou économique. Cette classification est une proposition : la plupart des variables sont en effet transversales et il n'existe donc pas une unique manière de les classer. La classification est donnée en annexe VII. On utilise ces dominantes pour montrer la répartition des variables entre ateliers (figure 6). Parmi ces variables, 31 ont une dominante écologique, 14 ont une dominante économique, et 29 ont une dominante sociale/de gestion/autres usages. Cette figure met en évidence le fait que certaines variables n'apparaissent qu'une seule fois (37 d'entre elles, soit 51%, dont 16 à dominante écologique, 5 à dominante économique et 16 à dominante sociale/de gestion/autres usages) alors que d'autres se retrouvent dans au moins trois des modèles (15 d'entre elles, soit 20%), soit dans au moins la moitié des ateliers.



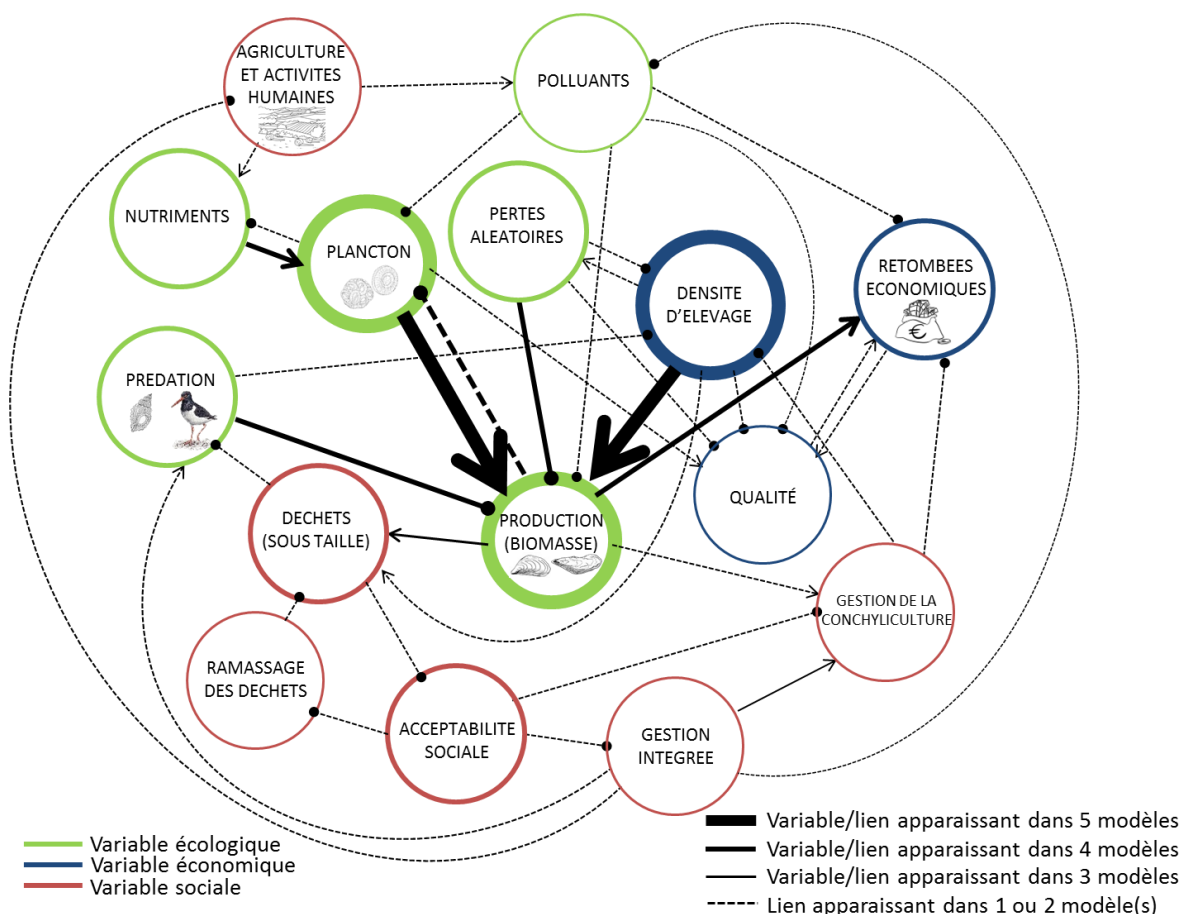
Figure 6 Distribution des variables, par dominante

### III-2-3- Représentation synthétique et identification des grands enjeux de la filière

#### III-2-3-1- Une représentation commune

A partir des variables apparaissant dans au moins 3 des représentations, et qui apparaissent donc comme des éléments importants, nous obtenons la représentation

« partagée » en figure 7. Les liens sont représentés proportionnellement à leur nombre d'apparitions sur l'ensemble des modèles. Le tableau 5 spécifie la signification des différents liens présents dans ce modèle commun.



**Figure 7 Représentation commune aux différents ateliers. La couleur des cercles entourant les variables correspond à la dominante de la variable (écologique en vert, économique en bleu, sociale en rouge). La grosseur des liens et des cercles constituant les variables est proportionnelle à leur nombre d'apparitions sur l'ensemble des 6 modèles.**

Au regard de la figure 6, on remarque que les variables interagissent à la fois entre variables de même dominante mais aussi avec des variables d'autres dominantes : cela montre la pertinence de travailler à l'échelle d'un socio-écosystème, dans lequel des aspects économiques, écologiques et sociaux entraînent une dynamique particulière et complexe. On note également le lien « terre-mer » avec la variable « agriculture et activités humaines » qui fournit des nutriments utiles à la croissance du plancton, mais aussi des polluants pouvant avoir un impact sur la production. L'acceptabilité sociale est impactée de façon négative uniquement par la variable « Déchets sous-taille ». Les variables économiques concernent la qualité du coquillage, la densité d'élevage et les retombées économiques. Cette dernière variable, dans la grande majorité des modèles où elle apparaît, n'a pas d'impact sur le système, elle ne fait que recevoir des liens, ce qui pourrait signifier que ce n'est pas un élément qui influe directement sur les pratiques conchylicoles. On remarque également que la production est régulée à la fois par des mécanismes naturels (boucle de rétroaction négative production – plancton – production), administratifs (boucle de rétroaction négative production – gestion de la conchyliculture – densité d'élevage – production) et sociaux (boucle de rétroaction négative production – déchets sous-taille – acceptabilité sociale – gestion de la conchyliculture – densité d'élevage – production).

**Tableau 5 Signification des liens du modèle commun. La couleur des variables correspond à leur dominante (écologique en vert, économique en bleu, sociale en rouge)**

| De                                | Vers                              | Signe | Signification                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Plancton                          | Production                        | +     | Le plancton nourrit les coquillages, ce qui augmente la biomasse de production                                                                                                       |
| Plancton                          | Qualité                           | +     | Plus il y a de plancton, plus la qualité des coquillages est bonne                                                                                                                   |
| Plancton                          | Nutriments                        | -     | Le plancton prélève des nutriments pour se nourrir                                                                                                                                   |
| Nutriments                        | Plancton                          | +     | Les nutriments nourrissent le plancton                                                                                                                                               |
| Prédation                         | Production                        | -     | La prédation sur les pieux et poches (par des oiseaux, des bigorneaux) entraîne une perte de production                                                                              |
| Prédation                         | Densité d'élevage                 | -     | La prédation sur les pieux et poches (par des oiseaux, des bigorneaux) entraîne une diminution de la densité d'élevage                                                               |
| Production                        | Plancton                          | -     | Les coquillages prélèvent du plancton pour se nourrir                                                                                                                                |
| Production                        | Déchets sous taille               | +     | La production entraîne le dépôt de déchets sous taille sur l'estran                                                                                                                  |
| Production                        | Retombées économiques             | +     | La production, vendue, augmente les retombées économiques                                                                                                                            |
| Production                        | Gestion de la conchyliculture     | +     | Plus il y a de production, plus il y a de mesures de gestion de la conchyliculture                                                                                                   |
| Polluants                         | Retombées économiques             | -     | Les polluants, entraînant des coûts de purification, diminuent les retombées économiques                                                                                             |
| Polluants                         | Production                        | -     | Les polluants diminuent la production (effet incertain)                                                                                                                              |
| Polluants                         | Plancton                          | -     | Les polluants diminuent la qualité du plancton (effet incertain)                                                                                                                     |
| Polluants                         | Qualité                           | -     | Les polluants diminuent la qualité des coquillages                                                                                                                                   |
| Pertes aléatoires                 | Densité d'élevage                 | -     | Les mortalités diminuent les densités d'élevage                                                                                                                                      |
| Pertes aléatoires                 | Production                        | -     | Les maladies diminuent la production                                                                                                                                                 |
| Pertes aléatoires                 | Qualité                           | -     | Les maladies diminuent la qualité des coquillages                                                                                                                                    |
| Déchets sous taille               | Prédation                         | -     | Les tas de déchets sous taille sur l'estran attirent les oiseaux, qui prédatent donc moins les pieux d'élevage                                                                       |
| Déchets sous taille               | Acceptabilité sociale             | -     | La présence de déchets sous taille sur l'estran diminue l'acceptabilité sociale de l'activité conchylicole                                                                           |
| Ramassage des déchets             | Déchets sous taille               | -     | S'il y a ramassage des déchets, il y a moins de déchets                                                                                                                              |
| Acceptabilité sociale             | Ramassage des déchets             | -     | Plus l'acceptabilité sociale est bonne, moins il y a de pression des parties prenantes pour le ramassage des déchets                                                                 |
| Acceptabilité sociale             | Gestion intégrée                  | -     | Plus l'acceptabilité sociale est bonne, moins il y a de pression des parties prenantes pour une gestion intégrée                                                                     |
| Acceptabilité sociale             | Gestion de la conchyliculture     | -     | Plus l'acceptabilité sociale est bonne, moins il y a de pression des parties prenantes pour une gestion de la conchyliculture                                                        |
| Gestion intégrée                  | Prédation                         | +     | Les mesures de protection des oiseaux (e.g. Natura 2000) ont tendance à augmenter la pression de prédation par les oiseaux                                                           |
| Gestion intégrée                  | Agriculture et activités humaines | -     | Les mesures de gestion intégrée comme les SAGE ont tendance à diminuer les activités agricoles                                                                                       |
| Gestion intégrée                  | Polluants                         | -     | Les mesures de gestion intégrée ont tendance à réduire la quantité de polluants dans l'eau                                                                                           |
| Gestion intégrée                  | Gestion de la conchyliculture     | +     | La gestion de la conchyliculture est une composante de la gestion intégrée, détaillée dans la représentation du système                                                              |
| Gestion de la conchyliculture     | Retombées économiques             | -     | La gestion de la conchyliculture impose des normes notamment en termes sanitaires qui, en augmentant les coûts de fonctionnement (purification), diminuent les retombées économiques |
| Gestion de la conchyliculture     | Densité d'élevage                 | -     | La gestion de la conchyliculture impose des densités d'élevage plus faibles                                                                                                          |
| Agriculture et activités humaines | Nutriments                        | +     | Les engrais utilisés par l'agriculture et les activités humaines augmentent la quantité de nutriments dans l'eau                                                                     |
| Agriculture et activités humaines | Polluants                         | +     | Les pesticides utilisés par l'agriculture et les activités humaines augmentent la quantité de polluants dans l'eau                                                                   |
| Retombées économiques             | Qualité                           | +     | De bonnes retombées économiques encouragent à adopter des méthodes de production pour des produits de qualité                                                                        |
| Densité d'élevage                 | Production                        | +     | Plus la densité d'élevage est élevée, plus la biomasse de production est élevée                                                                                                      |
| Densité d'élevage                 | Qualité                           | -     | Plus la densité d'élevage est élevée, moins la qualité est bonne (compétition entre les coquillages, ...)                                                                            |
| Densité d'élevage                 | Pertes aléatoires                 | +     | Plus la densité d'élevage est élevée, plus il y a de mortalités                                                                                                                      |
| Qualité                           | Retombées économiques             | +     | Les coquillages de qualité se vendent à un prix plus élevé, permettant de meilleures retombées économiques                                                                           |

### III-2-3-2- Des spécificités régionales et par acteur

Alors que certaines variables apparaissent dans au moins la moitié des modèles, d'autres sont spécifiques, ou bien à une région, ou bien à un type d'acteur. Le critère choisi pour déterminer ces variables est le suivant : une variable spécifique à une région apparaît dans au moins deux des modèles d'une région et dans aucun modèle de l'autre région ; une variable spécifique à un type d'acteur apparaît dans les deux modèles de ce type d'acteur et dans aucun des autres modèles (tableau 6). Les figures de l'annexe VIII mettent en évidence ces variables dans les représentations.

Tableau 2 Variables spécifiques à une région ou à un type d'acteur

| Spécificités bretonnes                                           | Spécificités normandes                        | Spécificités institutions           | Spécificités professionnels           |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Image de la BMSM<br>Crépidule<br>AOP<br>Macro-déchets<br>Demande | Convenance du site<br>Coûts de fonctionnement | Production externe<br>Prix national | Conditions météorologiques favorables |

On remarque ici qu'il n'y a pas de spécificité « autres parties prenantes ». Cela peut s'expliquer par le fait que les deux modèles B3 et N3 n'ont pas la même échelle.

### III-2-3-3- Les différents enjeux

Tous les sujets évoqués lors des ateliers n'ayant pas fait l'objet d'une variable dans les cartes cognitives, les enjeux ont été identifiés en s'appuyant à la fois sur les cartes cognitives et sur les discussions dont une trace a été gardée grâce aux enregistrements.

D'abord, **les déchets de moules sous-taille** (moules n'ayant pas atteint la taille commerciale et moules cassées) **et de matériel conchylicole** (poches...) déposés sur l'estran apparaissent comme un enjeu important, notamment dans la Baie du Mont-Saint-Michel.

*« On a oublié quelque chose qui prend de plus en plus d'importance, c'est la gestion des sous-produits et notamment des sous-taille. » (B1)*

*« Il y a quelque chose que l'on n'a pas encore évoqué, sur la réputation du Mont-Saint-Michel, les externalités négatives de la pratique-même des professionnels, je pense aux déchets conchylicoles. » (B2)*

*« La moule de bouchot est un produit exceptionnel. Pour le tourisme, c'est positif. Par contre, les déchets et les nuisances générées, c'est très négatif. » (B3)*

*« Les déchets conchylicoles qui sont là, quand ils viennent d'être ramassés par un chantier d'insertion, c'est à peu près propre, mais avant qu'ils soient ramassés ça donne une image lamentable. Et vous verriez ce qui est dit par les touristes... » (B3)*

*« Ça donne une image lamentable pour les touristes. Vous savez aujourd'hui il faut lier ça aux autres économies. On ne peut pas faire du développement touristique basé sur la randonnée autour de la baie avec les dépotoirs là où les gens vont passer. C'est pas possible. » (B3)*

*« Je vous invite à vous pincer les narines. » (B3)*

En Normandie, le problème n'est pas aussi marqué qu'en Bretagne en raison de différents paramètres : la zone est moins touristique, les quantités sont moindres et le sable recouvre les déchets à marée haute en Normandie (les rendant invisibles lorsque la mer se retire ensuite), ce qui n'est pas le cas en Bretagne. Toutefois, lorsque cet enjeu est évoqué en Normandie, les « institutionnels » soulignent que cela finira certainement par poser problème. La variable « déchets sous-taille » apparaît dans 4 ateliers (B1, B2, B3, N2) et ne concerne que la mytiliculture. Cela dit, les externalités négatives peuvent s'appliquer à la conchyliculture en général.

**L'emprise spatiale**, c'est-à-dire l'espace occupé par les concessions conchylicoles, apparaît également comme un enjeu important, que ce soit sur l'estran ou en pleine mer pour des projets de culture sur filières. En effet, il y a une compétition pour l'espace en raison des différents usages prenant place sur la zone côtière. C'est la variable d'entrée pour le modèle B3, et une variable de scénario pour l'atelier N2.

*« Moi je suis intéressé par ça (l'extension du cadastre) car j'ai mes pêcheurs à pied (professionnels) qui existent dans la baie et si tout devient concessions du jour au lendemain, ma pêche à pied se termine... » (B3)*

*« Il y a un projet récent qui nous éclaire sur les problématiques de développement, c'est les projets de culture de moules sur filières devant Cancale et devant St Coulomb et c'est donc ensemble qu'il faut analyser les raisons de l'échec de ces projets de démonstration qui ont été portés par quelques professionnels exerçant actuellement dans la Baie du Mont-Saint-Michel [...]. Regardons bien pourquoi ce projet a soulevé de vives oppositions. Les juges ont donné raison aux opposants. Il faut tirer les enseignements de ça. Il faut voir le côté sociétal de cette activité. » (B3)*

*« Aujourd'hui l'extension d'une concession (sur le DPM) devient très compliquée, mais le changement de pratiques, c'est-à-dire partir au large, faire des concessions en mer, peut être un développement. » (N2)*

**La qualité de l'eau**, que ce soit par rapport à sa richesse en nutriments ou sa teneur en polluants, est évoquée dans de nombreux ateliers et prend la forme dans les modèles B1, B2 et N1 des variables « Nutriments » et « Polluants ». Venant de la terre par le biais des bassins versants qui drainent des produits de l'agriculture et d'activités humaines, les nutriments sont directement liés à la production de plancton, et les polluants sont liés au plancton mais aussi aux conditions de mise en vente des coquillages (augmentation des coûts de fonctionnement en raison d'un besoin de purification).

*« Dans le temps, les meilleures positions pour les parcs à moules, parcs à huîtres, c'était devant les estuaires, le long des rivières. Aujourd'hui, c'est les plus mauvais. Il n'y a plus de moules autour. Il y a bien des choses qui nous arrivent. » (B2)*

*« Ce qu'il faut bien voir c'est qu'on est bien outillés en stations d'épuration, tout le monde. Mais tout ce qu'on rejette, nous les hommes, tous les produits chimiques qu'on avale, pharmaceutiques et autres, on les rejette et ceux-là ne sont pas traités. » (B2)*

*« Il y a aussi les changements de méthode de culture au niveau terrestre, il y a trente ans c'était que des marais et que des prairies, à l'heure actuelle c'est que du maïs et du blé, tout ça se rejette dans des canaux, on multiplie les apports en mer par des pompes qui sont énormes, de l'eau qui tombe à 5km d'ici à 9h le matin, à 16h elle est en baie. Alors qu'avant on avait un écoulement naturel (marais) et donc c'est quelque chose à prendre en compte parce que c'est quelque chose qu'on n'avait pas il y a 25 ans. » (B1)*

*« Tous les pesticides et les insecticides qui sont mis, il y a une forte proportion qui retourne en mer » (B1)*

*« Il y a aussi toutes les molécules qui passent à travers les stations d'épuration, pharmaceutiques et chimiques, les débordements des stations. » (B1)*

*« Les polluants augmentent les mortalités d'adultes. On n'a pas beaucoup de recul là-dessus. » (B1)*

**L'acceptabilité sociale et le besoin de concertation** semblent également être des points-clé pour la durabilité de l'activité conchylicole dans le Golfe Normand-Breton, surtout dans la Baie du Mont-Saint-Michel.

*« Ca permettrait déjà de mettre tout le monde autour de la table, de travailler intelligemment, plutôt que d'être tout le monde dans son coin. A partir du moment où on est tous autour de la table, les opposants et ceux qui ont envie de construire des choses, on s'affronte les yeux dans les yeux, et puis on voit ce qui va, ce qui va pas. A partir de là, on est constructif. Le but du MSM ce n'est pas de le mettre sous cloche, le mettre sous cloche c'est un doux rêve. Il faut que toutes les activités vivent en bonne intelligence et fassent des choses concrètes. » (B3)*

*« Les associations s'opposent à toute extension de la zone actuelle de culture. » (B1)*

*« On arrive à trouver des compromis en discutant, mais il n'y a pas de dialogue. » (B3)*

*« L'économie ne vient pas uniquement du tourisme dans la baie. En partie. On ne va pas vivre que du tourisme. Il faut maintenir les activités existantes. » (B3)*

*« C'est pour des raisons de politiques publiques, d'efficacité, puisque vous parlez de gestion intégrée, « intégration » : j'ai tellement de déceptions sur ce terme-là que... » (B3)*

### III-3- Etude de scénarii

On appelle scénario la simulation de l'augmentation ou de la diminution d'une ou plusieurs des variables du système (cf. section II-2-2-2 sur « Réponse à une perturbation »). Ayant précédemment identifié différents enjeux, les scénarii testés impliquent des variables liées à ces enjeux, et qui semblent donc importantes pour la durabilité de l'activité conchylicole.

Les enjeux traités dans les scénarii présentés dans ce rapport sont les suivants : les déchets de moules sous-taille, et l'emprise spatiale. L'enjeu lié aux déchets de moules sous-taille est souvent évoqué en lien avec le tourisme et l'image que cela donne de la baie. Concernant l'emprise spatiale, la surface de concessions fait l'objet d'une variable uniquement dans l'atelier B3. Ce même atelier étant le seul porté sur l'aspect multi-usages (figure 8), trois scénarii « théoriques » ont été étudiés sur ce modèle : un scénario de diminution des déchets, un d'augmentation de l'emprise spatiale, et un mêlant la diminution des déchets et l'augmentation de l'emprise spatiale. Les résultats sont donnés figure 9.

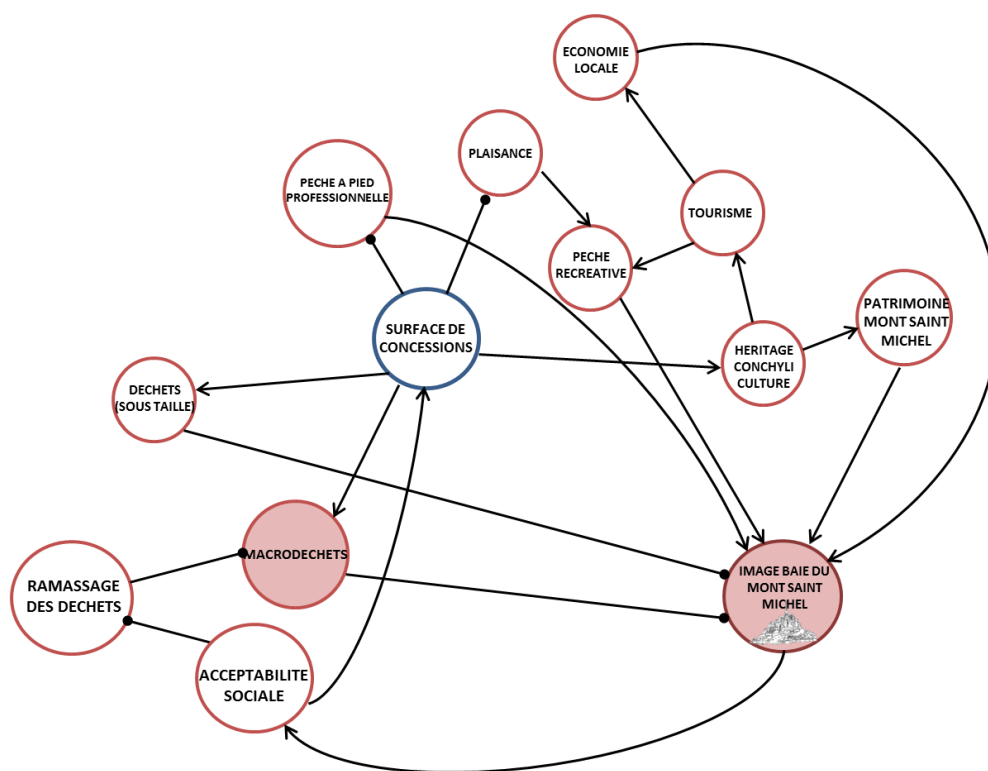
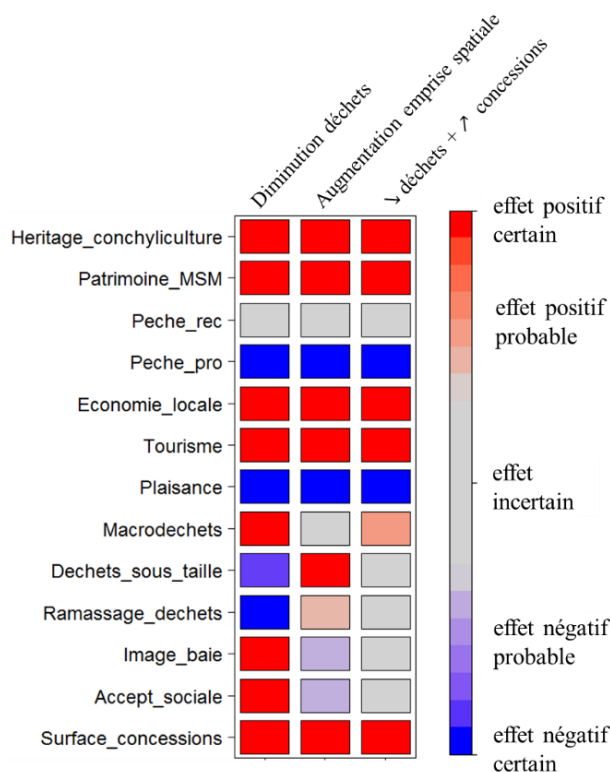


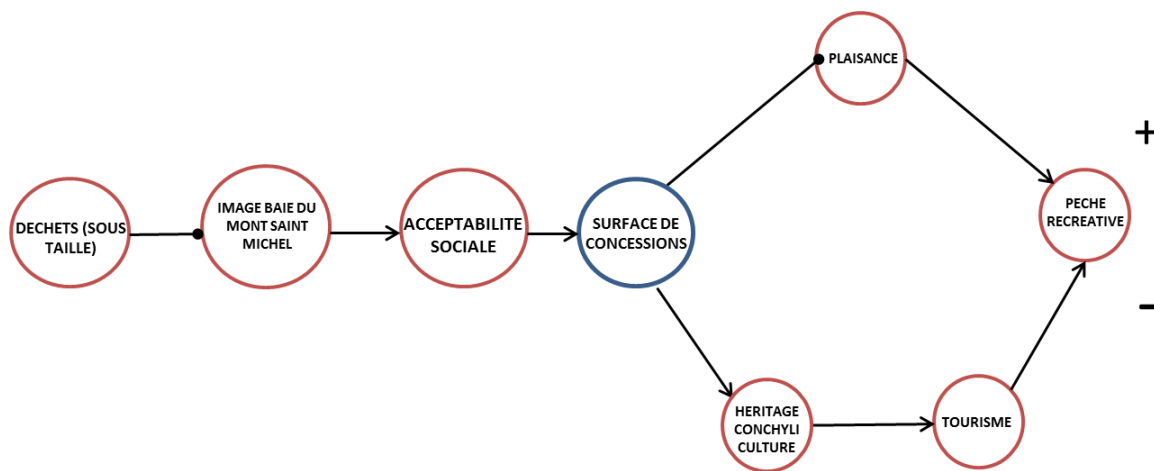
Figure 8 Modèle issu de l'atelier B3, utilisé pour les scénarii



**Figure 9** Résultat des effets de trois scénarii dans le modèle B3 : diminution des déchets sous-taille, augmentation de la surface de concessions, combinaison d'une diminution des déchets sous-taille et d'une augmentation de la surface de concession.

entraînant une augmentation des macro-déchets. Par ailleurs, elle sera à l'origine d'un signal négatif pour la pêche professionnelle, la plaisance, et le ramassage des déchets.

La réponse de la variable « pêche récréative » est ambiguë dans le cas de la diminution des déchets sous-taille. Cela s'explique par les deux chemins différents menant des déchets à la pêche récréative, l'un passant par la variable « plaisance », l'autre passant par les variables « héritage de la conchyliculture » et « tourisme » (cf. figure 10), avec des signes opposés. Il s'agit donc de déterminer quel est l'effet le plus important.



**Figure 10** Exemple illustratif de l'effet incertain d'une diminution des déchets sur la pêche récréative. Deux chemins de signes opposés sont possibles pour aller de « déchets » à « pêche récréative ».

Sur la figure 9, un rectangle de couleur rouge indique que le scénario considéré en haut de colonne (i.e. une diminution des déchets ou une augmentation de la surface de concessions, ou la combinaison des deux) aura tendance à faire augmenter la valeur de la variable en ordonnée. A l'inverse, un rectangle de couleur bleue indique que le scénario la fera diminuer. Lorsque le rectangle n'est pas d'une couleur extrême de la légende, la réponse est ambiguë et l'effet est donc incertain sur la variable.

On note donc qu'une diminution des déchets sera à l'origine d'un signal positif pour la valeur d'héritage de la conchyliculture, la valeur de patrimoine du Mont-Saint-Michel, l'économie locale, le tourisme, l'image de la baie, l'acceptabilité sociale et la surface des concessions. Contre-intuitivement, une diminution des déchets ferait augmenter les macro-déchets. Ceci vient de l'impact positif de la diminution des déchets sur les surfaces de concessions, qui augmentent la production,

Une augmentation de la surface des concessions entraîne les mêmes effets qu'un scénario de diminution des déchets pour une majorité des variables (les sept premières et la dernière ligne de la figure 9), mais un effet positif sur les déchets sous-taille. On peut noter que plus de résultats sont incertains (macro-déchets, ramassage des déchets, image de la baie, acceptabilité sociale), ce qui est également le cas avec un scénario combinant diminution des déchets et augmentation de l'emprise spatiale.

Une partie des résultats présentés dans ce mémoire (tableau des variables, représentation partagée avec le détail par atelier, spécificités régionales, exemples de scénarii de réduction des déchets et d'augmentation de la surface de concessions se basant sur la représentation d'un atelier) a été présentée le 30 juin lors de la réunion de restitution auprès de la plupart des acteurs ayant participé aux ateliers. J'y ai participé en présentant les résultats. Par ailleurs, un fascicule a été distribué aux différents acteurs présents, en tant que support, et afin qu'ils gardent une trace du projet.

## IV- Discussion et perspectives

La stabilité de l'ensemble des modèles montre le caractère résilient de l'activité conchylicole au sein du socio-écosystème tel que les acteurs se la représentent à ce jour. Cela dit, certains enjeux ont été identifiés et pourraient changer la structure et donc la stabilité du système à long terme. C'est en cela que l'analyse de scénarii est utile.

Les enjeux principaux qui ont été identifiés lors des ateliers sont les déchets de moules sous-taille sur l'estran, la qualité de l'eau en termes de nutriments et de polluants, l'emprise spatiale, l'acceptabilité sociale en lien notamment avec les autres usages de la zone côtière et ainsi le besoin de supports de concertation.

D'après les analyses présentées en section III.3, il apparaît qu'une diminution des déchets aurait un impact globalement positif pour la plupart des variables liées aux parties prenantes (augmentation de la valeur d'héritage de la conchyliculture, de la valeur de patrimoine du Mont-Saint-Michel, de l'économie locale, du tourisme, de l'image de la baie, de l'acceptabilité sociale et de la surface des concessions). Par ailleurs, elle aurait un impact négatif pour la pêche professionnelle, la plaisance et elle augmenterait la quantité de macro-déchets. La diminution des déchets peut être envisagée de plusieurs manières. Une première possibilité serait de mettre en place des techniques de culture réduisant la récolte de moules sous-taille. Avant la mécanisation et l'utilisation de bras hydrauliques, les moules étaient récoltées manuellement ou à la demie-lune. Cela permettait de prélever les moules extérieures (les plus grosses) pendant la période de croissance, laissant ainsi la place aux moules sous-jacentes pour grossir. Le développement de circuits de transformation de ces produits semble important (déjà existant avec les dons de moules aux agriculteurs pour amendement, par exemple). Par ailleurs, ce problème des déchets a contraint le développement de nouveaux projets (notamment celui de moules sur filières au large de Saint-Coulomb) en raison des conflits passés entre conchyliculteurs et autres acteurs qui limitent fortement l'acceptabilité sociale localement de l'activité, surtout pour son expansion. En effet, riverains et associations environnementales ont un poids important (exemple de Saint-Coulomb).

L'emprise spatiale est un enjeu vu à long terme, notamment par les gestionnaires, avec le développement des moules sur filière car il y a une volonté de développer l'aquaculture en Europe, au regard de la PCP et des fonds européens qui lui viennent en appui (FEAMP, Fonds

Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche). Ces projets peinent cependant à se mettre en place. Un travail sur l'acceptabilité sociale de la conchyliculture apparaît donc comme majeur. Cela peut passer notamment par une amélioration de la connaissance de la conchyliculture et une meilleure communication. Les gestionnaires soulignent également le fait qu'il serait intéressant d'élargir l'objectif des modèles à l'aquaculture en général car les objectifs européens de développement de l'aquaculture ne sont pas limités à la conchyliculture.

Par ailleurs, la question de l'acceptabilité sociale, que l'on peut définir comme une « interprétation globalement positive d'un [projet] qui est partagée et affirmée par un ensemble d'acteurs et qui résulte d'une mise en perspective du projet et de ses impacts par rapport aux attendus et idéaux portés en matière de développement et d'aménagement durables du territoire concerné » (Fortin *et al.*, 2009) reste assez floue. Il ressort toutefois des discussions lors de certains ateliers un besoin de concertation entre les acteurs (« il faut nous mettre autour de la table », B3). Or, la méthode développée dans le projet REMAIC peut être perçue comme un support au dialogue social. En effet, elle permet de réunir différentes parties prenantes pour aborder des enjeux d'ordre environnemental, social et économique. Les retours lors des ateliers ont été globalement très positifs de la part des participants. Il serait par ailleurs intéressant de réaliser ce même exercice avec différents types d'acteurs dans un même atelier pour voir comment seraient abordés les différents sujets et si le dialogue serait facilité. Cela dit, le fait que les résultats des analyses effectuées dans cette étude soient purement qualitatifs et non quantitatifs entraîne qu'il est difficile de donner un sens concret aux résultats pour les acteurs, qui souhaitent souvent avoir une idée assez précise (quantitative) d'une évolution. La méthode permet malgré tout d'identifier des points existants ou potentiels de blocage, et de cibler les éventuels travaux de recherche à mettre en place pour obtenir des données complémentaires, quantitatives, qui paraissent nécessaires. On peut donc voir cette méthode comme appui à la décision grâce à son caractère de support au dialogue social. Il a été montré que ces méthodes de modélisation et d'exploration de scénarii peuvent être utilisées comme des moyens de communication efficaces en servant de support aux discussions d'acteurs et à leur engagement (Dutra *et al.*, 2015). Il est par ailleurs intéressant de situer cette méthode au sein d'autres approches participatives. Les techniques de jeux de rôle sont également des techniques participatives. Les processus engagés au cours de tels jeux ne mènent cependant pas forcément aux mêmes réflexions. En effet, ils permettent aux acteurs de comprendre comment leur comportement affecte le processus de prise de décision et leur application (Dutra *et al.*, 2015), contribuant à la prise de décision. Ces démarches peuvent être vues comme complémentaires. On pourrait envisager l'exploration de scénarii au cours de jeux de rôle.

Le périmètre d'étude peut également être discuté. Les acteurs ont, dans la majorité des cas, construit un modèle s'appliquant à leur territoire (baie du Mont Saint Michel ou côte Ouest-Cotentin). La pertinence de lier baie du Mont-Saint-Michel et Ouest Cotentin pose question. Cette emprise spatiale, considérée comme pertinente par les chercheurs et certains agents de l'administration, est contestée par certains professionnels. Ces deux bassins de production présentent des stratégies différentes (économiques notamment), mais les interactions (physiques, biologiques) entre les 2 territoires sont à creuser. Par ailleurs, en Bretagne, le développement n'est envisagé que plus au large, car le cadastre est figé et bien que des modifications soient possibles, les extensions sont de plus en plus contestées et difficiles à mettre en œuvre. Il faudrait alors élargir l'échelle spatiale des modèles par rapport à ce qui a été fait dans les ateliers. En effet, les problématiques ne sont pas les mêmes sur la zone côtière et en mer (notamment en termes de conflits d'usage, pour la pêche professionnelle par exemple).

Les spécificités régionales qui apparaissent dans l'analyse des variables ont été discutées lors de la réunion de restitution en juin. Les spécificités sont plus marquées en Bretagne, notamment avec l'appellation d'origine protégée « AOP Moules de bouchot de la baie du Mont Saint Michel ». Cette appellation fait écho au Mont-Saint-Michel, qui est un monument dont l'emplacement physique est en Normandie. Les conchyliculteurs normands n'ont pas réussi à mettre en œuvre des démarches de qualité de la production, qui ont réussi économiquement aux conchyliculteurs bretons. L'AOP a par ailleurs participé à l'organisation de la profession dans la baie, ce qui manque peut-être en Normandie. La crépidule ne fait l'objet d'une variable que dans les ateliers bretons, bien que la bibliographie montre qu'elle est un enjeu à la fois normand et breton (Gangnery *et al.*, 2015 ; Cugier *et al.*, 2010).

Les enjeux ont été identifiés grâce aux représentations et grâce au contenu des discussions lors des ateliers. L'exhaustivité de la liste d'enjeux peut être discutée pour plusieurs raisons. D'abord, les sujets abordés ont été orientés par la variable d'entrée choisie pour traiter du modèle. En effet, la variable d'entrée fixe une certaine échelle entre les variables pour que les liens soient cohérents. Par exemple, le modèle N3 est centré sur la production car la variable d'entrée est la densité d'élevage, ce qui peut expliquer qu'il y ait peu de variables sur d'autres processus en dehors de la production, à la différence de la structuration du modèle développé dans l'atelier B3. De plus, les discussions ont été influencées par la composition des groupes d'acteurs ayant participé aux ateliers. D'une part, la répartition de la parole n'est pas toujours équitable malgré l'attention portée sur ce point par l'animateur ; d'autre part, certaines personnes n'ont pu assister aux ateliers. On peut s'interroger quant à l'effet(s) de ces absences. Par exemple, le conservatoire du littoral n'a pas été représenté alors qu'il exerce une influence sur l'activité conchylicole en raison de son rôle important dans la gestion du DPM. Aussi, certains acteurs qui n'avaient pas été invités paraissent importants suite aux discussions : les riverains semblent avoir un poids important concernant les projets de développement de l'activité notamment la culture en pleine mer sur filières (exemple de Saint-Coulomb) ; les agriculteurs dont l'activité est source à la fois de nutriments et de polluants (en lien avec l'enjeu de la qualité de l'eau), et peuvent également utiliser des coquilles de moules sous-taille, participant à une meilleure image de la baie en traitant partiellement l'enjeu des déchets. Il serait intéressant de réunir à nouveau l'ensemble des acteurs (tout en se posant la question de la pertinence ou non de séparer Bretagne de Normandie) dans le but qu'ils construisent ensemble un modèle. Cependant, un des intérêts de groupes d'acteurs était la taille de l'effectif : les ateliers ont réuni entre cinq et huit personnes, ce qui est pratique pour faire participer tout le monde. Le fait de faire six ateliers a permis d'inviter de nombreux acteurs.

Par ailleurs, une « hiérarchisation » des variables, par exemple en tenant compte de l'intensité des liens entre variables, permettrait de lever l'incertitude sur certains effets dans les résultats de scénarii, car on aurait alors le poids de chaque chemin d'une variable à une autre. Cela est fait dans certains projets de recherches traitant de cartes cognitives (Chauvin, 2010). Les incertitudes issues des relations ambiguës entre variables (pouvant être corrélées positivement ou négativement) permettent également de cibler des besoins en connaissances supplémentaires, et donc des directions pour des projets de recherche qui correspondraient aux attentes des acteurs. A titre d'exemple, l'interaction tourisme-conchyliculture n'est pas évidente. Le tourisme est souvent opposé à la conchyliculture en raison de la compétition spatiale des deux secteurs et de l'importance de l'image d'un territoire pour le tourisme. Cependant, la conchyliculture, grâce sa réputation (en termes de garantie de qualité de l'eau, fournisseur d'aliments appréciés par les consommateurs, le maintien de produits du terroir, etc.), peut également être un atout favorisant l'attractivité du territoire. C'est le cas

notamment de l'ostréiculture à Cancale. On peut donc voir le tourisme aussi comme favorisant la conchyliculture et non pas seulement l'inverse. Les besoins en connaissances supplémentaires sont aussi évoqués pour la gestion du Couesnon avec un barrage construit pour la restauration du caractère maritime du Mont-Saint-Michel et dont les conséquences à long terme sont encore peu connues et nécessiteraient des études complémentaires (sur la sédimentation, etc.). Ces incertitudes se retrouvent dans d'autres exemples comme l'impact des polluants sur le plancton, la production et la qualité de la production qui est toujours désigné comme négatif, bien que les acteurs disent ne pas avoir de certitude quant à cet effet. Ils le considèrent plus comme un risque. Des recherches quant à ces effets seraient donc un sujet pertinent à étudier pour assurer la durabilité du secteur. Enfin, Les interactions représentées correspondent à des états particuliers du système, car il y a parfois des effets de seuil. Par exemple, le lien biomasse -> déchets signifie que plus la biomasse est élevée, plus il y a de déchets. Les producteurs affirment que lors des bonnes années, avec beaucoup de biomasse, il peut y avoir moins de déchets en raison d'une meilleure croissance et donc moins de moules sous-taille. Il s'agit donc de penser à des modèles alternatifs selon l'état du système que l'on se propose de représenter. Là encore, la complémentarité avec des méthodes quantitatives pour déterminer les niveaux de seuil apparaît comme essentielle.

## Conclusion

L'étude présentée dans ce mémoire a permis de mettre en évidence des enjeux actuels et d'explorer des leviers d'action pour la durabilité de l'activité conchylicole dans le Golfe Normand-Breton. S'inscrivant dans le projet REMAIC, elle a mis en œuvre une approche pilote, impliquant des groupes d'acteurs, ce qui a permis d'alimenter une réflexion sur le développement durable de la conchyliculture. Il ressort des discussions menées lors des ateliers organisés sur les deux sites d'étude que la mise en place d'actions futures devrait être effectuée en collaboration étroite avec les acteurs afin que cette mobilisation se transforme en dynamique de gestion concertée à l'échelle du/des territoire(s).

La démarche de modélisation qualitative, dans le cadre de ce projet de recherche, s'inscrit dans une dynamique de programmation de recherche de plus long terme. Cette approche s'avère pertinente pour renforcer le dialogue social et comme appui à la décision. D'une part, elle permet de réunir et faire participer un panel de personnes relativement large, grâce à sa mise en application ludique. D'autre part, les analyses mathématiques permettent d'identifier les points potentiels de blocage, auxquels il convient de trouver des solutions par la concertation, ou bien en faisant appel à de nouvelles connaissances, ciblant des projets de recherche pertinents pour les acteurs du territoire.

## Bibliographie

Anderies, J. M., M. A. Janssen, and E. Ostrom. 2004. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society* 9(1):18. En ligne : <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art18/>. 28 p.

Axelrod R. M. 1976. Structure of decision: the cognitive maps of political elites. N.J.: Princeton. 422 p.

Barber, M., S. Jackson, J. Dambacher, and M. Finn. 2015. The persistence of subsistence: qualitative social-ecological modeling of indigenous aquatic hunting and gathering in tropical Australia. *Ecology and Society* 20(1): 60. En ligne : <http://dx.doi.org/10.5751/>. 18 p.

Cabinet Ithaque. 2013. Contrat d'études prospectives du secteur de la conchyliculture – rapport final. 198 p.

Chauvin L. 2010. Modèles de cartes cognitives étendues aux notions de contexte et d'échelle. Informatique. Université d'Angers. Français. 141 p.

COI-UNESCO, 1997. «Guide méthodologique d'aide à la gestion intégrée des zones côtières», Manuels et Guides, n°36, 47 p.

ComMod. 2013. La modélisation d'accompagnement : fondements et éthique d'une démarche de concertation pour un développement durable.

Conseil Départemental de la Manche. 2015. Profil de vulnérabilité de la zone de production conchylicole de Chausey.

Conservatoire du littoral. 2010. Baie du Mont-Saint-Michel : Stratégie d'intervention 2015-2050. 1 p.

CRC Bretagne Nord. 2016. Etude socio-économique de la conchyliculture en Bretagne Nord (2013) : Fiche synthèse Cancale et BMSM. 1 p.

CRC Normandie - Mer du Nord. 2016. Communication interne.

Cugier P., K. Frangoudes, M. Blanchard, R. Mongruel, J. Perez, P. Le Mao, T. Robin, *et al.* 2010. Impact des facteurs environnementaux et des pratiques conchylicoles sur la baie du Mont Saint-Michel et la production conchylicole. Etude de scenarii par modélisation. Programme Liteau 3. Rapport Final. 176 p.

Cultures marines. 2017. La valorisation des crépidules dans l'impasse. n°307.

Dambacher, J.M., H.W. Li, P.A. Rossignol. 2002. Relevance of community structure in assessing indeterminacy of ecological predictions. *Ecology*, 83, 1372–1385.

Dambacher J. M., H.-K. Luh, H. W. Li, and P. A. Rossignol. 2003. Qualitative stability and ambiguity in model ecosystems. *American Naturalist* 161(6):876-888. En ligne : <http://dx.doi.org/10.1086/367590>

Dedieu K., O. Abellard, H. Moalic, A. Poiret. 2011. Le projet de parc naturel marin Normand-Breton : lettre d'information de la mission d'étude n°2.

Dutra, L.X.; O. Thébaud, F. Boschetti, A.D. Smith, C.M. Dichmont. 2015. Key issues and drivers affecting coastal and marine resource decisions: Participatory management strategy evaluation to support adaptive management. *Ocean Coast. Manag.* 116, 382–395.

Fortin M.-J., A.-S Devanne, S. Le Floch. 2009. «L'acceptabilité sociale de l'éolien au Québec : apprendre dans la turbulence», *Liaison Énergie-Francophonie*, numéro Énergie et évaluation environnementale, no 83 (2), p. 90-96. En ligne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00474561/document>

Frangoudes K. 1999. L'occupation du Domaine Public Maritime par des cultures marines: le cas de la Baie du Mont-Saint-Michel.

Gangnery A. 2008. Projet OGIVE. Outils d'aide à la Gestion Intégrée et à la Valorisation des Ecosystèmes conchylicoles de Basse-Normandie. Rapport final d'activités - Phase I (2005-2008). En ligne : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00254/36488/>

Girard S., J. Perez, L. Miossec, N. Czerwinski. 2005. Recensement de la conchyliculture 2001 : Agreste Cahiers n°1. 89 p.

Harary F., R.Z. Norman et D. Cartwright. 1965. Structural models: an introduction to the theory of directed graphs. John Wiley & sons, New York, NY.

Jodelet D. *et al.* 1994. Les Représentations sociales. Puf. 452 p. Code ISBN: 978-2-13-053765-6.

Levins R. 1966. The strategy of model building in population biology. *American Scientist* 54: 421-431.

Marzloff M. P., J. Melbourne-Thomas, K. G. Hamon, E. Hoshino, S. Jennings, I. E. Van Putten, G. T. Pecl. 2016. Modelling marine community responses to climate-driven species redistribution to guide monitoring and adaptive ecosystem-based management. *Glob Change Biol*, 22: 2462–2474. doi:10.1111/gcb.13285

Melbourne-Thomas J., S. Wotherspoon, B. Raymond, A. Constable. 2012. Comprehensive evaluation of model uncertainty in qualitative network analyses. *Ecological Monographs*, 82: 505–519. doi:10.1890/12-0207.1

Ozesmi U. 1999. Conservation strategies for sustainable resource use in the Kizilirmak delta in Turkey. University of Minnesota, Minnesota, USA., 253 p.

Pennanguer S., F. Tartarin, A. Guilsou, G. Fontenelle. 2003. GECOBAIE PHASE I : Acteurs, concertation et territoires. En ligne : <http://halieutique.agrocampus-ouest.fr/pdf/421.pdf>

Poignonec D. 2006. Apport de la combinaison "cartographie cognitive - ontologie" dans la compréhension de la perception du fonctionnement d'un écosystème récifolagunaire de Nouvelle-Calédonie par les acteurs locaux. Rennes, France: Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. 366 p.

Puccia C.J., R. Levins. 1985. Qualitative modeling of complex systems : an introduction to loop analysis and time averaging. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Queffelec B. et Kervarec F. 2010. « Les conflits de temporalités dans la gestion du littoral à l'épreuve de la GIZC », Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 1, n° 2 | consulté le 29 août 2017. En ligne : <http://developpementdurable.revues.org/8487> ; DOI : 10.4000/developpementdurable.8487

Reporterre, novembre 2015. « Les moules du Mont-Saint-Michel étouffent la baie magnifique. ». Mis en ligne le 19 novembre 2015. Consulté le 13/03/2017.

Rey-Valette H., Antona M. 2009. Gouvernance et gestion intégrée du littoral : l'exemple des recherches françaises. VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 9 Numéro 1. Mis en ligne le 23 mai 2009, consulté le 29 août 2017. URL : <http://vertigo.revues.org/8455> ; DOI : 10.4000/vertigo.8455

Rollet C., K. Dedieu. 2011. Actes du colloque scientifique du golfe normand-breton « Biodiversité, écosystèmes et usages du milieu marin : quelles connaissances pour une gestion intégrée du golfe normand-breton ? ».

# Annexes

## Table des annexes

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ANNEXE I : Liste des chercheurs Ifremer impliqués dans le projet REMAIC.....                | 39 |
| ANNEXE II : Liste des participants aux ateliers REMAIC du 21/03/2017 au 24/03/2017....      | 40 |
| ANNEXE III : Liste des participants à la réunion de restitution le 30/06/2017 à Pontorson.. | 42 |
| ANNEXE IV : Cartes cognitives issues des ateliers.....                                      | 43 |
| ANNEXE V : Représentations retranscrites sous DIA.....                                      | 46 |
| ANNEXE VI : Tableau d’homogénéisation des variables utilisées lors des six ateliers.....    | 52 |
| ANNEXE VII : Tableau de classification des variables par dominante.....                     | 56 |
| ANNEXE VIII : Spécificités régionales et par type d’acteur.....                             | 57 |
| ANNEXE IX : Fiche résumé.....                                                               | 59 |

# **ANNEXE I : Liste des chercheurs Ifremer impliqués dans le projet REMAIC**

## **AMURE (AMénagement des Usages des Ressources et des Espaces marins et littoraux)**

- Sophie Gourguet
- José Pérez
- Olivier Thébaud
- Sophie Girard

## **LEMAR (Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin)**

- Pierre Boudry

## **DYNECO (DYNamique des Ecosystèmes COTiers)**

- Cédric Bacher
- Philippe Cugier
- Martin Marzloff

## **LERN (Laboratoire Environnement Ressources de Normandie)**

- Aline Gangnery

## **LERBN (Laboratoire Environnement Ressources de Bretagne Nord)**

- Patrick Le Mao
- Nicolas Desroy

## **ANNEXE II : Liste des participants aux ateliers REMAIC du 21/03/2017 au 24/03/2017**

- Atelier B1 - Professionnels bretons – 8 participants
  - Barbe Alban - mytiliculteur
  - Beaulieu Pierre-Charles - ostréiculteur
  - Busson André - mytiliculteur
  - Chevalier Alain - mytiliculteur
  - Cornée Sylvain - mytiliculteur
  - Delamaire Jean-Pierre - mytiliculteur
  - Le Saint Caroline - CRC Bretagne Nord
  - Pichot François-Joseph – ostréiculteur
- Atelier B2 – Institutions bretonnes – 6 participants
  - Cornée Anne – DIRM 35
  - Faguet Pierre – DDTM 35
  - Ledard Michel - DREAL Bretagne
  - Le Renard Marion – CR Bretagne
  - Robin Thierry – CG 35
  - Salardaine Gérard – Maire du Vivier-sur-Mer
- Atelier B3 – Autres parties prenantes bretonnes – 8 participants
  - Canard Alain– Université de Bretagne Occidentale
  - Jan Louis - Association Littoral et Pêche à pied
  - Lebas Pierre - Vigibaie (Associations environnementales)
  - Lecler Pascal - Comité local de pêche de St Malo
  - Le Gac Jean-Louis - Vigibaie (Associations environnementales)
  - Lesacher Manuel - Association « La maison de la Baie du Mont Saint Michel »
  - Roberge Didier - Représentant pêcheur à pied professionnel
  - Travert Laurent - La commission inter-Sage de la baie du Mont-Saint-Michel
- Atelier N1 – Professionnels normands – 5 participants
  - Savary Manuel – CRC Normandie Mer du Nord
  - Jacqueline Jean-Marc - CRC Normandie Mer du Nord
  - Maine Loïc - mytiliculteur
  - Lafosse Julien - ostréiculteur
  - Le Monnier Franck – ostréiculteur
- Atelier N2 – Institutions normandes – 7 participants
  - Blot Olivier - Agence de l'Eau Seine-Normandie
  - Robbe Sandrine - DREAL Normandie
  - Jouaux Aude - Conseil régional Normandie
  - Legrain Catherine - CD50
  - Pien Sebastien - SMEL
  - Dedieu Karine - Mission parc GNB
  - Sellam David - DIRM MEMN

- Atelier N3 – Autres parties prenantes normandes – 5 participants
  - Castel Marie-Reine - GRAPE
  - Garcia Aurélie- GEMEL Normandie
  - Horn Michel - GRAPE
  - Joncourt Yann- GEMEL Normandie
  - Tétard Xavier - Comité régional des pêches de Normandie CRPBN

## **ANNEXE III : Liste des participants à la réunion de restitution le 30/06/2017 à Pontorson**

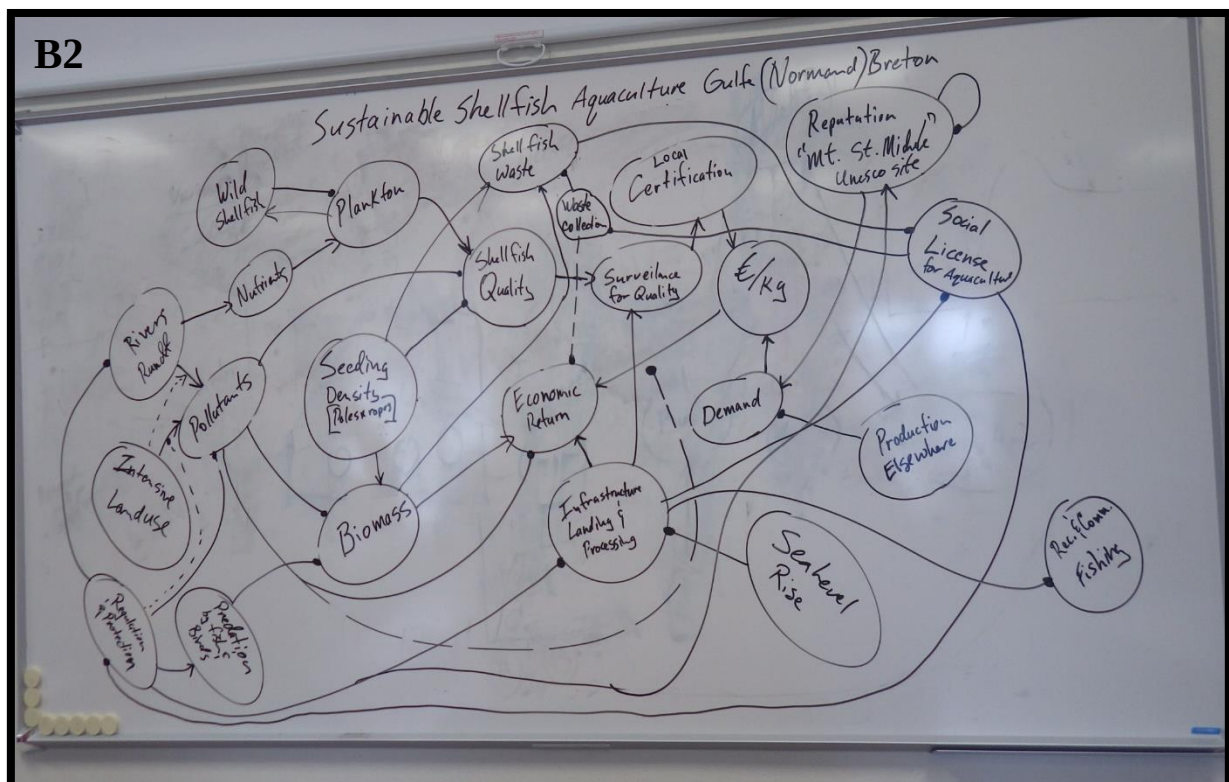
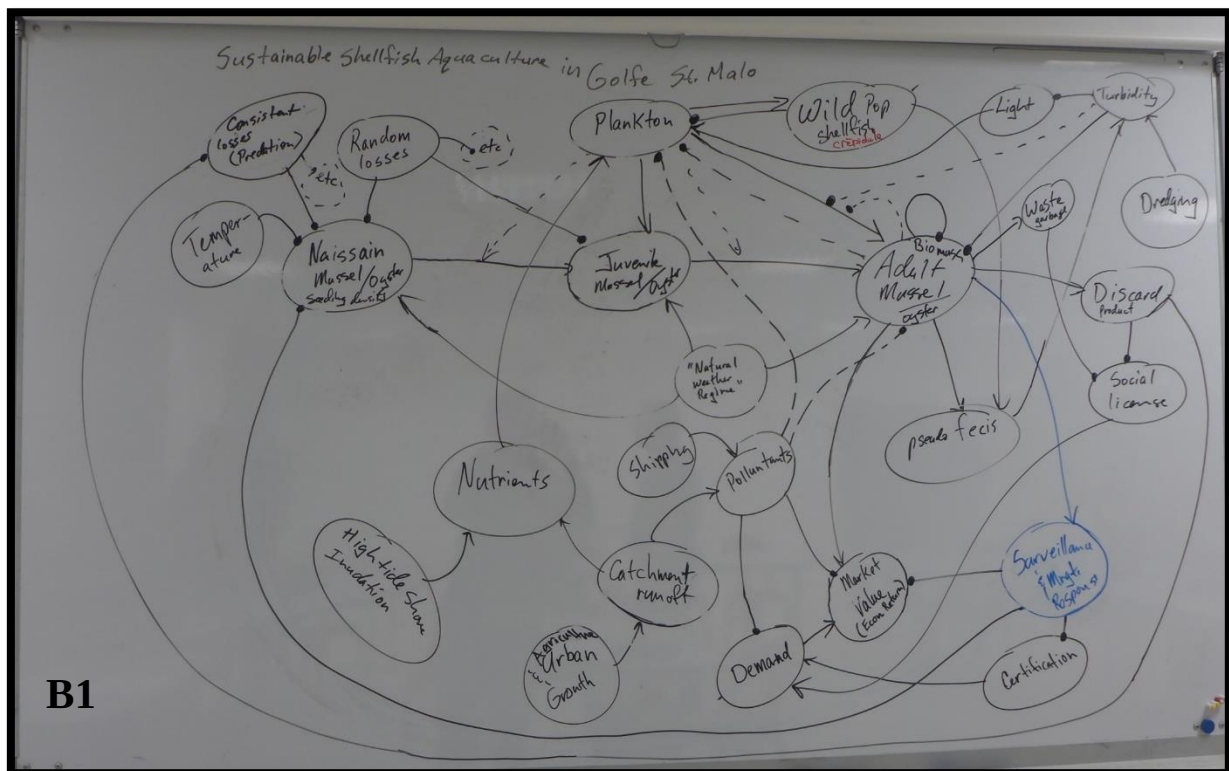
### **Equipe du projet REMAIC**

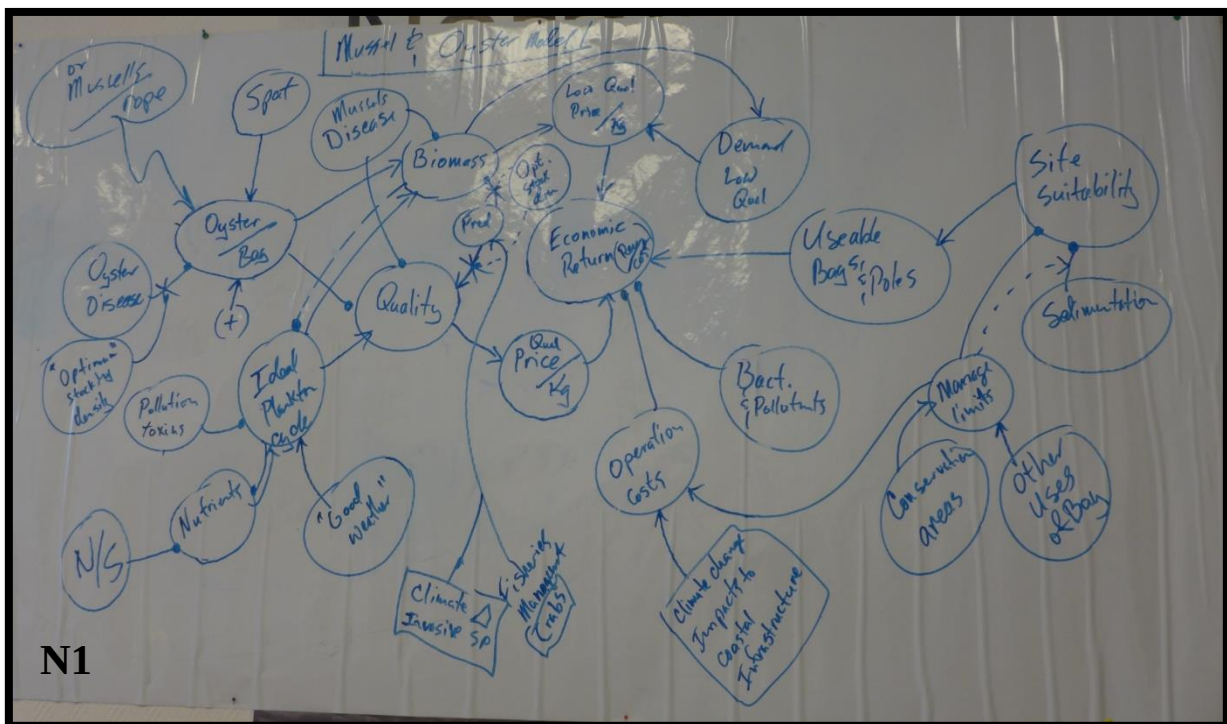
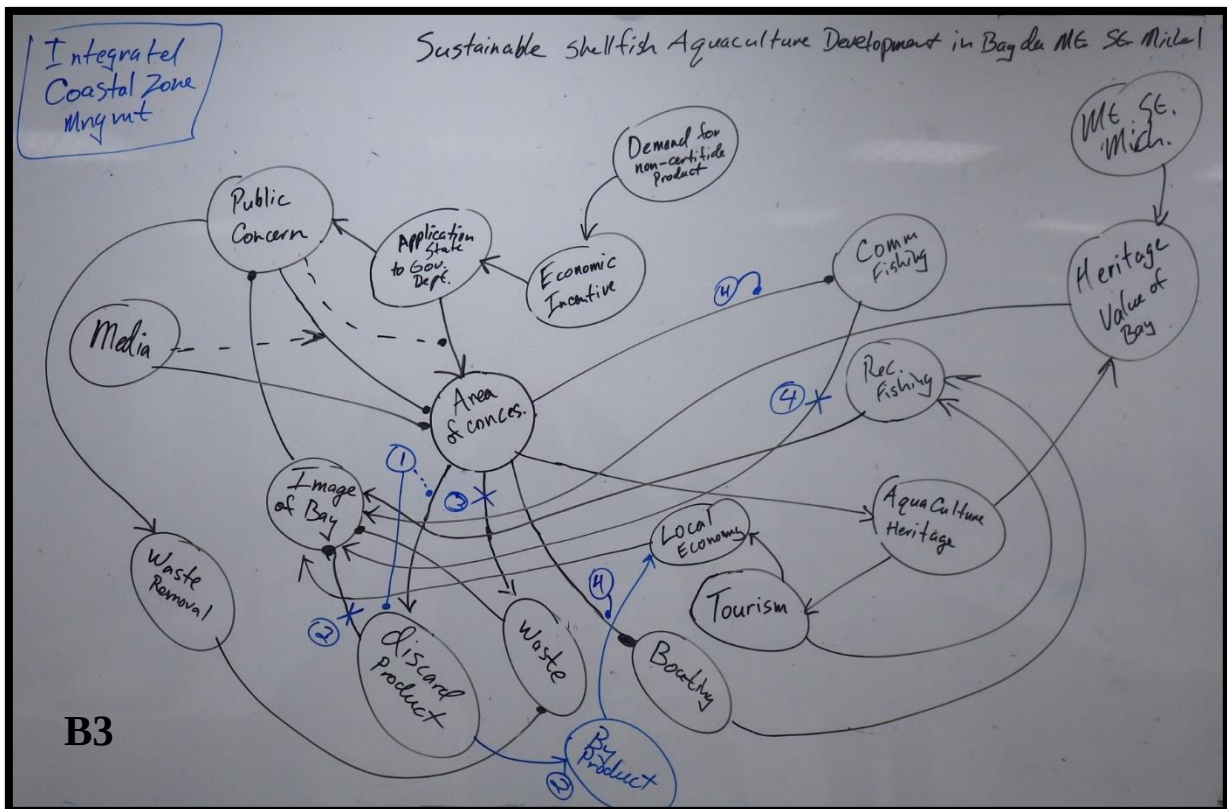
Bacher Cédric (DYNECO), Boudry Pierre (LEMAR), Cugier Philippe (DYNECO), Desroy Nicolas (LERBN), Gourguet Sophie (AMURE), Monnier Léa (ACO/AMURE), Pérez José (AMURE), Thébaud Olivier (AMURE)

### **Acteurs**

- Professionnels bretons
  - Beaulieu Pierre-Charles - ostréiculteur
  - Cornée Sylvain - mytiliculteur
  - Le Saint Caroline - CRC Bretagne Nord
- Institutions bretonnes
  - Cornée Anne - DIRM 35
  - Robin Thierry – CG 35
  - Faguet Pierre – DDTM 35
  - Ledard Michel – DREAL Bretagne
  - Le Renard Marion - CR Bretagne
- Autres parties prenantes bretonnes
  - Lebas Pierre – Association Vigibaie
  - Le Gac Jean-Louis – Association Vigibaie
  - Lesacher Manuel – Association « La maison de la Baie du Mont Saint Michel »
- Professionnels normands
  - Jacquette Jean-Marc – CRC Normandie Mer du Nord
  - Duroy Cannelle – CRC Normandie Mer du Nord
  - Goulard Amélie – CRC Normandie Mer du Nord
- Institutions normandes
  - Legrain Catherine – CD 50
  - Sellam David – DIRM MEMN
  - Pien Sébastien – SMEL
- Autres parties prenantes normandes
  - Castel Marie-Reine – GRAPE
  - Jeanne Michel - Comité 50 de la Pêche Maritime de Loisir
- Autres
  - Delaunay Bernard
  - Ysnel Frederic – Université de Bretagne Occidentale
  - Prigent Lionel – Université de Bretagne Occidentale
  - Canard Alain - Université de Rennes
  - Larronde-Larretetche Marion – Cultures Marines

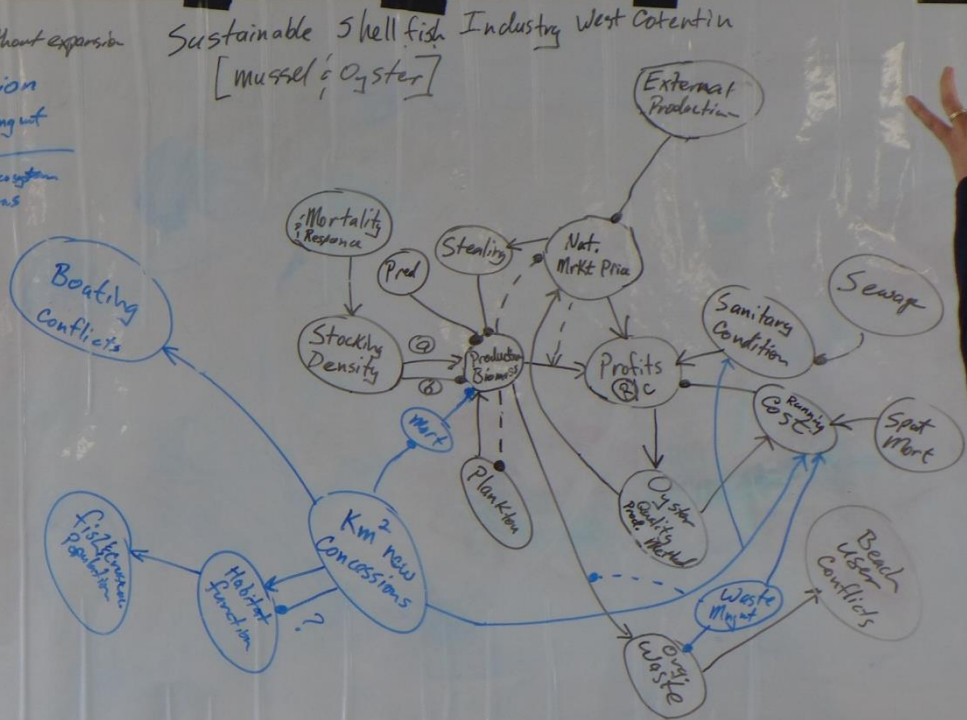
## ANNEXE IV : Cartes cognitives issues des ateliers





2) Expansion  
 & waste management

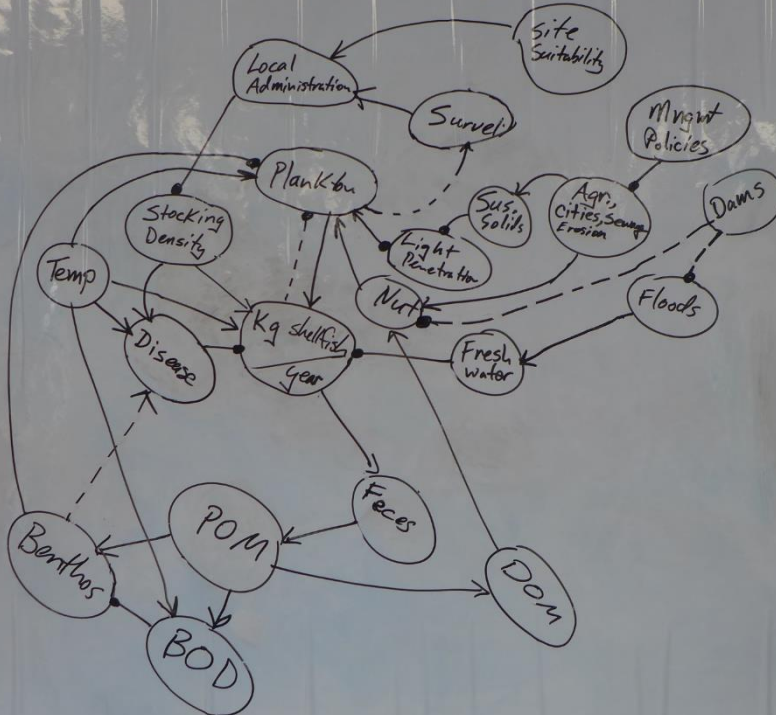
Did not discuss ecosystem  
health Regulations



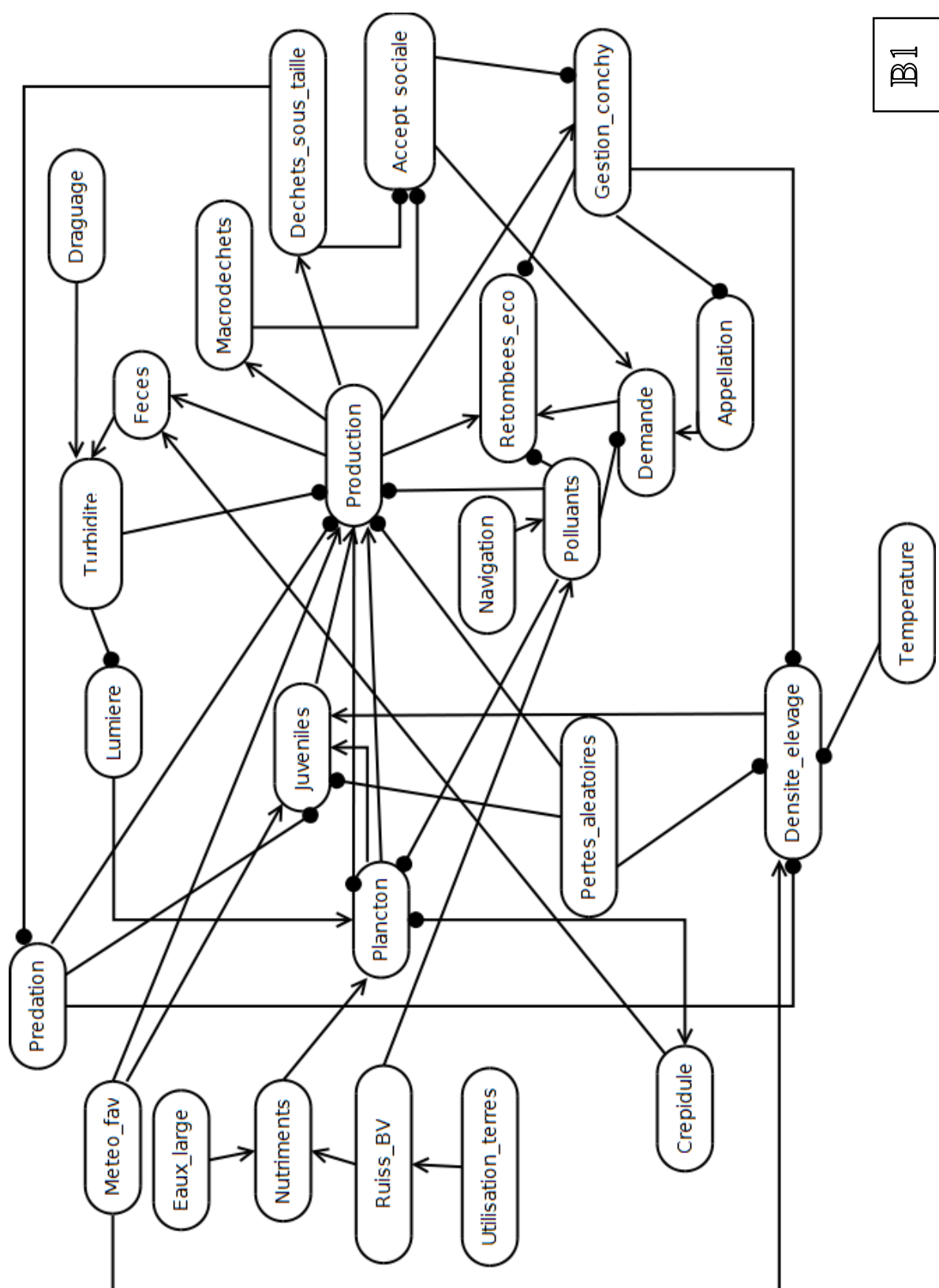
N2

N3

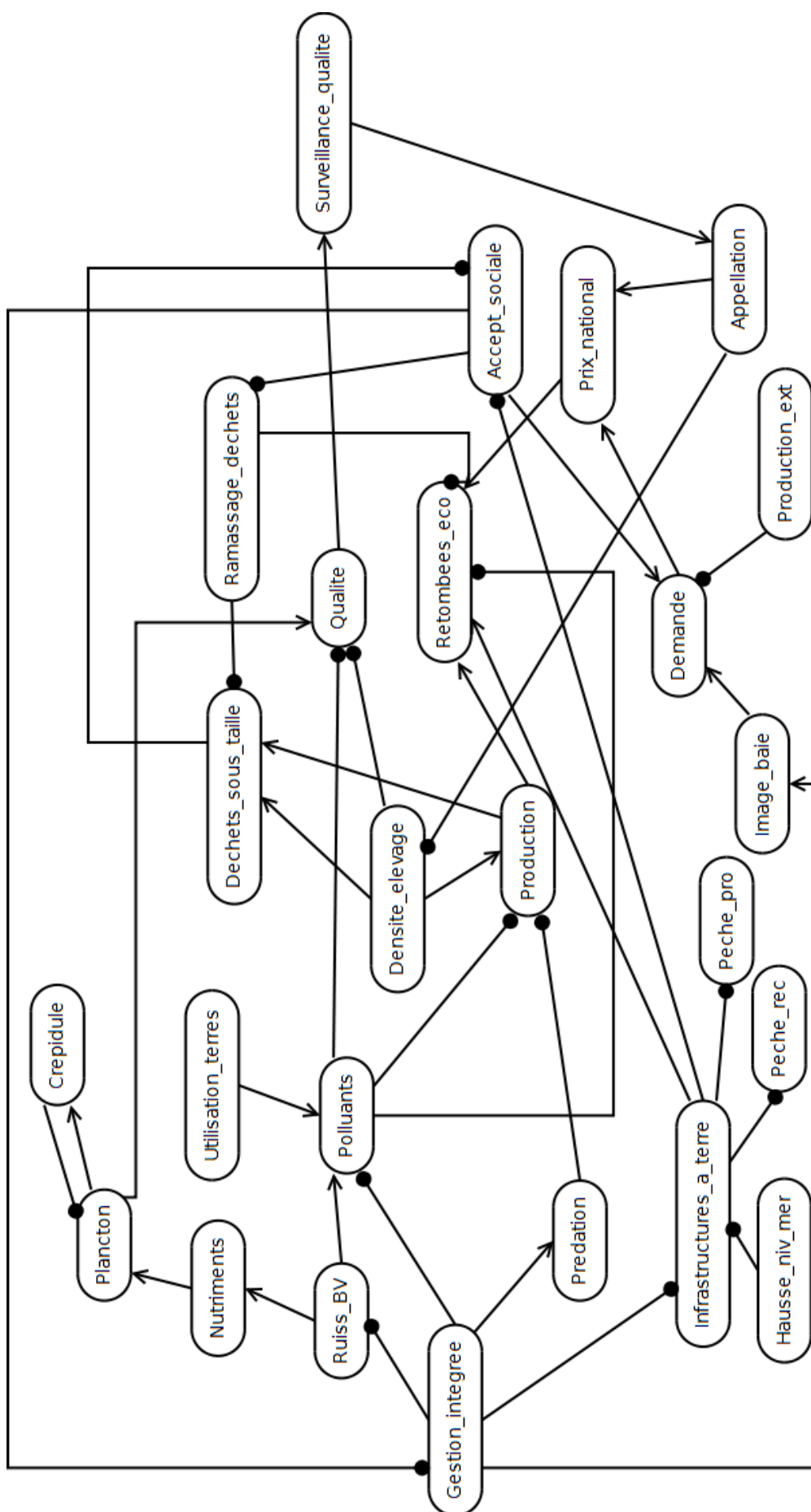
# Sustainable Shellfish Aquaculture in Blue Box

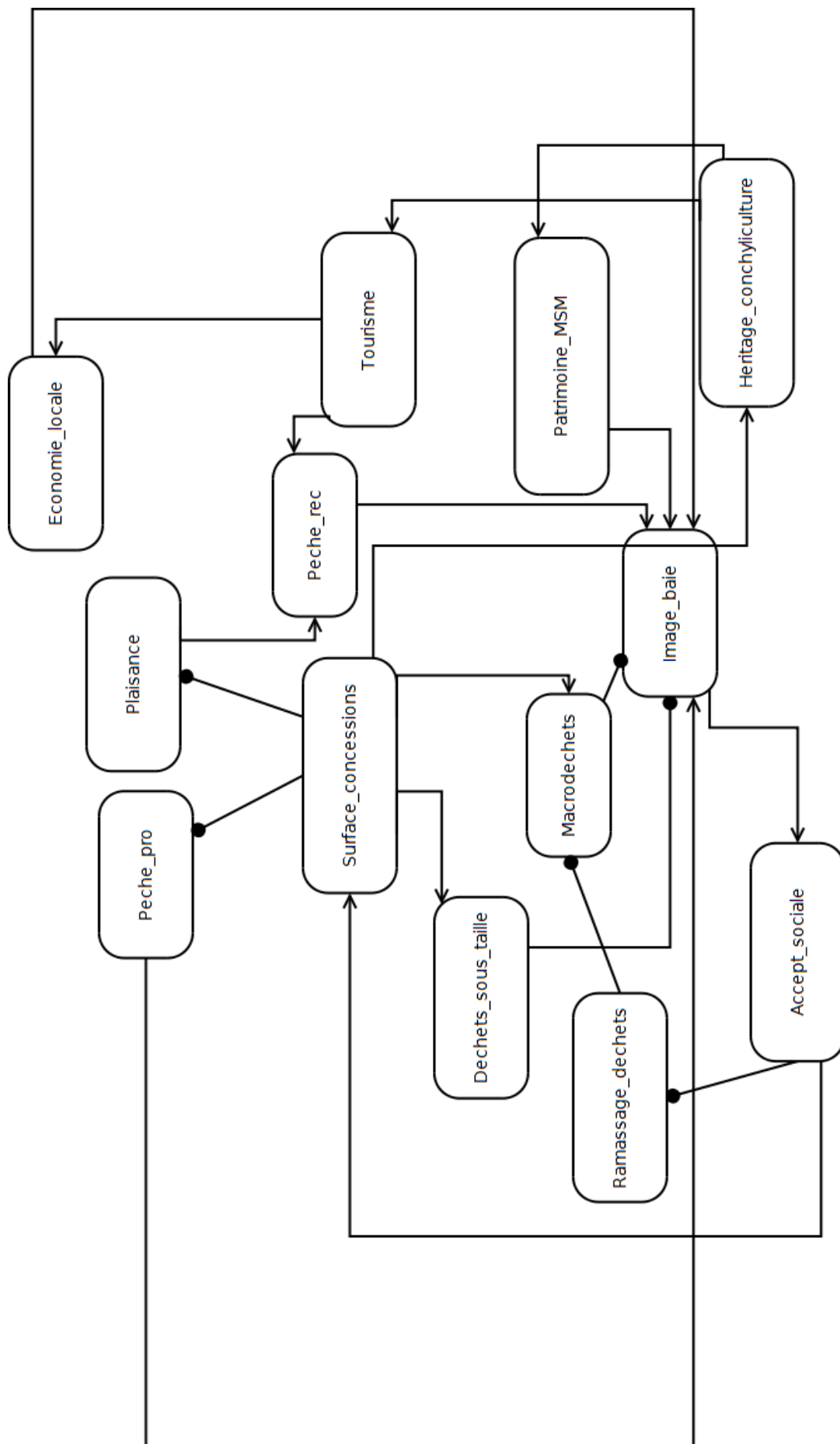


## ANNEXE V : Représentations retranscrites sous DIA

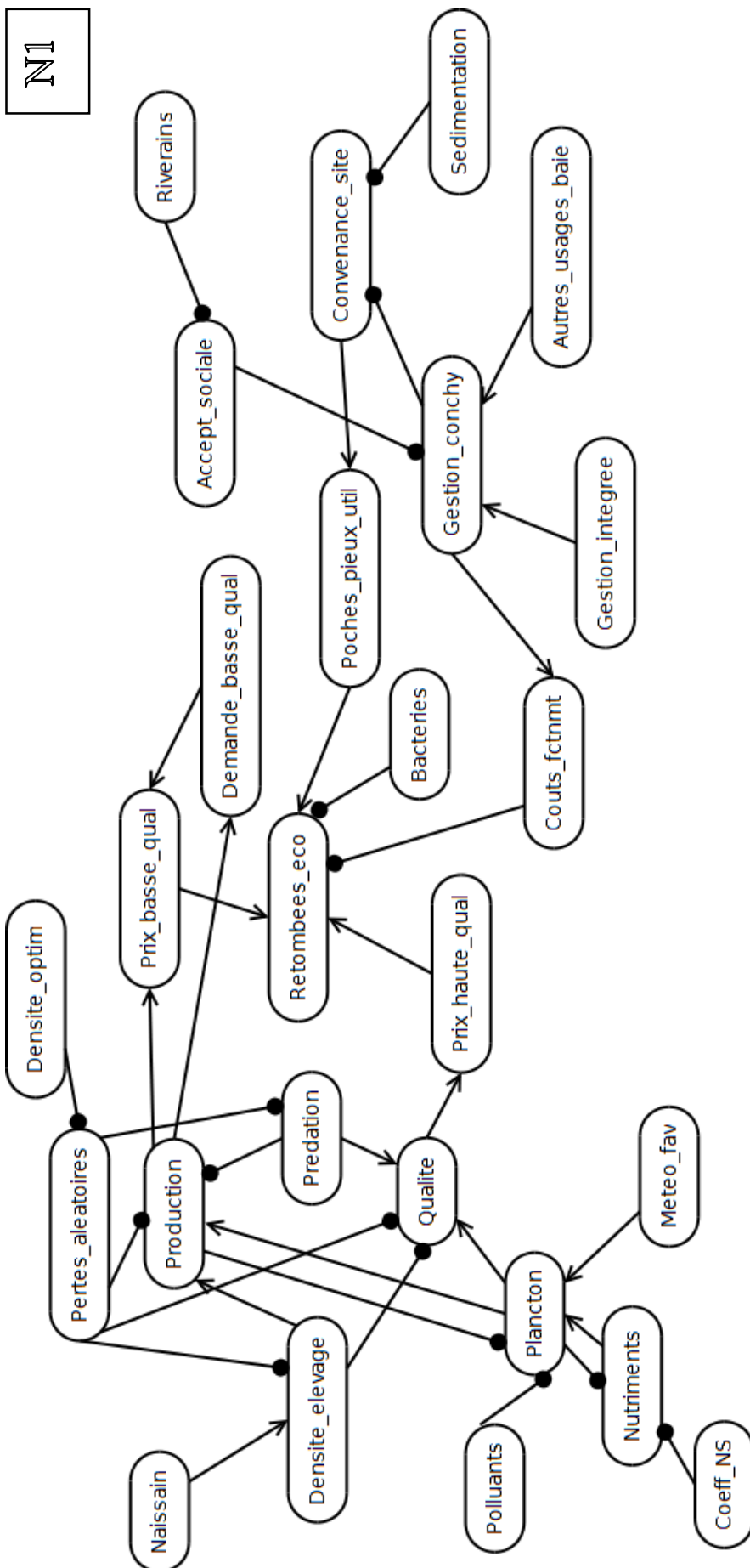


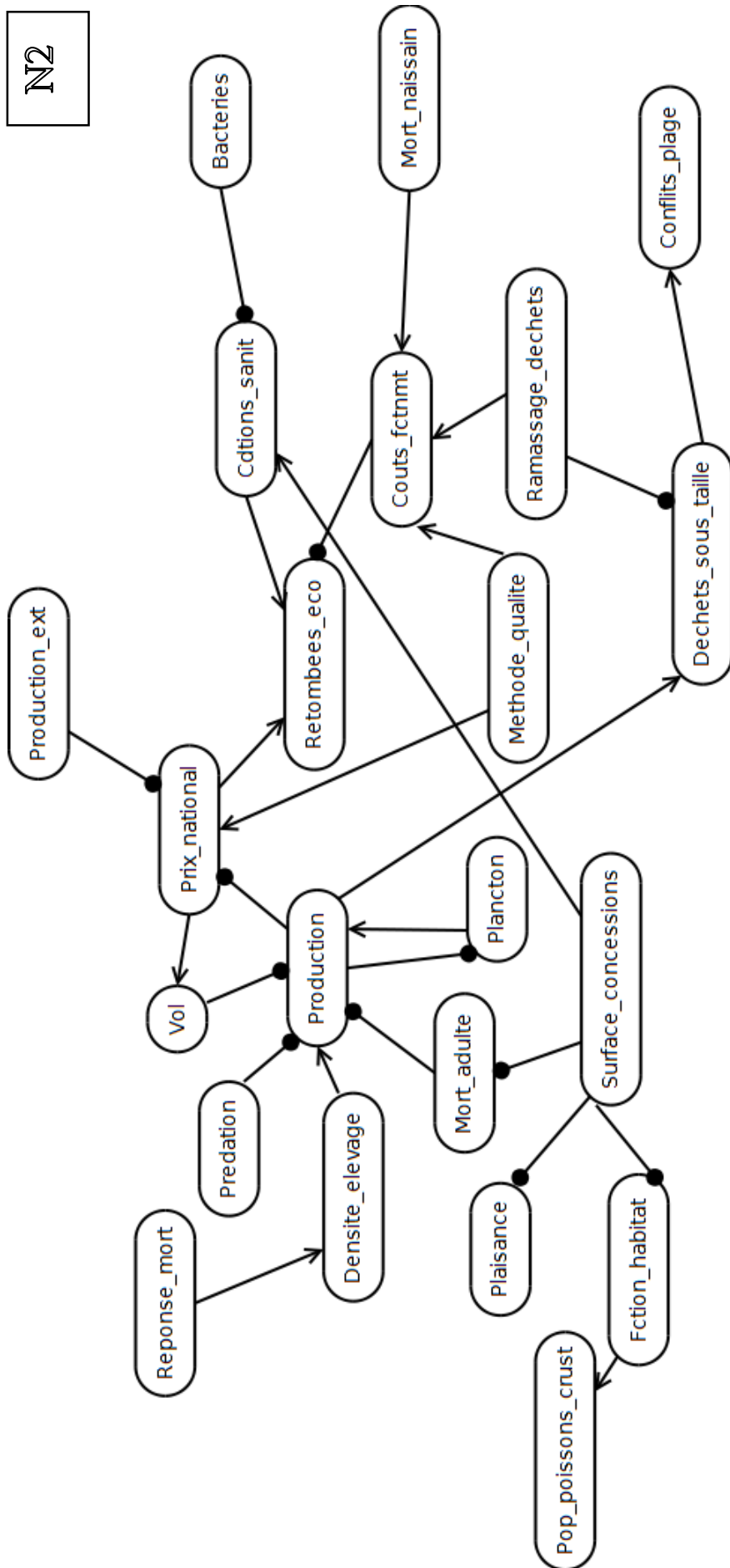
B1



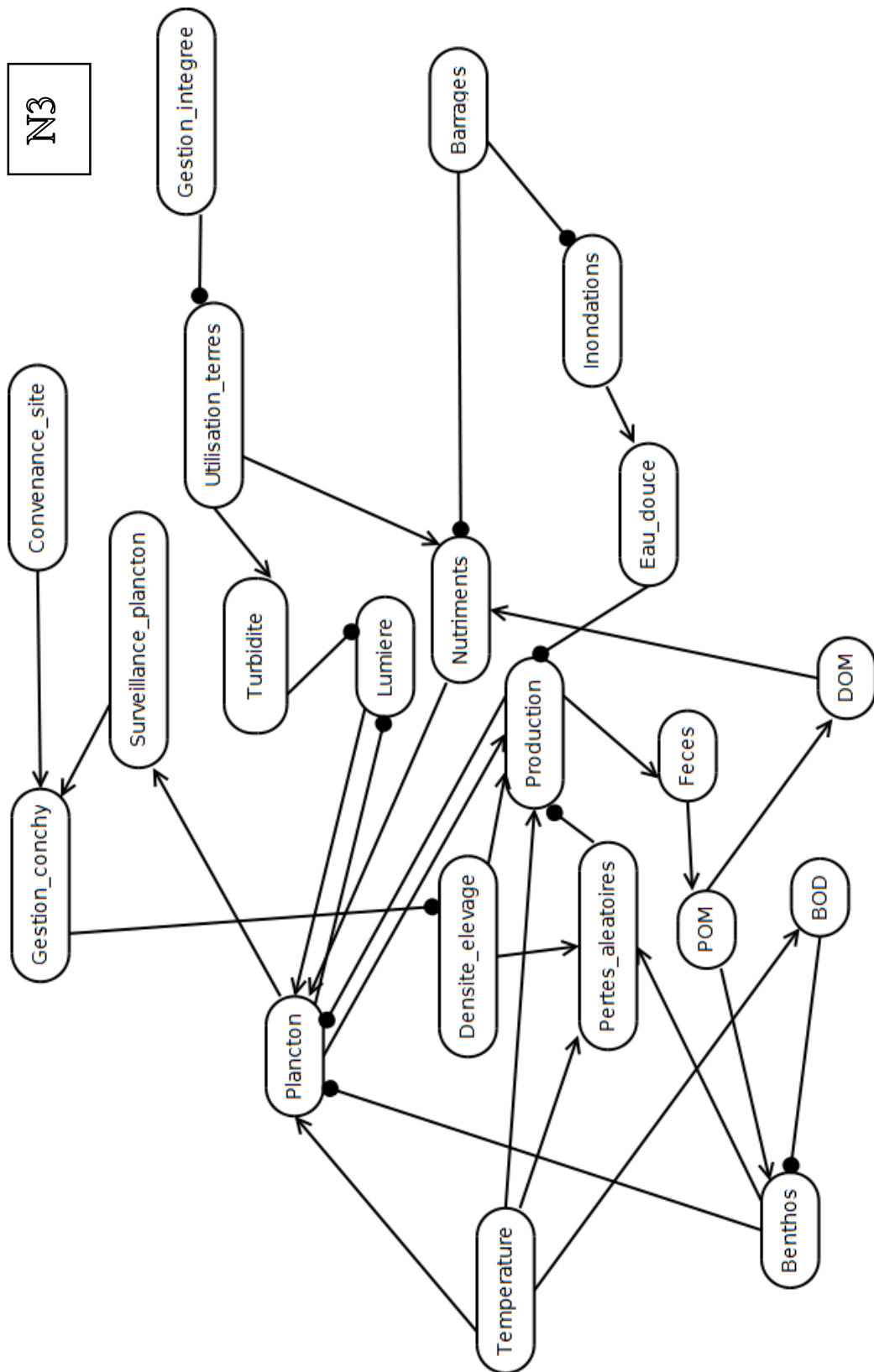


B3





N2



## ANNEXE VI : Tableau d'homogénéisation des variables utilisées lors des six ateliers

| Atelier | Nom dans le modèle                     | Nom final                    |
|---------|----------------------------------------|------------------------------|
| N1      | Spat                                   | Naissain                     |
| B1      | Juvenile mussel/oyster                 | Juvénile                     |
| N1      | Biomass                                | Production (biomasse)        |
| B2      | Biomass                                |                              |
| B1      | Biomass Adult mussel / oyster          |                              |
| N2      | Production biomass                     |                              |
| N3      | kg shellfish/year                      |                              |
| B1      | Naissain mussel/oyster seeding density | Densité d'élevage            |
| B2      | Seeding density (poles & ropes)        |                              |
| N3      | Stocking density                       |                              |
| N1      | Oyster/bag (or mussel/rope)            |                              |
| N2      | Stocking density                       |                              |
| N1      | "Optimum" stocking density             | Densité d'élevage "optimale" |
| N1      | Useable bags and poles                 | Poches et pieux utilisables  |
| B3      | Area of concessions                    | Surface de concessions       |
| N2      | km2 new concessions                    |                              |
| N2      | Oyster quality production method       | Qualité du coquillage        |
| N1      | Quality                                |                              |
| B2      | Shellfish quality                      |                              |
| B1      | Certification                          | Certification                |
| B2      | Local certification                    |                              |
| B1      | Demand                                 | Demande générale             |
| B2      | Demand                                 |                              |
| B3      | Demand for non-certificied product     | Demande pour faible qualité  |
| N1      | Demand in low quality                  |                              |
| N2      | External production                    | Production externe           |
| B2      | Production elsewhere                   |                              |
| N2      | National market price                  | Prix national                |
| B2      | €/kg                                   |                              |
| N1      | Low quality price/kg                   | Prix qualité faible          |
| N1      | Quality price/kg                       | Prix qualité élevée          |
| B3      | Economic incentive                     | Incitation économique        |
| B2      | Economic return                        | Retombées économiques        |
| N1      | Economic return (revenue/cost)         |                              |
| N2      | Profits (R/C)                          |                              |
| B1      | Market Value (economic return)         |                              |
| B3      | Local economy                          | Economie locale              |
| N1      | Operation costs                        | Coûts de fonctionnement      |
| N2      | Running costs                          |                              |

| Atelier | Nom dans le modèle                                | Nom final                                |
|---------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|
| N2      | Plankton                                          | Plancton                                 |
| B1      | Plankton                                          |                                          |
| N3      | Plankton                                          |                                          |
| B2      | Plankton                                          |                                          |
| N1      | Ideal plankton cycle                              |                                          |
| N3      | Nutrients                                         | Nutriments                               |
| B1      | Nutrients                                         |                                          |
| N1      | Nutrients                                         |                                          |
| B2      | Nutrients                                         |                                          |
| N3      | Fresh water                                       | Eau douce                                |
| B1      | Wild population shellfish (crépidule)             | Coquillages sauvages                     |
| B2      | Wild shellfish                                    |                                          |
| N1      | Predation                                         | Prédation                                |
| N2      | Predation                                         |                                          |
| B1      | Consistant losses (predation)                     |                                          |
| B2      | Predation by fish, birds                          |                                          |
| N2      | Mortality                                         | Pertes aléatoires                        |
| N2      | Spat mortality                                    |                                          |
| N1      | Oyster disease                                    |                                          |
| N1      | Mussels disease                                   |                                          |
| N3      | Disease                                           |                                          |
| B1      | Random losses (manipulation, weather, disease...) |                                          |
| N2      | Mortality & response                              | Réponse aux mortalités                   |
| N3      | Feces                                             | Fécès                                    |
| B1      | Pseudo feces                                      |                                          |
| N1      | Sedimentation                                     | Sédimentation                            |
| N3      | Suspension solids                                 | Turbidité                                |
| B1      | Turbidity                                         |                                          |
| B1      | Temperature                                       | Température                              |
| N3      | Temperature                                       |                                          |
| B1      | Light                                             | Lumière                                  |
| N3      | Light penetration                                 |                                          |
| N3      | BOD (Biological Oxygen Demand)                    | Demande Biochimique en Oxygène           |
| N3      | DOM (Dissolved organic matter)                    | Matière Organique Dissoute               |
| N3      | POM (particulate organic mater)                   | Matière Organique Particulaire           |
| N3      | Benthos                                           | Benthos                                  |
| N2      | Habitat function                                  | Fonction d'habitat                       |
| N2      | Fish, crustacean populations                      | Populations de poissons et de crustacées |
| N1      | "Good weather"                                    | Cycle météorologique favorable           |
| B1      | "Natural weather regime"                          |                                          |
| B1      | Hightide shore inundation                         | Eaux du large                            |
| B2      | Sea level rise                                    | Hausse du niveau de la mer               |

|    |                                             |                                        |
|----|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| N3 | floods                                      | Inondations                            |
| N1 | Coefficient Nord Sud                        | Coefficient Nord-Sud                   |
| N3 | Site suitability                            | Convenance du site                     |
| N1 | Site suitability                            |                                        |
| B1 | Catchment run off                           | Ruissellements de bassin versant       |
| B2 | Rivers runoff                               |                                        |
| B1 | Agriculture and urban growth                | Utilisation des terres                 |
| N3 | Agriculture, cities, sewage, erosion        |                                        |
| B2 | intensive land use                          |                                        |
| B1 | Pollutants                                  | Polluants (pesticides, insecticides)   |
| B2 | Pollutants                                  |                                        |
| N1 | Pollution toxins                            |                                        |
| N1 | Bacterias and pollutants                    | Bactéries                              |
| N2 | Sewage                                      |                                        |
| N2 | Sanitary conditions                         | Conditions sanitaires                  |
| B3 | Discard product                             | Déchets (sous-taille)                  |
| B1 | Discard production                          |                                        |
| N2 | Organic waste                               |                                        |
| B2 | Shellfish waste                             |                                        |
| B1 | Waste garbage                               | Macro-déchets (plastiques, cordes)     |
| B3 | Waste                                       |                                        |
| N2 | Waste management                            | Ramassage des déchets                  |
| B2 | Waste collection                            |                                        |
| B3 | Waste removal                               |                                        |
| N1 | Management limits                           | Gestion de l'aquaculture               |
| B1 | Surveillance and management response        |                                        |
| N3 | Local Administration                        |                                        |
| N1 | Conservation areas                          | Gestion intégrée                       |
| N3 | Management policies                         |                                        |
| B2 | Regulation and protection                   |                                        |
| B2 | Surveillance for quality                    | Surveillance de la qualité             |
| N3 | Surveillance                                | Surveillance de la production primaire |
| B3 | Application state to government departement | Demande de concessions                 |
| B2 | Social licence for aquaculture              | Acceptabilité sociale                  |
| B1 | Social license                              |                                        |
| N1 | Social license                              |                                        |
| B3 | Public concern                              |                                        |
| B3 | Image of the bay                            | Image de la baie                       |
| B2 | Reputation "Mont Saint-Michel"              |                                        |
| B3 | Aquaculture heritage                        | Héritage de la conchyliculture         |
| B3 | Heritage value of the Bay                   | Patrimoine du Mont Saint-Michel        |
| B3 | Mt Saint Michel                             |                                        |
| B3 | Media                                       | Média                                  |

| <b>Atelier</b> | <b>Nom dans le modèle</b>             | <b>Nom final</b>                                         |
|----------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| B1             | Shipping                              | Navigation                                               |
| B3             | Boating                               | Plaisance                                                |
| N2             | Boating conflicts                     |                                                          |
| B3             | Commercial fishing                    | Pêche à pied professionnelle                             |
| B2             | Recreational and commercial fisheries | Pêches professionnelle et récréative                     |
| B3             | Recreational fishing                  | Pêche récréative                                         |
| B1             | Dredging                              | Draguage                                                 |
| N2             | Stealing                              | Vol                                                      |
| N1             | News residents and recreation         | Riverains                                                |
| B3             | Tourism                               | Tourisme                                                 |
| N1             | Other uses of bay                     | Autres usages de la baie                                 |
| N2             | Beach user conflicts                  | Conflits avec les usagers de la plage                    |
| N3             | Dams                                  | Barrages                                                 |
| B2             | Infrastructure landing and processing | Infrastructure pour le débarquement et la transformation |

## ANNEXE VII : Tableau de classification des variables par dominante

| Dominance        |                                                  | Concept                                                   | Modèle |    |    |    |    |    |
|------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------|----|----|----|----|----|
|                  |                                                  |                                                           | B1     | B2 | B3 | N1 | N2 | N3 |
| Environnementale | Bassins versants                                 | Nourriture (nutriments et plancton)                       | 1      | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  |
|                  |                                                  | Agriculture et activités humaines                         | 1      | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  |
|                  |                                                  | Pollution (polluants+bactéries)                           | 1      | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  |
|                  | Caractéristiques du site d'élevage               | Météo                                                     | 1      | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Convenance du site                                        | 0      | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
|                  |                                                  | Eau douce                                                 | 0      | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
|                  |                                                  | Température                                               | 1      | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
|                  |                                                  | Lumière                                                   | 1      | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
|                  | Perte de production                              | Prédation                                                 | 1      | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  |
|                  |                                                  | Pertes aléatoires (maladies, mortalités , etc.)           | 1      | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  |
|                  |                                                  | Compétition                                               | 1      | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                  | Impact de la conchyliculture sur l'environnement | Sédimentation                                             | 0      | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Turbidité                                                 | 1      | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
|                  |                                                  | Habitats autres espèces                                   | 0      | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
|                  |                                                  | Fèces                                                     | 1      | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| Economique       | Production du bassin                             | Production (Quantité)                                     | 1      | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  |
|                  |                                                  | Production (Qualité)                                      | 0      | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  |
|                  |                                                  | Naissain                                                  | 1      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Densité d'élevage                                         | 1      | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  |
|                  | Efficacité économique                            | Offre Externe                                             | 0      | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  |
|                  |                                                  | Demande                                                   | 1      | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Certification AOC                                         | 1      | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Prix                                                      | 1      | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  |
|                  |                                                  | Rentabilité                                               | 1      | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  |
|                  |                                                  | Coûts de fonctionnement                                   | 0      | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| Socio-éco        | Déchets                                          | Déchets (sous taille)                                     | 1      | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  |
|                  |                                                  | Macro-déchets (plastiques, cordes)                        | 1      | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
|                  | Emprise spatiale                                 | Surface de concessions                                    | 0      | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
|                  | Economie locale                                  | Economie locale                                           | 0      | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
|                  | Emprise spatiale à terre                         | Infrastructures pour le débarquement et la transformation | 0      | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| Sociale          | Image                                            | Patrimoine MSM                                            | 0      | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Image de la baie MSM                                      | 0      | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Acceptabilité sociale                                     | 1      | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Média                                                     | 0      | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
|                  | Gestion et surveillance                          | Gestion de la conchyliculture                             | 1      | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
|                  |                                                  | Ramassage des déchets                                     | 0      | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  |
|                  |                                                  | Gestion intégrée                                          | 0      | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  |
|                  |                                                  | Surveillance de la qualité                                | 0      | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Surveillance de la production primaire                    | 0      | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
|                  |                                                  | Pêches professionnelle                                    | 0      | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
|                  | Autres usages                                    | Pêche récréative                                          | 0      | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Draguage                                                  | 1      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Navigation                                                | 1      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Plaisance                                                 | 0      | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  |
|                  |                                                  | Usagers de la plage                                       | 0      | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
|                  |                                                  | Tourisme                                                  | 0      | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Riverains                                                 | 0      | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
|                  |                                                  | Autres usages de la baie                                  | 0      | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |

## ANNEXE VIII : Spécificités régionales et par type d'acteur

Figure 11 Variables spécifiques aux ateliers bretons et liens avec les variables du modèle commun. Les variables spécifiques sont en couleur (verte, bleu ou rouge).

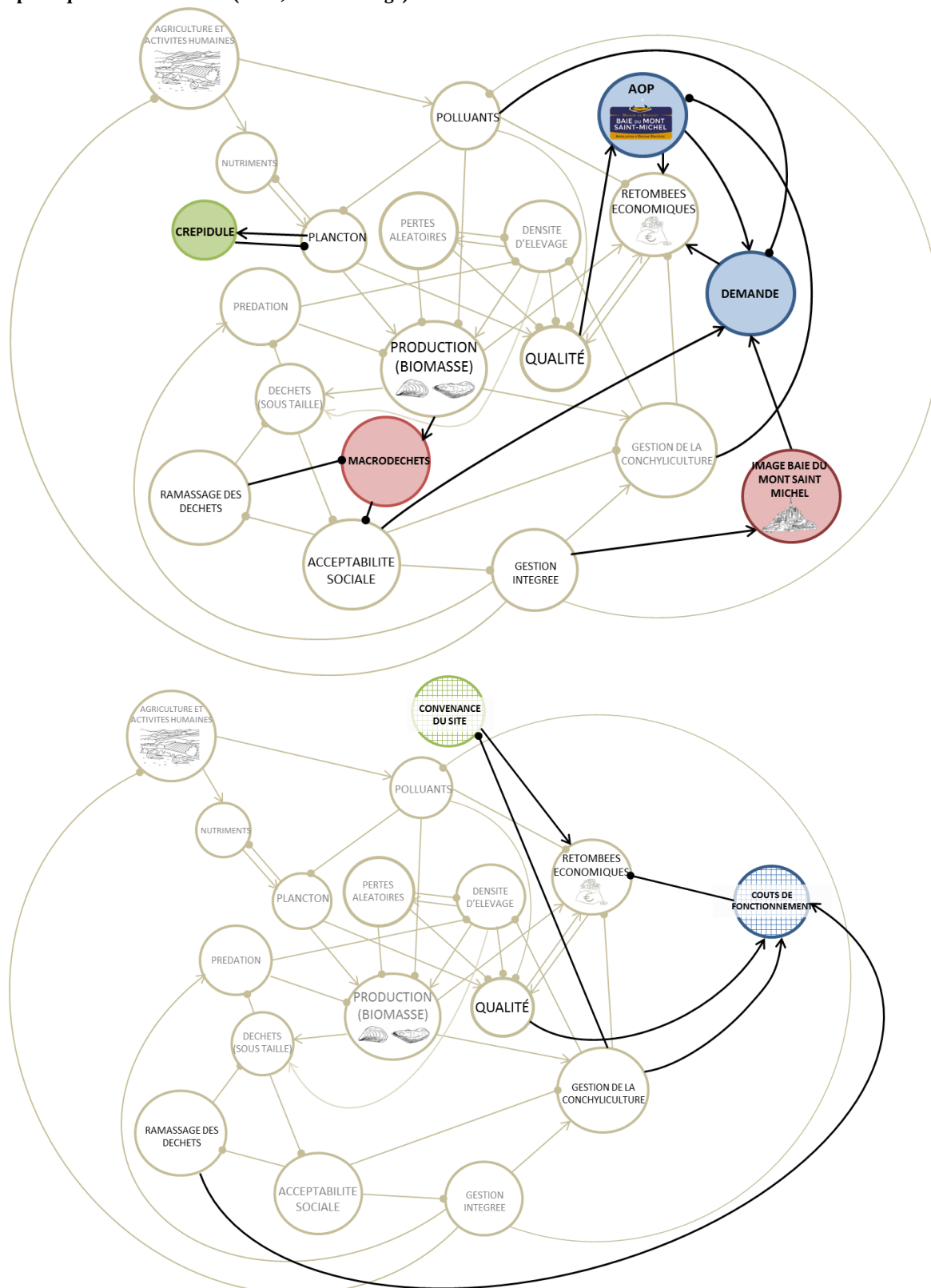
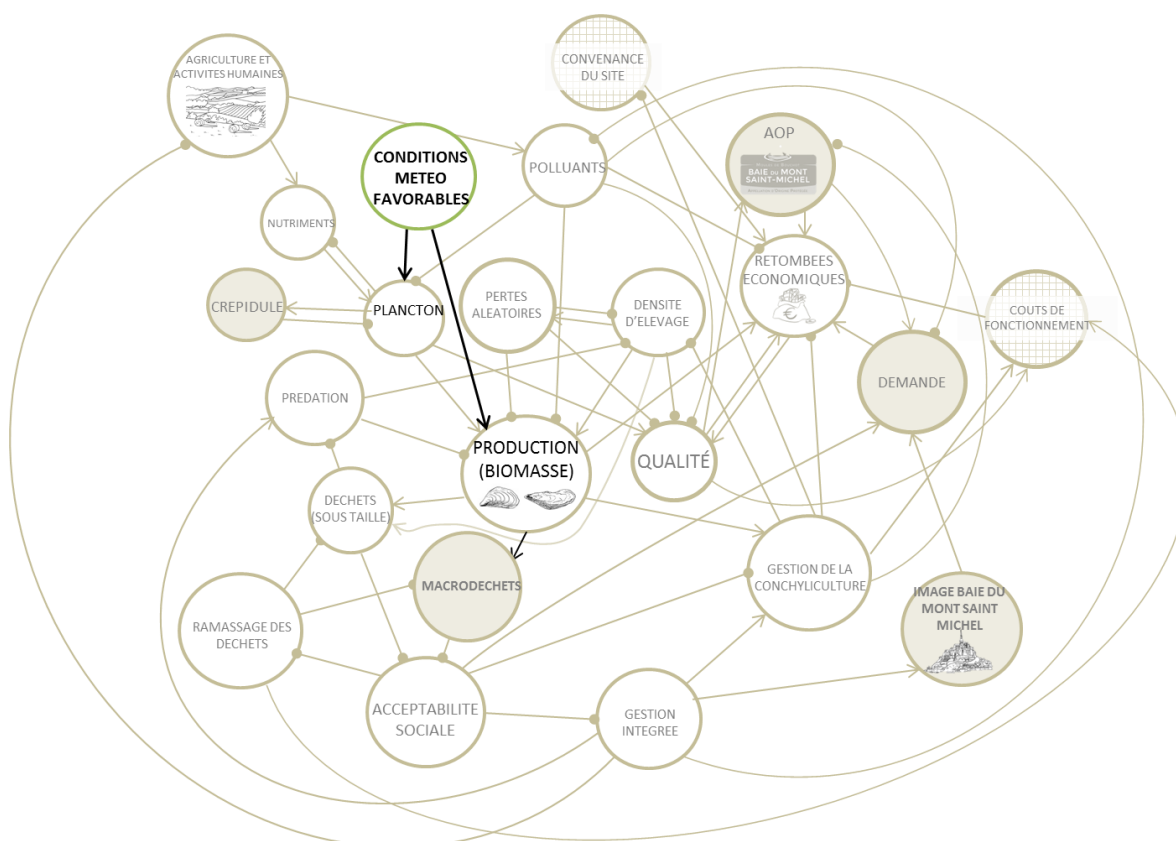
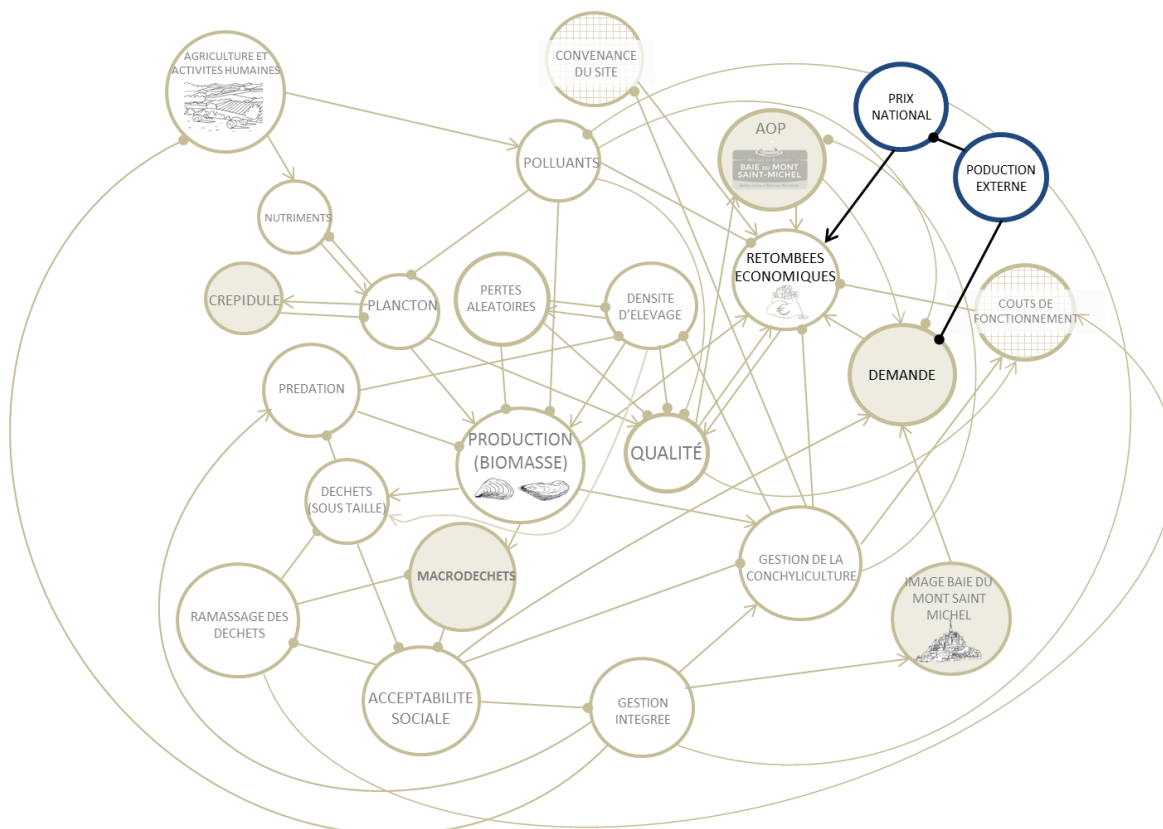


Figure 12 Variables spécifiques aux ateliers normands et liens avec les variables du modèle commun. Les variables spécifiques sont en couleur (verte, bleu ou rouge).



**Figure 13 Variables spécifiques aux ateliers regroupant les professionnels et liens avec les variables du modèle commun. Les variables spécifiques sont en couleur (verte, bleu ou rouge).**



**Figure 14 Variables spécifiques aux ateliers regroupant les institutions et liens avec les variables du modèle commun. Les variables spécifiques sont en couleur (verte, bleu ou rouge).**

## ANNEXE IX : Fiche résumé

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                |                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Diplôme : Ingénieur agronome<br>Spécialité : Halieutique<br>Spécialisation / option : Gestion des Pêches et des Ecosystèmes Continentaux et Côtiers<br>Enseignant référent : Jean-Eudes BEURET |                                                                        |
| Auteur(s) : Léa Monnier<br>Date de naissance* : 15/09/1994                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                | Organisme d'accueil : UMR 6308 AMURE<br>Adresse : Rue Dumont d'Urville |
| Nb pages : 35                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Annexe(s) : 9                                                                                                                                                                                  | 29 280 Plouzané                                                        |
| Année de soutenance : 2017                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                | Maître de stage : Sophie GOURGUET                                      |
| Titre français : Approche participative pour la modélisation qualitative de socio-écosystèmes conchylicoles dans le Golfe Normand-Breton.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                |                                                                        |
| Titre anglais : Participatory approach for the qualitative modeling of shellfish farming socio-ecosystems in the Normano-Breton Gulf.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                |                                                                        |
| <p>Résumé (1600 caractères maximum) :</p> <p>La conchyliculture s'insère dans un environnement où homme et nature sont en interactions : on parle de socio-écosystème. Le projet REMAIC, dans lequel s'inscrit ce stage, met en œuvre une méthodologie visant à identifier les enjeux et leviers d'action pour la durabilité du secteur conchylicole dans le Golfe Normand-Breton. Les données utilisées sont des cartes cognitives représentant le socio-écosystème et des enregistrements de discussions. Elles sont issues d'ateliers participatifs ayant réuni différents acteurs (conchyliculteurs, institutions, associations environnementales et autres usagers de la zone côtière). Elles ont été analysées afin de (i) faire émerger une représentation commune, (ii) étudier la stabilité du socio-écosystème, et (iii) examiner ses réponses potentielles à des changements d'état de certaines variables, liées à d'éventuels leviers d'action. Des méthodes mathématiques de modélisation qualitative ont été utilisées. Les enjeux majeurs identifiés localement sont les déchets de moules sous-taille sur l'estran, la qualité de l'eau, l'emprise spatiale, et l'acceptabilité sociale en lien avec les autres usages de la zone côtière. Trois scénarii théoriques ont été étudiés : une diminution des déchets, une augmentation de l'emprise spatiale et ces deux options combinées. Les résultats permettent de prédire qualitativement les impacts sur les différentes composantes du socio-écosystème. Il ressort de cette étude un besoin de renforcer la concertation au sein de processus de gouvernance, et l'intérêt d'utiliser cette méthode comme support au dialogue social.</p> |                                                                                                                                                                                                |                                                                        |
| <p>Abstract (1600 caractères maximum) :</p> <p>Shellfish farming takes place in an environment where human activities and nature are in interaction: we refer to socio-ecosystems. The REMAIC project, in which this study is included, uses a methodology that aims to identify the stakes and possible triggers for a sustainable shellfish farming activity in the Normano-Breton Gulf. Data used in this work are cognitive maps representing the socio-ecosystem, and recordings of discussions. They were collected during participatory workshops which gathered different stakeholders (shellfish farmers, institutions, environmental associations and other users of the coastal zone). They were analysed in order to (i) extract a common representation, (ii) study the socio-ecosystem stability, and (iii) examine potential responses to perturbations in the state of some variables, involving potential triggers. Mathematical methods of qualitative modeling were used. The main stakes identified are the organic waste on the foreshore, water quality, spatial extent, and social license linked to other uses of the coastal zone. Three theoretical scenarios were tested: a decrease in waste, an increase in spatial extent, and both combined. Results enable to qualitatively predict the impacts of these scenarios on the different components of the socio-ecosystem. This study highlights a need to reinforce the conciliation in governance processes, and an interest in the use of this method as a support tool for social dialogue.</p>                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                |                                                                        |
| <p>Mots-clés : approches participatives, modélisation qualitative, conchyliculture, socio-écosystème, Golfe Normand-Breton, analyses de rétroactions.</p> <p>Key Words : participatory approaches, qualitative modeling, shellfish farming, socio-ecosystem, Normano-Breton Gulf, feedback analysis.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                |                                                                        |