

ENSP

ECOLE NATIONALE DE
LA SANTE PUBLIQUE

RENNES

Ingénieurs du Génie Sanitaire

Promotion : **2006 - 2007**

Date du Jury : **26 septembre 2007**

**Evaluation des risques liés à la
consommation des produits de la pêche
à pied récréative en
Basse-Normandie**

Présenté par : **Perrine PAYEN**

Lieu du Mémoire : **DDASS de la Manche**

Référent professionnel : **Joël DUFILS**

Référent pédagogique : **Rémi DEMILLAC**

Remerciements

Je tiens à remercier M. Dufils, Ingénieur du Génie Sanitaire, mon référent professionnel pour son accueil au sein du Service Santé Environnement de la DDASS de la Manche.

Je tiens à remercier particulièrement M. Demillac, mon référent pédagogique pour son soutien et son aide tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à :

- Mme Deguen, enseignante chercheur à l'ENSP pour l'aide qu'elle m'a apportée pour l'analyse des données,
- M. Lepigouchet, président du Comité 50 de la pêche maritime de loisir, pour les renseignements qu'il m'a fournis concernant la pêche à pied locale,
- Melle Laspougeas, pour ses explications concernant les données des enquêtes,
- M. de la Messelière, chargé environnement au Service Régional de Protection des Végétaux, pour ses données sur les pesticides,
- Mme Leguyader, pour ses informations concernant les virus,
- Melle Julie Briard du laboratoire départemental de la Manche qui m'a permis de l'accompagner lors de prélèvements de coquillages.

Enfin, je remercie tout le service Santé Environnement de la DDASS de la Manche, pour son accueil et sa gentillesse.

Sommaire

Introduction.....	1
1 Présentation de la pêche à pied.....	2
1.1 Basse-Normandie	2
1.1.1 Activité de pêche	2
1.1.2 Ressources.....	2
1.2 Vulnérabilité des coquillages	3
1.2.1 Classification.....	3
1.2.2 Concentration des polluants	4
1.2.3 Sources de pollution	5
1.3 Réglementation et surveillance.....	5
1.3.1 Réglementation de la pêche.....	5
1.3.2 Surveillance de la qualité sanitaire des coquillages	6
2 Méthode.....	9
3 Identification des dangers.....	10
3.1 Contaminants chimiques.....	10
3.1.1 Métaux lourds	10
3.1.2 Polluants organiques	13
3.2 Radioéléments	16
3.3 Contaminants microbiologiques.....	18
3.3.1 Bactéries.....	18
3.3.2 Virus.....	18
3.3.3 Notion d'indicateur.....	20
3.4 Phycotoxines	21
4 Valeurs toxicologiques de référence (VTR)	22
4.1 Paramètres chimiques	22
4.1.1 Métaux lourds	22
4.1.2 Polluants organiques	23
4.2 Radioéléments	24
4.3 Paramètres microbiologiques	25
4.3.1 Bactéries.....	25
4.3.2 Virus.....	25
5 Evaluation de l'exposition.....	26

5.1	Population d'étude.....	26
5.1.1	Sélection de la population.....	26
5.1.2	Description de la population	28
5.2	Exploitation des données sur les pêcheurs à pied - habitudes de pêche et de consommation	30
5.2.1	Espèces pêchées	30
5.2.2	Nombre d'espèces pêchées	33
5.2.3	Quantité de chair consommée.....	33
5.2.4	Conservation et préparation	35
5.2.5	Fréquence de pêche.....	36
5.2.6	Récapitulatif	36
5.3	Exploitation des données sur les contaminations des bivalves	37
5.3.1	Métaux lourds	37
5.3.2	Polluants organiques	37
5.3.3	Radioactivité	38
5.3.4	Bactéries	38
5.3.5	Virus.....	39
5.4	Calcul de l'exposition des populations	40
5.4.1	Détermination de la quantité de chair ingérée par jour et par personne	41
5.4.2	Scénarii d'exposition.....	42
5.4.3	Calcul des Doses Journalières d'Exposition.....	42
6	Caractérisation du risque	43
6.1.1	Risques chimiques.....	43
6.1.2	Risques microbiologiques.....	47
7	Discussion	48
7.1	Résultats sur la caractérisation des risques	48
7.2	Incertitudes.....	48
7.2.1	Population d'étude.	48
7.2.2	Fréquentation.....	48
7.2.3	Quantité de chair consommée.....	49
7.2.4	Exposition	50
7.3	Proposition d'amélioration de la surveillance et de la communication.....	51
	Conclusion.....	55
	Bibliographie	57
	Liste des annexes	I

Liste des figures et des graphes

Tableau 1 : <i>Seuils sanitaires européens des toxines DSP, PSP et ASP (Diarrheic, Paralytic et Amnesic Shellfish Poisoning)</i>	6
Tableau 2 : <i>Critères de définition des classements de salubrité des zones de production</i>	7
Tableau 3 : <i>Présentation des données relatives aux enquêtes : tables Access et variables associées</i>	9
Tableau 4 : <i>Liste des pesticides à rechercher dans les coquillages et arguments</i>	14
Tableau 5 : <i>Toxines principales et effets associés</i>	21
Tableau 6 : <i>VTR des différents HAP étudiés</i>	23
Tableau 7 : <i>DJA de certains pesticides recherchés dans les coquillages</i>	24
Tableau 8 : <i>DJA du DEHP proposées par plusieurs organismes</i>	24
Tableau 9 : <i>Dose infectieuse des bactéries pathogènes (Derolez, 2003)</i>	25
Tableau 10 : <i>Dose infectieuse des virus entériques (Loisy et al., 2004, Leguyader)</i>	25
Tableau 11 : <i>Effectifs et pourcentages de pêcheurs, lors des enquêtes et lors du comptage sur trois sites de pêche en 2005 et 2006.</i>	27
Tableau 12 : <i>Répartition des coefficients de marée de l'année 2007</i>	28
Tableau 13 : <i>Nombre de pêcheurs enquêtés et nombre de consommateurs associés</i>	30
Tableau 14 : <i>Espèces de bivalves sélectionnées par site</i>	32
Tableau 15 : <i>Masse des bivalves de taille réglementaire à Granville, St-Martin et Agon-Coutainville (en g)</i>	34
Tableau 16 : <i>Valeur des rapports Poids Total Humide / Poids Chair Humide pour les différentes espèces de bivalves</i>	34
Tableau 17 : <i>Médiane, 75^{ème} et 95^{ème} percentiles et maximum des quantités de chair consommées par personne correspondant au produit d'une pêche (en g)</i>	34
Tableau 18 : <i>Mode de consommation des coquillages</i>	35
Tableau 19 : <i>Sites et espèces sélectionnés pour la recherche des polluants organiques</i>	37
Tableau 20 : <i>Niveau de contamination des coquillages en Di(ethyl-2hexyle) phtalate</i>	38
Tableau 21 : <i>Salmonelles retrouvées dans les coquillages de 1998 à 2004 et Coliformes associés.</i>	39
Tableau 22 : <i>Quantité de chair consommée par jour et par personne (en g) – pêcheurs réalisant 5 jours de pêche par an</i>	41
Tableau 23 : <i>Quantité de chair consommée par jour et par personne (en g) – pêcheurs réalisant 20 jours de pêche par an</i>	41
Tableau 24 : <i>Scénarii d'exposition aux contaminants chimiques (P95 : percentile 95)</i>	42
Tableau 25 : <i>Quotients de danger relatifs à la consommation des huîtres de Granville, Donville et Hacqueville, scénario 7 et 8.</i>	45
Tableau 26 : <i>Sources d'incertitudes sur l'évaluation de la consommation de mollusques bivalves</i>	49

Figure 1 : Localisation des principaux gisements de bivalves en Basse-Normandie	3
Figure 2 : Anatomie d'un bivalve	4
Figure 3 : Sites d'étude : évaluation de l'effort de pêche à pied récréative (Source : Laspougeas, 2007).....	26
Figure 4 : Répartition des pêcheurs en fonction du domicile	29
Figure 5 : Distribution des pêcheurs de Saint-Martin-de-Bréhal en fonction des espèces pêchées.	31
Figure 6 : Distribution des pêcheurs de Granville selon les espèces pêchées.....	31
Figure 7 : Distribution des pêcheurs d'Agon-Coutainville selon les espèces pêchées.	32
Figure 8 et 9 : Répartition des pêcheurs en fonction du nombre d'espèces pêchées Hiver / Été ..	33
Figure 10 : Mode de conservation des coquillages.....	35

Liste des sigles utilisés

AESN	Agence de l'Eau Seine-Normandie
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
ASP	Amnesic Shellfish Poisoning
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BCF	Facteur de bioconcentration
Bq	Becquerel
CEA	Commissariat de l'Énergie Atomique
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CLI	Chair et Liquide Intervalaire
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Électricité
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DDAM	Direction Départementale des Affaires Maritimes
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DJA	Dose Journalière Admissible
DJE	Dose Journalière d'Exposition
DHPT	Dose Hebdomadaire Provisoire Tolérable
DPMA	Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture
DSP	Diarrheic Shellfish Poisoning
EATF	Étude de l'Alimentation Totale Française
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
IARC	International Agency for Research on Cancer
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
MRL	Minimum Risk Level
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level (plus petite dose sans effet observé)
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
P75 / 95	Percentile 75 / 95
Kg pc	Kilogramme de poids corporel
PCB	Polychlorobiphényles
PSP	Paralytic Shellfish Poisoning
REMI	REseau de surveillance Microbiologique
REPHY	REseau de surveillance du PHYtoplancton et des PHYcotoxines
RfD	Reference Dose
RIVM	Institut National de la Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas.
RNO	Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin
RT-PCR	Reverse Transcriptase - Polymerase Chain Reaction
SIRIS	Système d'Intégration des Risques par Interaction des Scores
SM	Spectrométrie de Masse
SRPV	Services Régionaux de Protection des Végétaux
Sv	Sievert
TDI	Tolerable Daily Intake
TIAC	Toxi-Infection Alimentaire Collective
US EPA	United States Environmental Protection Agency
VHA	Virus de l'Hépatite A
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

Introduction

La pêche à pied récréative est une activité particulièrement répandue en Basse-Normandie, notamment lors des épisodes de grandes marées. Cette activité peut être exercée librement, excepté pour quelques espèces de produits de la mer pour lesquels la pêche n'est ouverte que pendant une partie de l'année et lors de la fermeture de certains gisements en raison de leur qualité sanitaire. En effet, les activités humaines, certaines conditions météorologiques (fortes pluies) ou d'autres facteurs peuvent être à l'origine de la pollution de l'eau de mer qui contamine à son tour les coquillages. Si ces derniers sont consommés, ils peuvent rapidement provoquer des effets toxiques, parfois à l'origine de Toxi-Infections Alimentaires Collectives (TIAC). Différentes instances se chargent donc de leur surveillance, notamment l'Ifremer pour la pêche professionnelle et les DDASS pour la pêche à pied de loisir.

Ce mémoire a été réalisé à la demande de la Cellule Interrégionale d'Epidémiologie (CIRE), suite à une étude de la DDASS ayant pour objet les gisements naturels de mollusques bivalves accessibles en pêche à pied en Basse-Normandie. Dans cette étude, plusieurs enquêtes ont été menées auprès de pêcheurs afin de récolter des informations sur leur comportement, notamment en terme d'habitudes de pêche et de consommation des coquillages. En parallèle, des analyses de contaminants ont été effectuées sur plusieurs espèces de coquillages et en plusieurs lieux, en plus de celles réalisées habituellement lors des contrôles de la DDASS.

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer, après croisement de ces données, si la consommation de coquillages bivalves ramassés lors de la pêche de loisir constitue un risque pour la santé des consommateurs. Ceci, afin que la DDASS puisse mettre en place des mesures adéquates en cas de risque.

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche d'analyse de risques sanitaires, comportant quatre étapes : l'analyse des dangers, le choix des valeurs toxicologiques de référence, l'évaluation de l'exposition et la caractérisation du risque. L'étape de l'évaluation de l'exposition sera à construire à partir des données disponibles.

1 Présentation de la pêche à pied

1.1 Basse-Normandie

1.1.1 Activité de pêche

La pêche à pied est une activité ancrée dans la vie des Normands. Elle est exercée en temps qu'activité professionnelle ou de loisir.

Les pêcheurs à pied professionnels doivent avoir un permis de pêche et une licence pour exercer leur activité et ont pour obligation de déclarer leur capture chaque mois. Certains restent sur un gisement donné, d'autres vont de gisement en gisement. Environ 850 permis ont été délivrés en 2005 en Basse-Normandie et 40% des timbres délivrés ont permis de pêcher des coques (Laspougeas, 2007).

Les pêcheurs à pied de loisir quant à eux sont estimés à 15 000 par an dans le bassin de Seine-Normandie. Contrairement à la pêche professionnelle, la pêche à pied de loisir ne nécessite pas la possession d'un permis. Toutefois, les pêcheurs dépensent en moyenne 100 euros par an chacun à ce loisir (AESN, 2004).

Les côtes normandes de la Manche et du Calvados ainsi que les îles comme Chausey sont particulièrement propices à la pêche à pied car elles sont soumises à des coefficients de marée parmi les plus importants d'Europe. Les grandes marées sont des événements incontournables pour un grand nombre de pêcheurs qui n'hésitent pas à prendre un jour de congé pour être au rendez-vous quel que soit le temps. La fréquentation est alors particulièrement forte le jour du plus fort coefficient et le jour qui précède (AESN, 2004).

La fréquentation dépend néanmoins de nombreux paramètres :

- la météo : beau temps / mauvais temps (pluie, vent, température)
- la date : week-end, vacances / semaine
- la saison : été / hiver
- le coefficient de marée : grands coefficients (marée très découverte) / petits coefficients
- l'heure de marée basse
- les dates d'ouvertures de pêche (ex : ouverture de la pêche de la praire de septembre à fin avril)
- les fermetures momentanées de la pêche en raison de la qualité sanitaire des coquillages.

1.1.2 Ressources

Les espèces retrouvées sur le littoral normand sont nombreuses.

Chaque site possède des gisements qui lui sont spécifiques, expliqué notamment par la nature du sol. En effet, l'activité de pêche à pied s'exerce sur trois types de milieux (AESN, 2004) :

- les fonds meubles, favorables à la recherche de coquillages fouisseurs (enfoués dans le sédiment), comme les palourdes, les coques, les praires, les amandes, les couteaux ou les vers marins destinés à servir d'appâts de pêche,

- les zones de rochers, qui renferment des bivalves (moules, huîtres), des gastéropodes (bigorneaux, patelles, ormeaux) et des crustacés (étrilles, tourteaux),

Les mares temporaires associées aux zones rocheuses renferment également de nombreuses espèces de poissons (soles), de céphalopodes (seiches) et de crustacés (crevettes, bouquets),

- la zone non découvante, qui est le domaine des crevettes, des praires et des palourdes.

Les coefficients de marée constituent également un paramètre important qui conditionne la disponibilité des gisements.

- les coquillages les plus hauts dans l'estran (c'est à dire les moins éloignés par rapport à la plage) sont les palourdes, les coques et les couteaux. Ainsi, un coefficient de 70-80 suffit pour accéder aux gisements.

- l'huître creuse est également accessible à de petits coefficients (70-80) ; on la trouve aux endroits où il y a essaimage des parcs.

- les huîtres plates, vivant dans le sable, sont accessibles à un coefficient de 90 ; on les trouve plutôt sur la côte sud-ouest du Cotentin.
- plus bas dans l'estran, on trouve les praires : l'accessibilité aux gisements est optimale pour un coefficient de 95-100, mais il est possible d'en trouver à un coefficient plus bas (80) ; les praires sont présentes sur la côte ouest et particulièrement abondantes à Chausey.
- les moules se trouvent à tous les étages et notamment près des parcs (essaimage) ; le mois de septembre est la période optimale pour les pêcher.
- le pétoncle est pêché par les pêcheurs locaux sur la côte ouest lors de gros coefficients, c'est-à-dire au moins égaux à 100.

Les principaux gisements de coquillages se trouvent sur les sites suivants (Figure 1) :

- Dragey, « La dune » : coques
- Granville : huîtres
- St-Martin-de-Bréhal : palourdes
- Agon-Coutainville : palourdes
- Montfarville : moules
- Ste-Marie-du-Mont : coques
- Géfosse, « La Dune » : moules
- Ste-Honorine-des-Pertes, « les Bateaux » : coques



Figure 1 : Localisation des principaux gisements de bivalves en Basse-Normandie

1.2 Vulnérabilité des coquillages

1.2.1 Classification

Les coquillages appartiennent à l'embranchement des mollusques. Cet embranchement compte sept classes dont les Gastéropodes et les Lamellibranches. Les Gastéropodes sont asymétriques et possèdent une coquille hélicoïdale, comme les bigorneaux ou les buccins par exemple. Les Lamellibranches (appelés aussi bivalves) sont tous aquatiques : ce sont des coquillages à symétrie bilatérale dont la coquille est constituée de deux valves reliées par une charnière centrale (Encarta, 2003) ; parmi les espèces qui les composent, on peut citer les huîtres ou les moules. Leur nom vient du fait qu'ils possèdent des branchies qui leur permettent de s'alimenter par filtration d'eau. Dans ce travail nous n'étudierons que les coquillages bivalves car ce sont les plus pêchés et les plus susceptibles de concentrer les polluants.

1.2.2 Concentration des polluants

Les coquillages sont benthiques¹, fixés ou libres. Ils vivent à la surface du sédiment ou enfouis. Les bivalves sont le plus souvent des filtreurs microphages (suspensivores) (DDASS 17, 1995). L'eau entre dans la cavité du manteau par le siphon inhalant, passe à travers les branchies qui prélèvent à la fois l'oxygène dissous et les particules nutritives, puis ressort par le siphon exhalant. De grandes quantités d'eau de mer sont ainsi filtrées : en effet, une huître peut filtrer jusqu'à 60 litres d'eau par jour (Encarta, 2003).

La sélection des éléments figurés se fait selon la taille et non selon la nature des éléments (plancton, bactéries, particules assimilables) ; ce tri est effectué par les palpes labiaux avant ingestion. Les particules atteignent ensuite l'estomac où elles sont broyées, entourées de mucus et pénètrent dans la glande digestive (hépatopancréas) (Daguzan, 1992) (Figure 2).

Ce mode de nutrition explique la grande capacité des coquillages à concentrer les éléments figurés et donc les polluants. Les coquillages absorbent ces polluants à une vitesse plus élevée qu'ils ne les excrètent : on parle alors de bioaccumulation, caractérisée par le facteur de bioconcentration (BCF)² (Casas, 2005).

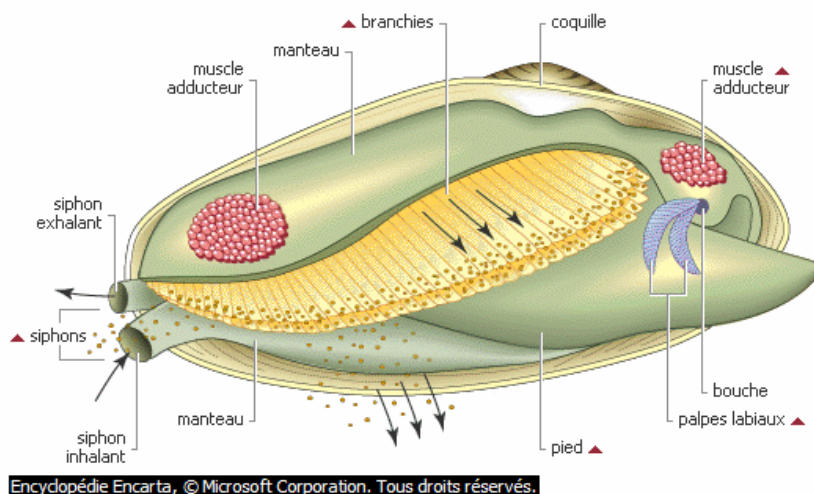


Figure 2 : Anatomie d'un bivalve

À niveau de contamination égale, tous les coquillages n'accumulent pas les polluants de façon identique. On distingue trois facteurs principaux (Plusquellec, 1992) :

- les variations inter et intra espèces

En effet les coques et les palourdes, coquillages fouisseurs, se contaminent plus facilement que les huîtres et les moules, la longueur de leur appareil digestif favorisant un temps de rétention plus élevé (Ifremer). De plus, les huîtres accumulent aussi trois fois plus le cadmium que les moules.

- les variations saisonnières du métabolisme des coquillages (reproduction notamment)

Les concentrations supérieures en contaminants sont rencontrées le plus souvent juste avant la période de ponte.

- les variations dues à la taille des individus

Les jeunes individus ont un métabolisme élevé ; les contaminants sont ensuite dilués dans les tissus en croissance ; cette dernière ralentit enfin, entraînant une augmentation des concentrations. Les plus fortes teneurs en polluants seront donc trouvées chez les coquillages très jeunes ou très âgés. Il s'agit bien des concentrations ; la quantité totale en revanche augmente tout au long de la vie.

- les conditions marines, en particulier la température, l'oxygène dissous et la turbidité qui agissent sur la filtration des coquillages.

¹ Benthique : vivant à proximité du fond des mers ou des océans.

² Facteur de bioconcentration (BCF) : désigne le ratio entre la concentration du composé étudié dans l'organisme et la concentration dans le milieu (eau).

Ainsi, la filtration est optimale pour une température comprise entre 18°C et 22°C, un taux d'oxygène dissous entre 28 et 35 mg/l et une faible turbidité de l'eau (Montfort, 2006).

Cette contamination est toutefois réversible puisque les coquillages peuvent se dépolluer plus ou moins rapidement dans une eau saine. La durée d'autoépuration dépend de l'importance de la contamination initiale et de la nature des contaminants.

Les contaminants sont concentrés tout au long de la chaîne alimentaire : les Lamellibranches sont la proie de nombreux poissons qui accumulent à leur tour les polluants.

Il s'avère que les bivalves sont les produits de la mer les plus susceptibles de concentrer les polluants. Il apparaît donc pertinent de faire les analyses sanitaires sur ces espèces.

Les moules en particulier ont une faible capacité à biotransformer les substances chimiques, elles sont donc de bons indicateurs de ce qui est réellement présent dans l'eau.

Les polluants se retrouvent en grande partie dans l'hépatopancréas. Les moules, palourdes, coques et praires étant consommées entières, la partie contaminée est donc toujours consommée.

1.2.3 Sources de pollution

Les activités humaines et notamment les rejets urbains, industriels et agricoles sont à l'origine de la contamination chimique ou microbiologique du milieu marin. Parmi les sources de contamination, on peut citer :

- les rejets des stations d'épuration, trop pleins de réseaux d'eaux usées, réseaux pluviaux contaminés,
- le ruissellement des eaux de pluie, entraînant le lessivage des sols contaminés,
- la proximité d'un estuaire,
- le déplacement par les courants des masses d'eaux contaminées,
- l'activité portuaire.

Il faut bien garder à l'esprit que les coquillages peuvent être contaminés par les microorganismes via l'eau dans laquelle ils vivent mais également par recontamination en dehors de l'eau lors de leur préparation et de leur conservation si l'une des personnes qui les manipule ne respecte pas les mesures d'hygiène, comme le nettoyage des mains par exemple. Ainsi la qualité de l'eau est nécessaire mais non suffisante pour garantir la qualité des coquillages consommés.

1.3 Réglementation et surveillance

1.3.1 Réglementation de la pêche

Les domaines littoral et maritime sont la propriété exclusive de l'Etat. Le contrôle des activités qui y sont liées est sous la responsabilité des services des Affaires Maritimes.

La réglementation de la pêche amateur en mer est beaucoup moins contraignante et complexe qu'en eau douce (AESN, 2004).

Selon le décret n°90-618 du 11 juillet 1990 relatif à l'exercice de la pêche de loisir (modifié par le décret n°99-1163 du 21 décembre 1999), « est autorisée comme pêche maritime de loisir, la pêche dont le produit est destiné à la consommation exclusive du pêcheur et de sa famille et ne peut être colporté, exposé à la vente, vendu sous quelque forme que ce soit, ou acheté en connaissance de cause. » Certains pêcheurs dits « de loisir » vendent cependant le produit de leur pêche sans être déclarés.

La pêche des palourdes, coques, moules est autorisée toute l'année. Cependant, il existe certains gisements classés administrativement, c'est-à-dire soumis à des calendriers de pêche particuliers, c'est le cas de la Baie des Veys (Est Cotentin) classée en cinq zones administratives (Laspougeas, 2007). La pêche des praires et des huîtres n'est autorisée que du 1^{er} septembre au 30 avril (arrêté n°55/2007 du 25 mai 2007).

1.3.2 Surveillance de la qualité sanitaire des coquillages

A) Pêche professionnelle

a) Surveillance

Les zones de production³ conchylicoles sont surveillées par l'Ifremer qui possède plusieurs réseaux, chacun responsable d'un type de pollution précis :

- REMI (REseau de surveillance Microbiologique)

Les zones de production conchylicoles du littoral peuvent faire l'objet d'un classement pour un, deux ou trois groupes de coquillages⁴ : en Basse-Normandie en 2004, 41 zones de production étaient classées. Le REMI n'exerce de surveillance que sur les zones classées A, B ou C (cf tableau 2) qui sont au nombre de 40 en Basse-Normandie. Cette surveillance consiste à mesurer les indicateurs de contamination fécale et notamment *Escherichia coli*.

- RNO (Réseau National d'Observation)

Le RNO est responsable des analyses de contaminants chimiques ; elles sont réalisées dans des huîtres et des moules deux fois par an (février et novembre) pour les contaminants métalliques et une fois par an pour les contaminants organiques. Cette surveillance est réalisée en 8 points du littoral de Basse-Normandie.

Au total, 59 contaminants sont recherchés, chacun faisant partie de l'une des catégories suivantes à la fois toxiques et rémanentes : métaux, organochlorés ou Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (Ifremer).

- REPHY (REseau de surveillance du PHYtoplancton et des PHYcotoxines)

En Normandie, 5 points de prélèvement d'eau sont échantillonnés tous les 15 jours de novembre à avril, période de faible développement du phytoplancton. Ce suivi dans l'eau est renforcé de mai à octobre, puisque le nombre de points suivis est de 21 à cette période et que certains prélèvements deviennent hebdomadaires. De plus, lors de cette période, des prélèvements de coquillages sont réalisés dès qu'apparaissent les premières cellules de *Dinophysis*, microalgue la plus souvent retrouvée, afin d'effectuer des tests de toxicité. Il existe ainsi 25 points de prélèvement de coquillages répartis tout au long du littoral bas-normand.

Sur le littoral normand, ces contaminations ne sont pas rares : depuis la création du REPHY en 1983, des fermetures de pêche ont eu lieu régulièrement en raison de la présence de toxine dans les coquillages.

La zone de Normandie la plus touchée par les *Dinophysis* se trouve dans le nord-est de la Baie de Seine ; en 2003 les côtes du Calvados ont également été touchées.

Pour chaque toxine il existe un seuil de référence : en cas de dépassement dans les coquillages, la pêche est interdite. Ces seuils de référence sont donnés dans le tableau 1 pour les trois toxines principales.

Toxine	Seuil sanitaire européen
DSP	160 µg/kg de chair
PSP	800 µg/kg de chair
ASP	20 mg/kg de chair

Tableau 1 : Seuils sanitaires européens des toxines DSP, PSP et ASP (Diarrhetic, Paralytic et Amnesic Shellfish Poisoning)

³ Zone de production : soit zone de parcs ostréicoles ou myticoles, soit gisement naturel de mollusques bivalves, exploités professionnellement par les pêcheurs embarqués ou à pied (Ifremer).

⁴ Groupe 1 : gastéropodes, échinodermes et tuniciers ; groupe 2 : bivalves fouisseurs ; groupe 3 : bivalves non-fouisseurs

Lorsque l'on regarde les résultats du REPHY, il n'est pas rare de retrouver des toxines (DSP, PSP ASP) dans les coquillages de l'ouest du Cotentin mais la contamination est toujours inférieure au seuil sanitaire.

b) Classement sanitaire

La réglementation prévoit l'établissement d'un classement des zones de production et de reparcage à quatre niveaux : A, B, C et D (tableau 2). Ce classement est réalisé en fonction du niveau de contamination fécale et des métaux lourds des 26 derniers prélèvements réalisés (Annexe II du règlement n° 854/2004 du Parlement Européen et du Conseil, arrêté ministériel du 21 mai 1999). Les teneurs maximales en métaux lourds ont été revues dans le règlement de la commission européenne n° 466/2001 du 8 mars 2001.

Classe	Critères microbiologiques (nombre d' <i>E. coli</i> / 100g CLI : Chair et Liquide Intervalvaire)	Critères chimiques
A	- au moins 90 % des valeurs < 230 <i>Escherichia coli</i> - aucune valeur > 1 000 <i>Escherichia coli</i>	Plomb < 1,5 mg/kg (poids humide) Cadmium < 1 mg/kg Mercure < 0,5 mg/kg
B	- au moins 90 % des valeurs < 4 600 <i>Escherichia coli</i> - aucune valeur > 46 000 <i>Escherichia coli</i>	
C	- au moins 90 % des valeurs < 46 000 <i>Escherichia coli</i>	
D	- plus de 10 % des valeurs > 46 000 <i>Escherichia coli</i>	Contamination supérieure aux valeurs ci-dessus

Tableau 2 : Critères de définition des classements de salubrité des zones de production

En référence à ce classement, le règlement n° 853/2004 (Annexe III, section VII) fixe les exigences en matière d'hygiène applicables à la production et la récolte de mollusques bivalves vivants :

- en zone A, les coquillages sont déclarés salubres et leur mise sur le marché directe est autorisée.
- en zone B, les coquillages doivent subir une purification dans des bassins de traitement appropriés ou être reparqués en zone A avant leur mise sur le marché.
- en zone C, les coquillages doivent être reparqués pendant une longue durée ou être envoyés en conserverie où ils subiront un traitement thermique destiné à éliminer les microorganismes pathogènes.
- en zone D, la vente des coquillages est interdite.

Cependant, depuis le 1^{er} janvier 2006, les critères de référence sont ceux du règlement CE n° 854/2004 mais ils ne sont pas appliqués en France. D'après ce règlement, trois zones de classement sont maintenues (A, B, C) et les critères de classement sont plus stricts : tous les coquillages doivent avoir une concentration en *E. coli* inférieure à 230 *E. coli*/100g de Chair et Liquide Intervalvaire (CLI) pour la zone A, inférieure à 4 600 *E. coli*/100g CLI pour la zone B et enfin inférieure à 46 000 *E. coli*/100g CLI pour la zone C. Aucune tolérance n'est acceptée.

B) Pêche de loisir

a) Surveillance

La surveillance des zones de pêche à pied de loisir est effectuée quant à elle par les DDASS (localisation des points de surveillance, Annexe 1). En Basse-Normandie, la DDASS assure :

- le suivi microbiologique des coquillages une fois par mois sur 15 sites, avec la recherche d'*Escherichia coli*, des Streptocoques fécaux, des Entérocoques et de *Salmonella*,
- le suivi des métaux lourds tous les trimestres sur 12 sites, avec la recherche du plomb, du cadmium et du mercure,
- le suivi de la radioactivité une fois par an sur 9 sites, avec la spectrométrie gamma, l'activité bêta totale des oxalates (équivalent strontium), l'activité bêta totale et le potassium 40.

Les phycotoxines quant à elles, ne sont pas surveillées par la DDASS. Les pêcheurs à pied de loisir pêchant toute l'année, on peut s'inquiéter de l'absence de surveillance des coquillages en dehors des dates d'ouverture de la pêche professionnelle. Il semble cependant que les épisodes de contamination aient lieu plutôt l'été, période où la pêche professionnelle est ouverte.

Même si la Basse-Normandie semble plutôt épargnée par les microalgues, il semble important d'effectuer une surveillance régulière puisque les épisodes de contamination sont réguliers non loin de ses côtes, notamment en Baie de Seine. De plus très récemment, en Août 2007, des contaminations en DSP ont été observées dans des moules du Mont-Saint-Michel.

Les prélèvements de coquillages ont été réalisés jusqu'en mars 2006, par le service Santé Environnement de la DDASS, mais sont réalisés et analysés depuis par le Laboratoire Départemental de la Manche (LDA 50).

Remarque :

Un site (avec gisement coquillier) doit remplir quelques conditions pour qu'il devienne site de prélèvement :

- accessibilité au moins une fois par mois dans des conditions de sécurité suffisantes,
- gisements découverts à des coefficients de marée moyens,
- densité de coquillages suffisante permettant le prélèvement d'un échantillon représentatif,
- fréquentation régulière par les pêcheurs à pied de loisirs.

b) *Réglementation*

L'étape de purification n'étant pas réalisable dans le cadre de la pêche à pied de loisir, les conditions de ramassage sont donc plus strictes que pour la pêche professionnelle.

Concernant la pêche à pied de loisir, la réglementation (décret n°94-340 du 28 avril 1994) précise que " *dans les zones de production, la pêche des coquillages vivants destinés à la consommation humaine ne peut être pratiquée à titre non professionnel que sur les gisements naturels situés dans des zones A ou B* ".

- Zone A et B : les coquillages peuvent être consommés
- Zones C et D : le ramassage est interdit.

Cependant certains pêcheurs de loisir ramassent quand même les coquillages classés en zone C ou D soit par manque d'information ou par manque de prise en compte du risque que peut engendrer la consommation de ces coquillages.

Certaines mesures sont appliquées localement. Ainsi, la Pointe du Roc à Granville fait l'objet d'un arrêté municipal d'interdiction de pêche à pied.

2 Méthode

Le contexte étant présenté, il s'agit dans un premier temps de prendre connaissance des contaminants que l'on peut retrouver dans les coquillages afin de déterminer leur probabilité d'occurrence sur le littoral bas normand et les risques encourus suite à une éventuelle exposition : risques aigus et chroniques ; les contaminants recherchés dans le cadre de l'étude de C. Laspougeas (2007) seront étudiés en particulier. Les valeurs toxicologiques de référence relatives à ces polluants seront choisies d'après la bibliographie.

La deuxième étape consiste à analyser la population exposée au travers des enquêtes réalisées sur les échantillons de pêcheurs à Agon-Coutainville, St-Martin-de-Bréhal et Granville. Les données des questionnaires étaient disponibles sous Access dans plusieurs tables présentées dans le tableau 3. Ces données ont été transférées sous Excel et mises en commun.

Nom de la table	Variables associées
Enquête	Force et direction du vent, coefficient de marée, heure de basse mer,...
Pêcheur	Âge et sexe du pêcheur, nombre/poids de coquillages pêchés, fréquence de pêche, nombre d'accompagnateurs, nombre de consommateurs, dons, mode et durée de conservation, mode de préparation,...
Consommation	Nombre de consommateurs, conservation et préparation des coquillages, espèces pêchées,...
Espèces pêchées	Espèces pêchées, nombre/poids pêché, nombre/poids pêché habituellement
Espèces recherchées	Espèces recherchées, lieu
Lieu	Commune, code postal,...
Engin	Engin, espèce

Tableau 3 : Présentation des données relatives aux enquêtes : tables Access et variables associées

A partir de ces échantillons de pêcheurs enquêtés, il s'agit alors d'évaluer la population source, à savoir les pêcheurs de Basse-Normandie. Pour cela, des informations supplémentaires (lieux prisés de pêche, espèces pêchées, fréquentation) sur d'autres lieux de pêche du littoral bas normand devront être recherchées. A partir de cette population source, il sera possible d'en déduire, par l'intermédiaire des données sur le nombre de consommateurs et sur les dons, la population cible, soit tous les consommateurs de produits de la mer issus de la pêche à pied de loisir en Basse-Normandie qui sont exposés aux contaminants des coquillages.

Il s'agit ensuite de discuter des informations obtenues par les enquêtes : pertinence, précision, facilité d'exploitation, puis de les exploiter de façon à dresser un profil de l'échantillon des pêcheurs interrogés. Les notions particulièrement importantes à exploiter sont les quantités et espèces de bivalves pêchées et le nombre de consommateurs, de façon à en déduire une quantité de coquillages consommés.

En parallèle, les résultats des analyses de contaminants (disponibles sous forme de fichiers Excel) réalisées à la demande de la DDASS et dans le cadre de l'étude de C. Laspougeas doivent être étudiés afin de comparer les niveaux de contamination des bivalves sur différents sites. Les données sur les micropolluants et les virus sont disponibles pour les années 2005 et 2006 (étude de C. Laspougeas) ; les analyses des bactéries, radioéléments et métaux lourds quant à elles, ont également été réalisées lors des années antérieures.

Ces données relatives à la population cible et aux contaminants seront finalement croisées, permettant de construire différents scénarii d'exposition et d'évaluer le risque soit chronique, soit aigu encouru par la population.

Cette démarche d'évaluation des risques comporte ainsi quatre étapes :

- 1- Identification des dangers
- 2- Choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR)
- 3- Evaluation des expositions des populations
- 4- Caractérisation du risque sanitaire

3 Identification des dangers

Trois catégories de contaminants peuvent être accumulées par les bivalves filtreurs et avoir des effets sanitaires sur l'homme :

- les microorganismes (bactéries et virus)
- les micropolluants (métaux lourds et polluants organiques)
- les toxines (phycotoxines)

Les effets sanitaires engendrés par ces contaminants peuvent être de deux types, qu'il est important de distinguer :

- les effets aigus (à court-terme) : ils apparaissent en général de façon brusque après une exposition courte à forte dose.
- les effets chroniques (à moyen ou long terme) : ce sont des manifestations persistantes qui se développent lentement, correspondant à des expositions prolongées à faible dose. Parmi les effets chroniques, on distingue :
 - les effets à seuil, pour lesquels on n'observe pas d'effet nocif en dessous d'une certaine dose (effets systémiques, effets sur la reproduction et effets cancérogènes non génotoxiques) ; la gravité augmente avec la dose.
 - les effets sans seuil, pour lesquels un effet peut apparaître quelle que soit la dose ; dans ce cas, c'est la probabilité d'apparition de l'effet qui augmente avec la dose (Host *et al.*, 2006).

Ainsi la première catégorie pourra présenter un risque pour les personnes consommant de grandes quantités de coquillages contaminés en un repas, la seconde présentera plutôt un risque pour les personnes consommant des coquillages régulièrement (semaines, mois, années).

Les techniques d'analyse sont exposées en Annexe 2.

3.1 Contaminants chimiques

3.1.1 Métaux lourds

A) Plomb (Pichard *et al.*, 2003)

➤ Sources

Le plomb (Pb) est un polluant environnemental que l'on retrouve dans les sols et l'atmosphère, en particulier au voisinage des sites industriels. Le plomb est principalement utilisé dans les batteries électriques. Les rejets aquatiques les plus importants proviennent de la sidérurgie. Dans les milieux aquatiques la précipitation du plomb et son adsorption sur les particules sont importants. L'apport alimentaire en plomb a été considérablement réduit dans les pays industrialisés notamment avec la disparition des soudures au plomb, l'interdiction de l'essence au plomb ainsi qu'avec l'amélioration des bonnes pratiques de production et de transformation des produits alimentaires (procédés de vinification, de bouchage du vin, soudures des boîtes de conserve, etc.) (Leblanc *et al.*, 2006). En revanche, du fait de son caractère ubiquitaire et rémanent, le plomb est retrouvé dans beaucoup de produits alimentaires, dans les poussières et dans l'eau (Leblanc *et al.*, 2004). Les produits concernés sont les plantes, les produits d'origine animale, les produits industriels contaminés lors de la conservation ou l'eau de distribution contaminée par les canalisations. Mais l'ingestion de plomb peut également se faire via les poussières et les peintures (réflexe PICA).

➤ Toxicologie

- Devenir dans l'organisme

Le plomb existe principalement sous forme inorganique. L'ingestion est la voie d'exposition principale du plomb. Le taux d'absorption est compris entre 5 et 10% chez l'adulte, il est de 20% chez l'enfant et de 50% chez l'enfant de moins de 2 ans.

Après absorption, le plomb passe dans le sang et il est soit fixé aux hématies (95%), soit présent sous forme plasmatique et éliminé dans les urines. Le plomb sanguin représente 2% de la quantité présente dans l'organisme. Sa demi-vie chez l'adulte est de 20 à 30 jours.

La consommation de produits de la mer (poissons frais, crustacés et mollusques) représente 3 à 11% de l'apport en plomb via l'alimentation. Aussi, de la même façon que pour le mercure et le cadmium, on peut supposer que des valeurs proches ou supérieures à la DHTP soient atteintes chez les plus forts consommateurs (Leblanc *et al.*, 2006).

- Toxicité aiguë

L'intoxication aiguë est très rare et ne sera pas abordée ici.

Les effets principaux liés au plomb sont dus à des expositions chroniques, notamment par ingestion dans la population générale. Le plomb a des effets systémiques et il est neurotoxique.

- Toxicité chronique

- Effets systémiques

Le plomb a pour cible majeure le système nerveux (central et périphérique) et les reins. Il présente également une toxicité hématologique dont l'anémie est la principale manifestation. Les effets neurotoxiques (saturnisme) restent les plus préoccupants : en effet, le plomb perturbe la libération des neuromédiateurs par les cellules nerveuses et peut passer la barrière hémato-encéphalique. Des études épidémiologiques ont montré qu'une exposition au plomb à faible dose au cours de la vie foetale pouvait conduire à l'apparition d'anomalies congénitales et qu'une telle exposition durant l'enfance pouvait entraîner un déficit neuro-comportemental durable (difficultés de lecture, moindres performances intellectuelles) (Leblanc *et al.*, 2006).

Concernant les effets sur la reproduction et le développement, l'exposition prolongée au plomb peut atteindre le système reproducteur mâle et entraîner une hypofertilité. De plus, l'exposition pendant la grossesse pourrait entraîner des troubles du développement neuro-comportemental dans la petite enfance.

- Effets cancérogènes

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le plomb et ses dérivés inorganiques dans la catégorie 2B (potentiellement cancérogènes pour l'homme). Des études montrent des cas de cancer chez les professionnels. Il n'existe pas d'étude pour la population générale.

B) Cadmium (Ricoux *et al.*, 2003 ; Pichard *et al.*, 2005)

➤ Sources

Le cadmium (Cd) est un contaminant retrouvé dans l'environnement en raison de sa présence naturelle sur l'ensemble de l'écorce terrestre (dans les minerais de zinc, de plomb, et dans le sol, du fait de l'érosion) mais aussi et surtout en raison des activités humaines telles l'utilisation d'engrais phosphatés dans l'agriculture, les industries d'extraction et de raffinage du cadmium, les fonderies, etc.

Le cadmium, facilement dispersé dans le sol et les milieux aquatiques, est adsorbé sur les sédiments ou les particules en suspension, conduisant à sa bioaccumulation dans les poissons et les coquillages. Le BCF est supérieur à 1 000 dans les mollusques.

➤ Toxicologie

- Devenir dans l'organisme

L'absorption digestive du cadmium est faible (environ 5 à 10%). Après le passage de la barrière intestinale, le cadmium se retrouve dans le sang où il est rapidement distribué dans le foie et les reins et dans une moindre mesure dans le pancréas et la rate.

Le cadmium est un toxique cumulatif dont la demi-vie biologique est très longue puisqu'elle a été estimée à 20-30 ans chez l'homme. Son excrétion est très lente et s'effectue presque exclusivement par voie urinaire.

Les métaux lourds ne sont pas détruits par la chaleur : ainsi, que les coquillages soient cuits ou crus, la quantité de métaux lourds ingérée par les consommateurs est la même.

- Toxicité aiguë

Les effets aigus n'apparaissent qu'après ingestion d'au moins 10 mg de cadmium. Les symptômes observés sont des gastro-entérites avec des vomissements, des diarrhées, des myalgies et des crampes épigastriques.

- Toxicité chronique

- Effets systémiques

Les effets toxiques du cadmium sont nombreux, mais les principales atteintes de l'organisme suite à une exposition prolongée au cadmium sont, chez l'animal comme chez l'homme, des atteintes de la fonction rénale. Après 60 à 75 jours d'exposition à 50 mg/kg, il se produit une dégénérescence des cellules des tubules proximaux se traduisant par une perte anormale de protéines de faible poids moléculaire dans les urines (protéinurie). Une excrétion urinaire chez l'homme de 2 µg de cadmium par 24 h correspondrait à une concentration moyenne dans le cortex rénal de 50 mg/kg.

Le cadmium est à l'origine de la maladie « Itai-Itai » décrite au Japon, caractérisée par une insuffisance rénale associée à l'ostéoporose et à l'ostéomalacie.

- Effets cancérigènes

Le cadmium a été classé dans la catégorie 1 "cancérigène pour l'homme" par le CIRC, mais cette classification a été basée sur l'exposition par inhalation.

C) Mercure (Pichard *et al.*, 2006)

➤ Sources

Le mercure (Hg) est un composé chimique retrouvé à l'état naturel dans l'environnement et utilisé dans de nombreuses activités industrielles (batteries, équipements électriques, industries chimiques, incinération des déchets, combustion de produits fossiles).

➤ Apports alimentaires

Les espèces organiques du mercure, en particulier le méthylmercure (MeHg), sont plus toxiques que les espèces inorganiques. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 99% du MeHg absorbé quotidiennement par la population provient de l'alimentation, la source d'exposition majeure au MeHg étant le poisson. Le mercure métallique est transformé en mercure organique par la microflore bactérienne marine, ce qui le rend biodisponible et explique sa forte capacité d'accumulation dans les coquillages et les poissons prédateurs en haut de la chaîne trophique (Leblanc *et al.*, 2006). Le mercure est quasiment insoluble dans l'eau et s'accumule facilement dans les organismes, le facteur de bioconcentration chez la moule est de 13 300 pour le mercure organique et de 2 540 pour le mercure inorganique.

Environ 30 % de l'exposition au mercure vient des produits de la mer.

➤ Toxicologie

- Effets aigus

Les effets aigus du mercure inorganique (chlorure mercurique) se manifeste par des lésions gastro intestinales et des insuffisances rénales.

La dose létale de chlorure mercurique est estimée entre 10 et 42 mg de mercure / kg pour un homme de 70 kg.

- Effets chroniques

• Effets systémiques

La voie orale est la voie d'absorption principale du mercure organique ; le taux d'absorption est de 95%. Le principal organe touché par le mercure organique est le cerveau, ce qui peut provoquer une altération de la vue, de l'ouïe, de l'odorat, du goût mais également des troubles de la mémoire, des troubles mentaux, des difficultés d'apprentissage et des troubles neurologiques (fourmillements, mouvements désordonnés). Cette exposition peut entraîner la mort des individus. De plus, l'exposition par voie orale de la femme enceinte peut provoquer des troubles neurocomportementaux chez l'enfant.

Le principal organe touché par le mercure inorganique est le rein (protéinurie, néphropathie). Mais des effets neurotoxiques et des troubles cardiovasculaires ont également été observés. Le taux d'absorption digestive est de 7 à 15%.

• Effets cancérigènes

La méthylmercure est classé par le CIRC dans le groupe 2B (pourrait être cancérigène pour l'homme) et en classe C (cancérigène possible pour l'homme) par l'U.S. EPA. Pour établir ces classements, l'U.S. EPA et le CIRC se sont basés essentiellement sur des données animales. Les études ont montré l'augmentation de l'incidence de tumeurs rénales chez la souris mâle.

Les composés inorganiques sont classés dans le groupe 3 par le CIRC (ne peut être classé).

3.1.2 Polluants organiques

A) Pesticides

➤ Utilisation

En Basse-Normandie, 140 molécules différentes de pesticides sont utilisées. Le monde agricole en est le principal utilisateur (84%), mais il faut également compter les services publics, les collectivités ou encore les particuliers. L'épandage peut aller jusqu'à 220 kg de produits épandus par hectare et par an. Les cultures qui utilisent le plus de produits phytosanitaires par hectare en Basse-Normandie sont les pommes de terre, les oignons et les carottes. Ce sont surtout les herbicides et les fongicides qui sont les plus utilisés, ensuite viennent les insecticides et les autres catégories de pesticides (Goguet *et al.*, 2005).

L'utilisation que font les particuliers des pesticides, représente un volume moins important que l'agriculture, cependant elle contamine davantage les cours d'eau. En effet, les sols de jardins particuliers étant tassés, les produits phytosanitaires restent en surface et sont par conséquent lessivés lors des pluies, contrairement aux sols de culture, plus perméables, dans lesquels une partie des produits est adsorbée. Cependant les volumes ainsi épandus sont bien inférieurs à ceux de l'agriculture.

Les insecticides peuvent être classés selon leurs cibles : insecticides, herbicides, fongicides ou selon leur composition chimique : organochlorés, organophosphorés, organoazotés, pyréthriinoïdes de synthèse, carbamates etc.

Aucune réglementation n'impose un suivi dans les mollusques bivalves.

Lors de l'étude de C. Laspougeas (2007), un groupe de travail, réunissant DDASS, DRASS, EASN, DRAF/SRPV, SILEBAN, CIRE ouest, SRC et Affaires maritimes, s'est réuni afin de déterminer les phytosanitaires pertinents à rechercher dans les coquillages sur les côtes de Basse-Normandie. Les molécules retenues, exposées dans le tableau 4, sont toxiques et rémanentes et seraient à doser en routine. Ce groupe a également conclu à la pertinence de la recherche des PCB, des HAP et des phtalates.

Produit phytosanitaire à rechercher	Arguments
Alachlore	Liste prioritaire DCE ⁵ Substitut atrazine pour le maïs agri/légumier
Acétochlore	Substitut atrazine maïs
Endosulfan- α	Liste prioritaire DCE, liste prioritaire OSPAR ⁶
Endosulfan- β	Liste prioritaire DCE, liste prioritaire OSPAR
Trifluraline	Persistance, Liste prioritaire DCE, liste prioritaire OSPAR
2-4 D	Pesticide utilisé sur les golfs (même si persistance faible)
Linuron	Employé par les légumiers
Isoproturon	Utilisation agricole
1,3 dichloropropène	Liste prioritaire DCE, utilisation agri/légumiers
Carbofuran	Employé par les légumiers

Tableau 4 : Liste des pesticides à rechercher dans les coquillages et arguments

Les listes prioritaires OSPAR et DCE se basent sur la persistance, la toxicité et le potentiel de bioaccumulation de ces substances.

Le classement des pesticides par la méthode SIRIS a également aidé à la décision. Cette méthode est utilisée pour hiérarchiser les pesticides à rechercher dans les ressources en eau. Elle est utilisée dans chaque région par les DDASS en liaison avec les Services Régionaux de Protection des Végétaux (SRPV). Elle intègre plusieurs paramètres relatifs à la substance active :

- son potentiel de rétention sur la matière organique du sol (Koc)
- sa solubilité (potentiel d'entraînement par ruissellement)
- sa vitesse de dégradation exprimée en demi-vie (DT50)
- sa facilité d'hydrolyse
- son écotoxicité exprimée en concentration létale (CL50)
- sa toxicité vis à vis de l'homme (DJA) (cancérogénicité)
- la quantité de produit vendue (kg/ha)

Ce sont les résultats SIRIS des eaux de surface qui s'avèrent être les plus pertinents pour l'étude des pesticides dans les mollusques puisque ce sont ces eaux qui arrivent directement dans les estuaires.

Les trois premières molécules de ce classement sont le carbofuran, le 2,4 mcpa et le glyphosate ; ce dernier est considéré comme l'une des principales molécules à rechercher en raison de la grande quantité de produit vendu, toujours en augmentation (utilisé par les professionnels et les particuliers) et de son écotoxicité, ces derniers paramètres n'étant pas des arguments prioritaires pour l'évaluation des risques. C'est pourquoi cette méthode est un outil d'aide à la décision mais doit être adapté à l'objectif de chaque étude.

Les prélèvements de l'étude ont été réalisés sur des sites choisis en raison de la forte activité légumière.

Seuls les pesticides effectivement retrouvés dans les coquillages feront l'objet d'une description toxicologique, à savoir, la Trifluraline et l' α -Endosulfan.

⁵ Liste prioritaire DCE : liste de substances polluantes prioritaires sélectionnées parmi celles qui présentent un risque important pour ou via le milieu aquatique. Cette liste contient 33 substances dont 10 pesticides, métaux et 19 substances organiques diverses.

⁶ Liste prioritaire OSPAR : liste élaborée par la Commission Internationale « Oslo-Paris » pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est.

➤ Toxicologie

Le risque principal des pesticides en général est un risque aigu rencontré chez les applicateurs de pesticides. Les effets à long terme existent également, notamment à travers l'alimentation et l'eau, leur mise en évidence n'est cependant pas aisée en raison de la multiplicité de l'exposition des populations.

Des études épidémiologiques ont mis en évidence des relations entre une exposition prolongée à certains pesticides et des cancers. Des effets neurologiques et des troubles de la reproduction ont été également observés (Plan Régional Basse-Normandie, 2005-2008).

Une exposition chronique aux organochlorés dont fait partie l'Endosulfan, peut provoquer des altérations au niveau du foie et des reins. L'Endosulfan pourrait également avoir des effets perturbateurs sur le système endocrinien.

La Trifluraline est classée dans la catégorie C par l'U.S. EPA, c'est à dire cancérigène probable pour l'humain (Lefebvre, 2000).

B) Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

➤ Source (Gourlay, 2004)

Les HAP sont des composés organiques constitués d'au moins deux noyaux aromatiques condensés. L'hydrophobie des HAP augmente avec le nombre de cycles aromatiques tandis que leur solubilité et leur volatilité diminuent. L'ensemble des HAP appartient aux substances prioritaires de la Directive Cadre sur l'Eau. Il existe une liste de 16 HAP déclarés comme substances prioritaires par l'US EPA.

Les HAP peuvent être d'origine naturelle ou anthropique (sidérurgie, rejets urbains, raffineries de pétrole, pyrolyse des matières organiques à haute température (incinérateurs de déchets urbains, moteurs à combustion), production d'aluminium. Ils sont produits lors de la combustion incomplète de la matière organique (forêts, produits pétroliers, charbon, bois), mais on les trouve également dans le pétrole brut et sont alors diffusés dans l'environnement lors de fuite de pétrole et lors du transport routier ou fluvial.

Le milieu aquatique est pollué par la pluie, le ruissellement et le lessivage des routes. Comme les HAP sont des molécules hydrophobes, ils ont tendance à se fixer sur les particules en suspension dans l'eau et se retrouvent ainsi dans les sédiments et contaminent les organismes marins.

Il existe d'autres sources d'exposition par voie orale pour la population, comme la fumée de cigarette et la fumaison des aliments.

➤ Toxicologie

Les HAP, lipophiles, s'accumulent dans les tissus lipidiques des êtres vivants. La plupart des organismes ont la capacité de métaboliser les HAP par action de l'enzyme cytochrome P450. La remobilisation des HAP métabolisés permet leur excrétion de l'organisme mais les rendent également toxiques. Les HAP deviennent toxiques lorsque les métabolites hydrophiles se fixent sur les structures cellulaires (protéines, ADN). La modification de l'ADN induit alors des effets cancérigènes et mutagènes. Les propriétés cancérigènes concernent en particulier le benzo(a)pyrène, le benzo(a)anthracène et le benzo(b)fluoranthène, indénol(1,2,3-c,d) pyrène et le benzo(g,h,i)pérylène (Abarnou *et al.*, 2000).

Le RNO suit 16 HAP, le fluoranthène est considéré comme représentatif de la contamination chronique par les HAP.

C) PolyChloroBiphényles (PCB)

Les PCB sont des hydrocarbures halogénés de haut poids moléculaire, semi volatils et hydrophobes ; ils n'existent pas naturellement. Les PCB ont tous la même structure, composée d'un biphényle comportant jusqu'à 5 atomes de chlore en substitution des hydrogènes sur chaque phényle (Afssa, 2002).

➤ Source

La production des PCB en France est interdite depuis 1987. Leur présence dans l'environnement est donc liée à l'utilisation d'anciens appareils et à des rejets accidentels (fuite d'équipements industriels). La majorité des PCB se trouve stockée dans les océans, répartie dans les eaux (Ifremer). Les PCB ont une grande stabilité chimique et physique et une faible biodégradabilité, ce qui explique leur bioaccumulation dans les êtres vivants. Les PCB sont classés en trois catégories selon le nombre et la position des chlores fixés sur la molécule, induisant des propriétés toxiques :

- 1 - les congénères faiblement chlorés (PCB-LC), peu présents dans les aliments,
- 2 - les PCB dioxine-like (PCB-DL), plus représentés dans les aliments que la catégorie précédente,
- 3 - les congénères fortement chlorés et majoritairement di-ortho-substitués (PCB-OS), les plus représentés dans les aliments.

On estime que ces composés ont une demi-vie de plusieurs années dans les compartiments biotiques, à savoir les poissons, les mollusques et les hommes.

En Basse-Normandie, le département de la Manche est plutôt épargné par cette pollution.

➤ Toxicologie

Les expositions **chroniques** entraînent des dommages au niveau du foie, des effets sur la reproduction, des effets endocriniens, immunologiques, neurologiques et des possibilités de cancer (Ifremer).

D) Phtalates

➤ Sources

Les phtalates sont des plastifiants ; ils se retrouvent dans tous les articles en PVC. Les phtalates sont biodégradables mais étant très peu solubles dans l'eau, ils se déposent dans les sédiments où ils persistent plus longtemps.

Seul le Bis(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP) a fait l'objet d'une recherche dans les coquillages, cette molécule faisant partie de la liste des 33 substances prioritaires DCE.

➤ Toxicologie du DEHP

La toxicité **aiguë** est rare chez l'homme : des nausées, vertiges et diarrhées peuvent survenir en cas d'ingestion supérieure à 5 g. Les seules données existantes sur leur toxicité concernent les rongeurs.

L'exposition **chronique** aux phtalates peut entraîner des effets sur le foie, les reins et le système reproducteur mâle (étude sur le rat).

Les phtalates ont été classés dans la catégorie 3 par de CIRC (non classé comme cancérigène humain) (Hervé-Bazin *et al.*, 2004).

3.2 Radioéléments

➤ Sources

La radioactivité est le résultat de la transformation spontanée du noyau de l'atome d'un élément (corps pur). Seuls les noyaux dits « instables » sont concernés. Ces éléments deviennent stables après une chaîne de réactions successives, appelée aussi chaîne de désintégration. Chaque désintégration s'accompagne de l'émission d'un rayonnement, phénomène que l'on appelle radioactivité. Ainsi, un élément dit radioactif est appelé radioélément. Les radioéléments existent à l'état naturel mais peuvent être également artificiels, synthétisés par l'homme.

Les sources de contamination des eaux marines sont diverses : tirs expérimentaux d'armes nucléaires, rejets d'installations industrielles, de recherche médicale, etc.

Les radioéléments détectés dans l'eau de mer Normandie sont les suivants (ASN):

- | | |
|-----------------|-----------------|
| - manganèse 54 | - cobalt 60 |
| - ruthénium 106 | - argent 110m |
| - iode 129 | - iode 131 |
| - césium 137 | - américium 241 |

Certains de ces éléments sont rejetés par l'usine de retraitement des combustibles irradiés de La Hague ou par les centrales nucléaires. Il se pourrait également que l'usine de retraitement de Sellafield (Grande Bretagne) en Mer d'Irlande ait une influence (Pigree, 1999).

Dans les océans, les éléments radioactifs les plus répandus sont le strontium 90 et le césium 137 ; ce sont des radioéléments à vie longue (environ 30 ans) qui se concentrent dans les espèces vivantes telles les algues, les mollusques ou les poissons.

Il existe plusieurs sites nucléaires dans le département de la Manche :

- le CNPE de Flamanville (Centre Nucléaire de Production d'Électricité)
- la AREVA (Cogema) de la Hague (retraitement et recyclage des déchets d'origine nucléaire)
- l'Arsenal de Cherbourg
- l'ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des déchets radioactifs)

➤ Toxicologie

Les voies d'exposition sont multiples : inhalation, ingestion ou dépôt cutané.

Les rayonnements ionisants peuvent avoir des effets aigus (irradiation du corps entier à de fortes doses) et des effets chroniques tels les leucémies et divers cancers : poumon, thyroïde, voies digestives et urinaires.

Ces rayonnements ou l'énergie qui les accompagne, sont susceptibles d'entrer en interaction avec la matière qu'ils traversent et de provoquer des changements au niveau de la structure atomique du milieu traversé, essentiellement par le biais de phénomènes d'ionisation (production d'ions par modification du nombre d'électrons d'un atome). C'est la raison pour laquelle on parle de rayonnements ionisants (ASN).

L'ingestion de substances radioactives provoque une irradiation interne qui ne cesse que lorsque les substances radioactives ont disparu par élimination naturelle et décroissance ou par traitement (exemple de décroissance radioactive : 8 jours pour l'iode 131, 5700 ans pour le carbone 14).

Tous les radioéléments ne sont pas éliminés naturellement (par les urines par exemple) à la même vitesse. Certains peuvent s'accumuler dans des organes tels les os ou le foie avant d'être évacués du corps. Pour chaque élément radioactif on définit, en plus de sa période radioactive, une période biologique correspondant au temps au bout duquel la moitié de l'activité d'une substance radioactive a été éliminée de l'organisme par des voies naturelles.

L'unité de mesure de la radioactivité est le Becquerel correspondant au nombre de désintégrations de radionucléides par seconde. Les effets sur les organismes vivants ne sont pas directement liés au Becquerel puisque, selon l'atome, l'énergie libérée par sa désintégration et le type de rayonnements émis ne seront pas les mêmes. Pour tenir compte de cela, la quantité de rayonnement absorbée par l'organisme (exprimée en Gray) est multipliée par un facteur qui permet d'obtenir une dose équivalente exprimée en Sievert (Sv). De plus, les effets ne seront pas les mêmes selon la partie du corps touchée et donc la nature du tissu touché. C'est pourquoi la dose équivalente est pondérée par un facteur de risque spécifique pour chaque tissu ou organe : on obtient ainsi la dose effective appelée aussi dose efficace exprimée en mSv (ASN).

Les analyses faites sur les coquillages sont exprimées en Bq/kg de poids frais; avec les données de consommation exprimées en kg/an par exemple, les résultats seront exprimés en Bq/an. Il est nécessaire alors d'avoir un coefficient de dose efficace par ingestion exprimé en Sv/Bq pour avoir un résultat en Sv/an et déterminer ainsi les effets potentiels sur l'organisme.

La limite légale que peut recevoir le public est de 1mSv/an en plus de la radioactivité naturelle.

3.3 Contaminants microbiologiques

Les microorganismes pathogènes de l'environnement ont majoritairement pour origine l'intestin de l'homme et des animaux homéothermes. Une fois dans l'environnement, les microorganismes vont survivre plus aux moins bien aux conditions extérieures (Annexe 3).

L'effet sur l'organisme humain des microorganismes varie d'un individu à l'autre en fonction de l'âge et de l'état immunitaire.

3.3.1 Bactéries

Les principales bactéries pathogènes pouvant contaminer les coquillages font partie des genres *Clostridium* ou *Vibrio* (*Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*) (China *et al.*, 2003), mais aussi *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli enteropathogenes*, *Yersinia enterocolitica*...

Ces microorganismes sont soit présents dans l'intestin de l'homme et rejoignent le milieu marin via les eaux usées ou les pratiques marines soit ont un habitat marin (certains *Vibrio*). La plupart des agents pathogènes bactériens libres (non fixés sur des particules) sont très rapidement dispersés et éliminés : le risque sanitaire est alors faible. Mais les bactéries ont tendance à se fixer sur les particules et à sédimenter, entraînant une contamination des sédiments 100 à 1000 fois supérieure à celle de l'eau.

La consommation de coquillages contaminés par ces différents germes provoque essentiellement des effets aigus, notamment des troubles gastroentériques, à l'origine de ce que l'on appelle les Toxi-Infections Alimentaires Collectives (TIAC).

Ces bactéries causent en général ces gastro-entérites aiguës via la sécrétion d'exotoxines. Deux modes d'infection sont possibles : soit les bactéries contenues dans les coquillages envahissent le tube digestif de l'homme où elles se multiplient et sécrètent des exotoxines, soit les bactéries sécrètent des exotoxines qui contaminent les coquillages qui à leur tour sont ingérés par un individu. Ces toxines sont des entérotoxines qui interfèrent avec le fonctionnement de la muqueuse intestinale d'où l'apparition de symptômes tels les vomissements, les nausées et les diarrhées (Prescott *et al.*, 2003).

Ainsi *Vibrio parahaemolyticus* est une bactérie qui se développe dans l'intestin et dans les fruits de mer. L'infection se manifeste surtout par des diarrhées survenant de 6 à 96 heures après l'ingestion. La guérison est complète au bout de un à trois jours.

Concernant l'infection à *Salmonella sp.*, les symptômes apparaissent entre 12 et 36 heures après l'infection : ils consistent en de la fièvre (39 à 40°C), des douleurs abdominales, des diarrhées et des vomissements. L'infection peut durer jusqu'à 7 jours (Afssa).

3.3.2 Virus

A) Sources

Les virus responsables d'infections transmises indirectement par la voie hydrique (par la consommation de coquillages) sont des virus entériques, présents dans les selles d'individus infectés (malades et porteurs sains). Les selles peuvent contenir jusqu'à 10^{11} particules virales par gramme de selles. L'homme est donc contamineur primaire et récepteur secondaire. La concentration virale dans les eaux usées dépend de facteurs géographiques, saisonniers, socio-économiques et sanitaires. Une épuration bien conduite peut éliminer entre 50 et 90% de la charge virale de l'eau par des procédés physicochimiques ou biologiques. Mais même après une épuration efficace, les eaux épurées peuvent contenir encore entre 10^1 et 10^2 particules virales par litre. Cette concentration est ensuite diluée dans les rivières (Schwartzbrod, 1992).

Les virus pathogènes pour l'homme ne peuvent se multiplier ni dans les eaux, ni dans les sédiments, ni dans les coquillages car il n'y a pas de cellules susceptibles d'assurer leur réplication.

Une fois dans l'eau, les virus entériques s'agrègent entre eux ou s'adsorbent sur les éléments particulaires et sédimenter. Cette accumulation de virus dans les sédiments est une source de recontamination car la couche superficielle est légère et elle est donc facilement remise en suspension par la pluie, les vagues, les marées ou le dragage) (Lesne, 2000).

Cependant, après rejet dans le milieu extérieur leur pouvoir infectieux est vraisemblablement diminué (Le Guyader).

Les virus s'accumulent dans l'hépatopancréas des coquillages. On ne les retrouve qu'en quantité très faible dans les tissus.

L'épidémiologie moléculaire a révélé que les principaux virus mis en cause dans leur transmission à l'homme par les coquillages sont les Norovirus (Calicivirus) et le VHA (Le Guyader et Pommeuy, 2002). Mais on retrouve également les genres Entérovirus, Hépatovirus, Rotavirus, Astrovirus, Adénovirus 40/41, Coronavirus, Parvovirus).

Les coquillages les plus souvent incriminés sont les huîtres, les coques, les clams et plus rarement les moules.

B) Toxicité

Les effets dus aux virus apparaissent relativement vite après l'ingestion de coquillages, il s'agit donc d'une toxicité aiguë.

- Norovirus

Les Norovirus sont les virus les plus souvent incriminés dans les pathologies dues à la consommation de coquillages (Le Guyader). Ils touchent toutes les catégories d'âges avec une forte incidence chez les enfants de moins de 5 ans, et plus particulièrement l'hiver (Loisy *et al.*, 2004). Les symptômes consistent en des diarrhées et vomissements apparaissant après une période d'incubation de 24 à 48 heures. La guérison est rapide (moins de 2-3 jours).

Le virus peut être excrété plusieurs jours après la disparition des symptômes (au moins 10 jours).

L'implication formelle des coquillages a rarement été démontrée.

Les Norovirus humains survivent dans le milieu extérieur et sont résistants aux traitements d'épuration chimiques et physiques ; ils résistent à la chaleur : 120h à 37°C ou 1min à 100°C.

- Virus de l'hépatite A (VHA)

Les infections peuvent être asymptomatiques. Dans les autres cas, l'infection est accompagnée de fièvre, d'une sensation de malaise, d'anorexie, de nausées et de gêne abdominale suivies après quelques jours d'un ictère. La période d'incubation est de 28 à 30 jours en moyenne mais elle peut aller de 10 à 50 jours selon la dose et de la sensibilité individuelle.

La gravité des symptômes augmente avec l'âge du patient et avec la diminution de l'immunité dans la population. L'affection, si elle est bénigne, dure de 1 à 2 semaines mais elle peut être gravement incapacitante et dans ce cas durer de 6 à 9 mois. La convalescence est longue. Des cas rares de mortalité peuvent survenir chez les malades âgés.

L'excrétion virale culmine une ou deux semaines avant l'apparition des symptômes et jusqu'à trois mois après leur disparition.

Le virus reste infectieux après avoir été chauffé 10 à 12 heures à 60°C.

- Rotavirus

Les Rotavirus sont des virus répandus dans le monde entier. L'infection au Rotavirus se traduit par de la fièvre, des vomissements, suivis de diarrhée qui peut être accompagnée d'une déshydratation sévère parfois létale chez l'enfant. La première infection est plus sévère que les suivantes. L'infection est asymptomatique chez l'adulte.

La période d'incubation est de 24 à 72h. Les virus sont retrouvés dans les selles lors de la phase aiguë de la maladie et jusqu'à huit jours après la disparition des symptômes. Les taux les plus importants sont observés en hiver et au début du printemps.

Les virus sont inactivés à une température supérieure à 50°C mais sont viables pendant des mois à 4 et 20°C.

- Adénovirus

Les Adénovirus sont répandus dans le monde entier. Il en existe deux types, l'un provoquant des pathologies respiratoires et l'autre, le 40/41, responsable d'infections digestives ; c'est ce deuxième type qui a été recherché dans l'étude, mais le risque d'être malade consécutivement à l'ingestion d'un coquillage contaminé par ce virus est faible (Le Guyader).

Les symptômes consistent en des nausées, vomissements, diarrhées et sensation de malaise. Les plus forts taux sont observés en automne, en hiver et au début du printemps. La période d'incubation est de 3 à 10 jours.

Ce virus est sensible à une température de 56°C pendant au moins 30 minutes.

- Astrovirus et Entérovirus

On connaît peu d'épidémies liées à la consommation de coquillages contaminés par des Astrovirus et Entérovirus. Les Astrovirus sont la troisième cause de gastroentérites après les Calicivirus et les Rotavirus.

3.3.3 Notion d'indicateur

Comme il n'est pas possible de rechercher tous les virus et de toutes les bactéries pathogènes que l'on peut potentiellement retrouver dans les coquillages, il est nécessaire de choisir des microorganismes qui pourraient donner des informations sur les pathogènes présents ; ces microorganismes sont appelés indicateurs.

Quatre propriétés sont nécessaires pour faire d'un microorganisme, un bon indicateur (Grouhel *et al.*, 1995) :

- association étroite et exclusive avec la source de germes pathogènes,
- abondance telle qu'il est possible de définir une concentration en indicateurs à partir de laquelle le risque de maladie devient acceptable,
- présence en plus grand nombre que le pathogène,
- résistance aux détergents et au stress environnemental du même ordre de grandeur que celle du plus résistant des pathogènes présents en quantité significative dans la source concernée,
- dénombrement de ces indicateurs par des méthodes simples à mettre en œuvre, rapides, peu coûteuses, sensibles, précises et spécifiques.

Ainsi, parmi les espèces que l'on recherche dans les coquillages, on trouve les Coliformes totaux (*Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Serratia*), dont la presque totalité est non pathogène, les Streptocoques fécaux et les Coliformes thermotolérants en particulier *Escherichia coli*.

E. coli est une bactérie fréquente du tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud (OMS). Comme la plupart des bactéries pathogènes présentes dans les eaux littorales sont d'origine fécale et sont accompagnées d'une grande quantité d'*E. coli* (Ifremer), cette bactérie est donc systématiquement recherchée.

La plupart des souches d'*E. coli* ne sont pas pathogènes ; certaines sont cependant responsables de TIAC graves.

Les Streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine et sont plutôt des indicateurs d'une pollution fécale plus ancienne car ils survivent plus longtemps dans le milieu.

Les Coliformes thermotolérants s'avèrent être les meilleurs indicateurs mais leur durée de vie, de quelques heures à quelques jours, est plus courte que celle de certaines Salmonelles (plusieurs mois).

Les classements sanitaires basés sur la présence d'*E. coli* donnent une indication du risque pathogène : plus le nombre d'*E. coli* présents dans les coquillages est important, plus il y a de risques que les microorganismes pathogènes soient également présents. Ainsi, en zone B, la probabilité de trouver des virus est forte. Cependant, une faible concentration en *E. coli* ne signifie pas qu'il y a absence de virus. Il est donc possible de détecter la présence d'un virus en zone A, notamment après une contamination ponctuelle. Les virus étant beaucoup plus liés aux tissus des coquillages qu'*E. coli*, il est possible d'y retrouver les virus trois semaines après la contamination alors que la contamination en *E. coli* ne sera plus détectable, ce qui peut avoir de graves conséquences en santé publique.

Les avis à ce sujet divergent selon les scientifiques. Ainsi, selon Grouhel *et al.* (1995), il n'est pas possible de corrélér directement une abondance instantanée de Coliformes thermotolérants à une présence certaine de Salmonelle ou virus. En revanche une présence chronique de Coliformes thermotolérants sur un point de prélèvement est bien le signe d'une contamination persistante par les eaux usées et donc d'une probabilité réelle de présence de germes pathogènes.

De même, aucune relation n'a été prouvée entre la présence de virus entérique humain dans les coquillages et les indicateurs actuels (*E. coli*) ou potentiels (bactériophage F-RNA spécifiques) de contamination virale (Pommepuy, 2003).

De plus, la seule recherche de cet indicateur de pollution fécale néglige la possible présence des souches pathogènes d'origine non fécale (*Vibrio parahaemolyticus* par exemple).

Une étude faite dans le Finistère, montre quant à elle une relation hautement significative entre la présence de l'indicateur *E. coli* et la présence de Salmonella dans les coquillages.

Les résultats montrent l'inadéquation des indicateurs de contamination fécale et l'intérêt de posséder des données épidémiologiques sur les bassins versants pour prévenir le risque viral.

L'Utilisation d'un modèle de circulation par dispersion sur le site permet de simuler les évènements pénalisants et de ce fait peut être un outil précieux d'aide à la décision.

3.4 Phycotoxines

Les phycotoxines sont des toxines produites par des microalgues dont le développement est dû notamment aux rejets anthropiques d'azote et de phosphore. Toutes les microalgues ne sont pas toxiques : les inflorescences de microalgues appelées blooms, ne sont pas forcément synonymes de toxicité dans les coquillages, d'où l'importance de les identifier.

Plusieurs classes de phycotoxines ont été retrouvées sur le littoral français ; toutes peuvent avoir des effets aigus sur la santé (tableau 5).

Catégorie de toxine (toxine principale)	Sigle	Microalgue	Effets
Diarrheic Shellfish Poisoning = toxine diarrhéique (acide okadaïque)	DSP	<i>Dinophysis</i> <i>spp.</i>	IDFM : intoxication diarrhéique par les fruits de mer → diarrhées 2 à 12 h après ingestion
Paralytic Shellfish Poisoning = toxine paralysante (saxitoxine)	PSP	<i>Alexandrium</i>	IPFM : intoxication paralysante par les fruits de mer → bloque le fonctionnement des systèmes respiratoire et circulatoire (mort possible) délai d'incubation < 1 heure
Amnesic Shellfish Poisoning = toxine amnésiante (acide domoïque)	ASP	<i>Pseudo-nitzschia</i>	IAFM : intoxication amnésiante par les fruits de mer → de 2 à 24 h après ingestion : diarrhées, vomissements, nausées → de 24 à 48 h après ingestion : maux de tête, désorientation, perte de mémoire, convulsion, mort possible

Tableau 5 : Toxines principales et effets associés

Il est important de souligner que la cuisson des coquillages n'a aucun effet sur les toxines : seule une détoxification naturelle en eau non contaminée est efficace, chose impossible à réaliser dans le cadre de la pêche à pied.

4 Valeurs toxicologiques de référence (VTR)

Lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une même substance et pour une même voie d'exposition, il convient de choisir celle qui a été déterminée dans les conditions qui se rapprochent le plus de celles que l'on étudie.

Pour cela, il est plus pertinent de choisir la VTR déterminée à partir d'une étude épidémiologique plutôt qu'une VTR déterminée à partir d'une étude sur l'animal. Il est également nécessaire de privilégier les études qui ont été faites sur le plus grand nombre de personnes. Enfin, entre deux valeurs, mieux vaut choisir la plus protectrice, c'est à dire la plus faible.

Les organismes retenus sont exposés en Annexe 4.

4.1 Paramètres chimiques

4.1.1 Métaux lourds

A) Plomb

a) *Effets chroniques avec seuil*

La Dose Hebdomadaire Tolérable Provisoire (DHTP) fixée par l'OMS en 1972 était de 50 µg/kg poids corporel (pc). En 1987, le JECFA⁷ a révisé cette dose à 25 µg/kg pc/sem pour les enfants, puis l'a étendue aux adultes, soit une **Dose Journalière Tolérable (DJT) de 3,5 µg/kg pc/j** (année de révision 1993).

L'US-EPA⁸ ne propose de VTR par voie orale que pour le plomb inorganique.

Le RIVM⁹ propose un TDI (Tolérable Daily Intake = DJA) de 3,6 µg/kg pc/j (année de révision 2001), basée sur la DHTP de l'OMS.

b) *Effets chroniques sans seuil*

L'OEHHA¹⁰ propose une valeur de référence pour les effets sans seuil par exposition orale, à savoir un Excès de Risque Unitaire par voie orale (**ERUo**) de $8,5.10^{-3} \text{ (mg/kg/j)}^{-1}$ (2002). Cette valeur a été déterminée après une étude de cancérogénèse chez le rat et observation de tumeurs rénales. Comme il s'agit de la seule valeur disponible, elle sera utilisée pour la mesure de l'exposition bien que l'étude ait été réalisée sur l'animal.

B) Mercure

Plusieurs VTR pour les effets avec seuils ont été fixées par l'OMS, l'US EPA et l'ATSDR¹¹ pour l'exposition par voie orale, mais elles concernent une forme particulière du mercure (chlorure mercurique, acétate de phénylmercure ou méthylmercure). Or les analyses effectuées sur les coquillages visaient à déterminer les concentrations en mercure total.

⁷ JECFA : Comité mixte FAO/OMS d'experts, chargés de la sécurité sanitaire des additifs alimentaires, mais aussi des contaminants, des substances toxiques d'origine naturelle et des résidus de médicaments vétérinaires dans les aliments.

⁸ US-EPA : Agence de Protection de l'Environnement des Etats Unis

⁹ RIVM : Institut National de la Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas

¹⁰ OEHHA : Office de l'Environnement et du Danger pour la Santé de Californie (Agence de l'US EPA).

¹¹ ATSDR : Agence pour le Registre des Substances Toxiques et Maladies

Concernant le mercure total, seule l'OMS a fixé une **DHTP de 5 µg/kg** (2004) soit une **DJTP de 0,7µg/kg**.

C) Cadmium

a) *Effets aigus*

L'intoxication aiguë apparaît après l'ingestion d'au moins 10 mg de cadmium.

b) *Effets chroniques avec seuil*

On estime que la concentration maximale de cadmium n'entraînant pas de protéinurie significative est de 0,2 mg de cadmium par gramme de cortex rénal. L'US EPA a établi un modèle toxicocinétique afin de déterminer l'exposition chronique par voie orale aboutissant à cette concentration. Ce modèle prenant en compte un taux d'absorption du cadmium de 2,5% a permis de conclure à une NOAEL (dose la plus élevée pour laquelle aucun effet nocif n'a été observé) de 0,01 mg/kg/j par l'alimentation. Un facteur de sécurité de 10 a été appliqué afin de tenir compte des populations sensibles, aboutissant à une **Dose de Référence (RfD = DJA) de 1µg/kg/j**, avec un indice de confiance élevé. Cette valeur est identique à la DHTP fixée par le JECFA (OMS, 2004)) estimée à 7 µg/kg pc/j.

L'ATSDR a établi une limite maximale de résidus (MRL=DJA) de **0,2 µg/kg/j** (2006). Celle valeur est basée sur une étude épidémiologique réalisée sur une population asiatique de 1850 sujets exposés par la consommation de riz.

Le RIVM et l'OEHHA proposent également des VTR de 0,5 µg/kg/j, identiques à celle déterminée par l'US EPA pour l'exposition par ingestion d'eau.

La VTR proposée par l'ATSDR a été établie suivant une étude épidémiologique réalisée sur un grand nombre de personnes et s'avère être plus sévère que les autres ; elle sera donc choisie pour l'évaluation des risques.

4.1.2 Polluants organiques

A) HAP

Les DJA des HAP recherchés sont données dans le tableau 6 :

HAP	DJA (mg/kg pc/j)	Source	Animal d'étude	Date
Naphtalène	$2 \cdot 10^{-2}$	US EPA	Rat	1998
Fluorène	$4 \cdot 10^{-2}$	US EPA	Souris	1990
Phénanthrène	$4 \cdot 10^{-2}$	RIVM		2002
Anthracène	$3 \cdot 10^{-1} / 4 \cdot 10^{-2}$	US EPA / RIVM	Souris	1990 / 2000
Fluoranthène	$4 \cdot 10^{-2}$	US EPA		1993
Pyrène	$3 \cdot 10^{-2}$	ATSDR		1990

Tableau 6 : VTR des différents HAP étudiés

Aucune donnée toxicologie n'a été trouvée pour l'Acénaphthylène, l'Acénaphène et le Chrysène.

B) PCB

Sept congénères ont été sélectionnés pour être des PCB indicateurs, en raison de leur persistance dans la chaîne alimentaire, cependant, comme cinq d'entre eux appartiennent à la troisième catégorie (les plus toxiques), ce classement est également pertinent d'un point de vue toxicologique ; il s'agit des congénères de PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180. Ces 7 indicateurs représentent 50% de l'ensemble des congénères de PCB présents dans les aliments

d'origine animale et dans les tissus humains et sont donc représentatifs de l'exposition humaine aux PCB (Afssa, 2003). Ce sont ces indicateurs qui ont été recherchés dans l'étude.

En 2002, l'OMS a proposé une **DJT de 0,02 µg/kg pc/j** en équivalent Aroclor 1254 pour l'ensemble des congénères, basée sur des études chez le singe. Comme dans les aliments les 7 indicateurs représentent 50% des PCB totaux, un **facteur multiplicatif de 2** peut être appliqué à la valeur obtenue pour les 7 congénères afin de pouvoir obtenir une DJE comparable à la DJT (Afssa 2003).

C) Pesticides

Les valeurs toxicologiques de référence relatives aux effets chroniques avec seuil par voie orale sont présentées dans le tableau 7.

Substance	DJA (en mg/kg/j)	Animal d'étude	Source
Alachlore	0,01	Chien	US EPA
Acétochlore	0,02	Chien	US EPA
Trifluraline	0,0075	Chien	US EPA
Isoproturon	0,006		
Endosulfan	0,006 / 0,02	Rat / chien	ATSDR
Carbofuran	0,002 / 0,005	Chien / chien	RIVM / US EPA

Tableau 7 : DJA de certains pesticides recherchés dans les coquillages

D) Phtalates (Bis(2-éthylhexyl)phtalate) : DEHP

Plusieurs DJA sont proposées par les différents organismes concernant l'exposition. Elles sont présentées dans le tableau 8.

DJA (en mg/kg/j)	Animal d'étude	Année de révision	Source
0,06	Rat	2002	ATSDR
0,044	Souris	1992	Health Canada
0,004	Souris	2000	RIVM
0,02	Cochon d'Inde	1987	US EPA

Tableau 8 : DJA du DEHP proposées par plusieurs organismes

Entre les deux années de révision les plus récentes, c'est la DJA la plus pénalisante qui sera utilisée, à savoir celle du RIVM : **DJA = 0,004 mg/kg/j**.

4.2 Radioéléments

La plus petite dose pour laquelle on ne peut pas prouver l'apparition de cancer est de 50 mSv/an. Au delà de cette valeur, le nombre de cancers augmente avec la dose.

Des limites annuelles d'incorporation (LIA) ont été recommandées par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR).

Les LIA sont fixées pour chaque radioélément afin que la dose admissible par l'homme soit de 0,1mSv/an sans compter le rayonnement naturel ni l'irradiation médicale. Elles sont exprimées en Bq/an.

4.3 Paramètres microbiologiques

4.3.1 Bactéries

Toutes les bactéries ingérées ne traversent pas la barrière intestinale. Ainsi, la quantité ingérée par une personne ne correspond pas forcément à celle qui va induire les effets.

Il existe deux types de modèles bactériens : un modèle faisant intervenir la notion de dose minimale infectante (DMI) et un modèle sans seuil qui suppose qu'une seule bactérie peut provoquer une infection.

Lors des TIAC, les aliments incriminés sont identifiés tardivement et il est alors difficile d'estimer les doses de pathogène ingérées. Les données qui existent sur les relations dose-effet ont été obtenues à partir d'expériences réalisées sur les animaux ou des volontaires, mais elles ne sont pas nombreuses (Sanaa et al., 2002).

Bactérie	Dose Infectieuse, estimation
<i>Salmonella spp.</i>	$10^4 - 10^{10}$
<i>Listeria monocytogenes</i>	> 100/g d'aliments
<i>Campylobacter jejuni</i>	10^3
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	$10^6 - 10^9$
<i>Yersinia enterocolitica</i>	10^7
<i>E. coli enteropathogenes</i>	$10^6 - 10^7$
<i>E. coli O157H7</i>	10 - 100
<i>Clostridium perfringens</i>	$10^3 - 10^5$
<i>Shigella flexneri</i>	$10^2 - 10^9$
<i>Shigella dysenteriae</i>	10 - 10^4

Tableau 9 : Dose infectieuse des bactéries pathogènes (Derolez, 2003)

Cependant, il faut noter que les bactéries recherchées lors des contrôles (excepté *Salmonella*) sont des bactéries indicatrices non pathogènes.

4.3.2 Virus

Les doses infectieuses des virus ne sont en général pas connues ou très approximatives car elles dépendent beaucoup de l'individu concerné.

Lorsqu'elles ont été évaluées, elles varient de façon importante d'une étude à l'autre.

Virus	Dose infectieuse	Remarque
Norovirus	< 10 particules virales	Infectiosité élevée
Hépatite A	< 10	d'autres études estiment la DMI entre 10 et 100
Rotavirus	10 -100	
Adénovirus	Non connue	

Tableau 10 : Dose infectieuse des virus entériques (Loisy et al., 2004, Leguyader)

Les DMI sont tellement faibles que les virus peuvent être considérés comme des dangers à effet sans seuil.

Comme la DMI des Adénovirus 40/41 n'est pas connue, on peut considérer qu'elle est inférieure à 10 particules, afin de ne pas minimiser le risque.

Les données nécessaires pour faire une évaluation de l'exposition des populations diffèrent en fonction du type d'effet étudié (aigu ou chronique).

Pour les effets aigus, ce sont les consommations lors d'un repas qui sont importantes, ainsi que le mode de consommation (conservation) et de préparation (cuisson) des coquillages pour certains contaminants.

Pour les effets chroniques avec seuil, il est nécessaire d'avoir des informations sur la concentration en contaminants et sur la quantité et la fréquence de bivalves consommés.

Pour les effets chroniques sans seuil, il faut ajouter la durée d'exposition : le nombre d'années de pêche sera donc important.

5 Evaluation de l'exposition

Toutes les données qui suivent ont été obtenues à partir des données des enquêtes de 2005 et 2006 réalisées dans le cadre de l'étude de C. Laspougeas.

Ces données ont été exploitées sous Excel, les distributions ont été comparées à l'aide de l'outil Epi Info, par le test du Chi².

Aucune des distributions analysées ne suivant la loi Normale, la moyenne arithmétique n'a quasiment jamais été utilisée. Certaines distributions semblaient log normales (très dissymétriques sur la droite) mais le passage au logarithme népérien n'en a pas fait des distributions normales. La moyenne géométrique n'a donc pas été utilisée non plus. La valeur centrale la plus appropriée dans tous les cas s'est avérée être la **médiane**.

Les valeurs des variables prises en compte outre la médiane sont le percentile 95 et parfois la valeur maximale. Le percentile 95 est la valeur au delà de laquelle 5% de la population sont concernés. En choisissant ce quantile, on prend en compte 95% de la population.

5.1 Population d'étude

5.1.1 Sélection de la population

Trois sites ont été retenus pour l'étude en raison de leur fréquentation importante par les pêcheurs à pied de loisir. Il s'agit des villes d'Agon-Coutainville, St-Martin-de-Bréhal et Granville sur la côte ouest de la Manche (Figure 3). Un quatrième site, Bricqueville, avait également été étudié en mars 2005, mais il n'a pas été conservé lors des enquêtes suivantes. Les résultats ont été associés à ceux de Saint-Martin-de-Bréhal car les coquillages appartenaient au même gisement.



Figure 3 : Sites d'étude : évaluation de l'effort de pêche à pied récréative (Laspougeas, 2007)

Les enquêtes ont été réalisées à 4 moments différents :

- 1^{ère} enquête : les 9, 10 et 11 mars 2005 (mercredi, jeudi, vendredi)
- 2^{ème} enquête : les 19 et 20 août 2005 (vendredi et samedi)
- 3^{ème} enquête : les 28 février et 1^{er} mars 2006 (mardi et mercredi)
- 4^{ème} enquête : les 11 et 12 août 2006 (vendredi et samedi)

Deux enquêtes ont donc été réalisées lors des vacances d'été et les deux autres lors de la période hors saison. Il s'agit des périodes de grandes marées d'équinoxe d'hiver et de deux grandes marées estivales, c'est à dire qu'elles correspondent à des jours où l'affluence est particulièrement importante. Ainsi, seule la population pêchant lors des grandes marées est représentée.

Aucun plan d'échantillonnage n'a été appliqué pour les pêcheurs. Les enquêteurs ont été interrogés de façon aléatoire. Pour les couples et les groupes de pêcheurs, seule une personne du groupe a été interrogée. Le questionnaire des enquêtes 2, 3 et 4 est disponible en Annexe 5. De façon parallèle, un comptage des pêcheurs a été réalisé. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

	Mars (jours enquêtés)			Août (jours enquêtés)						
	Comptage (C)	Enquêtes (E)	C/E	Comptage	Enquêtes	C/E				
Agon-Coutainville	4697	41%	260	37%	3,62	3410	28%	150	35%	6,22
St-Martin-de-Bréhal	5961	53%	349	49%	3,42	7390	61%	223	52%	8,29
Granville	673	6%	97	14%	1,39	1399	11%	56	13%	6,25
Total	11331	100%	706	100%	3,21	12199	100%	429	100%	7,30

Tableau 11 : Effectifs et pourcentages de pêcheurs, lors des enquêtes et lors du comptage sur trois sites de pêche en 2005 et 2006.

Remarques :

- Bien que les 9, 10 et 11 mars ne correspondent ni à un week-end, ni à une période de vacances, la fréquentation est importante. Ceci est dû notamment à la part importante de retraités qui pratiquent cette activité.

- Les comparaisons des distributions des pêcheurs entre comptages et enquêtes par le test du Khi2 révèlent qu'il existe une différence significative entre les deux distributions aussi bien en hiver qu'en été ($p < 0,001$)¹². En d'autres termes la répartition des pêcheurs questionnés par site lors des enquêtes ne reflète pas la répartition réelle des pêcheurs.

Ainsi, si les données sont regroupées par site, cette constatation n'a pas d'importance. En revanche, si les regroupements se font selon un autre critère (sites mélangés), il est nécessaire de prendre en compte le « poids » de chaque ville.

Ces données de fréquentation ne concernent que trois sites, or d'autres sites sont également fréquentés pour la pêche à pied de loisir.

Pour les autres sites, il n'existe pas de données de fréquentation : la Direction Départementale des Affaires Maritimes (DDAM) ne possède pas de donnée à ce sujet et les associations non plus. Une enquête sur la fréquentation des zones de pêche à pied dans la côte Ouest du département de la Manche a été menée par la DDASS en 1995, mais ces données ne sont pas du même ordre de grandeur que celles obtenues lors de la dernière enquête à des périodes et pour des coefficients de marée identiques. Ceci peut s'expliquer par les nombreux paramètres cités précédemment qui ont une influence sur la fréquentation auxquels s'ajoute l'évolution temporelle : la fréquentation des sites a peut-être évolué en dix ans.

Un des paramètres principaux ayant une influence sur la fréquentation étant le coefficient de marée, l'existence d'une corrélation entre le coefficient de marée et la fréquentation a été envisagée afin de compléter les données de fréquentation lors des marées moyennes ou de vive eau.

Les coefficients de marée varient de 20 à 120.

- C= 20 : marée de morte-eau la plus faible
- C= 45 : marée de morte-eau moyenne
- C= 70 : marée moyenne
- C= 95 : marée de vive-eau moyenne
- C=100 : marée de vive-eau équinoxiale moyenne
- C=120 : marée la plus forte

On considère qu'à partir du coefficient 95, ce sont des grandes marées. Il existe des années à grandes marées et d'autres à marées moins importantes : en 2006 il y a eu 40 grandes marées dont 12 supérieures à 110.

Seul un dénombrement des pêcheurs lors des forts coefficients a été réalisé. L'étude de la DDASS de la Manche (1995) sur la fréquentation a été réalisée par des coefficients de marée de 102 et 103. Dans l'étude de Laspougeas (2007), ils étaient compris entre 93 et 116, lorsque les horaires

¹² Pour effectuer une comparaison de deux distributions, on pose l'hypothèse H_0 , selon laquelle les deux distributions ne sont pas significativement différentes au risque 5%. On nomme p , la probabilité de se tromper si l'on rejette H_0 . Ainsi si $p < 0,05$, alors on rejette H_0 .

de basse mer étaient favorables (dans l'après-midi). Ainsi, nous n'avons pas d'estimation de la fréquentation lors des faibles coefficients de marée.

Les coefficients de marée de l'année 2007 ont été répertoriés. Tous n'ont pas été pris en compte car certaines marées sont basses à des heures non propices à la pêche à pied.

	20-40	45-70	70-95	95-100	100-120	total
Nombre	42	112	131	10	27	322
%	13	35	41	3	8	100

Tableau 12 : Répartition des coefficients de marée de l'année 2007

Ces chiffres donnent juste une idée de la répartition, puisque les coefficients varient d'une année sur l'autre.

Sur 730 marées basses dans l'année (deux par jour), seules 322 (44%) se produisent à des heures favorables à la pêche à pied (quand il fait jour).

Selon les informations des associations, la pêche à pied n'est praticable qu'à des coefficients supérieurs à 70. Ainsi, seulement 138 marées (52% des 322) ont un coefficient suffisamment élevé pour découvrir les gisements de coquillages.

5.1.2 Description de la population

A) Pêcheurs

Lors des enquêtes réalisées, les hommes représentent 66% des pêcheurs interrogés. Les femmes sont légèrement plus représentées en été qu'en hiver (Laspougeas, 2007).

L'étude de l'âge montre une différence de profil entre les pêcheurs d'hiver et les pêcheurs d'été. En hiver, la tranche d'âge 60-70 ans est la plus représentée, tandis qu'il s'agit des 50-60 ans en été. De plus, la répartition des classes d'âge est plus homogène à cette saison car la période des vacances rajeunit la population des pêcheurs. Cependant, on peut remarquer que moins de 2% des pêcheurs ont moins de 20 ans. Cette population est peut-être sous-estimée puisque les enquêteurs ont préféré interroger les adultes. L'hiver, les jours d'enquête étant en dehors de la période scolaire ou en semaine, les enfants n'étaient pas présents. Toutefois, en ce qui concerne la consommation des coquillages, les enfants sont des consommateurs potentiels.

Les retraités sont les plus représentés notamment en hiver, ce qui se comprend aisément, leur disponibilité étant bien plus importante que les personnes actives.

Si l'on prend en considération les domiciles des pêcheurs (lorsqu'ils rentrent de la pêche), on peut constater que pour chaque site il y a une différence significative entre les logements des personnes qui pêchent l'hiver et celui des pêcheurs qui pêchent l'été ($p < 0,003$).

En revanche, il n'y a pas de différence significative entre les sites en été ni en hiver ($p > 0,10$).

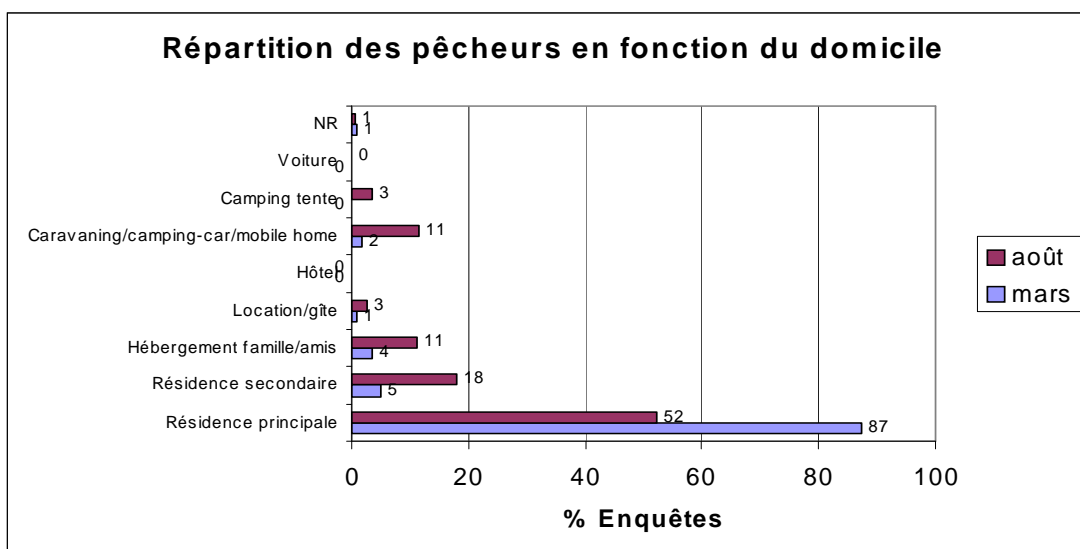


Figure 4 : Répartition des pêcheurs en fonction du domicile

L'hiver, près de 87 % des pêcheurs rentrent dans leur domicile principal après la pêche, contre 52% l'été. Les résidences secondaires sont le deuxième type de domicile l'été après la résidence principale. Il y a donc bien un type de pêcheur qui arrive en basse Normandie pendant la période estivale. Parmi ceux-ci, 14% font du camping.

Quatre grandes catégories de personnes peuvent être distinguées : les pêcheurs d'été et les pêcheurs d'hiver et dans chacune de ces catégories : les habitués et les occasionnels. Cependant, ce qui différencie réellement les habitués et les occasionnels, ce sont les fréquences de pêche. La différence entre été et hiver réside dans le fait que la consommation des habitués est plus homogène dans l'année que les habitués d'été, pour lesquels la consommation est concentrée sur quelques jours.

B) Consommateurs

a) Consommateurs déclarés par les pêcheurs

Il existe une différence significative entre le nombre de consommateurs en été et en hiver. En effet, en été un plus grand nombre de personnes sont en vacances et les familles ou les amis se réunissent pour consommer les produits de la pêche. En hiver, la majorité des produits de la pêche à pied sont consommés par deux ou trois personnes. En été en revanche, on observe autant de personnes consommant les coquillages à 2 ou 3 qu'à 3 ou 4.

La quantité consommée par personne doit tenir compte non seulement de la variable « nombre de consommateurs » mais aussi des dons et des ventes.

b) Dons

Environ 41% des pêcheurs donnent une partie de leur pêche (46% en été et 34 % en hiver).

Les informations concernant les dons sont inégales selon les questionnaires. Dans le premier (hiver 2005), on peut savoir si le pêcheur donne une partie de sa pêche ou non mais on peut également savoir à combien de personnes il la donne. La deuxième partie de l'information a été reprise dans les différents questionnaires car elle n'avait pas été relevée. Sur les 30 personnes qui ont répondu à la question, la moitié donne sa pêche à 2 personnes. Cependant, il y a trop peu de données pour généraliser cette information. Dans les questionnaires suivants, le nombre de personnes à qui les pêcheurs ont donné une partie de leur pêche n'est pas précisé.

Le fait de donner ou non une partie de la pêche change le nombre de consommateurs et donc la quantité ingérée par personne. Pour le premier questionnaire, les données de consommateurs ont

pu être ajustées en additionnant à cette variable le nombre de dons. Pour les autres, le nombre de consommateurs a été augmenté de 1 en cas de don.

Dans le cas où les enquêtés qui ont donné n'ont pas répondu sur le nombre de consommateurs, le chiffre 2 a été fixé (le pêcheur + une personne à qui il a donné). Le nombre de consommateurs doit certainement être dans la plupart des cas supérieur à ce chiffre, mais dans le doute il vaut mieux surestimer l'exposition.

c) *Ventes*

Seul le premier questionnaire aborde la question des ventes, mais comme il s'agit d'une pratique interdite pour les pêcheurs à pied de loisir, les personnes concernées taisent certainement cette activité et les données récoltées ne sont pas représentatives de la réalité. On peut toutefois penser que ces personnes sont peu nombreuses.

d) *Bilan*

Site de pêche	Saison	Nombre de Pêcheurs enquêtés (A)	Nombre de Consommateurs associés (B)	B/A
St-Martin-de-Bréhal	Hiver	349	1053	3,0
	Eté	223	944	4,2
Agon-Coutainville	Hiver	260	781	3,0
	Eté	150	631	4,2
Granville	Hiver	97	368	3,8
	Eté	56	230	4,1
TOTAL		1135	4007	3,5

Tableau 13 : Nombre de pêcheurs enquêtés et nombre de consommateurs associés

Hiver : enquête 1 et 3 ; été : enquêtes 2 et 4

Ce tableau permet de constater que la population cible est bien plus importante que la population de pêcheurs : il y a en moyenne 3,5 fois plus de consommateurs que de pêcheurs (3,3 l'hiver, 4,2 l'été).

5.2 Exploitation des données sur les pêcheurs à pied - habitudes de pêche et de consommation

5.2.1 Espèces pêchées

Les résultats 2005/2006 ont été fusionnés pour regarder les tendances de pêche au cours d'une année.

Les pourcentages obtenus ont été calculés à partir d'équivalents pêcheur, c'est à dire qu'un pêcheur qui pêche deux espèces de produits de la mer compte pour deux pêcheurs.

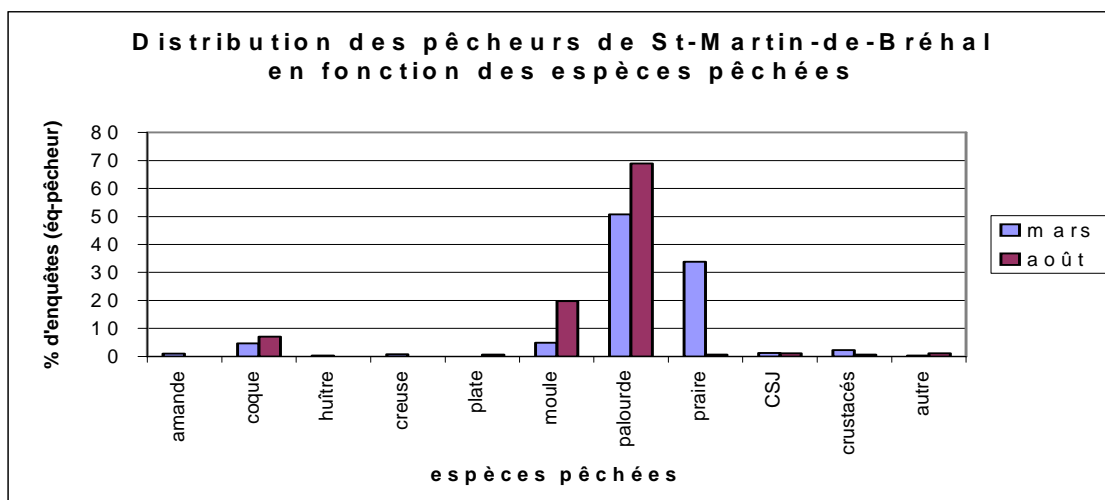


Figure 5 : Distribution des pêcheurs de Saint-Martin-de-Bréhal en fonction des espèces pêchées.

A Saint-Martin-de-Bréhal, globalement, les espèces principalement pêchées sont les moules, les palourdes et les praires. Les praires ne sont pêchées que pendant l'hiver car leur pêche est interdite l'été.

Sans prendre en compte les praires, une comparaison des distributions par l'utilisation du test du χ^2 révèle qu'il y a une différence significative entre les distributions été et hiver.

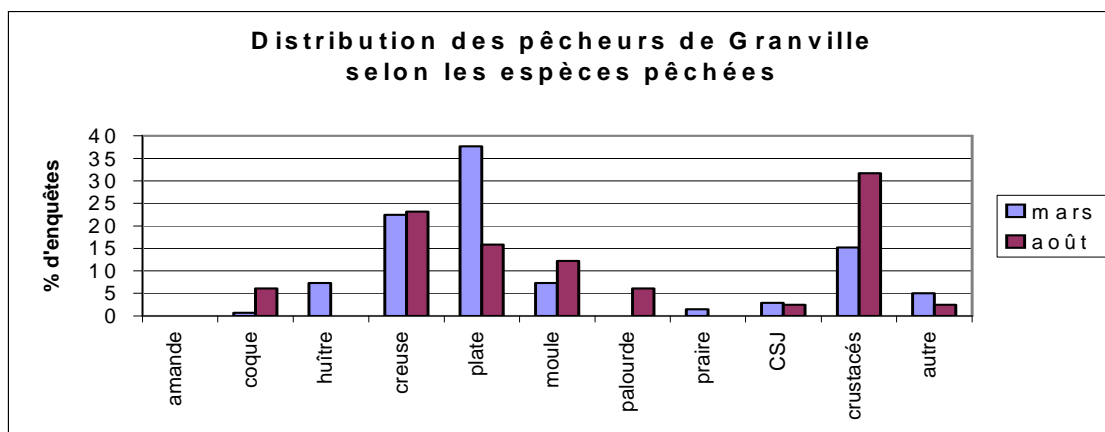


Figure 6 : Distribution des pêcheurs de Granville selon les espèces pêchées

A Granville, les espèces les plus pêchées sont les huîtres et les crustacés. Toutes les autres espèces sont également pêchées mais par un nombre réduit de pêcheurs.

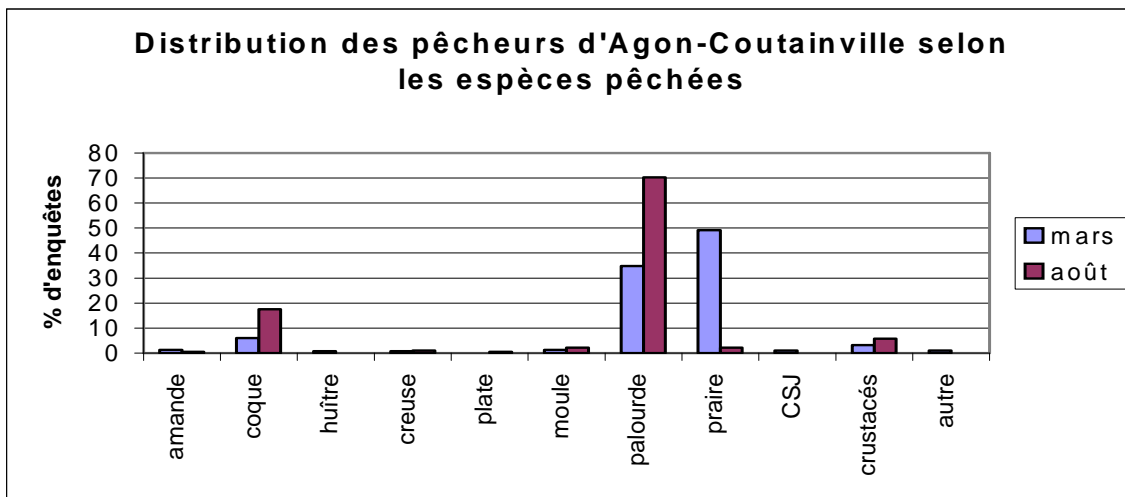


Figure 7 : Distribution des pêcheurs d'Agon-Coutainville selon les espèces pêchées.

Enfin à Agon-Coutainville, ce sont les palourdes et les praires qui sont les plus pêchées ; un petit nombre pêche également des coques.

Parmi la récolte de certains pêcheurs, on trouve des espèces présentes en très petite quantité. Ces coquillages ont été ramassés par les pêcheurs plus par hasard que dans la réelle intention de les prélever. Ces coquillages ne sont souvent pas consommés ou consommés en quantité faible. La part qu'ils occupent dans l'exposition des consommateurs est donc faible, le choix a donc été fait de ne pas prendre en considération la pêche de ces coquillages.

De plus certains fruits de mer comme les crustacés sont pêchés en quantité importante mais aucune analyse de contaminants n'a été faite dessus. C'est pourquoi ces pêches-là seront également ignorées ; cela ne signifie pas pour autant qu'elles ne peuvent pas présenter un risque pour les consommateurs.

Ainsi, pour tous les sites on ne prendra pas en compte les amandes, les coquilles Saint-Jacques, les crustacés et les autres espèces (bigorneau, couteau, ormeau, pétoncle). L'élimination des espèces restantes se fait ensuite site par site selon la quantité ramassée.

Concernant les huîtres, trois variables distinctes existent : huîtres, huîtres creuses, huîtres plates. Etant donné que les analyses de qualité des huîtres ne sont faites que sur les huîtres creuses, que les deux espèces d'huîtres ont une taille moyenne proche et qu'elles sont principalement consommées crues, il apparaît pertinent de regrouper ces trois variables, ce qui simplifie l'exploitation de cette information. Toutefois, les huîtres creuses vivent fixées sur les rochers tandis que les huîtres plates se trouvent sur les sédiments ; leur contamination n'est donc peut-être pas similaire.

Ainsi, les espèces pertinentes pour les différents sites sont répertoriées dans le tableau 14. Certaines espèces ne sont pêchées que par très peu de personnes sur certains sites : ces pêches n'ont été prises en compte que dans le cas où la quantité pêchée était significative (au moins 200g).

	coque	huître	moule	palourde	praire
St-Martin-de-Bréhal hiver	■		■		■
St-Martin-de-Bréhal été	■		■		
Granville hiver	■		■		■
Granville été	■		■	■	
Agon hiver	■	■		■	■
Agon été	■		■	■	

Tableau 14 : Espèces de bivalves sélectionnées par site

■ : nombre important de pêcheurs (≥10)
 ■ : peu de pêcheurs (<10) mais quantité pêchée conséquente.

5.2.2 Nombre d'espèces pêchées

Lors d'une journée de pêche à pied, certains pêcheurs pêchent différentes espèces de produits de la mer.

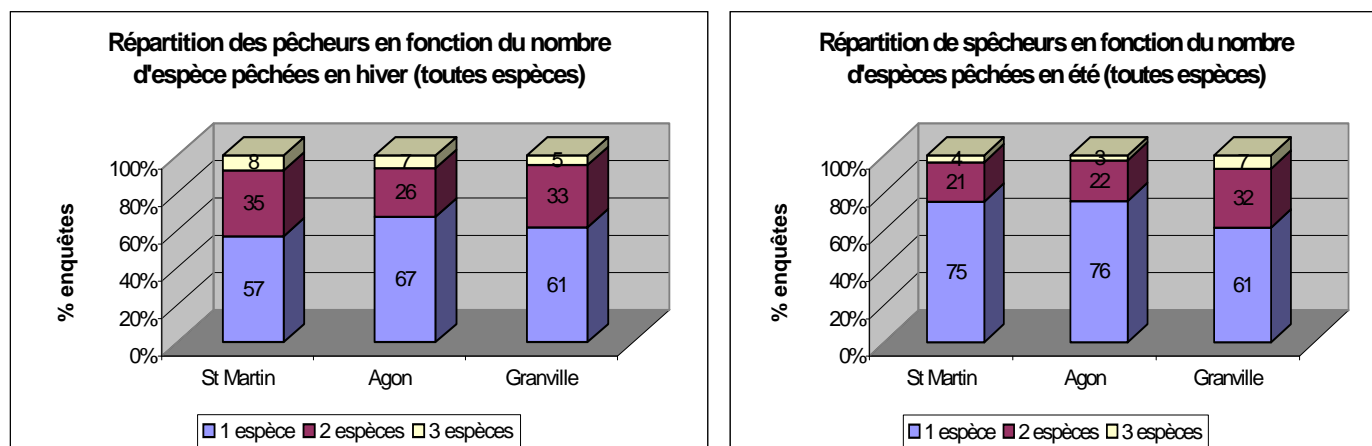


Figure 8 et 9 : Répartition des pêcheurs en fonction du nombre d'espèces pêchées Hiver / Été

Ces graphiques ont été réalisés à partir des données complètes, c'est à dire toutes espèces de produits de la mer confondus : les crustacés, les gastéropodes, etc sont pris en compte.

Les principales associations constatées sont les suivantes :

- palourdes + praires (St-Martin hiver, Agon hiver)
- huîtres + moules (Granville)
- palourdes + moules (St-Martin : été)
- palourdes + coques (Agon été)

5.2.3 Quantité de chair consommée

Les quantités de coquillages consommées n'ayant pas été directement demandées aux pêcheurs interrogés, elles ont donc été déduites des quantités pêchées et du nombre de consommateurs.

➤ Quantités pêchées

Les pêcheurs ont été interrogés soit au niveau des cales d'accès, c'est à dire à la fin de leur pêche, soit sur l'estran, en cours de pêche. Les indications données concernant la quantité pêchée n'ont donc pas la même valeur selon les deux cas de figure. Pour la première série de questionnaires, les enquêteurs ont demandé aux personnes interrogées sur l'estran, en plus de la quantité pêchée au moment de l'enquête, quelle était la quantité pêchée habituellement ; ainsi ces données ont pu être prises en compte afin d'obtenir un chiffre se rapprochant de la quantité pêchée en fin de pêche.

Pour les trois sites de pêche, les distributions « cale » et « estran » des quantités pêchées ont été comparées ; lorsque les distributions n'étaient pas significativement différentes, les données ont été fusionnées ; dans le cas contraire, les données estran n'ont été prises en compte que lorsqu'elles étaient supérieures aux données cale, ceci dans le souci de ne pas sous-estimer la quantité de coquillages pêchée.

➤ Masse de coquillages pêchée

Les quantités pêchées récoltées par les enquêtes étant données soit en nombre de coquillages pêchés, soit en kilogrammes, ces données ont été uniformisées et exprimées en grammes. Afin de convertir le nombre de coquillages en poids, il a été supposé que tous les coquillages pêchés avaient la taille réglementaire (arrêté n°55/2007) :

- Praires 4 cm
- Huîtres 7 cm
- Moules 4 cm

- Palourdes 4 cm
- Coques 3 cm

La masse de chaque coquillage a été déterminée à l'aide d'équations taille-poids réalisées dans les études de la DDASS (Frédéric, 2002). Ces équations ont été déterminées pour des sites particuliers de gisements. Les équations correspondant aux sites les plus proches des lieux d'étude ont été choisies, bien que les différences entre les sites pour une même espèce de coquillage soient généralement faibles.

	Granville	St-Martin	Agon
Coques	9	8,7	9
Moules	9	6,4	/
Huîtres	52	/	/
Palourdes	16	15	18
praires	/	21	21

Tableau 15 : Masse des bivalves de taille réglementaire à Granville, St-Martin et Agon-Coutainville (en g)

➤ Masse de chair pêchée

La proportion de chair du coquillage est exprimée de différentes façons dans la bibliographie : taux de remplissage, indice de chair ou indice de qualité. Ces taux et indices sont peu souvent calculés et lorsqu'ils le sont, ils concernent les huîtres et les moules essentiellement, espèces exploitées pour la pêche professionnelle. De plus ils ne permettent pas d'obtenir les bonnes informations avec les données dont on dispose. Il est nécessaire d'avoir le rapport Poids Total Humide/ Poids Chair Humide (PTH/PCH). La plupart des données disponibles dans le tableau suivant ont été fournies par l'Ifremer.

Concernant les coques, la mesure a été réalisée au LDA 50. Un échantillon de 99 coques de Quettehou entières puis chair seule a été pesé.

Espèce	PTH/PCH		
	min	moy	Max
Huître	5	7	9
Moule	2	5	14
Palourde	4,5 - 6,0		
Coque	6		
Praire	/		

Tableau 16 : Valeur des rapports Poids Total Humide / Poids Chair Humide pour les différentes espèces de bivalves

Les données pour la praire ne sont pas connues et comme la pêche à la praire est interdite en été, la mesure n'a pas pu être faite. Il a été décidé d'appliquer les mêmes rapports PTH/PCH que pour la palourde.

De plus, on peut faire l'hypothèse selon laquelle les coquillages consommés par une personne ont un taux de remplissage qui suit une loi normale et ainsi prendre la valeur moyenne pour faire les calculs.

➤ Masse de chair consommée par personne

Les masses de chair « pêchées » ont été divisées par le nombre de consommateurs lié à chacun des pêcheurs, ce qui a permis d'obtenir les données suivantes.

	Médiane	75 ^{ème} percentile	95 ^{ème} percentile	Maximum
Palourdes	36	78	208	1667
Praires	35	70	140	1667
Huîtres	101	440	1521	2857
Moules	100	300	680	3000
Coques	11	42	90	208

Tableau 17 : Médiane, 75^{ème} et 95^{ème} percentiles et maximum des quantités de chair consommées par personne correspondant au produit d'une pêche (en g)

Il s'agit bien là de la chair correspondant à la quantité pêchée lors d'un jour de pêche rapportée au nombre de consommateurs présumé. Cependant, on ignore en combien de repas ces quantités ont été consommées. Les détails des calculs et la correspondance en nombre de coquillages sont présentés en Annexe 6.

Certaines valeurs paraissent excessives, notamment pour les moules.

5.2.4 Conservation et préparation

A) Conservation

Certaines informations ont été simplifiées : pour un pêcheur et une espèce : un seul mode de conservation et de consommation a été gardé : celui *a priori* le plus pénalisant d'un point de vue bactérien (température supposée la plus élevée).

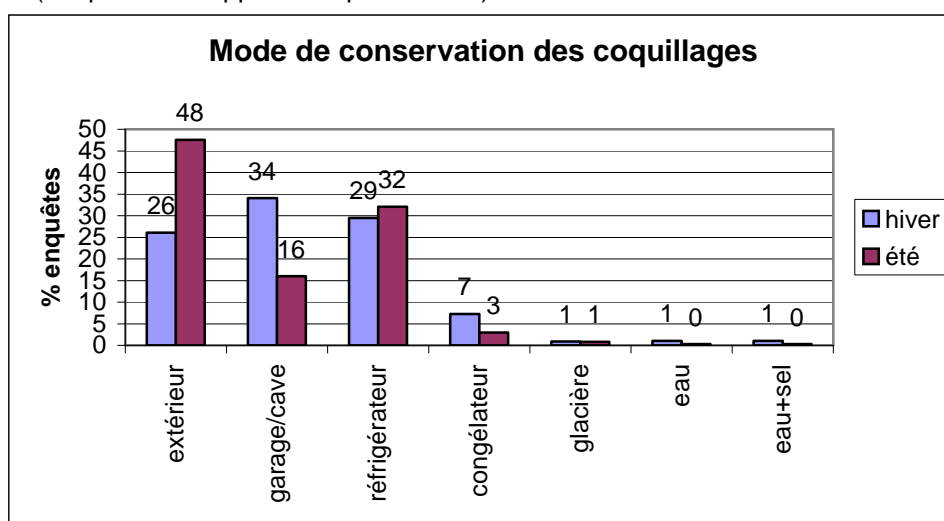


Figure 10 : Mode de conservation des coquillages

Une différence dans les modes de conservation a été mise en évidence entre les pêcheurs de mars et les pêcheurs d'août ($p < 0,001$). En effet, en été, une proportion plus importante de pêcheurs conserve ses coquillages à l'extérieur, malgré la chaleur. En hiver, les coquillages sont principalement conservés dans les caves ou les garages.

B) Nombre de jours avant consommation

En été 53 % des pêcheurs consomment les coquillages le jour de la pêche, contre 31 % en hiver et 36 % des pêcheurs les consomment le lendemain, été comme hiver.

C) Mode de consommation

Les coquillages sont consommés soit crus, soit cuits, soit des deux façons. Certains coquillages sont consommés « juste cuits », c'est à dire à peine afin de les ouvrir. La cuisson n'étant pas complète, il a été considéré qu'ils avaient été consommés crus.

	Cru	Cuit	Cru/cuit
Palourdes	14 %	60 %	26 %
Huîtres	75 %	14 %	12 %
Praires	47 %	28 %	26 %
Coques	5 %	78 %	16 %
Moules	0	100 %	0

Tableau 18 : Mode de consommation des coquillages

5.2.5 Fréquence de pêche

A) Jours de pêche par an

Il apparaît que les fréquentations les plus faibles (inférieures à 5 fois par an) concernent les estivants, c'est à dire les personnes qui viennent en vacances l'été dans la région. En revanche, les fréquentations supérieures à 5 fois par an concernent en majorité les pêcheurs hors saison.

Si l'on ne fait pas de distinction entre été et hiver, Agon-Coutainville et St-Martin-de-Bréhal ont des profils très similaires relativement à la fréquentation annuelle des pêcheurs.

Les distributions été/hiver diffèrent à Agon-Coutainville et à St-Martin de Bréhal. En revanche, elles ne sont pas significativement différentes à Granville. On peut alors penser que les touristes se dirigent plutôt vers les deux premiers sites pour la pêche pied.

Globalement, les pêcheurs à pied fréquentent moins souvent le site de Granville où l'on pêche essentiellement des huîtres que les sites d'Agon ou de Saint-Martin.

Malgré ces différences, les données ont été mélangées car il n'apparaît pas pertinent de séparer les comportements des pêcheurs des différents sites.

La médiane été et hiver confondus, est de **5 jours de pêche par an**. Les plus gros consommateurs pêchent au moins **20 jours par an**, le maximum étant de 50. En été et en hiver, les percentiles 95 sont les mêmes (20), en revanche, les maxima sont plus faibles pour les données hiver.

B) Nombre d'années de fréquentation

En comparant les données disponibles sur l'ancienneté de la fréquentation des pêcheurs entre les trois sites (première enquête en mars 2005), on peut remarquer que les distributions des pêcheurs enquêtés en fonction du nombre d'années de fréquentation ne sont pas significativement différentes d'un site à l'autre. Les **médianes sont égales à 10**, c'est à dire que la moitié des personnes interrogées sont des pêcheurs relativement récents et l'autre moitié fréquente le site depuis plus de 10 ans.

Le **95^{ème} percentile toutes données confondues est de 54**. Parmi les pêcheurs interrogés, une personne fréquente les sites de pêche depuis 70 ans.

5.2.6 Récapitulatif

Les principales espèces pêchées sont les palourdes et les praires à St-Martin-de-Bréhal et à Agon, les huîtres et les crustacés à Granville. La majorité des pêcheurs ne pêche qu'une seule espèce de produit de la mer (57 à 76% selon le site et la période) ; le reste pêche 2 ou 3 espèces de fruits de mer. Environ 48% des enquêtés stockent leur pêche à l'extérieur en été, les autres les conservent dans le réfrigérateur, le garage ou la cave. Les palourdes, les coques et les moules sont consommées en majorité cuites, tandis que les huîtres et praires sont consommées plutôt crues.

Concernant les fréquences de pêche, la médiane est de 5 jours par an, 20 jours par an pour les plus habitués. La médiane des années de fréquentation est de 10 ans, 54 ans pour les plus anciens.

5.3 Exploitation des données sur les contaminations des bivalves

Les données concernant les bactéries, radioéléments et métaux lourds sont des données DDASS, complétées éventuellement par des données de l'étude de Laspougeas (2007).

Les virus et les micropolluants organiques ont quant à eux été recherchés dans le cadre de l'étude de Laspougeas uniquement.

Les villes citées dans ce chapitre sont visibles sur la carte de l'Annexe 1.

5.3.1 Métaux lourds

Les analyses ont été faites sur des coquillages provenant de 17 sites :

- Pour 9 de ces sites, les analyses ont été faites sur les coques
- 1 sur les palourdes
- 4 sur les moules
- 3 sur les huîtres

Les données utilisées sont celles de 1998 à 2007. Pour tous les sites, les concentrations en métaux lourds sont inférieures aux limites de contamination moyennes qui sont de 1,5 mg/kg pour le plomb, 1,0 mg/kg pour le cadmium et 0,5 mg/kg pour le mercure.

Les médianes s'échelonnent de 96 à 368 µg/kg de poids frais pour le plomb, de 23 à 183 µg/kg de poids frais pour le cadmium et de 10 à 30 µg/kg de poids frais pour le mercure.

Quels que soient les sites d'étude, le cadmium est toujours plus concentré dans les huîtres que dans les moules (1,8 fois plus environ) et le plomb est plus concentré dans les moules que dans les huîtres (2,7 fois plus environ). Concernant le mercure, les résultats sont souvent inférieurs au seuil de détection de 25 µg/kg de poids frais.

Les niveaux de contamination des mollusques en plomb sont supérieurs aux niveaux rencontrés dans l'étude Calipso (Leblanc *et al.*, 2006) qui étaient de 44, 30 et 107 µg/kg de poids brut, pour les coques, les huîtres et les moules respectivement. Concernant le cadmium, les valeurs retrouvées dans l'étude Calipso sont de 35 µg/kg de poids brut. Les coques de Basse-Normandie ont des niveaux de contamination identiques, par contre les huîtres et les moules sont plus contaminées.

Enfin, les teneurs en mercure retrouvées sont similaires à celles de l'étude Calipso.

Les coquillages étant quasiment statiques, leur contamination est bien spécifique d'un site en particulier. Il y a donc autant de scénarii que de sites et d'espèces. Les médianes, P75, P95 et maxima de contamination sont exposés en annexe.

5.3.2 Polluants organiques

Les polluants organiques ont été recherchés sur 4 sites. Six analyses ont été réalisées sur chaque site : 2 en 2005 et 4 en 2006.

Site	Espèce
Granville (Pointe du Roc)	Huîtres
St-Germain-sur-Ay	Moules
Montfarville (Le Moulard)	Moules
Ste-Marie-du-Mont (Le Grand Vey)	Coques

Tableau 19 : Sites et espèces sélectionnés pour la recherche des polluants organiques

Les données sont exprimées en µg/kg de poids sec. Afin de les convertir en µg/kg de poids frais, les mesures de matière sèche réalisées par le laboratoire pour les analyses de métaux lourds ont été utilisées. La matière sèche a été fixée à 15%, toutes espèces de mollusques confondues.

A) PCB

Ce sont les congénères CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180 qui ont été recherchés. Parmi ces 7 congénères indicateurs, deux ne sont jamais retrouvés : il s'agit des congénères 28 et 180. Mais l'analyse des résultats individuellement n'est pas pertinente puisque c'est leur somme qui sera utilisée dans l'estimation de l'exposition.

Pour les différents sites, seules les médianes et les valeurs maximales ont été utilisées en raison du faible nombre de données disponibles.

C'est dans les moules de Montfarville que les concentrations les plus élevées sont retrouvées. La concentration retrouvée pour les 7 congénères indicateurs est de 5 µg/kg de poids frais.

B) Pesticides

Les pesticides sont très peu retrouvés dans les mollusques :

- aucun des pesticides recherchés n'a été détecté au Grand Vey et à St-Germain-sur-Ay
- des traces de Trifluraline ont été retrouvées dans les huîtres de la Pointe du Roc : 1,6 µg/kg poids sec, soit 0,24 µg/kg poids humide (novembre 05 et avril 06) et dans les moules à Montfarville : 1 µg/kg poids sec, soit 0,15 µg/kg poids humide (octobre 05)
- de l'α-Endosulfan a été retrouvé dans les moules à Montfarville : 2,8 µg/kg poids sec, soit 0,42 µg/kg poids humide (mai 06).

Deux hypothèses sont envisageables : soit ces pesticides ne sont effectivement pas retrouvés dans l'eau de mer, soit les quantités présentes sont trop faibles pour être détectables par les méthodes actuellement utilisées.

C) HAP

Parmi les 16 HAP recherchés, 3 ne sont pas détectés dans les mollusques pour les 4 sites étudiés ; il s'agit du Dibenzo (a,h) anthracène, du Benzo (g,h,i) pérylène et du Indéno (1-2-3-cd) pyrène. Deux autres : l'Acénaphthylène et l' Anthracène sont peu fréquemment retrouvés.

Le Naphtalène est détecté à des niveaux de concentration plus élevés que les autres HAP. Le Phénanthrène et le Fluoranthène viennent ensuite.

D) DEHP (Phtalate)

Les niveaux de contamination en DEHP sont présents dans le tableau suivant.

	Moyenne (en µg/kg poids frais)	Maximum (en µg/kg poids frais)
Le Grand Vey	18,7	37,5
Granville (Pointe du Roc)	18,7	75,0
Montfarville (Le Moulard)	26,2	30,0
St-Germain-sur-Ay	33,7	142

Tableau 20 : Niveau de contamination des coquillages en Di(ethyl-2hexyle) phtalate

5.3.3 Radioactivité

Toutes les recherches concernant les différents éléments radioactifs donnent des résultats inférieurs au seuil de détection, excepté pour le potassium 40, l'activité bêta totale et l'activité bêta totale des oxalates (équivalent strontium 90).

Les données inférieures au seuil de détection ne seront pas analysées.

5.3.4 Bactéries

Les analyses bactériologiques utilisées ont été réalisées sur 14 sites. Les données de 1992 à 1997 n'ont pas été prises en compte étant donné que depuis ce temps-là, des améliorations des installations d'assainissement ont eu lieu et la qualité des rejets a été améliorée. Comme le risque lié aux bactéries est un risque à court terme, il n'apparaît pas pertinent de prendre en compte des données très anciennes. Pour avoir un nombre important de données afin d'évaluer l'exposition moyenne des consommateurs, les valeurs des années 1998 à 2007 ont été utilisées.

Les médianes et percentiles 95 des résultats sont présentés en Annexe 7.

Les données bactériologiques ne permettent pas de mettre en évidence une cyclicité dans les valeurs correspondant à des saisons précises.

Pour les sites où des analyses ont été réalisées les mêmes jours (donc dans les mêmes conditions) sur deux espèces différentes de coquillages, les concentrations en *E. coli* entre les deux espèces ont été comparées. On constate alors que les moules sont 1,8 fois plus contaminées que les huîtres (sauf à Granville proximité du Bosq en 1998). A St-Pair-sur-Mer Kairon, ce sont les coques qui s'avèrent être plus contaminées que les huîtres (3,9 fois plus). Dans tous les cas, ce sont les coquillages fousseurs les plus contaminés. Ceci confirme l'information selon laquelle les bactéries sont présentes en plus grande concentration dans les sédiments que dans l'eau de mer elle-même. Ainsi, l'espèce consommée sur un site et à un moment précis peut avoir une importance en terme d'exposition aux contaminations bactériennes. Cependant, l'ordre de grandeur est le même.

Les concentrations les plus importantes en Coliformes totaux, *E. coli* et Streptocoques fécaux retrouvées dans les coquillages concernent les huîtres et les moules de Granville (Proximité du Bosq).

Cependant, les *Escherichia coli* retrouvés dans les coquillages et utilisés comme indicateurs ne sont pas pathogènes (certaines souches, comme *E. coli enteropathogenes* sont pathogènes mais rarement observées). Plus le niveau de contamination en *E. coli* est important, plus la probabilité de présence de microorganismes pathogènes est importante. Ainsi, pour estimer le risque lié à la présence de ces bactéries dans les coquillages, il est nécessaire de connaître une relation entre la quantité d'*E. coli* retrouvée dans les coquillages et la quantité de microorganismes pathogènes potentiellement associés ou alors une relation entre la quantité d'*E. coli* et les effets sur la santé supposés.

Les seules bactéries pathogènes recherchées sont les Salmonelles.

Dans les analyses réalisées de 2005 à aujourd'hui, aucune Salmonelle n'a été détectée. Les résultats des années précédentes sont présentés dans le tableau suivant.

Année	Ville	Salmonelle (/25g CLI)	<i>E. coli</i> / Coli totaux (/100g CLI)
2004	Granville (Bosq)	S. Groupe D	3 500 / 5 400
2003	Granville (Bosq) Dragey	<i>S. Goldcoast</i> <i>S. Panama</i>	2 400 / 35 000 230 / 230
2001	Granville (Bosq)	<i>S. Ser Hadar</i>	564 / 9 600
2000	Granville (Bosq)	<i>S. Infantis</i>	9 600 / 21 000
1999	Granville (moules) (huîtres)	<i>S. Typhimurium</i> S. Groupe D	780 / 2 100 5 520 / >960 000
1998	Granville (moules) (huîtres)	S. Groupe C S. Groupe C	5 520 / 32 400 9 600 / 55 200

Tableau 21 : Salmonelles retrouvées dans les coquillages de 1998 à 2004 et Coliformes associés.

Les Salmonelles détectées sont variées : on ne peut pas dire que les coquillages sont contaminés par un sérovar¹³ particulier. De plus on peut remarquer la présence de *Salmonella* pour des concentrations en *E. coli* inférieures à 1000 *E. coli*/100g CLI.

5.3.5 Virus

Les virus ont été recherchés sur six sites à raison d'une analyse tous les deux mois : le nombre d'analyses disponibles est de 9 par sites.

Les résultats sont donnés en nombre de copies de génome viral par coquillage. Pour s'assurer que les copies de génome viral sont sources d'infection, Mme S. Leguyader de l'Ifremer de Nantes a été contactée. Les virus entériques humains recherchés dans l'étude ne sont pas cultivables : ainsi, seules des méthodes de biologie moléculaire sont utilisées, basées sur la détection d'ARN.

¹³ Sérovar : identification basée sur des analyses sérologiques (caractérisation des antigènes) ; dans la dénomination des Salmonelles on cite rarement le nom de l'espèce et de la sous-espèce.

Or selon S. Leguyader, l'ARN, fragile, n'est détectable que s'il est encapsidé ; ainsi, la probabilité de risque infectieux associé à ces copies de génome viral est très grande.

Le VHA n'a été retrouvé dans aucun coquillage.

La Pointe du Roc est le site le plus contaminé par les virus. Fin 2005 début 2006, ce site est contaminé par d'importantes quantités d'Adénovirus : plus d'un million de copies de génome viral par coquillage. Le Wigwam à Géfosse-Fontenay est contaminé surtout par le Rotavirus.

Cependant, il est difficile de dresser un profil de contamination : il existe des écarts importants de contamination selon les virus et selon les endroits : les valeurs s'étendent de 5 à 15 000 000 de copies de génome viral par coquillage. Mais étant donné la grande infectiosité des virus entériques, toutes les contaminations seront considérées comme pouvant entraîner un risque pour la santé des consommateurs. Ainsi, quel que soit le niveau de contamination, le consommateur peut être malade. En revanche, la probabilité d'être malade augmente avec la dose.

L'analyse des virus est à envisager en terme taux de contamination mais également en terme de fréquence de contamination.

Tous virus confondus, ce sont les huîtres de la Pointe de Roc à Granville qui sont les plus fréquemment contaminées par les virus et tous sites confondus, ce sont les Adénovirus les plus fréquemment retrouvés et à des niveaux de concentration les plus élevés (Annexe 8).

5.4 Calcul de l'exposition des populations

L'évaluation de l'exposition des populations se caractérise par le calcul de la Dose Journalière d'Exposition (DJE) :

$$DJE = \frac{C \times Q \times F}{P}$$

- Avec :
- C : concentration de contaminant dans le milieu
 - Q : quantité de milieu pollué entrant en contact avec l'organisme
 - F : fréquence d'exposition (fraction de jours par an ou fraction d'heures par jour)
 - P : poids corporel moyenné sur la période d'exposition

L'étude Ciblex (2003) permet de déterminer le poids moyen d'un adulte et d'un enfant dans la population française (enfant de 7 ans : 23,2 kg ; adulte de 17 ans et plus : 60,5 kg). Mais récemment, une étude plus précise a été réalisée (Tanguy *et al.*, 2007), prenant en compte l'âge et le sexe (tous les ans jusqu'à 20 ans puis par tranche de 5 ans au-delà. C'est cette dernière qui sera utilisée.

Le poids moyen des individus âgés de 15 à 85 ans de l'étude de Tanguy et al. a donc été calculé, aboutissant à la valeur de **69,4 kg** (Dans l'étude INCA de 1999, les individus sont considérés comme des adultes à partir de 15 ans).

Le poids moyen des enfants de 3 à 14 ans est de **32,1 kg**, en considérant que tous les âges sont représentés de la même façon parmi les consommateurs.

L'information que l'on souhaite connaître dans le cas de l'exposition aiguë est la quantité réellement ingérée au cours d'un repas. Cependant ces données ne sont pas disponibles dans les questionnaires.

Dans le cas de l'exposition chronique, il s'agit de connaître la quantité de polluant absorbée en une année et de la rapporter à un jour. La suite de ce chapitre 5.4 a pour objectif de déterminer cette exposition.

5.4.1 Détermination de la quantité de chair ingérée par jour et par personne

a) Adultes

La quantité de chair de coquillage consommée par jour et par personne (Q x F), a été calculée dans un premier temps pour chaque espèce de coquillage. Ce paramètre a été déterminé de la façon suivante :

Tableau 15

$$\text{Chair ingérée /j/pers} = \frac{\text{chair ingérée par pers pour une pêche} \times \text{nombre de jours de pêche par an}}{365}$$

Pour chaque espèce de coquillage, les valeurs médianes, les 75^{ème} et 95^{ème} percentiles et les valeurs maximales ont été précisés.

Deux scénarii ont alors été distingués : les consommateurs de mollusques liés à un pêcheur réalisant 5 jours de pêche par an (médiane) et les consommateurs liés à un pêcheur réalisant 20 jours de pêche par an (95^{ème} percentile). Ces deux scénarii sont présentés dans les tableaux suivants.

	Médiane	75 ^{ème} percentile	95 ^{ème} percentile	Maximum
Palourdes	0,49	1,07	2,85	22,84
Praires	0,48	0,96	1,92	22,84
Huîtres	1,38	6,03	20,84	39,14
Moules	1,37	4,11	9,32	41,10
Coques	0,15	0,58	1,23	2,85

Tableau 22 : Quantité de chair consommée par jour et par personne (en g) – pêcheurs réalisant 5 jours de pêche par an

	Médiane	75 ^{ème} percentile	95 ^{ème} percentile	Maximum
Palourdes	1,97	4,27	11,40	91,34
Praires	1,92	3,84	7,67	91,34
Huîtres	5,53	24,11	83,34	156,55
Moules	5,48	16,44	37,26	164,38
Coques	0,60	2,30	4,93	11,40

Tableau 23 : Quantité de chair consommée par jour et par personne (en g) – pêcheurs réalisant 20 jours de pêche par an.

Seuls les médianes et les percentiles 95 seront utilisés par la suite.

L'équivalence de ces quantités en nombre de coquillages est indiquée en Annexe 9.

Dans ces tableaux, l'hypothèse a été faite qu'un seul pêcheur avait pêché pour un groupe de consommateurs. Or il a été constaté que seules 8 personnes sur les 1135 interrogées pêchaient seules. La valeur médiane du nombre d'accompagnateurs est de 2, ce qui signifie en d'autres termes que les pêcheurs pêchent par groupe de 3.

Deux cas de figure peuvent se présenter alors :

- soit les personnes d'un même groupe de pêche consomment les coquillages chacune de leur côté (c'est le cas dans les tableaux 22 et 23),
- soit elles sont réunies pour consommer le produit de leur pêche (pêcheur d'une même famille par exemple). Dans cette situation, les pêcheurs sont donc trois (valeur médiane) pour ramasser des coquillages, il y a donc 3 fois plus de coquillages pour le nombre de consommateurs annoncé par le pêcheur interrogé ; la consommation est multipliée par 3.

Ces deux situations seront envisagées pour les adultes.

b) Enfants

Les questionnaires n'ayant pas permis de déterminer la consommation des enfants, ce sont les informations de l'étude Calipso (1999) qui ont été utilisées. Selon cette étude, la quantité de crustacés et de mollusques consommés par les **enfants de 3 à 14 ans** est de **3 g/j/pers.** On considèrera que les enfants ne consomment que les mollusques.

5.4.2 Scénarii d'exposition

A) Adultes

Concernant le risque chimique chronique avec seuil, 8 différents scénarii sont envisageables, prenant en compte la fréquence de pêche, la quantité pêchée et le niveau de contamination des coquillages :

Fréquence de pêche	médiane : 5 jours par an				P 95 : 20 jours par an			
	Médiane (tableau 22)		P 95 (tableau 22)		Médiane (tableau 23)		P 95 (tableau 23)	
Importance de la pêche (= de la quantité consommée)								
Niveau de contamination des coquillages	médiane	P 95	médiane	P 95	médiane	P 95	médiane	P 95
Scénario n°	1	2	3	4	5	6	7	8

Tableau 24 : Scénarii d'exposition aux contaminants chimiques (P95 : percentile 95)

B) Enfants

Pour les enfants, seule une consommation moyenne de mollusques est prise en compte. Deux scénarii sont donc envisagés :

- consommation de mollusques moyennement contaminés
- consommation de mollusques contaminés de façon importante (P95)

5.4.3 Calcul des Doses Journalières d'Exposition

➤ Plomb

Les DJE les plus élevées ont été observées pour les moules de Montfarville (0,133 µg/kg pc/j, scénario 8) (Annexe 10).

Concernant les enfants : les DJE sont comprises entre 0,009 et 0,052 µg/kg pc/j.

➤ Cadmium

Les DJE les plus élevées ont été observées pour les huîtres de Granville (0,356 µg/kg pc/j, scénario 8) (Annexe 11).

Concernant les enfants, les DJE sont comprises entre 0,002 et 0,028 µg/kg pc/j.

Les valeurs sont plutôt proches d'un niveau de contamination à l'autre, en revanche, elles diffèrent de façon importante en fonction de la quantité consommée.

➤ Mercur

Les valeurs les plus importantes sont observées pour les huîtres de Granville (Bosq) et les moules de Donville (Annexe 12).

➤ PCB

Les DJE les plus élevées ont été observées pour les moules de Montfarville : (DJE = 6,5 ng/kg pc/j chez l'adulte).

Les DJE pour les enfants sont inférieures à 0,002 µg/kg pc/j.

➤ HAP

Les concentrations en HAP dans les coquillages paraissant faibles, seule l'exposition pour les scénarii 7 et 8 a été calculée pour les différentes molécules et les 4 sites.

Les expositions aux 13 molécules sont toutes comprises entre 0 et 0,0039 µg/kg pc/j pour les adultes et sont inférieures à 0,3 ng/kg pc/j pour les enfants.

➤ Phtalates

La plupart des DJE sont inférieures à 0,01 µg/kg pc/j ; le maximum est observé dans le scénario 8 pour les huîtres de la Pointe du Roc (Granville). Il est de 0,09 µg/kg pc/j.

Les DJE chez les enfants sont inférieures à 0,02 µg/kg pc/j.

6 Caractérisation du risque

Deux méthodes de calcul permettent de caractériser le risque si l'on a affaire à un effet à seuil ou sans seuil.

- S'il s'agit d'un effet à seuil, on détermine le quotient de danger (QD), appelé aussi ratio de danger :

$$\boxed{QD = DJE / DJA}$$

Si le ratio de danger est supérieur à 1, des effets sont susceptibles de se produire sur la population exposée.

- S'il s'agit d'un effet sans seuil, on calcule l'excès de risque individuel (ERI) :

$$\boxed{ERI = DJE \times T / T_p \times ERU}$$

Avec : - T : durée d'exposition
- T_p : temps de pondération (vie entière, en général égale à 70)
- ERU : Excès de Risque Unitaire
- DJE : Dose Journalière d'Exposition

Si la valeur de l'ERI est comprise entre 0 et 10⁻², le risque est faible.

6.1.1 Risques chimiques

A) Plomb

- Risque chronique avec seuil

- **Adultes**

L'apport moyen alimentaire était estimé à 68 µg/j pour la population adulte en 1998, 52 et 34 µg/j en 2000 et 2003 (Calipso). Plus récemment, l'étude de l'alimentation totale française (Leblanc *et al.*, 2004) a fixé l'apport journalier en plomb par l'alimentation chez les adultes de 15 ans et plus à 18,4 µg (moyenne), soit une exposition de 0,265 µg/kg/j (poids moyen 69,4 kg) (P95 : 30 µg/j chez l'adulte soit 0,432 µg/kg/j).

Afin d'effectuer une comparaison, on considèrera que l'apport en plomb via l'alimentation en général est moyen.

Cet apport alimentaire moyen en plomb a été ajouté à l'apport par les mollusques dans les différents scénarii. Le QD dans la majeure partie des cas est de 0,08, qui correspond au QD dû à l'alimentation générale (Annexe 10).

La valeur maximale du QD correspondant au scénario n°8 (le plus sévère) pour les moules de Montfarville et d'Hacqueville et pour les huîtres de Granville est de 0,11, ce qui est inférieur à 1. Il n'y a donc pas de risque pour la population, quel que soit le scénario.

Si on multiplie la consommation par 3, correspondant au produit de la pêche d'un groupe de 3 pêcheurs, le QD reste inférieur à 1 avec un maximum de 0,19 pour les moules de Montfarville (scénario 8).

- **Enfants**

L'apport moyen alimentaire en plomb chez l'enfant est de 12,8 µg, soit une exposition de 0,399 µg/kg/j (poids moyen 32,1 kg).

Le quotient de danger relatif à l'alimentation générale, est de 0,11 ; il peut atteindre 0,12 à 0,13 avec l'exposition aux mollusques. Cependant, ces ratios restent inférieurs à 1 : cette exposition ne présente pas de risque pour l'enfant.

- Risque chronique sans seuil

L'ERI a été calculé pour les 8 scénarii et pour les 17 sites.

Le temps de pondération a été fixé à 70 ans.

L'ERI a été calculé également avec deux temps d'exposition (correspondant au nombre d'années de pratique de pêche) : la médiane (10 ans) et le P95 (54 ans).

Dans tous les cas, l'ERI est de l'ordre de 10^{-10} à 10^{-7} , ce qui est bien inférieur à 10^{-2} . Le risque de développer un cancer lié à cette exposition au plomb est donc très faible.

B) Cadmium

- Risque aigu

Pour atteindre la valeur limite de 10mg, au delà de laquelle les effets aigus apparaissent, il faudrait ingérer 28 kg d'huîtres ayant le niveau de contamination le plus élevé (huîtres de Granville ; 0,355 mg/kg). Cette consommation étant inenvisageable, le risque aigu n'existe pas pour les niveaux de contamination existants.

- Risques chroniques avec seuil

- **Adultes**

En France, l'apport moyen de cadmium était estimé à 19,6 µg/j pour les adultes en 1998, 17 µg/j en 2000 et 3,6 µg/j en 2003. Suite à la première étude de l'alimentation totale (EAT) française, les dernières estimations indiquent en 2005 un apport moyen de 2,73 µg/j chez les adultes de plus de 15 ans, soit 0,039 µg/kg/j (P95 : 5,48 chez l'adulte, soit 0,079 µg/kg/j). Ces valeurs ont été obtenues à partir de modèles de prédiction théoriques estimant les relations entre l'apport alimentaire de cadmium, l'excrétion urinaire et la prévalence de dysfonctionnement tubulaire rénal associé. Les aliments les plus contaminés sont les abats et les produits de la mer, notamment les mollusques. Les produits de la mer représentent 8 à 25% de l'exposition alimentaire au cadmium. Les légumes, les pommes de terre et produits apparentés, du fait de leur poids important dans la diète alimentaire, sont les vecteurs majeurs de l'exposition alimentaire (24% et 21% respectivement) dans la population générale (Leblanc *et al.*, 2006).

Les QD les plus élevés ont été obtenus lors des scénarii 7 et 8 pour les huîtres de Granville (Bosq), Donville et Hacqueville (tableau 25 et Annexe 11).

Site et espèce	Contamination médiane (scénario 7)	Contamination forte (scénario 8)
Granville Bosq huîtres	1,29	1,98
Donville huîtres	1,27	1,56
Hacqueville huîtres	1,15	1,48

Tableau 25 : Quotients de danger relatifs à la consommation des huîtres de Granville, Donville et Hacqueville, scénario 7 et 8.

Dans les conditions citées (scénarii 7 et 8), les QD sont supérieurs à 1 : les effets relatifs à une exposition chronique au cadmium par la consommation d'huîtres de Granville, de Donville et d'Hacqueville sont donc susceptibles de se produire.

Cette exposition concerne les individus non fumeurs. En effet, pour les fumeurs, il faut ajouter à l'exposition, une DJE_{tabac} moyenne par voie orale de 0,0130 µg/kg/j. Mais ceci ne change pas la conclusion précédente.

Si on multiplie la consommation (des non fumeurs) par 3, on obtient de nouveaux QD>1, en plus des dépassements précédents, notamment pour le scénario 3 concernant les huîtres de Granville et de Donville, auxquelles on ajoute les huîtres d'Hacqueville pour le scénario 4 et toutes les moules du scénario 8.

- **Enfants**

L'apport moyen alimentaire en cadmium chez l'enfant est de 2,04 µg, soit une exposition de 0,064 µg/kg/j (poids moyen 32,1 kg).

Le quotient de danger relatif à l'alimentation générale, est de 0,32 ; il peut atteindre 0,46 avec l'exposition aux mollusques, ce qui est inférieur à 1 : cette exposition ne présente pas de risque pour l'enfant.

C) **Mercure**

- Risque chronique avec seuil

- **Adultes**

D'après l'EATF (Leblanc *et al.*, 2004), l'apport journalier moyen en mercure par l'alimentation est de 9,65 µg chez l'adulte, soit 0,139 µg/kg/j (P95 : 14,7 chez l'adulte, soit 0,212 µg/kg/j).

Dans la plupart des scénarii, la DJE_{mollusque} ne modifie quasiment pas la DJE de l'alimentation générale égale à 0,20, excepté dans les scénarii 7 et 8 où elle peut atteindre plus de 43% de la DJE de l'alimentation générale (QD de 0,28) pour les huîtres de Granville (Bosq) (Annexe 12).

Quel que soit le scénario, les QD sont toujours inférieurs à 1. Dans ces conditions, les effets chroniques par voie orale du mercure ne sont pas susceptibles de se produire.

La conclusion reste inchangée si l'on multiplie par 3 l'exposition via les mollusques. Le QD maximal concerne les huîtres de Granville.

- **Enfants**

Concernant les enfants, l'apport moyen alimentaire en mercure est de 7,90 µg, soit une exposition de 0,246 µg/kg/j (poids moyen 32,1 kg).

Le quotient de danger relatif à l'alimentation générale est de 0,35 et l'exposition aux mollusques ne le fait quasiment pas varier. La consommation de mollusques ne représente aucun risque lié au cadmium pour l'enfant

D) PCB

L'exposition de la population aux PCB par l'alimentation totale n'étant pas connue, il n'apparaît pas pertinent de calculer le ratio de danger, puisque les coquillages ne sont pas la seule source de PCB par voie orale. Il est plus parlant de raisonner en pourcentage de la DJA, même si le calcul est identique.

Ainsi, pour des moules de Montfarville (scénario 7) et pour la Pointe du Roc, Montfarville et St-Germain (scénario 8), la DJE représente entre 27 et 32% de la DJA, ce qui n'est pas négligeable. Si on multiplie par 3 la DJE (consommation relative à la pêche d'un groupe de 3 personnes), elle devient quasiment égale à la DJA pour les mollusques cités précédemment.

Chez l'enfant, l'exposition aux PCB via la consommation de mollusques représente jusqu'à 6% de la DJA. Le risque est donc très faible.

E) HAP

L'exposition aux HAP par l'alimentation générale n'étant pas disponible, les ratios de danger n'ont pas été calculés.

Les DJE des scénarii 7 et 8 ont été comparées aux DJA des HAP lorsque celles-ci étaient disponibles, c'est à dire pour le naphthalène, le fluorène, l'anthracène, le fluoranthène et le pyrène. C'est pour le scénario 8 et pour le naphthalène que la DJE représente la plus grande partie de la DJA. Dans ces conditions, la DJE représente 20% de la DJA pour les huîtres de la Pointe du Roc (60% si on multiplie l'exposition par 3), 14,5% pour les moules de Montfarville et de St-Germain.

La DJE due aux mollusques chez l'enfant représente moins de 3% de la DJA.

F) Pesticides

Les DJE pour les valeurs de trifluraline et d' α -endosulfan retrouvées dans les huîtres de la Pointe du Roc et dans les huîtres de Montfarville représentent 0% de la DJA pour les adultes et les enfants.

Cette exposition ne représente donc aucun risque pour le consommateur

G) Phtalates

L'ingestion via la contamination alimentaire a été estimée à environ 0,25mg/j (Hervé-Bazin, 2004), soit 3,6 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$ chez l'adulte et 7,7 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$ chez l'enfant, mais ces valeurs correspondent à la totalité des phtalates.

La comparaison des DJE du DEHP à la DJA de 4 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$, met en évidence que l'exposition via les coquillages représente moins de 3% de la DJE. Les DJE pour tous les autres scénarii représentent moins de 1% de la DJA.

Chez l'enfant, la DJE représente moins d'1% de la DJA.

On peut donc considérer que l'exposition via la consommation de bivalves ne présente pas de risque pour le consommateur adulte ou enfant.

6.1.2 Risques microbiologiques

Les données reliant les niveaux de contamination microbiologiques des coquillages et les effets sur la santé sont rares. Ainsi, il n'existe pas de lien entre la contamination en *E. coli* ou autre indicateur de contamination fécale et les effets pathogènes sur l'homme. De plus, les doses infectieuses des virus sont mal connues car dépendent de nombreux paramètres dont l'état immunitaire de chaque individu.

En l'absence de ces données, il est possible de réfléchir à une façon différente d'évaluer le risque en prenant en compte non seulement ces contaminations microbiologiques mais aussi les facteurs liés aux pratiques des pêcheurs et consommateurs pouvant influencer sur l'apparition d'effets sanitaires. Ce modèle permettrait d'obtenir un score afin d'estimer le risque encouru par les consommateurs de bivalves filtreurs.

Les paramètres suivants ont été retenus :

- Quantité de chair consommée : $I_{\text{chair consommée}}$
- Niveau de contamination en *E. coli* : $I_{\text{bactérien}}$
- Virus (fréquence, gravité et niveau de contamination) : I_{virus}
- Mode de conservation des coquillages avant consommation : $I_{\text{conservation}}$
- Mode de préparation (cuit/cru) : $I_{\text{préparation}}$

Le mode de conservation, à température ambiante ou dans un réfrigérateur a une influence sur la multiplication des bactéries.

La cuisson des coquillages peut réduire le risque bactérien et viral, en fonction du barème temps/température appliqué. En revanche, le risque persiste si le produit est contaminé par une bactérie sporulante. De plus ceci dépend également si le mollusque a été contaminé par la toxine des bactéries ou par les bactéries elles-mêmes ; la toxine n'étant pas détruite par la chaleur.

Le score pourrait être calculé de la façon suivante :

$$\text{Score} = \sum (I_{\text{chair consommée}} \times [(I_{\text{bactérien}} \times I_{\text{conservation}} + I_{\text{virus}})^{I_{\text{préparation}}}])_{\text{coquillage}}$$

Dans ce score, les bactéries d'origine non fécale ne sont pas prises en compte ; ces bactéries n'étant recherchées en routine ni par la DDASS ni par l'Ifremer.

L'indicateur viral est ici déterminé en fonction des six virus recherchés dans l'étude de C. Laspougeas. Cependant, il serait intéressant de faire des recherches pour trouver un indicateur pertinent de contamination virale.

Les indices de conservation et de préparation sont difficiles à évaluer puisqu'on ne connaît pas de façon exacte la température à laquelle les coquillages ont été conservés ni le barème temps/température appliqué lors de la cuisson.

7 Discussion

7.1 Résultats sur la caractérisation des risques

Pour tous les polluants chimiques, les expositions aiguës par voie orale sont rares et peuvent généralement se rencontrer dans des situations accidentelles. Les coquillages concentrent effectivement ces polluants, mais les doses ingérées lors de leur consommation restent faibles et le dépassement des doses limites lors d'un repas est peu susceptible de se produire.

➤ Métaux lourds

Les apports alimentaires de plomb par la consommation de mollusques bivalves ne présentent pas de risque (avec ou sans seuil) pour la population exposée, quels que soient les scénarios envisagés.

Les expositions au cadmium via la consommation d'huîtres de Granville, Donville et Hacqueville qui présentent un danger pour la santé, c'est à dire pour des consommations importantes (P95) à des niveaux de concentration médians et importants (scénarii 7 et 8), correspondent à une consommation de 11 huîtres par jour et par personne. Cette exposition paraît plausible, à condition que cette consommation soit répartie sur l'ensemble de l'année : les huîtres peuvent être la base de l'alimentation de quelques pêcheurs. Cependant elle paraît excessive dans le sens il ne s'agit pas du maximum mais du percentile 95 de la consommation, c'est-à-dire que 5% des consommateurs auraient une consommation supérieure à 11 huîtres par jour.

L'exposition des enfants, quant à elle ne présente pas de risques relatifs au plomb, au cadmium ou au mercure.

➤ Molécules organiques

L'apport de ces molécules par l'alimentation générale n'étant pas connu, il n'a pas été possible de calculer les quotients de danger. Cependant, les DJE via l'exposition des coquillages ne semble pas représenter une part de la DJA préoccupante.

De façon générale, un nombre important de valeurs toxicologiques de référence ne sont pas disponibles pour les différents contaminants. Ainsi, seuls les risques pour lesquels une valeur existe peuvent être évalués.

7.2 Incertitudes

Dans certains tableaux, les réponses nulles et l'absence de réponse ont été désignées de la même façon : par le chiffre « 0 », ce qui peut parfois générer une certaine ambiguïté.

7.2.1 Population d'étude.

En 2005 seuls les pêcheurs de bivalves ont été interrogés tandis qu'en 2006 toutes les catégories de pêcheurs ont été interrogées.

Le fait que la première enquête soit réalisée sur 3 jours alors que les autres le sont sur 2 peut représenter un biais.

7.2.2 Fréquentation

Des essais ont été faits pour voir s'il y avait une corrélation entre la fréquentation des sites par les pêcheurs à pied et le coefficient de marée et estimer ainsi la fréquentation lors des faibles coefficients. Mais les données sont trop peu nombreuses et les coefficients de corrélation beaucoup trop faibles (inférieurs à 0,3) pour utiliser les droites de régression afin d'estimer la fréquentation des sites lors d'un faible coefficient de marée.

Les données d'ancienneté (durée d'exposition) ne sont pas disponibles pour la période estivale ; ces valeurs ne sont déterminées que pour l'hiver 2005. On peut regretter que cette information n'ait pas été conservée dans le deuxième questionnaire car elle est nécessaire pour l'évaluation du risque chronique sans seuil pour les polluants chimiques.

7.2.3 Quantité de chair consommée

A) Adultes

C'est pour les moules que les quantités ingérées par jour et par personne sont les plus élevées. La médiane est de 1,1 moules pour une fréquence de pêche de 5 jours par an et de 4,3 moules pour une fréquence de pêche de 20 jours par an. Pour toutes les autres espèces de coquillages la médiane est inférieure à 1. Selon l'enquête INCA, les adultes consomment en moyenne 4 g (femmes) et 5 g (hommes) de mollusques et crustacés par jour.

Ces médianes trouvées peuvent paraître faibles en comparaison. Cependant, ces quantités ne sont déterminées que pour les mollusques et par espèce, or peu de personnes ne consomment qu'une espèce de coquillages. La somme des quantités déduites pour chaque espèce correspond peut-être plus à la réalité. De plus, le nombre de consommateurs par produit de pêche a peut-être été surestimé.

De plus, ces quantités ont été probablement sous-évaluées du fait que la pêche d'un seul pêcheur a été prise en compte pour le calcul des quantités consommées alors que les pêcheurs pêchent en groupe et peuvent très bien consommer ensemble le produit de leur pêche surtout s'ils sont de la même famille. Une évaluation du risque a donc été faite en multipliant l'exposition par 3, correspondant à un groupe de 3 personnes consommant le produit de leur pêche ensemble.

En revanche, la valeur de consommation maximale de moules pour une fréquence de pêche de 20 jours par an est aberrante, puisqu'elle correspond à la consommation de 128 moules/j/pers. Cette valeur provient certainement d'une pêche exceptionnelle et les données associées ont probablement été erronées ou ignorées (nombre de dons, nombre de consommateurs, vente etc.). Ceci n'a pas d'importance pour les résultats car les valeurs maximales n'ont pas été utilisées mais montre cependant les limites de cette méthode de déduction des quantités ingérées.

Des incertitudes existent à tous les stades de la détermination de la quantité de bivalves consommée :

	Sources d'incertitudes	↗ ou ↘
1	- les pêcheurs n'ont pas toujours été interrogés au niveau des cales	↘
2	- le nombre ou le poids pêché par les pêcheurs est évalué de façon approximative	↗
3	- le nombre de pêcheurs faisant partie du même groupe de consommateurs n'est pas connu	↘
4	- les informations données par les personnes interrogées sont approximatives : - nombre de pêches par an (fréquentation) - nombre de dons - nombre de consommateurs	↗
5	- la quantité de coquillages donnée est inconnue	↗ ou ↘
6	- la conversion du nombre de coquillages en masse a été faite en supposant que les coquillages avaient la taille réglementaire	↗
7	- les relations PTH/PCH sont approximatives	
8	- la consommation par repas n'est pas connue	
9	- les variations individuelles ne sont pas prises en compte (gros / petit mangeurs)	

Tableau 26 : Sources d'incertitudes sur l'évaluation de la consommation de mollusques bivalves

↗ : tendance à la surestimation ou ↘ à la sous-estimation de la quantité consommée.

Pour faire une évaluation de l'exposition des populations consommant les produits de la mer, il est nécessaire d'avoir des informations précises sur la consommation de ces produits. Or dans le questionnaire qui a été utilisé, les questions concernent la quantité pêchée. Il serait plus facile de demander directement aux pêcheurs quelle quantité de mollusques ils consomment. Les données disponibles (quantité pêchée, espèce pêchée, nombre de consommateurs et dons) ont permis

d'estimer une quantité de chair supposée consommée par personne correspondant au produit d'une pêche. Cependant, les questions n'ont pas été posées aux pêcheurs de façon précise, ce qui explique que l'on ait parfois des valeurs aberrantes, en particulier pour les valeurs des scénarii 7 et 8.

Cependant, nous ne savons pas si cette pêche a permis de faire un ou plusieurs repas, information importante pour l'exposition aiguë.

B) Enfants

Concernant la consommation des enfants, la valeur trouvée dans la bibliographie concerne la consommation moyenne de mollusques et crustacés, donc cette valeur est très approximative.

Nous avons considéré qu'elle ne correspondait qu'à la consommation de mollusques bivalves, l'exposition est donc surestimée de façon importante.

7.2.4 Exposition

A) Données chimiques

Expositions

Poids corporel

Le calcul de la DJE nécessite de connaître le poids corporel des individus.

Pour déterminer le poids corporel, une première hypothèse a été faite considérant que l'âge de la majorité des pêcheurs était représentative de l'âge des consommateurs, la tranche d'âge en question étant celle des 50-70 ans (50-60 ans en été et 60-70 ans en hiver). Or selon l'étude de Tanguy et al. (2007) les 4 tranches d'âge correspondantes sont celles pendant lesquelles le poids d'un individu est le plus important (65,9 kg pour les femmes, 79,4 kg pour les hommes ; 72,4 kg, hommes et femmes réunis). Comme dans le calcul de la DJE, le poids corporel est au dénominateur, la surestimation du poids des consommateurs fait diminuer l'exposition. C'est pourquoi, il a été décidé de prendre en compte une plus large étendue d'âges pour évaluer le poids corporel des consommateurs. La tranche d'âge 15-85 ans finalement choisie **surestime toutefois les DJE**. En effet dans ce calcul, le poids des jeunes est pris en compte au même titre que celui de la tranche d'âge 50-70 ans alors qu'ils sont certainement moins consommateurs de coquillages.

Scénarii

Dans la détermination des scénarii, les seules fréquences de pêche prises en compte sont de 5 et 20 fois par an (médiane et P95). Ces valeurs surestiment l'exposition des pêcheurs estivaux, puisqu'il y avait une différence significative entre les fréquentations des pêcheurs interrogés l'été et les pêcheurs interrogés l'hiver. L'absence de distinction entre été et hiver n'est pas problématique puisque c'est la situation la plus pénalisante qui a été prise en compte.

Concernant les métaux lourds, le nombre de DJE à calculer est important puisque de nombreux paramètres variables, entrent en jeu.

Les analyses de métaux lourds ont été faites sur 17 sites. Selon les sites, les analyses ont été faites soit sur les coques, les palourdes, les moules ou les huîtres et parfois sur deux de ces espèces. Selon les sites, les coquillages et la période, les contaminations sont différentes. C'est pourquoi pour un site et un coquillage donnés, on peut avoir un niveau de contamination médian, important (95^{ème} percentile) et maximal. Ces données sont à combiner ensuite avec les quantités consommées qui dépendent également de l'espèce de coquillage, mais également de l'individu ; c'est pourquoi pour chaque coquillage, on distingue trois valeurs de consommation : médiane, importante et maximale.

Ce qui revient $17 \times 3 \times 3 = 153$ valeurs de DJE.

Ainsi, des choix ont dû être faits. Lorsqu'il y avait des différences significatives entre été et hiver, les distinctions n'ont pas été faites, le comportement le plus pénalisant a été choisi. Un autre paramètre intervient : le poids corporel des consommateurs qui varie d'un individu à l'autre. Il a été décidé de ne retenir que le poids moyen des adultes et de ne pas faire de calcul par tranche d'âge.

Les données relatives à la contamination des coquillages par le mercure ou les radioéléments d'origine anthropique sont toutes inférieures au seuil de détection, ce qui montre que la contamination est très faible.

Certaines valeurs de contamination par le plomb et les valeurs de contamination par le mercure ont une incertitude élargie ($K=2$) de 40%, c'est à dire que 95% des valeurs sont comprises entre la valeur moyenne +/- 40%, ce qui constitue une grande incertitude. Les incertitudes élargies pour les autres valeurs sont de 20 et 25%. Ces incertitudes sont dues à la précision des appareils de mesure pour les faibles teneurs métaux lourds. Les expositions calculées sont donc à prendre avec prudence. Il est donc important de continuer la recherche sur les méthodes d'analyse afin de diminuer cette incertitude.

Pour les trois métaux lourds, la DJE a été déterminée en additionnant la $DJE_{\text{coquillage}}$ à la DJE de l'alimentation générale, cependant, dans cette dernière, la consommation de mollusques est déjà prise en compte. Il y a donc une surestimation de l'exposition.

Toutefois, nous pouvons penser que tous les coquillages ingérés par les consommateurs de Basse-Normandie ne proviennent pas tous de la pêche à pied de loisir. Une partie vient certainement du commerce.

B) Données microbiologiques

L'évaluation des risques microbiologiques dans les aliments n'en est qu'à ses débuts. Quelques ébauches de travail existent à propos des eaux.

Les études proposant des relations dose effet (dose infectante) sont souvent contradictoires. Il est nécessaire de poursuivre les recherches à ce sujet et de mettre en place éventuellement un modèle prenant en compte les paramètres pertinents jouant un rôle dans le risque microbiologique. Les recherches sur les correspondances entre le niveau de contamination des coquillages en indicateurs et la contamination en microorganismes pathogènes ou les pathologies humaines sont indispensables afin de réaliser une évaluation des risques.

Les données qui pourraient avoir un effet sur la multiplication des bactéries sont imprécises. La température de conservation ainsi que le barème temps / température appliqué lors de la cuisson ne sont pas connus.

7.3 Proposition d'amélioration de la surveillance et de la communication

A) Amélioration du questionnaire pour l'évaluation de l'exposition

Le questionnaire élaboré avait pour but principal l'évaluation de l'effort de pêche, pour estimer la répercussion de la pêche à pied sur les gisements ; c'est pourquoi certaines informations, nécessaires à l'évaluation de l'exposition des consommateurs de bivalves n'ont pas été demandées.

- il aurait été préférable de n'interroger que les personnes revenant de la pêche pour que toutes les données quantitatives puissent être prises en compte.

- le questionnaire utilisé auprès des pêcheurs a été modifié entre la première enquête et les trois suivantes. Certaines informations comme le nombre d'années de pêche ont été abandonnées alors qu'elles étaient pertinentes. De même, la question concernant les problèmes de santé, ciblée sur la consommation de coquillages provenant de Basse-Normandie pour le 1^{er} questionnaire a été généralisée aux coquillages en général dans le questionnaire suivant.

De plus, de part ce changement, certaines informations identiques, ont été appelées par des noms de variables différents.

- dans le premier questionnaire, certaines informations sont données par pêcheur, par exemple :

Pêcheur n°	Espèce pêchée	Préparation
15	palourde/ praire/ moule	cru/cuit

On ne sait donc pas à quelles espèces sont rattachés les modes de cuisson. En revanche, dans le second questionnaire, des informations sont demandées pour chaque espèce pêchée, ce qui est beaucoup plus précis. (De plus ces données sont plus difficiles à exploiter).

- des informations sont trop générales ; ainsi sur les questions portant sur le nombre de consommateurs et les dons, au lieu de proposer des réponses comme « quand la pêche est importante », il faudrait insister pour que la réponse soit adaptée à la quantité pêchée au moment de l'enquête. Cette information est importante, puisqu'elle intervient directement dans l'estimation de la quantité de coquillages consommés.

- on pourrait envisager par la suite d'interroger des groupes de pêcheurs-consommateurs, c'est à dire, tous les pêcheurs d'un groupe qui vont consommer ensemble (et avec d'autres personnes non pêcheurs) le produit de leur pêche. Ainsi, on pourrait être en mesure d'évaluer de façon plus juste le volume de coquillages effectivement consommé par ce groupe.

- Exposition des enfants.

Les questionnaires n'ont pas été conçus de façon à pouvoir évaluer l'exposition des enfants. Même si beaucoup d'enfants ne sont pas consommateurs de coquillages, les moules sont cependant bien appréciées et il faut garder à l'esprit que cette population est particulièrement fragile et ne doit pas être ignorée. Selon l'étude INCA (1999), la proportion d'enfants consommateurs de mollusques et de crustacés est estimée à 21%. Il serait pertinent à l'avenir de demander aux pêcheurs si le produit de leur pêche est susceptible d'être consommé par des enfants et si oui combien.

B) Surveillance

a) *Espèces surveillées*

La plupart des pêcheurs pêchent des moules, coques, palourdes, huîtres, ces espèces faisant l'objet d'un contrôle sanitaire. Cependant, d'autres espèces sont également consommées par un grand nombre de pêcheurs, notamment les praires et les étrilles (espèce de crustacés majoritairement pêchée). D'autres espèces comme les amandes et les pétoncles sont pêchées en grande quantité par un petit nombre.

Un contrôle sanitaire de ces espèces pourrait être réalisé de temps en temps, afin de vérifier leur innocuité. Les étrilles étant majoritairement pêchées à Granville, ce site pourrait être choisi pour leur prélèvement.

b) *Virus et bactéries pathogènes*

Aucun indicateur fiable n'a été trouvé pour évaluer le niveau de contamination en virus. Ceci signifie que dans l'état actuel des choses, la sécurité sanitaire des coquillages n'est pas garantie en surveillant la concentration en *E. coli* dans l'eau. De même pour les bactéries puisque certaines bactéries pathogènes ne sont pas associées à une contamination fécale (*Vibrio parahaemolyticus* par exemple). En attendant de trouver un meilleur indicateur de la contamination virale, il serait souhaitable de faire des analyses virales régulièrement sur les zones sensibles.

C) Communication

a) *Risques chimiques*

Les pêcheurs à pied de loisir n'ont aucun moyen de réduire le risque lié à la contamination chimique d'un mollusque à partir du moment où il est hors de l'eau. C'est pourquoi il est important d'insister sur l'information concernant les fermetures de certaines zones dans le cas où il y aurait présence de métaux lourds en excès.

Concernant les polluants organiques et les phycotoxines, la surveillance n'est réalisée que par l'Ifremer, ainsi, il est important que la communication se fasse rapidement entre l'Ifremer et la DDASS afin qu'elle puisse mettre en place rapidement des contrôles sur les zones de pêche à pied récréative. Cela a pu être vérifié récemment lors d'un épisode de contamination par la microalgue *Dinophysis*.

b) *Risques microbiologiques*

Si les coquillages se trouvent dans une zone classée A, la probabilité de présence de microorganismes pathogènes est très faible mais non nulle. Dans les zones de classement B, les coquillages peuvent être ramassés mais la cuisson préalable des coquillages est recommandée. Les indicateurs de contamination fécale (*E. coli*) ne semblent donc pas suffisants pour témoigner la présence ou l'absence de microorganismes pathogènes.

Ainsi, en plus du respect des fermetures de pêche en cas de contamination fécale trop importante, il est important de suivre les recommandations d'usage fournies par la DDASS, qui consistent notamment à éviter les zones à risque : proximité d'un rejet, d'une zone portuaire, d'une zone de pâturage, éviter de pêcher après de fortes pluies, conserver des coquillages au frais en bas du réfrigérateur et le plus tôt possible après la pêche, consommer les produits dans la journée si possible.

Mais l'Agence Néo-Zélandaise de Sécurité sanitaire des Aliments (NZFSA) va plus loin dans ses recommandations et ses explications, notamment elle informe les consommateurs qu'il ne faut pas consommer les coquillages morts et ne pas cuire les coquillages dont la coquille est cassée (en effet, la multiplication des bactéries dans les coquillages morts est très rapide). Elle précise qu'un coquillage est vivant s'il referme sa coquille lorsqu'on le touche. Ces informations peuvent paraître évidentes pour certains, mais sont certainement nécessaires pour les personnes qui ne sont pas habituées à consommer ces produits.

De plus, la NZFSA aborde le thème des contaminations croisées en précisant qu'il est nécessaire de préparer les coquillages avec des mains, une planche à découper et un couteau propres. Il s'agit finalement d'appliquer une méthode HACCP¹⁴ simplifiée à domicile, comme on l'appliquerait dans le système commercial afin de ne pas recontaminer le produit avec les virus ou bactéries pathogènes présents sur la personne qui le manipule. La NZFSA préconise également de réchauffer un plat à base de coquillages à une température de 80°C à coeur pendant 3 minutes. Les termes utilisés sont de nouveau ceux de la méthode HACCP. Cependant, la vérification de ce barème temps/température n'est pas facilement réalisable chez un particulier.

Une communication plus précise sur les pratiques à domicile pourrait être envisagée.

Concernant la voie de communication, environ 13% des pêcheurs enquêtés font partie d'une association de pêche en hiver (3% en été) ; il n'est donc pas pertinent de passer par ces structures pour informer les pêcheurs, d'autant plus que ceux qui en font partie sont plutôt des habitués, plus informés que le reste de la population de pêcheurs.

Dans l'étude de C. Laspougeas, la presse semble être la voie d'information la plus facile d'accès pour les pêcheurs à pied de loisir, mais ce sont essentiellement les pêcheurs locaux qui utilisent cette voie d'information. De ce fait, il est nécessaire de distinguer deux types de personnes pour la communication : les personnes locales et les touristes.

La majorité des pêcheurs à pied sont des personnes locales : elles sont donc plus susceptibles de recevoir le journal local régulièrement.

Pour les touristes dont la maison principale ne se trouve pas en Basse-Normandie, cette voie d'information n'est pas adaptée. L'information sur la réglementation serait utile dans les offices de tourisme et dans les campings (engins de pêche, taille des captures, quotas de capture, date d'ouverture, zone autorisée). En ce qui concerne la qualité sanitaire des zones de pêche à pied, ce type d'information est moins pratique puisqu'il a tendance à changer régulièrement. Une information sur site, comme celle qui est déjà en place est plus adaptée.

La DDASS de la Manche a récemment mis en place un nouveau mode de communication sur les contrôles sanitaires des eaux de baignade sur le principe d'une carte postale. Cette communication a été accueillie avec succès et l'on pourrait envisager de reprendre ce concept pour les coquillages, lors de la période estivale.

¹⁴ HACCP : méthode d'analyse des dangers et de maîtrise des points critiques appliquée dans les entreprises agroalimentaires.

Conclusion

Les coquillages pouvant être ramassés par les pêcheurs à pied de loisir doivent répondre à des critères de qualité plus stricts que ceux destinés à la commercialisation. En effet, ils passent directement de la mer à l'assiette contrairement aux coquillages commercialisés qui peuvent subir, en cas de contamination, des étapes de purification voire même des traitements thermiques selon la nature du contaminant, dans le but de diminuer au maximum le risque.

La surveillance de la qualité sanitaire des bivalves dans leur milieu par les DDASS est donc essentielle. Cependant, il n'est pas possible de rechercher tous les contaminants et substances toxiques potentiellement présents dans les coquillages qu'ils soient microbiologiques ou chimiques. C'est pourquoi il est important de définir les substances pertinentes à rechercher, à savoir celles qui se trouvent à des fréquences et des concentrations importantes dans le milieu et toxiques pour l'homme.

La démarche d'enquête réalisée auprès des pêcheurs à pied constitue une source d'information précieuse pour évaluer les consommations en mollusques bivalves et l'exposition de la population aux contaminants. En effet, certaines personnes consomment d'importantes quantités de coquillages qui peuvent alors leur faire courir un risque chronique alors même que leur niveau de contamination est inférieur au seuil réglementaire (substances chimiques à effet chronique avec seuil). Cependant, il faut rester vigilant dans les conclusions car plus il y a de sources d'incertitudes, plus l'exposition risque de s'éloigner de la réalité.

Dans le cas des contaminants microbiologiques, la consommation de coquillages crus issus de la pêche à pied récréative constitue une source d'exposition à un effet aigu souvent de type gastro-entérite. Les analyses de surveillance, réalisées régulièrement, ne sont pas complètement satisfaisantes dans le sens où les faibles teneurs en indicateurs de contamination fécale ne garantissent pas l'absence de microorganismes pathogènes.

C'est pourquoi, il est important de mettre en garde le consommateur, de le tenir informé de la qualité des coquillages en toutes saisons et de lui faire part des recommandations qui peuvent permettre de réduire ce risque de façon simple.

La gestion de ce risque passe évidemment aussi par la mise en place de mesures permettant de limiter la pollution à la source et de poursuivre la recherche en vue de trouver des indicateurs plus proches des microorganismes pathogènes présents dans l'eau de mer.

Bibliographie

Abarnou A., Burgeot T., Chevreuil M., Leboulanger F., Loizeau V., Madoulet-Jaouen A., Minier C. (2000). Les contaminants organiques : quels risques pour le monde vivant ? Ifremer, 35p.

AFSSA, Saisine n°2002-SA-0149 (2003). Avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments sur l'existence éventuelle d'une corrélation significative entre les teneurs dans différents congénères de PCB, 8p.

AESN (Agence de l'eau Seine-Normandie) (2004). Etude socio-économique et spatialisée des usages du milieu aquatique. Lot n°2 : pêche de loisir. AND international SOMIVAL, 96p.

Blutel C., Grimault L. (2006). Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments : Norovirus. AFSSA, 3p.

Casas S. (2005). Modélisation de la bioaccumulation de métaux Traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse docteur de l'Université du Sud Toulon Var, 276p.

Chiffolleau J.-F., Claisse D., Cossa D., Ficht A., Gonzalez J.-L., Guyot T., Michel P., Miramand P., Oger C., Petit F. (2001). La contamination métallique, Ifremer, 39p.

China, B., De Schaetzen M.-A., Daube G. (2003). Les mollusques bivalves, des aliments dangereux ? *Annales de Médecine Vétérinaire*, **147**, 413-422.

Daguzan J. (1992). Biologie des mollusques bivalves marins et conchyliculture. *In* Coquillages et santé publique, du risque à la prévention. Rennes : ENSP Éditeur, Chapitre 1, 1-28.

Derolez V. (2003). Méthode de caractérisation de la fragilité microbiologique des zones conchylicoles. Application à plusieurs bassins français, Ecole Nationale de la Santé Publique, 50p.

DDASS de la Manche (1995). Enquête sur la fréquentation des zones de pêche à pied dans la côte ouest du département de la Manche (de la Baie du Mont-St-Michel au Hâvre de Lessay), 30p.

Denis S., Ferchaud R., Charlet F., Violleau A. (1995). Suivi sanitaire des gisements naturels de coquillages de la Charente-Maritime. Etude pilote été 1995, DDASS Charente-Maritime, 45p.

Ferchaud R., Mercier F., Charlet F., Brun C., Violleau A., (1997). Suivi sanitaire des gisements naturels de coquillages de la Charente-Maritime. Suivi bactériologique 1996-1997. DDASS Charente-Maritime, 72p.

Frédéric A. (2002). Evaluation du potentiel de production des gisements naturels de mollusques bivalves. Seconde évaluation et synthèse des résultats. Département de la Manche, DDASS 50, AESN, CRPM Basse-Normandie, 167p.

Goguet J.P. (2005). Les pesticides dans l'air en Basse-Normandie 2003-2005 Air.com.Aссо, 22p.

Gourlay C. (2004). Biodisponibilité des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les écosystèmes aquatiques : influence de la matière organique naturelle et anthropique. Thèse, Ecole nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, 115p.

Grouhel A, Datin C., Etourneau C., Jeanneret H. (1995). Bilan de la qualité bactériologique des eaux du littoral calvadosien : baignade, conchyliculture et pêche à pied de 1989 à 1994, Ifremer Port-en-Bessin.

Hervé-Bazin B., Laudet-Hesbert A., Mathieu C., Dornier G. (2004). Les phtalates. INRS, 4p.

Host S., Camard J.-P., Franconi A., Lefranc A., Grémy I. (2006). L'évaluation des risques sanitaires : principe et méthode, Observatoire régional de santé d'Ile-de-France, 6p.

Loisy F., Estes M. K., Koopmans M., Leguyader S. F. (2004) Les norovirus humains : du nouveau ? *Virologie*, novembre-décembre, **8**(6), 435-443.

Morel M., Andral B., Berthomé J.-P., Joanny M. (1999). Surveillance de la qualité de l'environnement littoral. Propositions pour une meilleure coordination des réseaux. Ifremer, 34p.

Montfort P. (2006). Microbiologie et coquillages, Ifremer, 18p.

Munsch C., Tronczyński J., Héas-Moisan K., Guiot N., Truquet I. (2005). Analyse de contaminants organiques (PCB, OCP, HAP) dans les organismes marins. Éd. Ifremer, Méthodes d'analyse en milieu marin, 44p.

Laspougeas C. (2005). Étude du comportement des gisements naturels de mollusques bivalves accessibles en pêche à pied en Basse-Normandie. Aspect « Evaluations des indices d'abondance » Rapport intermédiaire, IFOP- AESN - SMEL - DDASS - Université de Caen, 191p.

Laspougeas C. (2007). Étude sur les gisements naturels de mollusques bivalves accessibles en, pêche à pied en Basse-Normandie. Rapport final, IFOP- AESN - SMEL - DDASS - Université de Caen, 191p.

Leblanc J.-C., Verger P., Guérin T., Volatier J.-L. (2004). Étude de l'Alimentation totale française. Mycotoxines, minéraux et éléments traces, INRA, 72p.

Leblanc J.-C., Volatier J.-L., Sirot V., Nawel B.-A. (2006). Études des consommations alimentaires de produits de la mer et imprégnation aux éléments traces, polluants et oméga 3 (CALIPSO), AFSSA, INRA, 127p.

Lefebvre L., Utilisation de pesticides en milieu urbain : risques à la santé et alternatives, Bulletin d'Information Toxicologique, Publication du Centre de Toxicologie et du Centre Anti-poison, **6**(2), 5-6.

Pichard A., Bisson M., Diderich R., Doornaert B., Lacroix G., Lefevre J.P., Leveque S., Magaud H., Morin A., Oberon D., Pepin G., Tissot S. (2005). Cadmium et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS, 60p.

Pichard A., Bisson M., Diderich R., Doornaert B., Lacroix G., Lefevre J.P., Leveque S., Magaud H., Morin A., Oberon D., Pepin G., Tissot S. (2006). Mercure et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS, 85p.

Pichard A., Bisson M., Diderich R., Doornaert B., Lacroix G., Lefevre J.P., Leveque S., Magaud H., Morin A., Oberon D., Pepin G., Tissot S. (2003). Plomb et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS, 90p.

Pigree G. (1999). Qualité radiologique des eaux marines et continentales du littoral normand. Synthèse des travaux 1997 / 1998, Association pour le contrôle de la radioactivité dans l'ouest.

Plusquellec A. (1992). La contamination bactérienne des coquillages. *In* Coquillages et santé publique, du risque à la prévention. Rennes : ENSP Éditeur, Chapitre 4, 51-78.

Pompepu M., Caprais M.P., Le Mennec C., Parnaudeau S., Le Guyader S. F., Bon F., Pothier P., Kohli E., Brachet R., Flahault A., Sarrette B., Vilaginès P., Camus P., Dimeet J., Treguier C., Dumas F., (2003). Contamination virale et indicateurs de risque. Programme Liteau, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 6p.

Prescott L., Harley J., Klein D. (2003). Microbiologie. De Boeck & Larcier, 1137p.

Raguet S., Raoult C. (2006). Evaluation des risques sanitaires liés à la consommation de pétoncles contaminés par du cadmium ; La Rochelle-2006, Cire Centre-Ouest, 18p

Ricoux C., Gasztowtt B. (2005). Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de forts consommateurs de produits de la pêche de rivière contaminés par des toxiques de l'environnement. InVS, 124p.

Sanaa M., Cerf O. (2002). La démarche d'analyse quantitative des risques de maladies infectieuses transmises par les aliments. *Epidémiologie et Santé Animale*, **41**, 157-168.

Schwartzbrod L. (1992). Virus, eaux et coquillages. In *Coquillages et santé publique, du risque à la prévention*. Rennes : ENSP Éditeur, Chapitre 3, 35-50.

Tagu D., Moussard C. Principe des techniques de biologie moléculaire, INRA édition, 88-89.

Tanguy J., Zeghnoun A., Dor F. (2007). Description du poids corporel en fonction du sexe et de l'âge dans la population française. InVS. *Environnement, Risque et Santé*, **6**(3), 179-187.

Volatier J.-L. (2000). Enquête INCA (Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires) Tec & Doc, Paris, 158p.

Encyclopédie Microsoft® Encarta® 2003. © 1993-2002 Microsoft Corporation.

Sites internet :

Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Environnement littoral.
< <http://www.ifremer.fr/envlit/index.htm> > (mise à jour juin 2007)

Ifremer, littoral bas-normand
< <http://www.ifremer.fr/littoralbasnormand/> > (juillet 2007)

INSEE
< http://www.insee.fr/fr/ffc/chifcle_fiche.asp?ref_id=CMRSOS02219&tab_id=473 > (mise à jour 04/2007)

TOXNET
< <http://toxnet.nlm.nih.gov> > (juillet 2007)

U.S.EPA
< <http://www.epa.gov/iris/> > (juillet 2007)

ATSDR
< http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/pdfs/mrllist_12_06.pdf >

ASN
<http://www.asn.fr/> (juillet 2007)

Réglementation :

Arrêté n° 55/2007 du 25 mai 2007 réglementant l'exercice de la pêche maritime de loisir pratiquée à pied, à la nage ou sous marine dans le département de la Manche. Disponibilité sur internet :
< http://www.manche.pref.gouv.fr/admin/upload/raamai2007_181119445.pdf >

Décret n°90-618 du 11 juillet 1990 relatif à l'exercice de la pêche de loisir (modifié par le décret n°99-1163 du 21 décembre 1999). Disponible sur internet :
< <http://www.legifrance.gouv.fr/texteconsolide/UPHXG.htm> >

Règlement (CE) n° 853/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale. Disponible sur internet :
< http://www.securite-alimentaire.public.lu/legislation/europeenne/hygiene_alimentaire_853.pdf >

Règlement (CE) n° 854/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animal destinés à la consommation humaine. Disponible sur internet : < http://www.securite-alimentaire.public.lu/legislation/europeenne/hygiene_alimentaire_854.pdf >

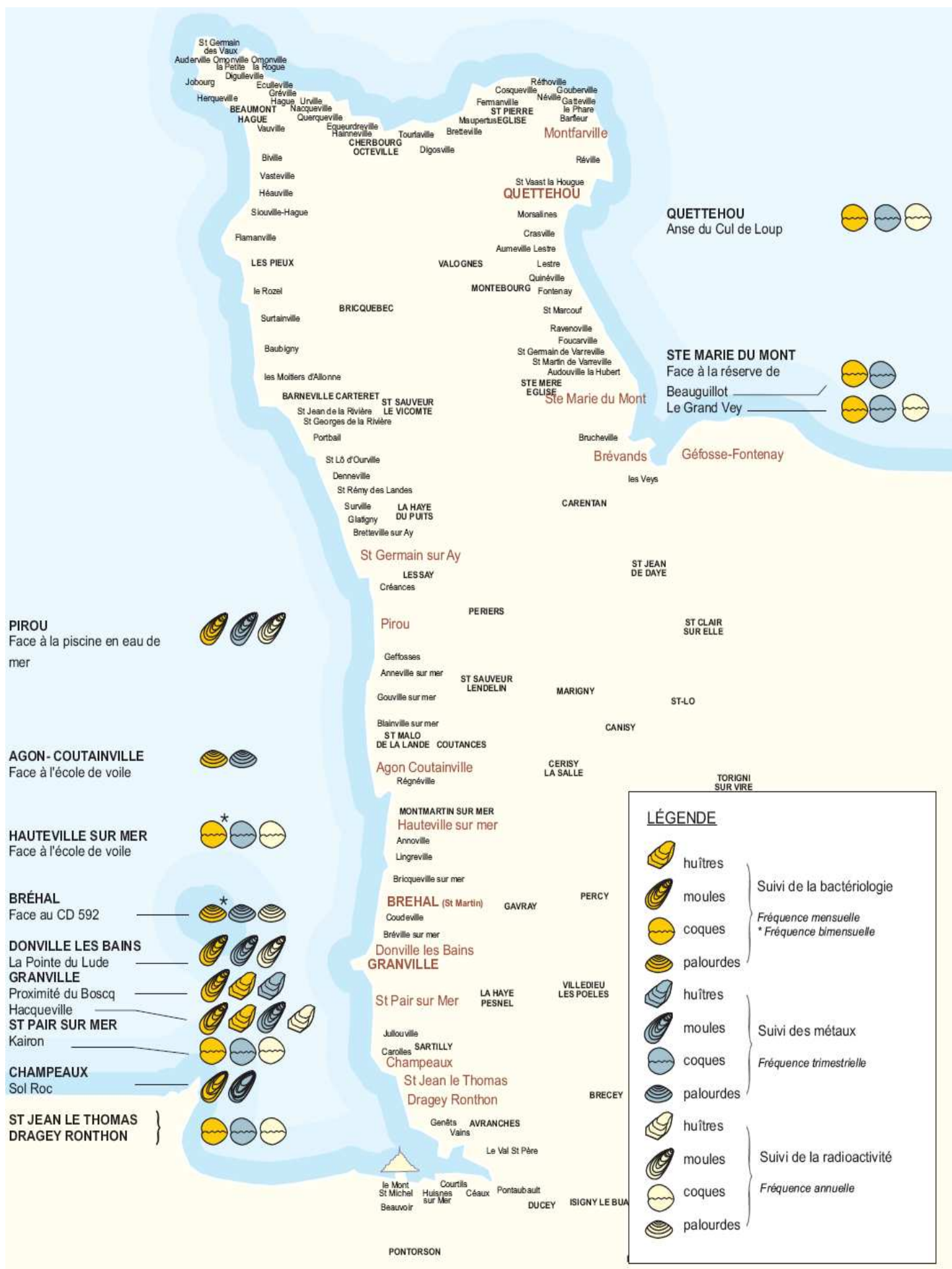
Règlement (CE) n° 466/2001 de la commission du 8 mars 2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. Disponibilité sur internet : < <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fr/consleg/2001/R/02001R0466-20051129-fr.pdf> >

Liste des annexes

- ANNEXE 1 : Localisation des points de surveillance de la qualité des gisements naturels de coquillages
- ANNEXE 2 : Techniques d'analyse
- ANNEXE 3 : Résistance des microorganismes à l'environnement marin
- ANNEXE 4 : Bases de données toxicologiques
- ANNEXE 5 : Questionnaire des enquêtes 2, 3 et 4
- ANNEXE 6 : Détail des calculs sur la masse de chair « pêchée » par personne
- ANNEXE 7 : Synthèse des résultats microbiologiques
- ANNEXE 8 : Fréquence de présence des virus dans les coquillages
- ANNEXE 9: Equivalence des masses de mollusques ingérées en nombre de coquillages
- ANNEXE 10 : Exposition et caractérisation du risque dû au PLOMB
- ANNEXE 11 : Exposition et caractérisation du risque dû au CADMIUM
- ANNEXE 12 : Exposition et caractérisation du risque dû au MERCURE

ANNEXE 1

Localisation des points de surveillance de la qualité des gisements naturels de coquillages



ANNEXE 2

Techniques d'analyse

Nombre minimum de coquillages à prélever pour les analyses :

Espèce	Bactériologie	Métaux	Radioactivité	Virus	Micropolluants organiques
Moules	30	30	200	10	2 kg
Coques	30	30	200	10	2 kg
Palourdes	20-30	20-30	200	-	-
Huîtres	10	15	90	10	2 kg

LDA 50

I- Virus

Pour l'analyse virologique des coquillages, le nombre de mollusques doit être tel que le poids de tissus analysés soit supérieur ou égal à 100g.

L'échantillon doit être transporté à + 4°C avant analyse ou congelé à - 80°C.

Pour les coquillages (bivalves filtreurs), les virus persistent essentiellement dans le tractus digestif et pour l'analyse, seuls ces organes sont utilisés.

Les virus humains résistant dans le milieu extérieur sont des virus difficilement ou non cultivables, c'est pourquoi il n'est pas facile de les mettre en évidence par des techniques simples.

La méthode de mise en évidence des virus entériques est différente selon les virus que l'on recherche : soit les virus sont cultivables et on utilise la culture cellulaire avec effet cytopathogène ou immunofluorescence, soit les virus ne sont pas cultivables (Norovirus, Hépatite A) et on utilise des techniques immunologiques, radio-immunologiques, de biologie moléculaire, immunoenzymatiques (hépatite A) ou immunomicroscopie (Virus gastroentérites),

Il faut cependant être prudent quant aux résultats des techniques de biologie moléculaire et immunologiques : si le résultat est positif, cela ne signifie pas forcément qu'il y a présence de particule infectieuse : cela signifie seulement qu'il y a eu mise en évidence d'un antigène ou d'acide nucléique (Schwartzbrod, 1992).

RT-PCR : Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction

L'usage de la PCR, permet de travailler avec de toutes petites quantités acides nucléiques. La RT-PCR a été développée pour permettre la détection et l'accumulation d'un ARN rare dans un organe, un tissu ou une cellule.

Il est également possible d'évaluer la quantité d'ARN présente dans un échantillon avec la RT-PCR quantitative. Il est alors nécessaire d'utiliser un marqueur fluorescent permettant de détecter les produits PCR au fur et à mesure de leur synthèse (Tagu, 2003)

Les méthodes de détection de biologie moléculaire : sensibles et spécifiques

II- Bactéries

Bactériologie : *E.coli* : méthode officielle NPP pour 5 tubes de dilution (NF V08 600).

Pour réaliser les analyses bactériologiques, 250g de chair sont nécessaires.

III- Métaux lourds :

Un échantillon de 500g de chair est nécessaire

- cadmium, plomb : spectrométrie d'absorption atomique au four graphite avec correction Zeeman (méthode cossa et bourget 1980) M_AMR019 ifremer 0689
- mercure : volatilisation à haute température M_AMT009 Afssa met.01

IV- Radioéléments

Compteur proportionnel méthode JO du 07/12/1975

Potassium 40 : méthode arrêté 08/09/1977

Méthode NF M60-790-6 (07 /1999)

V- Pesticides, OCP, HAP (Munschy *et al.*, 2005)

La difficulté dans la recherche de ces paramètres dans la matière organique, réside dans le fait qu'ils sont présents en très petite quantité.

Les échantillons subissent une grande phase de préparation avant de pouvoir être analysés.

Analyse des PCB et pesticides organochlorés

Les échantillons sont analysés via l'utilisation de la Chromatographie en Phase Gazeuse avec détecteur à capture d'électron (CPG-ECD). Etant donné que deux congénères peuvent montrer des coélutions, deux colonnes peuvent être utilisées afin de confirmer l'identification des contaminants.

La forte présence des PCB indicateurs dans les mollusques fait que la méthode CPG-ECD est suffisante pour la quantification et le suivi en routine ; la spectrométrie de masse n'est pas nécessaire.

Analyse des HAP

La méthode utilisée est celle de la CPG à haute résolution couplée à un spectromètre de masse (CPG-SM). Les résultats sont visibles sous formes de pics, sur un chromatogramme.

Cette technique permet une identification et une détection sensibles et quantitatives des HAP.

ANNEXE 3

Résistance des microorganismes à l'environnement marin

Les bactéries et virus entériques, habituellement dans l'intestin de l'homme et des animaux, vont être confrontés à un milieu hostile en arrivant dans la mer.

La sensibilité des microorganismes à l'eau de mer est exprimée par le T90, c'est-à-dire le temps nécessaire pour réduire la concentration en microorganismes d'un facteur 10. Le T90 est variable selon les microorganismes.

Il existe plusieurs facteurs environnementaux biotiques et abiotiques affectant la survie : rayonnement solaires NaCl, nutriments, température, lyse, prédation, compétition antibiose sédimentation,...

Microorganisme	T90 (en h) Dans l'eau de mer (18-22°C) (min-max)
<i>Listeria monocytogenes</i>	22-39
<i>Escherichia coli</i>	5-35
<i>Salmonella panama</i>	13-72
<i>Cryptosporidium</i>	48-96
Poliovirus-1	10-72
Phage (F+RNA)	60-76
Hepatitis A virus	72-300
Astrovirus	384-432

ANNEXE 4

Bases de données toxicologiques

- OMS (Organisation mondiale de la Santé) → **JECFA** (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)
- US EPA (United States Environmental Protection Agency) → **IRIS** (Integrated Risk Information System)
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
- OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment)
- RIVM (Institut National de la Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas)
- Health Canada
- CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer)

QUESTIONNAIRE PECHE A PIED

☞ Nom, prénom de l'enquêteur : _____

☞ Lieu de l'enquête : Commune : _____ Date d'enquête : _____

☞ Heure : _____ Questionnaire rempli : Pendant la pêche, sur l'estran
 En fin de pêche sur le parking

✧ A quelle heure êtes-vous arrivé sur le site ? __ h __ mm ✧ Si ce n'est pas la fin de votre pêche, à quelle heure pensez-vous repartir ? __ h __ mm

✧ Espèces recherchées 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____

Engins utilisés
Râteau
Petit râteau
Griffe 3 ou 4 dents
Mains
Pelle à praire
Pic 2 dents
Couteau
Burin/marteau
Crochet
Petits outils préciser

Espèces que vous comptez ramasser (ou pêchées)				
nom	Quantité moyenne	kg	u	l
Coque				
Palourde				
Palourde (coque) bleue				
Praire				
Moule				
Huître creuse				
Huître plate				
bouquet				
étrille				
Autres (préciser)				

Relier l'espèce pêchée avec l' (les) engins utilisés

Pesée	
Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>

☞ Nombre de pêcheurs
 Seul Groupe Nombre de personnes : _____

☞ Information pêche à pied
 ✧ Etes-vous adhérent à une association de pêcheurs plaisanciers ?
 Oui Non

✧ Avez-vous accès facilement à l'information sur la réglementation ?
 Oui Non

Si oui, où ? Si non, quelles seraient vos suggestions ? (lieux, moyens...)

☞ Fréquentation du site
 ✧ Fréquence (en nombre de fois par an) : _____ 1^{ère} fois

✧ Fréquentez-vous d'autres sites durant l'année ? Pour quelles espèces ?
 Site A _____ espèce 1 _____ espèce 2 _____
 Site B _____ espèce 1 _____ espèce 2 _____

ANNEXE 5
Questionnaire des enquêtes 2, 3 et 4



↳ Hébergement actuel

◇ Quel est votre mode d'hébergement pendant la période que vous consacrez à la pêche ?

- Résidence principale
- Résidence secondaire
- Hébergement dans la famille ou chez des amis
- Camping-tente
- Caravaning/camping-car/mobil-home
- Location/gîte
- Hôtel
- autres Préciser : -----

◇ Commune, département du domicile principal : -----

◇ Commune, département du domicile temporaire : -----

↳ Transport

◇ Modalités de transport :

Glacière (au froid)
 Température ambiante eau de mer Oui Non
 Algues Oui Non

Autres précisez : -----

◇ Durée de transport : -----

↳ Donnez-vous une partie de votre pêche ?

toujours quand pêche importante jamais

↳ Avez-vous déjà eu des **problèmes de santé** en consommant des coquillages ? Oui Non

Quels coquillages, provenance, quand, symptômes? -----

↳ Conservation/consommation

Espèce	Conservation	Délai consommation max	Nbre consommateur	préparation
	Extérieur			
	Réfrigérateur			
	Garage/cave			
	Congélateur			
	Extérieur			
	Réfrigérateur			
	Garage/cave			
	Congélateur			

↳ Caractéristiques de la personne

◇ Sexe : F M Année de naissance : -----

◇ Profession : -----

ANNEXE 6

Détail des calculs sur la masse de chair pêchée par personne

➤ **Coque :**

- La masse d'une coque est de 8,7g (N_{coque})
- le rapport r : Poids Total Humide/Poids Chair humide (PTH / PCH) est de 6

Prenons le cas d'une personne qui pêche 32 coques (N_{coque}) avec un nombre de consommateurs de 3 (N_{conso}).

Masse de coques consommées par personne :

$$M_{\text{coque}} = N_{\text{coque}} \times P_{\text{coque}} / N_{\text{conso}}$$
$$M_{\text{coque}} = 32 \times 8,7 / 3 = 92 \text{ g}$$

Masse de chair consommée par personne :

$$M_{\text{chair}} = M_{\text{coque}} / r$$
$$M_{\text{chair}} = 92 / 6 = 15 \text{ g}$$

On procède de cette façon pour chaque pêcheur de coque. La médiane obtenue est de 11 g.

Si l'on souhaite avoir une équivalence en nombre de coquillages, il faut faire les calculs dans l'autre sens soit $N = 11 \times 6 / 8,7 = 7,6$ **coques**.

➤ **Palourde**

- masse d'une palourde = $(15+16+18) / 3 = 16,3 \text{ g}$ (moyenne des masses observées sur différents sites)
- PTH / PCH = 6
- Médiane de consommation de chair par personne = 36 g

Cette médiane correspond donc à $36 \times 6 / 16,3 = 13,3$ **palourdes**.

Ainsi on obtient le tableau suivant, équivalence de la masse de chair consommée exprimée en nombre de coquillages consommés par personne avec le résultat d'une seule pêche :

	Médiane	75 ^{ème} percentile	95 ^{ème} percentile	Maximum
Palourdes	13,3	28,7	76,6	613,6
Praires	10,0	20,0	40,0	476,3
Huîtres	13,6	59,2	204,8	384,6
Moules	64,9	194,8	441,6	1948,1
Coques	7,6	28,3	60,7	140,2

ANNEXE 7

Synthèse des résultats bactériologiques

Les résultats sont exprimés en nombre de bactéries/100 chair et liquide intervalvaire.

Site	Coquillage	Coliformes totaux		<i>Escherichia coli</i>		Streptocoques fécaux	
		Médiane	P95	Médiane	P95	Médiane	P 95
Granville (Proximité du Bosq)	Moule	16 000	96 000	2 400	54 000	7 200	72 000
Granville (Proximité du Bosq)	Huître	10 200	131200	2 150	16 000	2 790	62 250
Granville (Hacqueville)	Huître	680	3 500	139	790	276	7 200
Granville (Hacqueville)	Moule	1 440	14 600	330	3 430	690	13 800
Ste-Marie-du-Mont (Le Grand Vey)	Coque	2 820	55 200	474	9 600	1 290	13 800
Ste-Marie-du-Mont (Beauguillot)	Coque	1 100	16 000	330	4 500	630	13 800
Pirou (Face à la piscine d'eau de mer)	Moule	1 020	5 412	330	1 700	690	7 200
Hauteville (Ecole de voile)	Coque	1 440	24 000	490	5 400	1 290	13 800
Bréhal (Face au CDC 592)	Palourde	490	10 300	230	3 396	630	7 200
Donville (Pointe du Lude)	Moule	790	9 600	230	2 100	690	13 800
Quettehou (Face au Vaupreux)	Coque	2 250	15 440	780	9 200	1 290	27 900
St Pair sur Mer (Kairon)	Coque	790	16 000	294	3 980	690	13 800
St Pair sur Mer (Kairon)	Huître	474	5 880	102	1 044	276	3 303
St-Jean-le-Thomas	Coque	1 100	4 640	294	5 400	450	2 790
Dragey Ronthon (La Dune)	Coque	1 140	5 400	294	2 400	1 290	1 380
Champeaux	Moule/ Coque	/	/	280	2 034	108	2 685
Agon-Coutainville	Palourde	/	/	245	3 420	276	1 665

ANNEXE 8

Fréquence de présence des virus dans les coquillages

Fréquence par site (Laspougeas, 2007) :

Sites	Fréquence de présence virale
Géfosse-Fontenay : Le Wigwam	19%
Pirou : face à la piscine d'eau de mer	14%
Agon : Club de voile	10%
St Martin de Bréhal : club de voile	17%
Granville : Pointe du Roc	24%
Granville Hacqueville	8%

Fréquence par virus (Laspougeas, 2007) :

Type de virus	Fréquence	Nombre de copies du génome viral Min-max
Norovirus GI	17%	<5 – 50 000
Norovirus GII	22%	<5 – 50 000
HAV	0%	<5
Entérovirus	6%	<5 – 300
Astrovirus	9%	<5 – 5 000
Rotavirus	22%	<5 – 10 000
Adénovirus	43%	<5 – 15 000 000

ANNEXE 9

Equivalence des masses de mollusques ingérées en nombre de coquillages

Tableau 1 : Nombre de coquillages consommés par jour et par personne pour une fréquence de pêche de 5 jours par an

Espèce	Médiane	75ème percentile	95ème percentile	Maximum
Palourdes	0,2	0,4	1,1	9,1
Praires	0,1	0,3	0,5	6,5
Huîtres	0,2	0,8	2,8	5,3
Moules	1,1	3,2	7,3	32,1
Coques	0,1	0,4	0,8	1,9

Tableau 2 : Nombre de coquillages consommés par jour et par personne pour une fréquence de pêche de 20 jours par an

Espèce	Médiane	75ème percentile	95ème percentile	Maximum
Palourdes	0,8	1,7	4,6	36,5
Praires	0,5	1,1	2,2	26,1
Huîtres	0,7	3,2	11,2	21,1
Moules	4,3	12,8	29,1	128,4
Coques	0,4	1,5	3,3	7,6

ANNEXE 10
Exposition et caractérisation du risque dû au PLOMB

DJE plomb en µg/kg pc/j

Scénario	1	2	3	4	5	6	7	8
Le Grand Vey coque	0,000	0,001	0,002	0,005	0,001	0,002	0,004	0,008
Beauguillot coque	0,000	0,001	0,002	0,005	0,001	0,002	0,004	0,009
Quettehou coque	0,000	0,001	0,002	0,006	0,001	0,003	0,005	0,011
Hauteville coque	0,000	0,001	0,002	0,005	0,001	0,002	0,004	0,009
St-Pair coque	0,000	0,001	0,003	0,007	0,001	0,003	0,006	0,013
St-Jean coque	0,000	0,001	0,003	0,006	0,002	0,003	0,006	0,012
Dragey la dune coque	0,001	0,001	0,004	0,008	0,002	0,004	0,008	0,016
Hauteville coque	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	0,005
Le Wigwam coque	0,000	0,000	0,002	0,003	0,001	0,002	0,004	0,006
Bréhal palourde	0,001	0,001	0,005	0,008	0,004	0,006	0,008	0,013
Donville moule	0,005	0,008	0,037	0,057	0,022	0,034	0,061	0,079
Montfarville moule	0,005	0,007	0,035	0,045	0,020	0,026	0,087	0,133
Hacqueville moule	0,007	0,011	0,049	0,075	0,029	0,044	0,055	0,105
Pirou moule	0,005	0,009	0,031	0,059	0,018	0,035	0,036	0,075
Granville Bosq huître	0,003	0,006	0,046	0,095	0,012	0,025	0,053	0,109
Donville huître	0,002	0,003	0,035	0,045	0,009	0,012	0,041	0,052
Hacqueville huître	0,003	0,004	0,041	0,065	0,011	0,017	0,047	0,076

DJE mollusque/ DJE alimentation générale

DJE alimentation = 0,284 µg/kg pc/j

Scénario	1	2	3	4	5	6	7	8
Le Grand Vey coque	0,1%	0,2%	0,8%	1,7%	0,4%	0,8%	1,5%	3,2%
Beauguillot coque	0,1%	0,2%	0,8%	1,7%	0,4%	0,8%	1,5%	3,2%
Quettehou coque	0,1%	0,3%	0,9%	2,2%	0,4%	1,1%	1,7%	4,1%
Hauteville coque	0,1%	0,2%	0,8%	1,9%	0,4%	0,9%	1,6%	3,5%
St-Pair coque	0,1%	0,3%	1,1%	2,6%	0,5%	1,3%	2,1%	4,9%
St-Jean coque	0,1%	0,3%	1,2%	2,4%	0,6%	1,2%	2,2%	4,4%
Dragey la dune coque	0,2%	0,4%	1,7%	3,1%	0,8%	1,5%	3,1%	5,9%
Hauteville coque	0,1%	0,1%	0,6%	0,9%	0,3%	0,4%	1,2%	1,7%
Le Wigwam coque	0,1%	0,2%	0,8%	1,3%	0,4%	0,6%	1,4%	2,4%
Bréhal palourde	0,4%	0,5%	2,0%	3,2%	1,4%	2,2%	3,1%	4,8%
Donville moule	2,0%	3,2%	13,8%	21,5%	8,1%	12,7%	23,0%	29,8%
Montfarville moule	1,9%	2,5%	13,1%	16,9%	7,7%	9,9%	32,9%	50,0%
Hacqueville moule	2,7%	4,2%	18,6%	28,3%	11,0%	16,7%	20,9%	39,5%
Pirou moule	1,7%	3,3%	11,8%	22,4%	7,0%	13,2%	13,6%	28,1%
Granville Bosq huître	1,1%	2,4%	17,2%	35,7%	4,6%	9,5%	19,9%	41,3%
Donville huître	0,9%	1,1%	13,4%	17,0%	3,5%	4,5%	15,5%	19,6%
Hacqueville huître	1,0%	1,6%	15,5%	24,6%	4,1%	6,5%	17,9%	28,5%

Quotient de danger (DJE/DJA)

DJA = 3,5 µg/kg pc/j

QD alimentation générale = 0,08

Scénario	1	2	3	4	5	6	7	8
Le Grand Vey coque	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Beauguillot coque	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Quettehou coque	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Hauteville coque	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
St-Pair coque	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
St-Jean coque	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Dragey la dune coque	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Hauteville coque	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Le Wigwam coque	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Bréhal palourde	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Donville moule	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,10
Montfarville moule	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	0,11
Hacqueville moule	0,08	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09	0,11
Pirou moule	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,10
Granville Bosq huître	0,08	0,08	0,09	0,10	0,08	0,08	0,09	0,11
Donville huître	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09
Hacqueville huître	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,10

ANNEXE 11
Exposition et caractérisation du risque dû au CADMIUM

DJE cadmium en µg/kg pc/j

Scénario	1	2	3	4	5	6	7	8
Le Grand Vey coque	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,003
Beauguillot coque	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,003	0,004
Quettehou coque	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,003
Hauteville coque	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002
St-Pair coque	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,006
St-Jean coque	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002
Dragey la dune coque	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002
Hauteville coque	0,000	0,000	0,003	0,003	0,001	0,002	0,011	0,013
Le Wigwam coque	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,003
Bréhal palourde	0,000	0,001	0,002	0,004	0,001	0,003	0,007	0,016
Donville moule	0,002	0,003	0,013	0,017	0,008	0,010	0,052	0,069
Montfarville moule	0,002	0,003	0,015	0,019	0,009	0,011	0,059	0,076
Hacqueville moule	0,002	0,003	0,012	0,019	0,007	0,011	0,048	0,077
Pirou moule	0,001	0,002	0,010	0,013	0,006	0,008	0,039	0,054
Granville Bosq huître	0,004	0,006	0,055	0,089	0,015	0,024	0,219	0,356
Donville huître	0,004	0,005	0,054	0,068	0,014	0,018	0,216	0,272
Hacqueville huître	0,003	0,004	0,048	0,064	0,013	0,017	0,190	0,257

DJE mollusque/ DJE alimentation générale DJE alimentation = 0,042 µg/kg pc/j

Scénario	1	2	3	4	5	6	7	8
Le Grand Vey coque	0,16%	0,24%	1,29%	1,96%	0,63%	0,96%	5,17%	7,86%
Beauguillot coque	0,22%	0,35%	1,78%	2,86%	0,87%	1,40%	7,14%	11,42%
Quettehou coque	0,16%	0,23%	1,33%	1,89%	0,65%	0,92%	5,30%	7,56%
Hauteville coque	0,14%	0,18%	1,13%	1,51%	0,55%	0,74%	4,52%	6,03%
St-Pair coque	0,14%	0,45%	1,17%	3,68%	0,57%	1,80%	4,66%	14,74%
St-Jean coque	0,14%	0,16%	1,13%	1,32%	0,55%	0,64%	4,52%	5,27%
Dragey la dune coque	0,13%	0,18%	1,06%	1,45%	0,52%	0,71%	4,23%	5,79%
Hauteville coque	0,83%	0,97%	6,80%	7,95%	3,32%	3,89%	27,19%	31,80%
Le Wigwam coque	0,16%	0,21%	1,31%	1,76%	0,64%	0,86%	5,24%	7,04%
Bréhal palourde	0,79%	1,74%	4,59%	10,05%	3,18%	6,96%	18,37%	40,21%
Donville moule	4,83%	6,42%	32,86%	43,66%	19,33%	25,68%	131,43%	174,63%
Montfarville moule	5,49%	7,12%	37,36%	48,40%	21,98%	28,47%	149,45%	193,60%
Hacqueville moule	4,44%	7,21%	30,20%	49,03%	17,76%	28,84%	120,79%	196,13%
Pirou moule	3,63%	5,00%	24,65%	34,00%	14,50%	20,00%	98,61%	136,00%
Granville Bosq huître	9,25%	15,04%	139,29%	226,56%	37,00%	60,18%	557,14%	906,23%
Donville huître	9,10%	11,49%	137,00%	173,06%	36,39%	45,97%	547,98%	692,23%
Hacqueville huître	8,03%	10,85%	120,97%	163,44%	32,13%	43,41%	483,87%	653,77%

Quotient de danger (DJE/DJA) DJA = 0,2 µg/kg pc/j QD alimentation générale = 0,20

Scénario	1	2	3	4	5	6	7	8
Le Grand Vey coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21
Beauguillot coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,22
Quettehou coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21
Hauteville coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21
St-Pair coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,23
St-Jean coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21
Dragey la dune coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21
Hauteville coque	0,20	0,20	0,21	0,21	0,20	0,20	0,25	0,26
Le Wigwam coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21
Bréhal palourde	0,20	0,20	0,21	0,22	0,20	0,21	0,23	0,28
Donville moule	0,21	0,21	0,26	0,28	0,23	0,25	0,46	0,54
Montfarville moule	0,21	0,21	0,27	0,29	0,24	0,25	0,49	0,58
Hacqueville moule	0,21	0,21	0,26	0,29	0,23	0,25	0,43	0,58
Pirou moule	0,20	0,21	0,25	0,26	0,23	0,24	0,39	0,46
Granville Bosq huître	0,21	0,23	0,47	0,64	0,27	0,32	1,29	1,98
Donville huître	0,21	0,22	0,47	0,54	0,27	0,29	1,27	1,56
Hacqueville huître	0,21	0,22	0,43	0,52	0,26	0,28	1,15	1,48

ANNEXE 12

Exposition et caractérisation du risque dû au MERCURE

DJE mercure en µg/kg pc/j

Scénario	1	2	3	4	5	6	7	8
Le grand Vey coque	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
Beauguillot coque	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,003
Quettehou coque	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,003
Hauteville coque	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
St-Pair coque	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002
St-Jean coque	0,000		0,000		0,000		0,001	
Dragey la dune coque	0,000		0,000		0,000		0,001	
Bréhal palourde	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,008
Donville moule	0,000	0,001	0,003	0,007	0,002	0,004	0,011	0,027
Hacqueville moule	0,000	0,001	0,003	0,005	0,002	0,003	0,011	0,021
Pirou moule	0,000	0,001	0,003	0,004	0,002	0,002	0,011	0,016
Granville Bosq huître	0,001	0,001	0,009	0,015	0,002	0,004	0,036	0,060

DJE mollusque/ DJE alimentation générale DJE alimentation = 0,149 µg/kg pc/j

2

Scénario	1	2	3	4	5	6	7	8
Le grand Vey coque	0,02%	0,03%	0,30%	0,59%	0,06%	0,12%	0,51%	1,02%
Beauguillot coque	0,02%	0,06%	0,30%	1,18%	0,06%	0,25%	0,51%	2,04%
Quettehou coque	0,03%	0,06%	0,59%	1,18%	0,12%	0,25%	1,02%	2,04%
Hauteville coque	0,02%	0,03%	0,30%	0,59%	0,06%	0,12%	0,51%	1,02%
St-Pair coque	0,02%	0,05%	0,30%	0,89%	0,06%	0,19%	0,51%	1,53%
St-Jean coque	0,02%	0,00%	0,30%	0,00%	0,06%	0,00%	0,51%	0,00%
Dragey la dune coque	0,02%	0,00%	0,30%	0,00%	0,06%	0,00%	0,51%	0,00%
Bréhal palourde	0,10%	0,27%	0,59%	1,48%	0,41%	1,02%	2,36%	5,91%
Donville moule	0,28%	0,71%	1,93%	4,83%	1,14%	2,84%	7,72%	19,31%
Hacqueville moule	0,28%	0,57%	1,93%	3,86%	1,14%	2,27%	7,72%	15,44%
Pirou moule	0,28%	0,43%	1,93%	2,90%	1,14%	1,70%	7,72%	11,58%
Granville Bosq huître	0,43%	0,72%	6,48%	10,80%	1,72%	2,87%	25,91%	43,18%

Quotient de danger (DJE/DJA)

DJA = 0,7 µg/kg pc/j

QD alimentation générale = 0,21

Scénario	1	2	3	4	5	6	7	8
Le grand Vey coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Beauguillot coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Quettehou coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
hauteville coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
St-Pair coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
St-Jean coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Dragey la dune coque	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Bréhal palourde	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21
Donville moule	0,20	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20	0,21	0,24
Hacqueville moule	0,20	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20	0,21	0,23
Pirou moule	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,22
Granville Bosq huître	0,20	0,20	0,21	0,22	0,20	0,20	0,25	0,28

Abstract

Risk Assessment related to consumption of products from recreational shellfish harvesting in Basse-Normandie

Recreational harvest of shellfish is a widespread activity in Basse-Normandie, a region which has tide coefficients among the most important in Europe and where we can find varied deposits of shellfishes.

In 2005 and 2006, a study on the behaviour of natural bivalve deposits was made. In this situation, an investigation was carried out on three sites : recreational shellfish harvesters were questioned about their harvesting and consumption behaviours (species and amount of shellfishes harvested, harvesting frequencies, kind of preservation before consumption, etc.)

The aim of this memo consists in estimating the exposure of the population in order to see if the consumption of bivalve shellfishes implies a risk. The harvesters behaviour data were crossed on the one hand with data on indicators of faecal contamination and heavy metals obtained on the occasion of supervision of shellfish health quality by the DDASS and on the other hand with measurements of viruses et micropollutants of Laspougeas' study.

This memo emphasizes the importance of asking specific questions during the investigations to estimate precisely the exposition of consumers. It is also difficult to establish a link between the concentrations in faecal contamination indicators and the risk the presence of pathogen microorganisms may imply. Suggestions on risk management and communication conclude this memo.