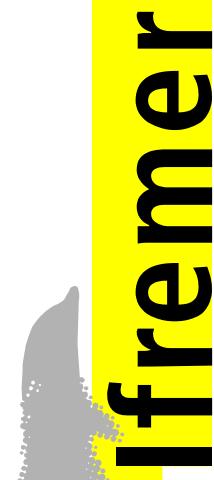


Coralie Lupo, Axel Osta Amigo, Bhagat Lal Dutta, Julien Normand, Charlotte Behra,
Wilfried Louis, Charlotte Mary, Jean-Louis Blin, Philippe Le Rolland, Laurent Piedvache,
Tatiana Redureau, Bruno Pottin, Julie Rivière, Manuel Savary



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

Signalement par SMS et recherche de regroupements spatiotemporels des mortalités de coquillages : expérimentation en Normandie - Etude OPTINORM -



Partenaires :



Fiche documentaire

Titre et sous-titre du rapport : Recherche prospective de regroupements spatiotemporels d'événements de mortalités de coquillages : expérimentation en Normandie - Etude OPTINORM -	Date de publication : 2017 Nombre de pages : 42 Bibliographie : Non Illustration(s) : Oui Langue du rapport : Français
Diffusion :	
Interne : emails à l'attention des partenaires de l'étude Externe (après accord de la DGAL) : site internet du dispositif national de surveillance de la santé des mollusques marins https://wwz.ifremer.fr/sante_mollusques/Evolution/Optimisation-de-la-surveillance-evenementielle/Etude-OPTINORM	
Auteur(s) principal (aux) : Coralie Lupo, Axel Osta Amigo	Organisme / laboratoire Ifremer/RBE/SG2M/LGPMM (La Tremblade)
Collaborateur(s) : Bhagat Lal Dutta Charlotte Behra, Wilfried Louis, Charlotte Mary, Julien Normand Jean-Louis Blin Philippe Le Rolland, Laurent Piedvache, Tatiana Redureau Bruno Pottin, Julie Rivière Manuel Savary	Organisme / laboratoire Ifremer/RBE/SG2M/LGPMM (La Tremblade) Ifremer/ODE/UL/LERN (Port-en-Bessin) Synergie Mer et Littoral Direction départementale des territoires et de la mer du Calvados Direction départementale des territoires et de la mer de la Manche Comité Régional de la Conchyliculture Normandie - Mer du Nord
Titre du contrat de recherche : OPTINORM	
Organisme commanditaire : Mission institutionnelle d'Ifremer à la demande de la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) Organisme(s) réalisateur(s) : Ifremer, Laboratoire de Génétique et Pathologie des Mollusques Marins (RBE/SG2M), avenue Mus de Loup, 17390 La Tremblade Laboratoire Environnement Ressource de Normandie (ODE/UL), avenue Général de Gaulle, BP 32, 14520 Port-en-Bessin Responsables scientifiques : C.Lupo	

Résumé :

L'étude OPTINORM a été conduite en Normandie dans le cadre de l'évolution de la surveillance de la santé des mollusques marins. Elle visait à créer et tester un outil pour détecter préocement des mortalités de coquillages inhabituelles afin d'aider à des prises de décision rapides visant à limiter la diffusion d'agents pathogènes nouvellement détectés dans les eaux françaises. En cas de détection de mortalités de coquillages regroupées dans le temps et dans l'espace et afin de maximiser les chances de détection d'une maladie émergente ou exotique, il s'agirait de cibler des interventions sur ces regroupements, telles que les prélèvements de coquillages à envoyer au laboratoire d'analyses diagnostiques. L'hypothèse sous-jacente est qu'un regroupement spatiotemporel d'événements de mortalités reflète potentiellement un foyer infectieux.

Les objectifs de l'étude OPTINORM étaient : (1) créer un outil de collecte et d'analyse des données de signalements des mortalités, automatisé, simple d'utilisation et flexible ; (2) évaluer la faisabilité de cette modalité de signalement de mortalités par SMS pour les huîtres creuses, les moules, les palourdes et les coques ; (3) détecter et localiser préocement des regroupements de mortalités d'huîtres creuses signalés par les ostréiculteurs par SMS, en temps quasi-réel ; (4) comparer, pour l'huître creuse, cette modalité de signalement avec la modalité de surveillance événementielle existante et assurée par le dispositif de déclaration obligatoire des mortalités auprès des Direction départementale des territoires et de la mer (DDTM) du Calvados et de la Manche pouvant aboutir à une saisine du REPAMO 2, sur la même période.

Le signalement par SMS a semblé plus adapté à un signalement rapide des mortalités de coquillages que la déclaration auprès de la DDTM existante, que ce soit pour les huîtres creuses ou pour les moules. En effet, le signalement d'une mortalité a été à été cinq fois plus réactif par SMS que par déclaration auprès de la DDTM pour les huîtres, avec un délai de signalement moyen de l'ordre de la durée d'un cycle de marée, et deux fois plus réactif pour les moules, avec un délai de signalement moyen de trois jours. Bien que le signalement par SMS ait enregistré une moindre participation de la part des ostréiculteurs, la répartition spatiale et temporelle des mortalités d'huîtres signalées n'était pas très différente entre le signalement par SMS et par déclaration. Les mytiliculteurs ont semblé bien accueillir le signalement par SMS, bien que les divergences de répartitions spatiales et temporelles entre les mortalités de moules signalées par les deux modalités soient un peu plus notables. L'outil a permis de détecter un regroupement spatiotemporel de mortalités d'huîtres signalées par SMS sur le secteur de Tocquaise dès le 9 août 2016. Ce regroupement a été confirmé statistiquement à partir du 7 septembre. A la même période, le 16 août, le réseau REPAMO 2 a réalisé une intervention sur le même secteur.

L'étude OPTINORM a montré que la modalité de signalement des mortalités de coquillages par SMS associée à leur analyse spatiotemporelle automatisée permettait (1) un signalement plus réactif des mortalités d'huîtres creuses et de moules en comparaison avec leur déclaration auprès de la DDTM, et (2) une orientation des interventions sur le terrain comparable pour les huîtres creuses. Une meilleure sensibilisation des ostréiculteurs et une proposition d'adaptation méthodologique augmenteraient peut-être la précocité de la détection d'un regroupement spatiotemporel de signalements de mortalités d'huîtres pour orienter les interventions sur le terrain sur les risques d'émergence.

Mots clés : surveillance, mollusques, coquillages, huîtres, moules, santé, mortalité, maladie

Liste des abréviations

CRC	Comité régional de la conchyliculture
DDTM	Direction départementale des territoires et de la mer
DGAL	Direction générale de l'alimentation
GT	Groupe de travail
LERN	Laboratoire Environnement Ressource de Normandie
LGPMM	Laboratoire de Génétique et Pathologie des mollusques marins
MYTILOBS	Observatoire mytilicole
OIE	Organisation mondiale de la santé animale
RESCO	Observatoire conchylicole
REPAMO	Réseau de pathologie des mollusques
SMEL	Synergie Mer et Littoral

Table des matières

1. Evolution du dispositif national de surveillance de la santé des mollusques marins.....	6
1.1. Rappel des objectifs et missions du dispositif de surveillance	6
1.2. Stratégies de surveillance.....	6
1.3. Etudes d'optimisation des modalités de surveillance de la santé des mollusques marins	7
1.4. Etude OPTINORM pour tester la méthodologie de recherche prospective de regroupements spatiotemporels d'événements de mortalités de coquillages	7
2. Première année : préparation de l'étude	9
2.1. Choix du site atelier et sensibilisation des acteurs régionaux	9
2.2. Méthode appliquée pour la recherche de regroupements spatiotemporels	9
2.3. Adaptation de la méthode au site atelier.....	10
2.4. Automatisation de la chaîne de traitement des données de mortalité	13
3. Deuxième année : expérimentation en routine	14
3.1. Campagne de lancement de l'étude.....	14
3.2. Résultats de l'étude.....	14
3.2.1. Participation	14
3.2.2. Description des signalements et des déclarations de mortalités de coquillages.....	14
3.2.3. Sensibilité des modalités de signalement des mortalités de coquillages	19
3.2.4. Réactivité des modalités de signalement des mortalités de coquillages	20
3.2.5. Orientation pour les prélèvements	21
3.3. Diffusion des résultats de l'étude	23
3.4. Considérations techniques	23
3.5. Synthèse	24
4. Conclusions et perspectives	26
Annexe 1 : Protocole de recherche de regroupements spatio-temporels de signalements de mortalités d'huîtres creuses réalisé dans le cadre du GT « Mollusques » en 2014	27
Annexe 2 : Répartition des classes d'âge d'huîtres par secteur de production issue des discussions avec les acteurs normands de l'ostréiculture	31
Annexe 3 : Rapport d'analyse automatique.....	32
Annexe 4 : Campagne de communication pour le signalement par SMS des mortalités de coquillages en Normandie.....	38
Annexe 5 : Répartition par secteur de production des mortalités d'huîtres et de moules signalées par SMS.....	40
Annexe 6 : Infographie de l'étude OPTINORM	42

1. Evolution du dispositif national de surveillance de la santé des mollusques marins

1.1. Rappel des objectifs et missions du dispositif de surveillance

Depuis 1992, la surveillance de la santé des mollusques marins du littoral français, qu'ils soient en gisements naturels ou en élevage, est assurée par le réseau de Pathologie des Mollusques (Repmo), animé par l'Ifremer. Les activités de ce réseau répondent aux obligations de la réglementation française (Code rural et de la pêche maritime), européenne (Directive 2006/88/CE) et internationale (Code Sanitaire pour les Animaux Aquatiques de l'Organisation mondiale de la santé animale, OIE).

Suite à l'évaluation du Repmo par la Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale en 2012, réalisée à la demande de la Direction générale de l'alimentation (DGAL) du ministère chargé de l'agriculture, une évolution de la surveillance de la santé des mollusques marins a été engagée. Les objectifs de la surveillance ont évolué vers la **détection précoce des infections dues à des organismes pathogènes exotiques et émergents affectant les mollusques marins sauvages et d'élevage**. Cette surveillance a pour finalité première de **déetecter un signal**, déclencheur d'une action publique réalisée par la DGAL et les Directions départementales des territoires et de la mer (DDTM) avec l'adoption de mesures de lutte appropriées et proportionnées visant à limiter la propagation de ces infections.

1.2. Stratégies de surveillance

Les stratégies de surveillance réglementaires sont :

(I) Surveillance événementielle des mortalités de mollusques marins

Il s'agit d'une surveillance passive réalisée en continu, généraliste et réactive, s'appuyant sur la déclaration obligatoire des épisodes de mortalité de mollusques par les conchyliculteurs/pêcheurs auprès des services déconcentrés de l'Etat, les DDTM. La précocité de la détection des agents infectieux est capitale pour la maîtrise de la maladie associée. Il est donc indispensable d'obtenir une sensibilité et une réactivité élevées de la surveillance événementielle aux différentes étapes clés. La surveillance événementielle (étude des cas de hausse de mortalité) chez toutes les espèces de mollusques répond aux exigences de la Directive 2006/88/CE, du décret n°2008-1141 [NOR : AGRG0823467D] et de l'arrêté du 04 novembre 2008 [NOR : AGRG0825593A].

(II) Surveillance ciblée sur certains organismes pathogènes

La surveillance ciblée sur les infections réglementées chez toutes les espèces de mollusques répond aux exigences de la Directive 2006/88/CE, du décret n°2008-1141 [NOR : AGRG0823467D] et de l'arrêté du 29 juillet 2013 [NOR : AGRG1320208A]. Il existe des listes des infections réglementées à l'échelle nationale, européenne et internationale (OIE).

En 2013, la DGAL a créé un comité de pilotage réunissant tous les acteurs de la surveillance ainsi qu'un groupe de travail (GT « Mollusques ») dédiés à l'évolution de la surveillance de la santé des mollusques marins. En s'appuyant sur les outils réglementaires disponibles, le GT « Mollusques » a proposé deux approches méthodologiques de surveillance complémentaires, **fondées sur les risques**. En effet, l'introduction d'un organisme pathogène exotique ou l'émergence d'un organisme pathogène sont des événements plutôt rares et il semble indispensable, dans un contexte d'économie de moyens, d'optimiser les ressources dédiées à ces activités. La surveillance fondée sur une analyse des risques répond aux exigences de la Directive 2006/88/CE.

Sur le terrain, l'évolution de la surveillance a débuté en 2015, avec la mise en place d'un dispositif hybride s'appuyant sur l'existant et intégrant progressivement des évolutions. Depuis 2015, le système de surveillance de la santé des mollusques marins comporte quatre axes organisés en deux objectifs :

(1) Pour détecter préocemment les infections dues à des organismes pathogènes exotiques ou émergents affectant les mollusques marins sauvages et d'élevage, une **surveillance des mortalités** de coquillages est mise en place et s'appuie sur trois réseaux :

1. la **surveillance planifiée des mortalités** de l'huître creuse *Crassostrea gigas* s'appuyant sur le réseau RESCO existant (réseau RESCO 2) ;

2. la **surveillance planifiée des mortalités** de la moule bleue *Mytilus edulis* s'appuyant sur le réseau MYTILOBS existant (réseau MYTILOBS 2).

Ces deux réseaux s'appuient sur un suivi régulier de la mortalité d'individus sentinelles déployés sur des sites ateliers.

3. la **surveillance événementielle des mortalités** des autres espèces de mollusques marins s'appuyant sur le réseau Repamo existant (réseau REPAMO 2).

Ce réseau s'appuie sur la déclaration de mortalités des coquillages par des conchyliculteurs ou des pêcheurs professionnels auprès de la DDTM.

(2) Pour détecter précocement les infections dues à des organismes pathogènes exotiques affectant les mollusques marins sauvages et d'élevage, une **surveillance planifiée, ciblée et fondée sur le risque d'introduction et d'installation de *Mikrocytos mackini*** chez l'huître creuse *Crassostrea gigas* s'appuyant sur le réseau RESCO 2. Cette surveillance consiste en une recherche régulière de l'organisme pathogène chez des individus sentinelles déployés sur le site atelier de Loix-en-Ré, préalablement identifié comme à risque élevé d'installation du parasite, au cours des mois de mars et avril, identifiés comme période à risque.

1.3. Etudes d'optimisation des modalités de surveillance de la santé des mollusques marins

En 2014, deux développements méthodologiques de surveillance complémentaires fondés sur les risques ont été proposés par le GT « Mollusques », afin de maximiser les chances de détection d'un organisme pathogène exotique ou émergent et de raisonner les ressources humaines et financières allouées à la surveillance de la santé des mollusques marins :

- (1) une **méthodologie d'évaluation spatiale et temporelle des risques d'introduction et d'installation d'un organisme pathogène exotique** pour aider à cibler les sites privilégiés pour une surveillance planifiée ;
- (2) une **méthodologie de recherche et d'identification de regroupements spatiotemporels d'événements de mortalités de coquillages** pour optimiser les investigations épidémiologiques sur le terrain en les ciblant sur ces regroupements. L'hypothèse est qu'un regroupement dans le temps et dans l'espace d'événements de mortalités reflète potentiellement un foyer infectieux. La mise en évidence de regroupements d'événements de mortalité permet de raisonner les moyens humains et financiers à déployer pour réaliser les investigations épidémiologiques et les prélèvements de mollusques qui feraien l'objet d'analyses diagnostiques pour infirmer/confirmier la présence d'agents infectieux, en particulier ceux exotiques et/ou émergents.

Ces évolutions méthodologiques des modalités de surveillance fondées sur les risques sont accompagnées d'**études scientifiques d'exemples sur des sites ateliers**.

Plusieurs études ont été conduites pour appuyer la méthodologie de recherche et d'identification de regroupements spatiotemporels d'événements de mortalités de coquillages. En 2014, des analyses statistiques spatiotemporelles rétrospectives des déclarations de mortalité d'huîtres creuses ont été conduites dans trois régions de productions conchyliocoles différentes (Bretagne Nord, Charente-Maritime, Normandie). L'objectif était d'évaluer l'intérêt et les possibilités de standardisation de l'approche en fonction de la qualité des données de mortalité d'huîtres creuses disponibles.

Puis, une étude de faisabilité sur un site atelier a été mise en place afin de tester méthodologie de la recherche prospective de regroupements spatiotemporels d'événements de mortalités d'huîtres creuses.

1.4. Etude OPTINORM pour tester la méthodologie de recherche prospective de regroupements spatiotemporels d'événements de mortalités de coquillages

L'étude OPTINORM visait à créer et tester un outil pour détecter précocement des mortalités inhabituelles afin d'aider à des prises de décision rapides visant à limiter la diffusion d'agents pathogènes nouvellement détectés dans les eaux françaises. En cas de détection de mortalités de

coquillages regroupées dans le temps et dans l'espace et afin de maximiser les chances de détection d'une maladie émergente ou exotique, il s'agirait de cibler sur ces regroupements des interventions telles que les prélèvements de coquillages à envoyer au laboratoire d'analyses diagnostiques. L'hypothèse sous-jacente est qu'un regroupement spatiotemporel d'événements de mortalités reflète potentiellement un foyer infectieux.

Les objectifs de l'étude OPTINORM étaient :

- (1) créer un outil de collecte et d'analyse des données de signalements des mortalités, automatisé, simple d'utilisation et flexible ;
- (2) évaluer la faisabilité de cette modalité de signalement de mortalités par SMS pour les huîtres creuses, les moules, les palourdes et les coques ;
- (3) détecter et localiser précocement des regroupements de mortalités d'huîtres creuses signalés par les ostréiculteurs par SMS, en temps quasi-réel ;
- (4) comparer, pour l'huître creuse, cette modalité de signalement avec la modalité de surveillance événementielle existante et assurée par le dispositif de déclaration obligatoire des mortalités auprès des DDTM14 et 50 pouvant aboutir à une saisine du REPAMO2, sur la même période. Les indicateurs de sensibilité et de réactivité ont été utilisés.

La préparation de cette étude a commencé dès 2015. La collecte des données a été conduite en Normandie, sur la période de juin à décembre 2016. Ses partenaires étaient le Comité régional de la conchyliculture (CRC) Normandie - Mer du Nord, Synergie Mer et littoral (SMEL), la DDTM du Calvados, la DDTM de la Manche et l'Ifremer (Laboratoire Environnement Ressources Normandie (LERN) et Laboratoire de Génétique et Pathologie des Mollusques Marins (LGPMM)).

2. Première année : préparation de l'étude

2.1. Choix du site atelier et sensibilisation des acteurs régionaux

La Basse-Normandie a été choisie comme site atelier pour la mise en place de cette étude de faisabilité. L'espèce de coquillages ciblée était l'huître creuse.

Deux réunions ont été organisées en 2015, regroupant l'ensemble des acteurs normands de la santé des huîtres creuses (DDTM14 et 50, CRC Normandie - Mer du Nord, SMEL, Ifremer LERN) formant le Groupe de Vigilance et le LGPMM, représentant le GT « Mollusques ». En février 2015, la première réunion a présenté les résultats des analyses statistiques spatio-temporelles rétrospectives conduites en 2014 sur les déclarations de mortalités d'huîtres creuses préexistantes (fiches et protocole de déclaration constitués par le Groupe de Vigilance), issues de la base de données Google Docs© développé et alimenté par le Groupe de Vigilance sur la période s'étendant de 2009 à 2013. L'objectif était d'illustrer l'approche méthodologique développée sur des données préexistantes, afin d'identifier l'intérêt des acteurs normands pour la méthode proposée. Ces échanges ont permis d'orienter les choix techniques pour développer un outil de signalement des mortalités d'huîtres creuses approprié et acceptable par les acteurs concernés au premier plan, *i.e.* les ostréiculteurs.

Une seconde série de trois réunions s'est tenue en novembre 2015. Trois groupes homogènes ont été entretenus de la même manière : (1) les DDTM14 et 50, (2) le CRC et quelques ostréiculteurs désignés par le CRC, (3) le SMEL et Ifremer LERN. Chaque réunion a été organisée selon un groupe d'expression ou « *focus group* », qui permet de collecter des informations sur un sujet ciblé. Cette technique d'entretien de groupe qualitative a permis le recueil d'informations relatives à la distribution spatiotemporelle des populations d'huîtres creuses et aux pratiques générales des entreprises ostréicoles normandes, ainsi qu'aux modalités de transmission possibles ou souhaitables des observations de mortalités d'huîtres creuses, afin d'adapter l'approche méthodologique de surveillance au site atelier et à ses acteurs. Ces réunions ont également permis d'évaluer en partie les besoins, les attentes et les conflits d'intérêt des différents acteurs relatifs à la déclaration des mortalités d'huîtres.

2.2. Méthode appliquée pour la recherche de regroupements spatiotemporels

Les principes généraux et les données nécessaires à la méthode de recherche de regroupements spatiotemporels d'événements de mortalités de coquillages ont été présentés et discutés lors du comité de pilotage de la surveillance de la santé des mollusques marins en 2014 (annexe 1).

La détection spatiotemporelle des regroupements de signalements de mortalités de coquillages a été réalisée en appliquant la méthode de balayage de Kulldorff¹. Son principe est l'analyse d'une emprise géographique (secteurs conchyliques de la zone étudiée) et d'une période afin d'identifier des zones pour lesquelles une incidence plus élevée de signalements de mortalité d'huîtres est observée au cours d'un cycle de marée. Pour cela, une fenêtre de recherche balaie la zone d'étude et dénombre les signalements de mortalité observés et théoriques à l'intérieur et à l'extérieur de chaque fenêtre. Un test statistique est réalisé pour chaque fenêtre de recherche. Cette analyse a été conduite selon un rythme bimensuel (14 jours) pour représenter le cycle de marée, conditionnant l'observation de la majeure partie des coquillages élevés ou pêchés.

¹ Kulldorff M, Heffernan R, Hartman J, Assunção RM, Mostashari F. A space-time permutation scan statistic for the early detection of disease outbreaks. PLoS Medicine, 2005; 2:216-224

2.3. Adaptation de la méthode au site atelier

Pour optimiser l'application de cette méthode au site atelier de la Normandie, des essais méthodologiques ont été réalisés afin de retenir les choix les plus parcimonieux et les plus opérationnels.

Ces essais ont été conduits sur les données normandes de déclarations de mortalités d'huîtres creuses préexistantes pour l'année 2013. Afin de simuler un recueil de données prospectif, la base de données de déclaration existante a été divisée en 24 sous-bases regroupant les déclarations de mortalités d'huîtres effectuées au sein de chacun des cycles de marée, d'une période d'environ 14 jours (figure 1). Ainsi, 24 recherches successives de regroupements spatiotemporels de déclarations de mortalités d'huîtres ont été réalisées pour simuler une recherche prospective à chaque nouveau cycle de marée.

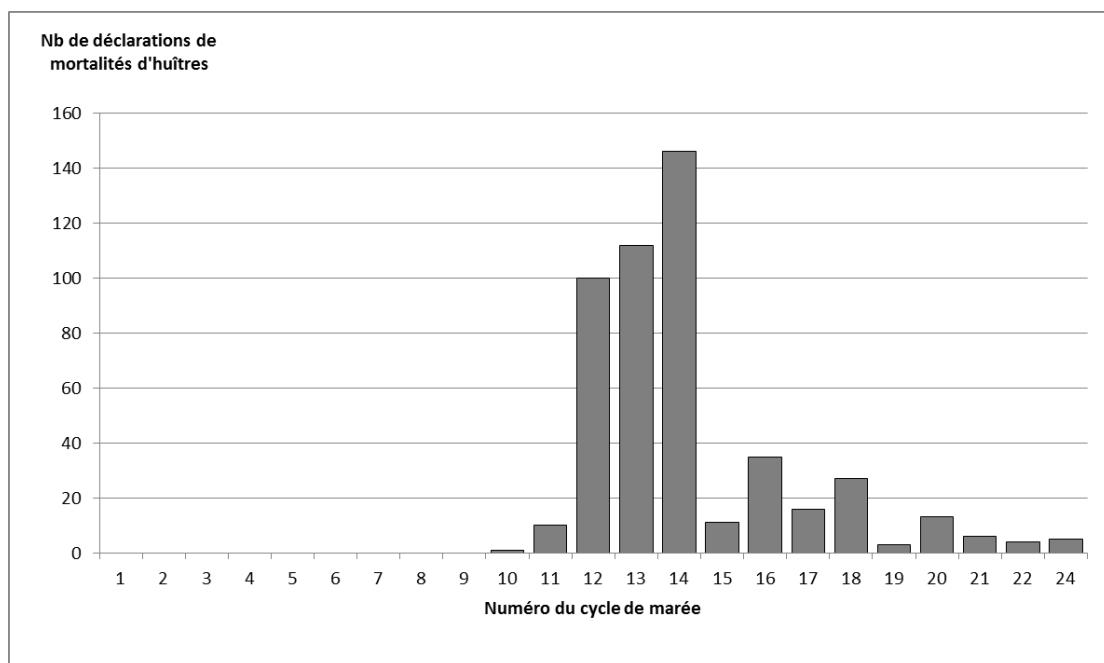


Figure 1. Distribution des déclarations de mortalités d'huîtres creuses par cycle de marée, Normandie, 2013
(source : DDTM14 et DDTM50)

Le premier ajustement a concerné la définition de la fenêtre spatiotemporelle de recherche de regroupement. Un regroupement de signalements de mortalité est l'observation d'un nombre plus élevé que celui attendu dans un espace et un temps déterminé par rapport à une fréquence de référence. Afin de juger de la réalité du regroupement, une fenêtre spatiotemporelle de regroupement est définie en rapport avec la dimension temporelle et spatiale des expositions à risque :

- (3) dimension temporelle : 14 jours pour représenter un cycle de marée. En effet, l'observation des huîtres, et donc la détection d'une hausse de mortalité, est souvent conditionnée au cycle de marée ;
- (4) dimension spatiale : deux niveaux d'agrégation spatiale des signalements de mortalité d'huîtres ont été comparés, la concession ostréicole et le secteur ostréicole (ensemble de concessions).

Le second ajustement a porté sur les méthodes statistiques de recherche de regroupement, dont le choix dépend des données disponibles pour réaliser les analyses. Deux méthodes de recherche prospective de regroupements de signalements de mortalités ont été testées :

- (5) la méthode de balayage de Kulldorff, qui nécessite (1) des informations de signalement de mortalité d'huîtres, et (2) une grille de recherche spatiale pour orienter les analyses sur les zones d'élevage ou les gisements ;
- (6) le modèle de Poisson discret, qui nécessite (1) des informations de signalement de mortalité d'huîtres, (2) une grille de recherche spatiale, et (3) une population ostréicole de référence pour établir les fréquences de référence, utilisées lors des comparaisons avec les fréquences observées afin d'améliorer la spécificité de la recherche.

Les informations de signalement, *i.e.* les déclarations de mortalités d'huîtres, ont été analysées à l'échelle de la concession (format initial de la déclaration), et agrégées au niveau du secteur ostréicole. La grille de recherche spatiale utilisée était le cadastre conchylicole, formatée au niveau de la concession. La population ostréicole de référence a été reconstruite à partir des échanges avec le focus group réunissant le CRC et quelques ostréiculteurs. L'échelle spatiale était le secteur ostréicole et une structuration spatiale relative par classe d'âge des huîtres (naissain, juvénile, adulte) a été appliquée (annexe 2).

Le tableau 1 présente les combinaisons des ajustements méthodologiques évaluées.

Tableau 1. Caractéristiques des essais méthodologiques réalisés

Numéro d'identification de l'essai	Echelle spatiale des signalements de mortalité	Echelle spatiale de la grille de recherche	Utilisation d'une population de référence	Méthode statistique
1	concession	concession	non	Balayage
2	secteur	concession	non	Balayage
3	secteur	concession	oui	Poisson

Le tableau 2 et la figure 2 illustrent les résultats des analyses des données de déclaration réalisées selon les trois essais méthodologiques.

Tableau 2. Nombre de regroupements de déclarations de mortalités d'huîtres creuses, précocité de la détection et nombre de cycles de marées présentant au moins un regroupement, détectés par les trois essais méthodologiques, Normandie, 2013

Numéro d'identification de l'essai	Nombre total de regroupements détectés en 2013	Numéro du cycle de marée de la première détection d'un regroupement	Nombre de cycles de marée au cours desquels au moins un regroupement a été détecté
1	8	13	6
2	7	13	6
3	5	13	3

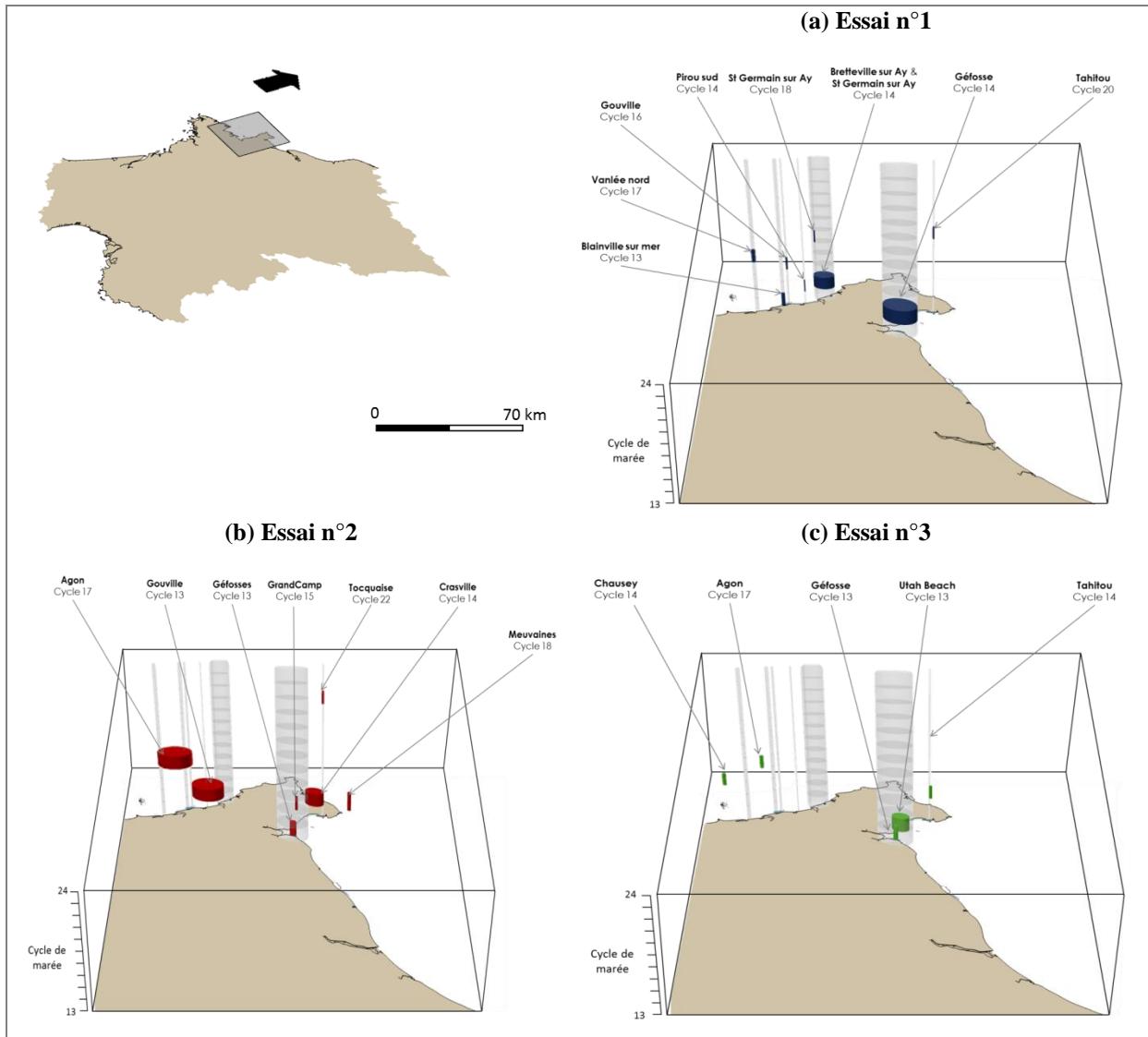


Figure 2. Distribution spatio-temporelle des regroupements de déclarations de mortalités d'huîtres creuses détectés par les trois essais méthodologiques, Normandie, 2013

Les trois essais ont détecté des regroupements de déclarations de mortalités à partir du cycle de marée n°13, soit la première quinzaine de juillet, alors que près d'une centaine de mortalités avaient été déclarées dès le cycle de marée précédent (figure 1). La réactivité des trois essais était donc similaire.

L'essai n°1 a détecté plus de regroupements que les autres essais (tableau 2). Cette sensibilité accrue est probablement liée à l'échelle des signalements de mortalités qui est plus fine (la concession) dans l'essai n°1. En l'absence de méthode de référence, il est difficile de réaliser une comparaison formelle en termes de spécificité et de sensibilité des essais méthodologiques.

Au total quatre situations ont pu être distinguées (figure 2) : (1) des regroupements spatiotemporels identiques détectés par au moins deux essais (Géfosse au cycle 13 et Agon au cycle 17), (2) des regroupements identifiés aux mêmes dates mais possédant des coordonnées géographiques et des étendues légèrement différentes (Blainville-sur-mer et Gouville au cycle 13, Agon et Vanlée Nord au cycle 17), (3) des regroupements détectés possédant des coordonnées géographiques et des dates légèrement différentes (Géfosse aux cycles 13 et 14, Tahitou aux cycles 14 et 20, Gouville aux cycles 13 et 16), et (4) des regroupements détectés par un seul essai (Chausey, Meuvaines, Tocquaise).

Comme la comparaison des essais réalisés avec les deux échelles a montré que le premier cycle de marée auquel un regroupement de mortalités était détecté ne variait pas selon l'échelle de signalement, et pour des raisons de faisabilité, les essais méthodologiques 2 et 3 ont été sélectionnés pour la phase suivante de démonstration de l'étude. En effet, un signalement des mortalités d'huîtres par les ostréiculteurs normands semble plus simple et facile à l'échelle du secteur qu'à l'échelle de la concession, car un parc ostréicole est rarement nommé par son numéro de concession cadastrale. L'échelle spatiale de signalement au niveau du secteur ostréicole a été jugée comme plus sensible, *i.e.* favorisant la participation d'un plus grand nombre d'ostréiculteurs. Le choix définitif de l'essai méthodologique le plus robuste dépendra de la sensibilité des résultats à la définition de la population ostréicole de référence, et en particulier, de la précision de la répartition relative des différentes classes d'âge d'huîtres au sein de chaque secteur.

2.4. Automatisation de la chaîne de traitement des données de mortalité

A partir des informations précédentes, un outil de collecte et d'analyse des données de signalements des mortalités, automatisé, simple d'utilisation et flexible, a été élaboré pour les huîtres creuses.

Cet outil comporte plusieurs modules :

- (1) un numéro de téléphone dédié permet de recevoir des signalements de mortalité sous la forme de SMS comportant le secteur, la date d'observation de l'épisode de mortalité et la classe d'âge des huîtres affectées ;
- (2) un serveur sécurisé centralise les SMS et assure l'anonymat des participants ;
- (3) un programme informatique extrait les informations contenues dans les SMS par apprentissage automatique, les analyse selon la méthode de recherche de regroupements de signalements de mortalités sélectionnée et crée un rapport d'analyse ;
- (4) un rapport d'analyse décrit les regroupements de signalements de mortalités dans le temps et dans l'espace, ainsi que leur caractéristiques (classes d'âge des huîtres, nombre de signalements...) ; il est mis à disposition sur le site internet du dispositif de surveillance de la santé des mollusques marins dans les rubriques d'actualités, dédiée à l'étude (https://wwz.ifremer.fr/sante_mollusques/Evolution/Optimisation-de-la-surveillance-evenementielle/Etude-OPTINORM/Resultats/Bulletins-Optinorm-Huître) et dans la documentation (annexe 3) ;
- (5) une visionneuse permet de visualiser les regroupements de signalements de mortalités sur le site internet du système de surveillance de la santé des mollusques marins animé par l'Ifremer (http://www.ifremer.fr/sante_mollusques).

Des logiciels libres ont été utilisés pour créer cet outil : RStudio© version 0.99.892, R version 3.2.1 (R Core Team, 2015) et ses packages rsatscan, rgdal, sp, maptools, dismo, XML, rgeos, sclaes, PBSmapping, xtable, memisc, raster, shapefiles, gridExtra, ggplot2, fortunes, knitr, RColorBrewer, classInt, GISTools, maps, doBy.

3. Deuxième année : expérimentation en routine

3.1. Campagne de lancement de l'étude

L'étude a été présentée au cours de la Journée Conchylicole organisée par le CRC Normandie - Mer du Nord le 31 mai 2016. Cette réunion a accueilli une centaine de participants dont 60 professionnels. Des prospectus (annexe 4) ont été distribués aux participants et laissés à disposition dans les locaux du CRC et des DDTM14 et 50. Des formats A4 plastifiés ont également été proposés pour pouvoir être emmenés en mer.

Le prospectus et un court texte de présentation de l'étude ont été diffusés sous forme de brèves ou d'actualités sur les sites internet des participants (SMEL, Ifremer/LERN, DDTM50). Une information (annexe 4) a également été diffusée par le journal du CRC Normandie – Mer du Nord « Pleine Mer » n°233 de juillet 2016.

Un court article (actualité) est paru dans le journal *Cultures Marines* n°297 de Juin 2016 (p15).

3.2. Résultats de l'étude

3.2.1. Participation

Au total, 39 SMS ont été reçus entre le 1^{er} juin et le 31 décembre 2016. Vingt-huit SMS concernaient des signalements de mortalité d'huîtres et 11 SMS concernaient des mortalités de moules.

Au total, 130 déclarations de mortalités d'huîtres creuses ont été réalisées auprès des DDTM14 et 50 entre le 23 mai et le 27 décembre 2016, et 8 déclarations de mortalités de moules entre le 12 avril et le 10 juin 2016.

3.2.2. Description des signalements et des déclarations de mortalités de coquillages

• Huîtres creuses

La figure 3 illustre la répartition des signalements par SMS et des déclarations de mortalités d'huîtres auprès de la DDTM selon les classes d'âge des coquillages. Quelle que soit la modalité de signalement des mortalités (test de Fisher, $p=0,16$), les signalements ont concerné majoritairement le naissain d'huîtres creuses.

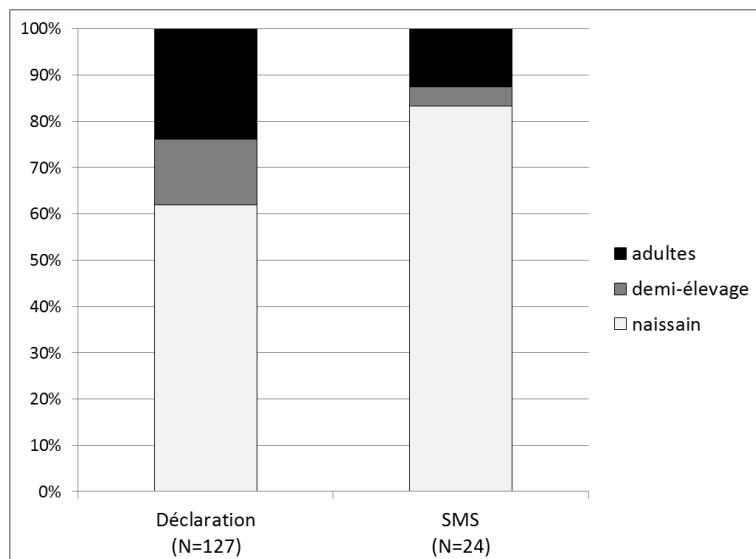


Figure 3. Répartition des mortalités d'huîtres creuses selon les classes d'âge pour chacune des modalités de signalement, Normandie, 2016

La figure 4 illustre la répartition temporelle des signalements de mortalités d'huîtres creuses par SMS et des déclarations auprès des DDTM. Le dernier SMS a été reçu le 21 octobre 2016 (20^{ème} cycle de marée) alors que des mortalités ont été déclarées auprès des DDTM jusqu'au 28 décembre 2016.

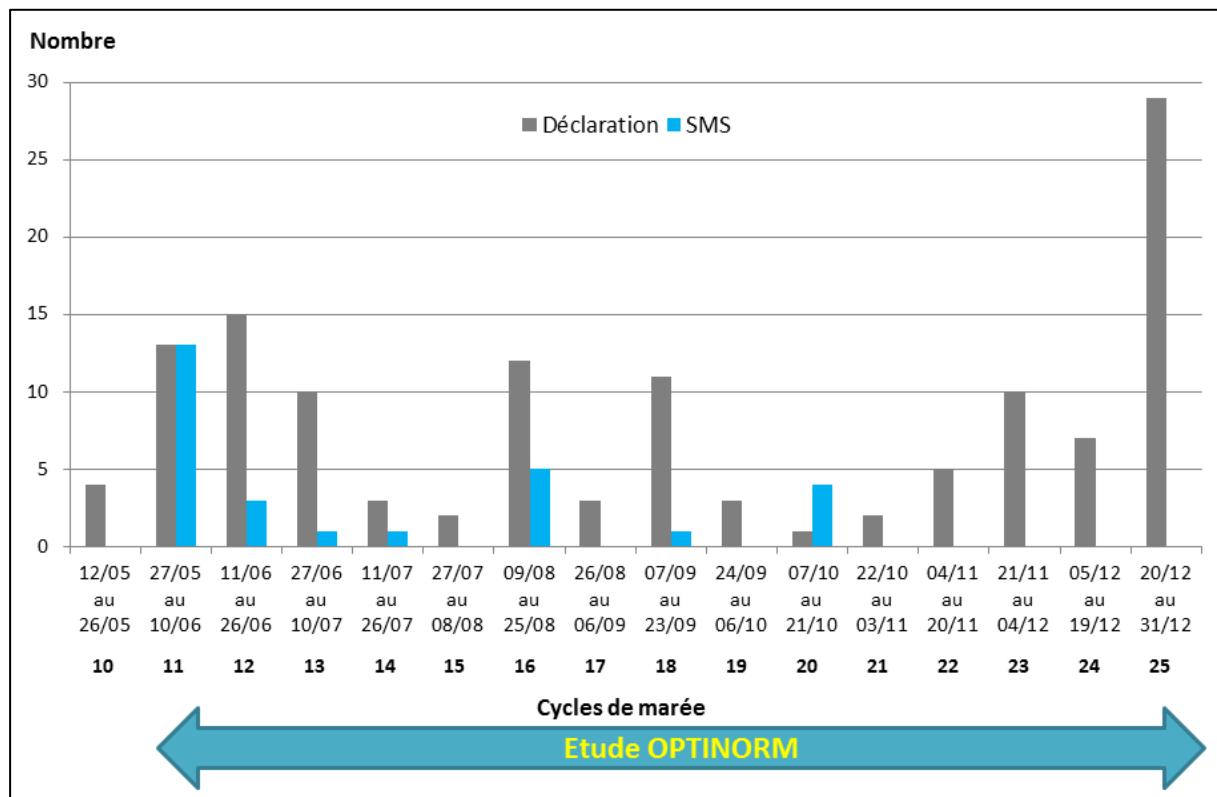


Figure 4. Distribution du nombre de signalements par SMS et de déclarations de mortalités d'huîtres creuses auprès de la DDTM au cours du temps, Normandie, 2016

La figure 5 montre la répartition du nombre de déclarations de mortalité en fonction du cycle de marée de l'observation de l'épisode de mortalité et du cycle de sa déclaration auprès de la DDTM. Il apparaît qu'aucune mortalité déclarée n'a été observée après le 20^{ème} cycle de marée, période à laquelle le dernier signalement de mortalité par SMS a été reçu.

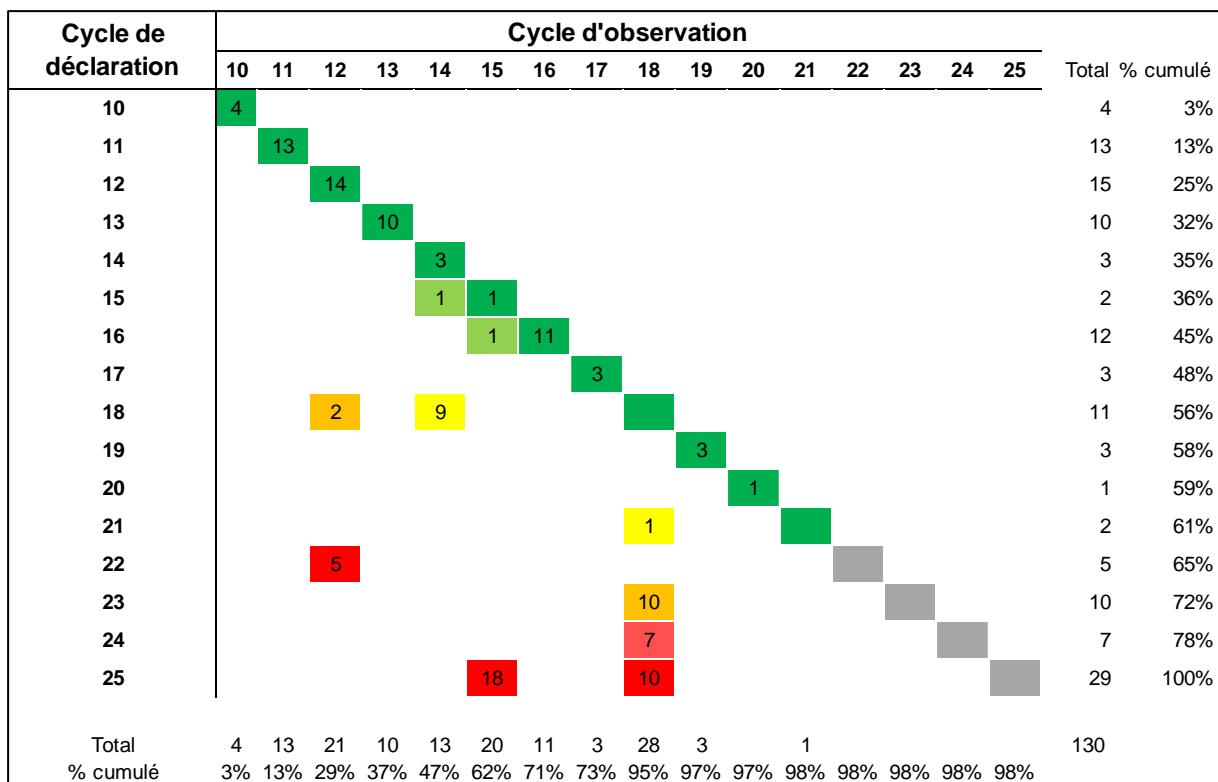


Figure 5. Répartition du nombre de déclarations de mortalités d'huîtres creuses en fonction du cycle d'observation de la mortalité et du cycle de sa déclaration auprès de la DDTM, Normandie, 2016

La figure 6 illustre la répartition géographique des signalements de mortalités d'huîtres creuses par SMS et des déclarations auprès de la DDTM (annexe 5). Les déclarations auprès de la DDTM ont concerné 11 secteurs ostréicoles différents, la majorité était localisée sur les secteurs de Grandcamp (37 déclarations) et de Géfosse (24 déclarations). Les signalements par SMS ont également concerné 11 secteurs ostréicoles différents et la majorité était située sur les secteurs de Blainville (10 SMS) et de Géfosse (6 SMS). Des mortalités ont été signalées par les deux modalités de signalement dans la majorité des secteurs ostréicoles (9 secteurs). Dans deux secteurs (Cul-de-Loup et Denneville), des mortalités ont été signalées uniquement par déclaration et dans deux autres secteurs (Agon et Bricqueville), des mortalités ont été signalées uniquement par SMS.

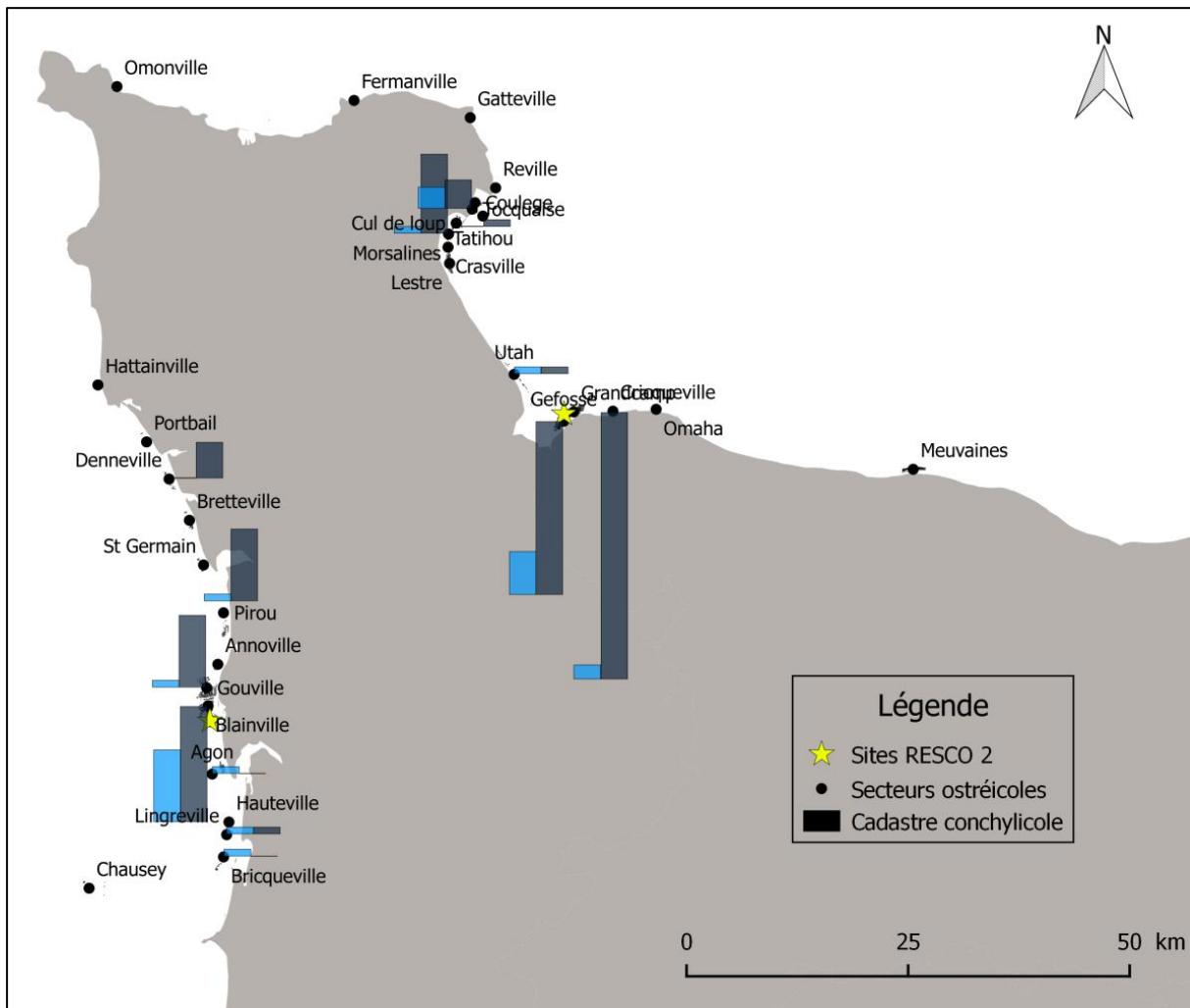


Figure 6. Distribution géographique des signalements par SMS (barres bleues) et des déclarations de mortalités d'huîtres auprès de la DDTM (barres grises), Normandie, 2016

- Moules

La figure 7 illustre la répartition des signalements par SMS et des déclarations de mortalités de moules auprès de la DDTM selon les classes d'âge des coquillages. Les déclarations de mortalités auprès de la DDTM ont concerné uniquement des moules adultes (de plus d'un an) alors que 9% des signalements par SMS (1 signalement sur 11) ont concerné des moules de moins d'un an.

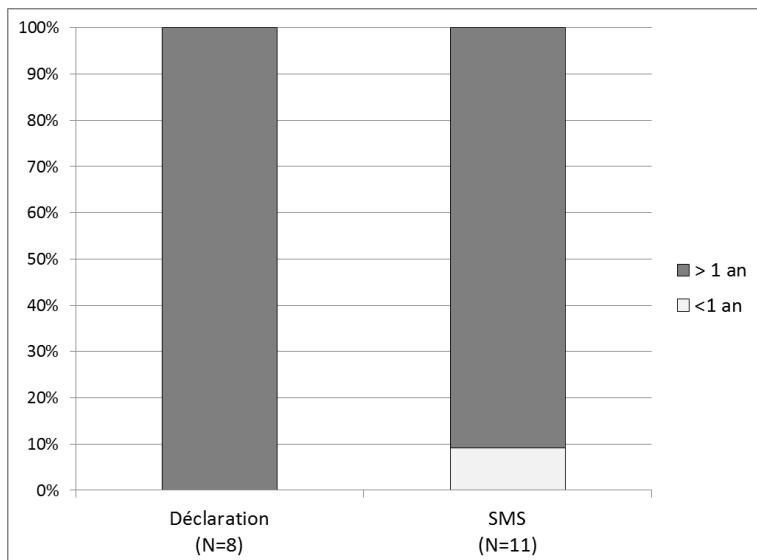


Figure 7. Répartition des mortalités de moules selon les classes d'âge pour chacune des modalités de signalement, Normandie, 2016

La figure 8 illustre la répartition temporelle des signalements de mortalités de moules par SMS et des déclarations auprès de la DDTM. Début juin, un premier pic de déclarations était concomitant à plusieurs signalements par SMS. Un second pic de signalements par SMS a ensuite été observé entre la mi-août et la mi-septembre. La dernière déclaration a été enregistrée le 10 juin 2016 alors que des SMS ont été reçus jusqu'au 20 septembre 2016.

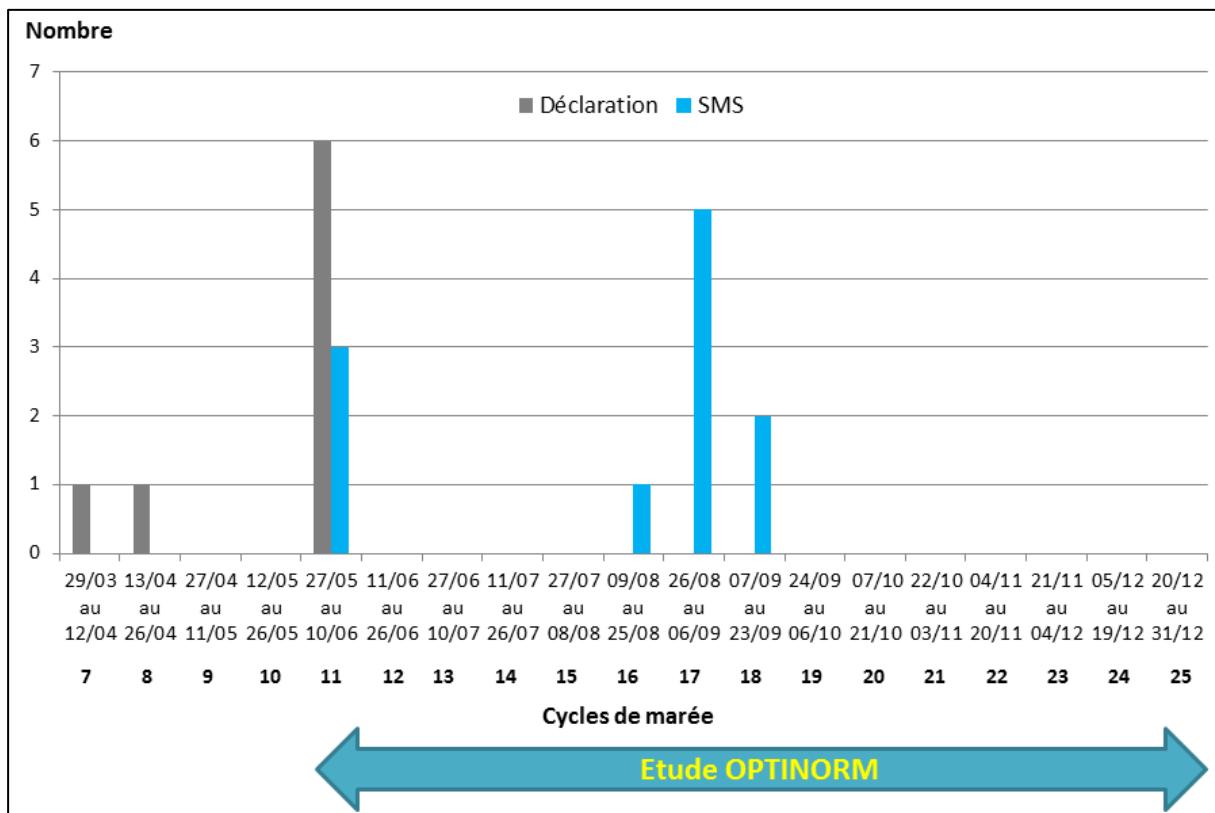


Figure 8. Distribution du nombre de signalements par SMS et de déclarations de mortalités de moules auprès de la DDTM au cours du temps, Normandie, 2016

La figure 9 illustre la répartition géographique des signalements de mortalités de moules par SMS et des déclarations auprès de la DDTM (annexe 5). Les déclarations auprès de la DDTM ont concerné six secteurs mytilicoles différents, la majorité était localisée sur le secteur de Coudeville (2 déclarations). Les signalements par SMS ont concerné quatre secteurs mytilicoles différents et la majorité était située sur le secteur d'Agon (7 SMS). Des mortalités ont été signalées par les deux modalités de signalement dans la moitié des secteurs mytilicoles (6 secteurs). Dans quatre secteurs (Bretteville, Chausey, Donville et Utah Beach), des mortalités ont été signalées uniquement par déclaration et dans un autre secteur (Pirou), des mortalités ont été signalées uniquement par SMS.

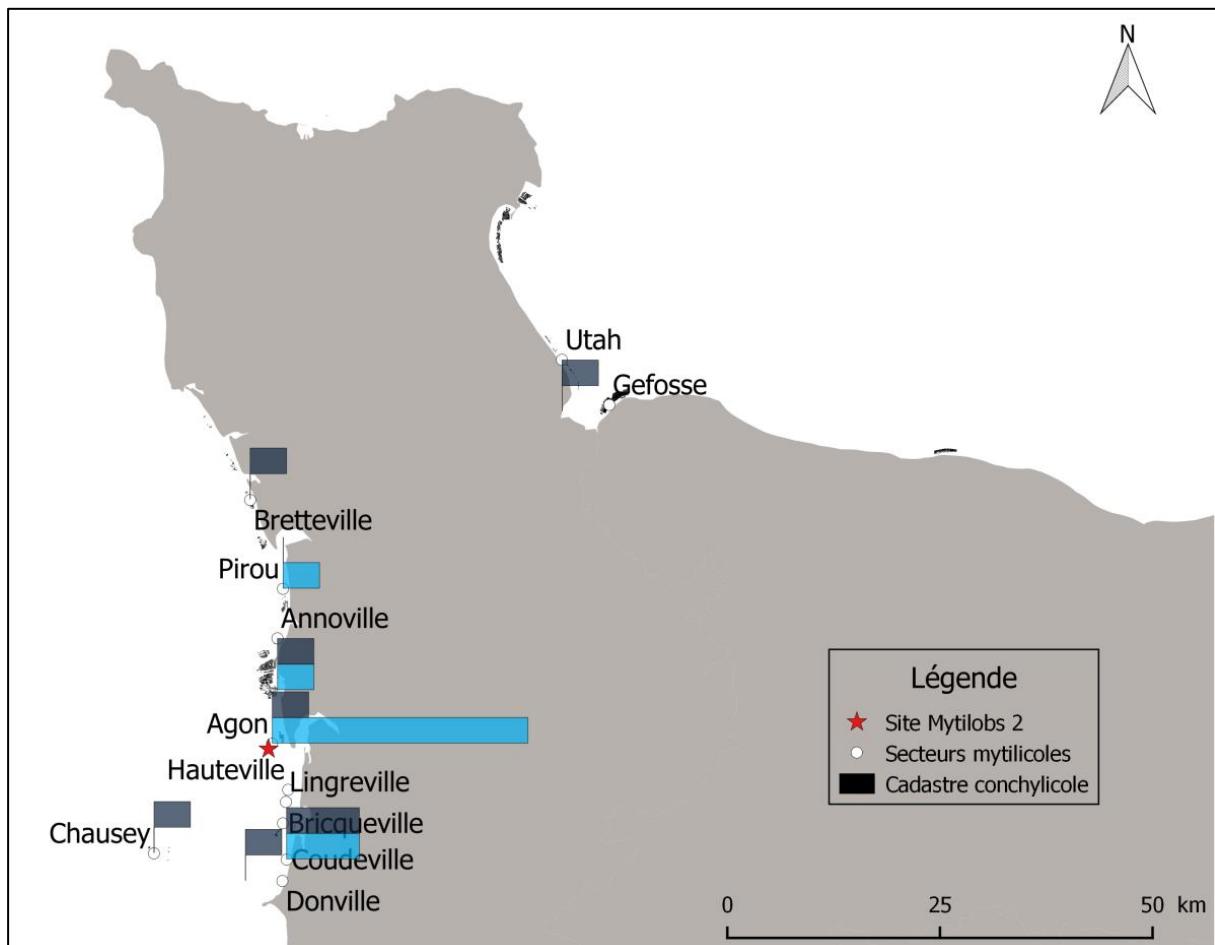


Figure 9. Distribution géographique des signalements par SMS et des déclarations de mortalités de moules auprès de la DDTM, Normandie, 2016

3.2.3. Sensibilité des modalités de signalement des mortalités de coquillages

- **Huîtres creuses**

Les 28 SMS signalant une mortalité d'huîtres ont été envoyés par 19 numéros de téléphones différents, qui ont été assimilés à 19 personnes différentes. Chaque personne a envoyé entre 1 et 4 SMS, avec une moyenne de 1,5 SMS.

Les 130 déclarations de mortalités ont été réalisées par 34 entreprises différentes. Chaque entreprise a réalisé entre 1 et 19 déclarations, avec une moyenne de 3,8 déclarations.

Il n'a pas été possible de réaliser une estimation formelle de la sensibilité de chacune des deux modalités de signalement des mortalités d'huîtres creuses par la méthode de capture-recapture à deux sources^{2,3}. En effet, cette méthode nécessite l'identification de chaque personne signalant ou déclarant

² Chao, A., Tsay, P.K., Lin, S.H., Shau, W.Y., Chao, D.Y. (2001). The applications of capture-recapture models to epidemiological data. *Statistics in medicine* 20, 3123-3157.

une mortalité pour être en mesure d'estimer le nombre de personnes ayant utilisé les deux modalités de signalement (doublons). Or, le numéro de téléphone portable était le seul identifiant utilisable pour le dispositif de signalement par SMS et cette information n'était renseignée que pour 32 des 130 déclarations dans la base de données des déclarations auprès des DDTM, correspondant à 13 entreprises différentes sur les 34 ayant déclaré au moins une mortalité d'huîtres. Toutefois, parmi ces 13 entreprises ayant déclaré au moins une mortalité d'huîtres auprès de la DDTM, 3 ont également envoyé un SMS.

- Moules

Les 11 SMS signalant une mortalité de moules ont été envoyés par 6 numéros de téléphones différents, qui ont été assimilés à 6 personnes différentes. Chaque personne a envoyé entre 1 à 4 SMS, avec une moyenne de 1,8 SMS.

Les 8 déclarations de mortalités ont été réalisées par 6 entreprises différentes. Quatre entreprises ont réalisé 1 seule déclaration et deux entreprises ont déclaré deux épisodes de mortalité.

Pour les mêmes raisons que pour les huîtres, il n'a pas été possible de réaliser une estimation formelle de la sensibilité de chacune des deux modalités de signalement des mortalités de moules. Toutefois, parmi les 3 entreprises ayant déclaré au moins une mortalité de moules auprès de la DDTM et ayant renseigné un numéro de téléphone portable, 2 ont également envoyé un SMS.

3.2.4. Réactivité des modalités de signalement des mortalités de coquillages

- Huîtres creuses

Le délai moyen entre l'observation d'un épisode de mortalité d'huîtres et son signalement par SMS était de 12 jours (+/- 21 jours), avec un délai minimal de 0 jour et maximal de 59 jours (figure 10). Le délai moyen entre l'observation d'un épisode de mortalité d'huîtres et sa déclaration à la DDTM était de 63 jours (+/- 60 jours), avec un délai minimal de 0 jour et maximal de 352 jours (figure 10).

³ Lupo, C., Osta Amigo, A., Mandard, Y.M., Peroz, C., Arzul, I., François, C., Garcia, C., Renault, T. (2012). Sensitivity of mortality reporting by the French oyster farmers. In: *Proceedings of the 13th International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics*, The Neetherlands, Maastricht, 419.

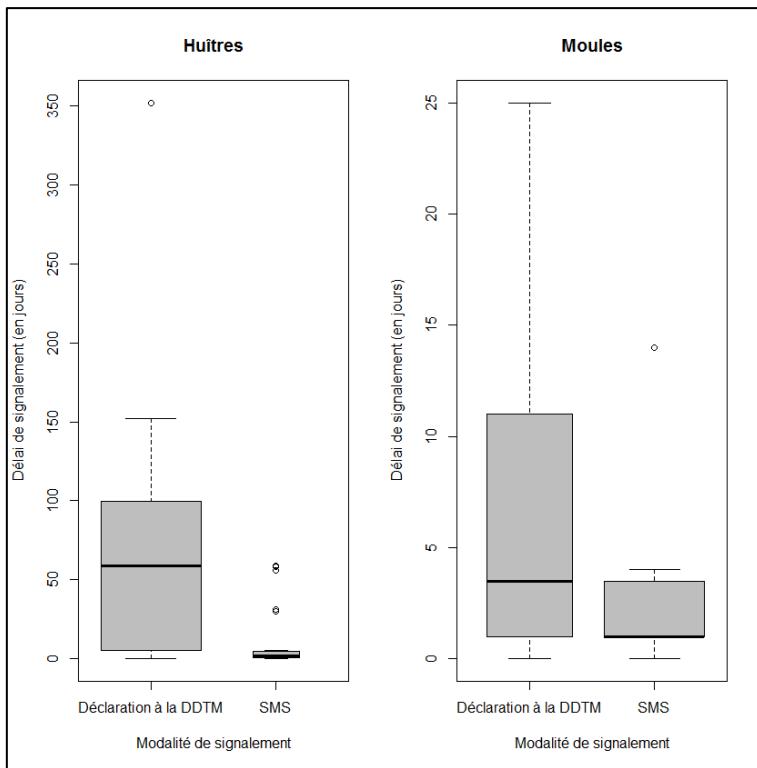


Figure 10. Distribution des délais de signalement par SMS et de déclaration à la DDTM des mortalités d’huîtres et de moules, Normandie, 2016

(le trait noir représente la médiane, la zone griseée représente l’intervalle entre le premier et troisième quartile, les traits horizontaux aux extrémités représentent l’intervalle de confiance à 95%)

• Moules

Le délai moyen entre l’observation d’un épisode de mortalité de moules et son signalement par SMS était de 3 jours (+/- 4 jours), avec un délai minimal de 0 jour et maximal de 14 jours (figure 10). Le délai moyen entre l’observation d’un épisode de mortalité de moules et sa déclaration à la DDTM était de 7 jours (+/- 9 jours), avec un délai minimal de 0 jour et maximal de 25 jours (figure 10).

3.2.5. Orientation pour les prélèvements

Cette étape de l’analyse a été effectuée uniquement pour les huîtres creuses.

Un seul regroupement de signalements de mortalité d’huîtres par SMS statistiquement significatif a été détecté à partir du 18^{ème} cycle de marée (période du 7 au 23 septembre 2016) sur le secteur de Tocquaise (tableau 3, figure 11). Ce regroupement avait été identifié un mois plus tôt, au 16^{ème} cycle de marée (période du 9 au 25 août 2016) mais le résultat du test (risque relatif) n’était pas statistiquement significatif. Trois autres regroupements spatiotemporels ont été identifiés au cours de l’étude, mais pour aucun d’entre eux le test réalisé n’est passé en-dessous du seuil de signification statistique. Ces trois regroupements étaient centrés sur le secteur de Géfosse à partir du 11 juillet, incluant au cours du temps le secteur de Grandcamp à partir du 9 août, puis Utah Beach à partir du 7 octobre.

Tableau 3. Caractéristiques des regroupements spatiotemporels de signalements par SMS détectés
 (le regroupement statistiquement significatif est en gras, * : p<0,05)

Secteur	Rayon (km)	Nb. cas		Risque relatif	p	Cycle de détection		Période	
		observés	attendus			initiale	statistiquement significative	début	fin
Géfosse	7,67	2	1,47	1,36	0,61	14	-	12	15
Géfosse- Grandcamp	7,92	3	2,64	1,14	0,99	16	-	12	17
Tocquaise	3,56	2	0,29	7,00	0,046*	16	18	13	25
Utah- Géfosse	7,67	4	3,12	1,28	0,99	20	-	20	24

Trois déclarations de mortalité de naissain auprès des DDTM ont donné lieu à une saisine du réseau REPAMO 2, se concluant par la réalisation de prélèvements d'animaux en vue d'analyses diagnostiques de laboratoire. Ces déclarations se situaient dans les secteurs de Gouville, Meuvaines et Saint-Vaast-la-Hougue (figure 11). Chacun des deux sites du réseau RESCO2 a réalisé un prélèvement lors d'épisodes de mortalité de naissain au mois de juin 2016 (figure 11).

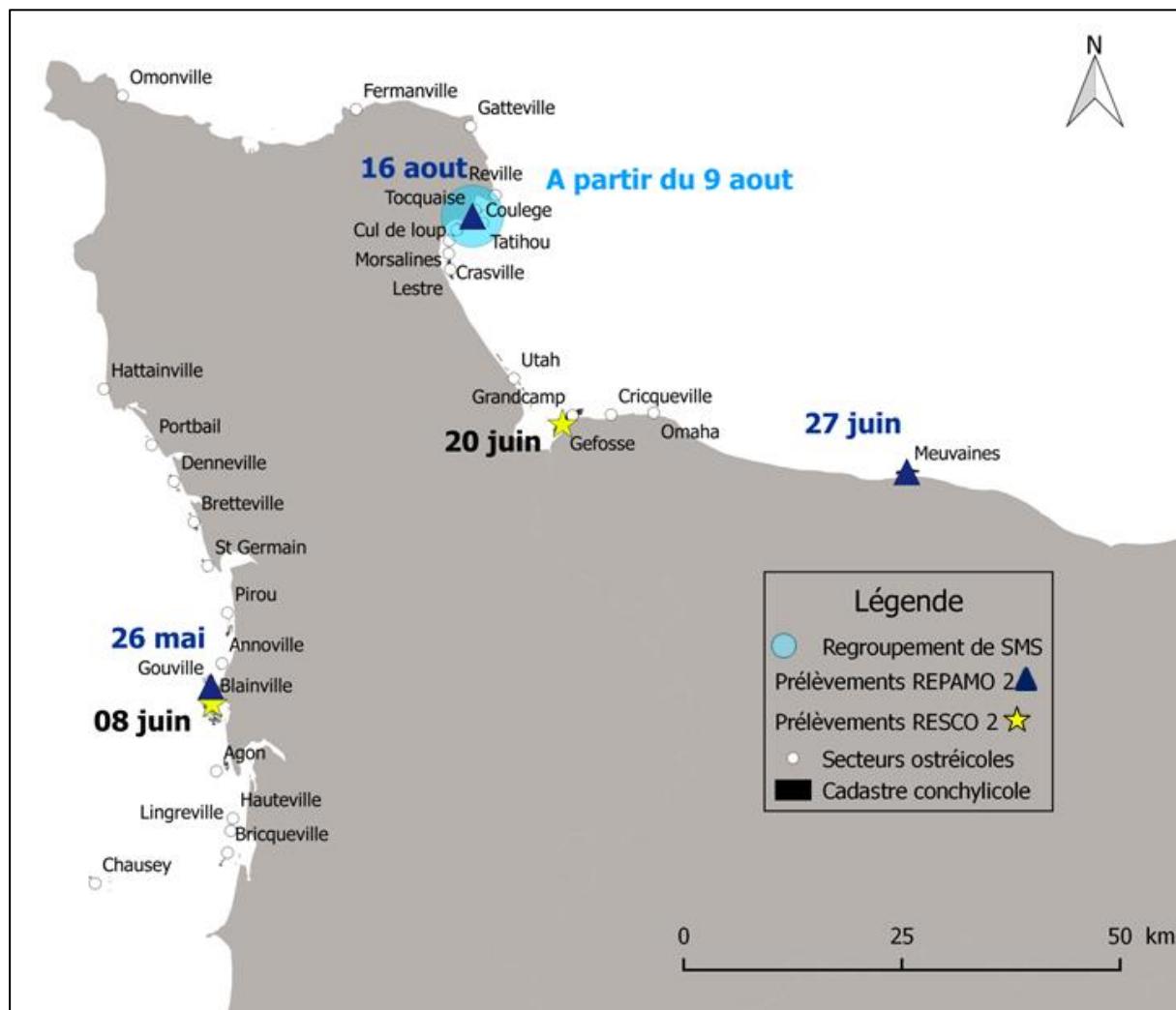


Figure 11. Localisation spatiotemporelle du regroupement de SMS et des prélèvements d'animaux réalisés suite aux déclarations de mortalités d'huîtres creuses auprès des DDTM (REPAMO 2) et dans le cadre du réseau RESCO 2

3.3. Diffusion des résultats de l'étude

Un bulletin de synthèse *Optinorm-Huître* présentant le rapport d'analyse et la visualisation cartographique des regroupements de signalements de mortalité éventuellement détectés a été édité à chaque fin de cycle de marée et mis à disposition sur le site internet du dispositif de surveillance de la santé des mollusques marins dans les rubriques d'actualités, dédiée à l'étude (https://wwz.ifremer.fr/sante_mollusques/Evolution/Optimisation-de-la-surveillance-evenementielle/Etude-OPTINORM) et dans la documentation. Au total, 15 bulletins de synthèse *Optinorm-Huître* ont été publiés au cours de l'étude.

Une infographie a été réalisée pour présenter les résultats principaux sur les huîtres creuses (annexe 6). Le fichier informatique pourra être diffusé sur les sites internet des partenaires de l'étude. Une version imprimée sur un poster est à la disposition de chacun des partenaires pour présenter les résultats de l'étude lors de manifestations d'envergure régionale ou nationale. Par exemple, ce poster sera affiché lors de la Journée Conchylicole organisée par le CRC Normandie - Mer du Nord le 16 mai 2017.

3.4. Considérations techniques

Quelques problèmes d'ordre technique semblent utiles à recenser car ils pourraient contribuer à expliquer, en partie, la faible participation des conchyliculteurs à l'étude.

L'ordinateur sur lequel l'outil automatisé de collecte et d'analyse des SMS est installé n'était pas relié à un onduleur pendant toute la période d'étude. De fréquentes microcoupures de courant ont déconnecté le modem GSM qu'il a fallu redémarrer presque chaque jour pendant la majeure partie de l'étude. A partir du mois de septembre, une seule personne était en charge du suivi de l'étude (sur seulement une partie de son temps). Lors de ses absences (congés, déplacements), ce redémarrage de l'outil n'a pas pu être assuré quotidiennement. Par conséquent, les personnes ayant envoyé des SMS entre le 5 et le 20 septembre ont reçu un message automatique indiquant la prise en compte de leur signalement le 27 septembre. Au mois d'octobre, quatre SMS n'ont pas été collectés automatiquement par l'outil développé et ont dû être récupérés manuellement dans la carte SIM du modem. Ces personnes n'ont pas reçu de message accusant réception de leur signalement, la récupération des SMS bloqués dans la carte SIM ayant eu lieu en fin d'étude. A partir du mois de novembre, un onduleur a pu être affecté à l'ordinateur et plus aucune déconnection de l'outil n'a été recensée.

Une visionneuse permettant de visualiser le nombre de SMS reçus par secteur et les regroupements spatiotemporels de SMS détectés a été développée par l'Ifremer dans le cadre de l'infrastructure Sextant. Cette visionneuse était accessible sur le site internet du système de surveillance de la santé des mollusques marins et l'adresse sur site a été largement communiquée lors des opérations de lancement de l'étude. La mise à jour des cartes n'ayant pas pu être automatisée, elle était assez fastidieuse. La visionneuse a été désactivée à partir du mois de septembre, période à partir de laquelle une seule personne était en charge du suivi de l'étude et seulement sur une partie de son temps. La participation des ostréiculteurs à cette étude n'étant pas rémunérée, l'accès aux informations sous la forme d'une carte régulièrement mise à jour était supposé encourager leur motivation et leur engagement durable dans l'étude. Cette incitation n'a pas pu être assurée jusqu'à la fin de l'étude. Le développement d'un outil cartographique indépendant de l'infrastructure Sextant pourrait être envisagé pour une automatisation simple et flexible (par exemple avec l'application R Shiny ®2016 RStudio, Inc).

Bien que des consignes simples aient été précisées sur les prospectus de promotion de l'étude, sur les 38 SMS reçus, 14 ont dû être corrigés manuellement pour être intégrés dans la suite de l'analyse car ils présentaient un format incorrect : oubli de l'information relative à l'espèce de coquillage (10 SMS), oubli d'une virgule pour séparer les informations (5), oubli de l'information relative au lieu ou lieu non reconnu (3), utilisation du point au lieu de la virgule pour séparer les informations (2), deux signalements de mortalité dans un seul SMS (1). A chaque fois, un SMS standardisé a été renvoyé manuellement, détaillant la consigne correcte que pour une prise en compte dans les meilleurs délais

d'un prochain signalement (par exemple : « *Pour que votre signalement soit traité dans les meilleurs délais, il faut préciser l'ESPECE de coquillage. Pensez-y bien la prochaine fois. Merci encore pour votre participation.* »). Aucun SMS « corrigé » n'a été reçu par la suite mais deux personnes sur les trois ayant envoyé plusieurs SMS à des périodes différentes et oublié une virgule pour séparer les informations lors du premier SMS, ont envoyé un SMS correctement formaté lors du signalement suivant.

L'adoption durable d'un nouveau comportement tel que le signalement des mortalités de couillages par SMS nécessite des actions de communication fréquentes et répétées auprès des conchyliculteurs. Lors de cette étude, cette communication n'a pas pu être assurée de façon satisfaisante puisqu'une seule personne était en charge de l'étude seulement sur une partie de son temps pendant la majorité de la période d'expérimentation.

3.5. Synthèse

3.5.1. Réactivité pour une détection précoce de mortalités inhabituelles

La modalité de signalement des mortalités d'huîtres par SMS a reçu une faible participation (19 personnes, 28 SMS) en comparaison avec le dispositif de déclaration auprès de la DDTM existant (34 personnes, 130 déclarations). Toutefois, les deux modalités ont principalement enregistré des mortalités de naissain. Le signalement d'une mortalité d'huîtres a été à été cinq fois plus réactif par SMS que par déclaration auprès de la DDTM. En effet, le délai de signalement moyen était de l'ordre de la durée d'un cycle de marée. De plus, le dernier SMS a été reçu le 21 octobre 2016 et bien que des mortalités aient été déclarées auprès des DDTM jusqu'à la fin du mois de décembre, aucune de ces mortalités n'avait été observée après le 21 octobre. Par ailleurs, après consultation des différents partenaires de l'étude, il semble qu'aucun épisode de mortalité d'huîtres creuses n'ait été observé ni rapporté après le 21 octobre 2016 par le réseau RESCO2, le SMEL ou le CRC Normandie - Mer du Nord.

La modalité de signalement des mortalités de moules par SMS a reçu une participation équivalente (6 personnes, 11 SMS) à celle du dispositif de déclaration auprès de la DDTM existant (6 personnes, 8 déclarations). Les deux modalités ont principalement enregistré des mortalités de moules adultes (de plus d'un an). Le signalement d'une mortalité a été deux fois plus réactif par SMS que par déclaration auprès de la DDTM, avec un délai de signalement moyen de trois jours.

Il semble que le signalement par SMS soit plus adapté à un signalement rapide des mortalités de couillages que la déclaration auprès de la DDTM existante, que ce soit pour les huîtres creuses ou pour les moules. Bien que cette modalité ait enregistré une moindre participation de la part des ostréiculteurs, la répartition spatiale et temporelle des mortalités de couillages signalées n'était pas très différente entre les deux modalités de signalement. En revanche, les mytiliculteurs ont semblé bien accueillir cette modalité de signalement par SMS, bien que les divergences de répartitions spatiales et temporelles entre les mortalités de moules signalées par les deux modalités soient un peu plus notables.

3.5.2. Possibilités d'orientation des interventions sur le terrain

Malgré une faible participation des ostréiculteurs à la modalité de signalement des mortalités d'huîtres par SMS, le système a permis de détecter un regroupement spatiotemporel de SMS sur le secteur de Tocquaise dès le 9 août 2016. Ce regroupement a été confirmé statistiquement à partir du 7 septembre. A la même période, le réseau REPAMO 2 a réalisé une intervention sur le même secteur (le 16 août).

Le seuil de signification statistique pour considérer la réalité épidémiologique d'un regroupement spatiotemporel de signalements de mortalité est peut-être à réévaluer pour une détection opérationnelle plus précoce. En effet, un autre regroupement centré sur le secteur de Géfosse a été détecté dès le 11 juillet sans qu'il ne devienne jamais statistiquement significatif, alors qu'un prélèvement du réseau RESCO 2 a eu lieu sur ce même secteur une quinzaine de jours auparavant. Une meilleure

participation des conchyliculteurs à ce type d'étude permettrait également d'accroître la taille de l'échantillon, améliorant la détection des regroupements de cas. En effet, la méthode statistique de balayage de Kulldorff est connue pour être sensible au volume de signalements traité. Un tel objectif pourrait sans doute être atteint en améliorant la communication autour de cet outil.

4. Conclusions et perspectives

Dans le cadre du soutien scientifique et technique à l'évolution de la surveillance événementielle, une modalité de signalement des mortalités de coquillages par SMS, complétée par la recherche prospective de regroupements spatiotemporels de signalements de mortalités d'huîtres creuses a été expérimentée en Normandie, en collaboration avec tous les acteurs de la santé des mollusques marins.

L'étude OPTINORM reposait sur la participation des conchyliculteurs. Elle a montré en Normandie que la modalité de signalement des mortalités de coquillages par SMS associée à une analyse spatiotemporelle automatisée permettait (1) un signalement plus réactif des mortalités d'huîtres creuses et de moules que leur déclaration auprès de la DDTM, et (2) une orientation des interventions sur le terrain comparable pour les huîtres creuses. Une meilleure sensibilisation des ostréiculteurs et une proposition d'adaptation méthodologique augmenteraient peut-être la précocité de la détection d'un regroupement spatiotemporel de signalements de mortalités d'huîtres pour orienter les interventions sur le terrain sur les risques d'émergence.

Depuis 2009, l'ensemble des acteurs locaux s'accorde pour observer des mortalités massives de naissain d'huître creuse sur la majorité des secteurs d'élevage de Basse-Normandie entre la fin du mois de mai et la fin du mois de juillet. Si les organismes pathogènes détectés lors de ces épisodes de mortalité sont enzootiques (tels que le virus OsHV-1) et que cette situation épidémiologique est devenue habituelle, le dispositif de détection d'une émergence devrait intégrer ces signaux pour ne pas déclencher d'alerte particulière. Une adaptation méthodologique pourrait être envisagée pour concentrer les interventions sur les phénomènes inhabituels, et non pas sur tous les regroupements spatiotemporels de mortalité.

Cette modalité de surveillance événementielle réactive et reposant sur les conchyliculteurs nécessite un investissement conséquent en termes d'animation, de suivi technique et de moyens humains pour pouvoir maintenir la participation des conchyliculteurs sur le long terme. Des écueils ont été identifiés et des solutions ont été proposées si cette modalité de surveillance devait être généralisée en Normandie à d'autres espèces de coquillages que l'huître creuse ou à d'autres bassins de production conchylicole. En particulier, la généralisation à l'espèce moules de la recherche prospective de regroupements spatiotemporels de signalements de mortalités de coquillages par SMS afin de détecter précolement des mortalités de moules inhabituelles, pourrait peut-être connaître une bonne adhésion des mytiliculteurs en Normandie. Cette généralisation nécessiterait des échanges avec les acteurs normands de la santé des moules, notamment pour identifier les données disponibles relatives à la distribution spatiotemporelle des populations de moules.

Annexe 1 : Protocole de recherche de regroupements spatio-temporels de signalements de mortalités d'huîtres creuses réalisé dans le cadre du GT « Mollusques » en 2014

Surveillance épidémiologique des déclarations de mortalité et investigation d'agrégats spatio-temporels en conchyliculture - Principes généraux et données nécessaires

Préambule : Ce document est un projet de plan d'analyse des données de déclaration de hausses de mortalités d'huîtres creuses. Du fait de l'existence en France d'un système formalisé de recueil de données de hausses de mortalité d'huîtres creuses, il est envisageable d'exploiter ces données afin de contribuer à une surveillance épidémiologique de la mortalité des huîtres creuses, selon une approche systématique. Il s'agit à ce stade d'un document de travail visant à décrire les principes généraux d'une exploitation possible de ces données de déclaration de mortalité. Il ne s'agit ni d'un guide ni de recommandations méthodologiques.

La surveillance épidémiologique des mortalités de coquillages comporte deux volets, qui correspondent à deux objectifs bien distincts et qui nécessitent la mise en œuvre de méthodes différentes :

1. **Détecter le plus précocement possible** une infection exotique ou émergente provoquant des mortalités de coquillages : recherche d'agrégat spatio-temporel de déclarations de mortalité, destinée à raisonner les investigations sur le terrain visant à vérifier l'existence d'un excès de cas de mortalité et le cas échéant à en identifier la cause ;
2. **Décrire l'évolution de la mortalité** au cours du temps : analyse descriptive de la mortalité, permettant la connaissance de la fréquence des mortalités de coquillages, selon les espèces, les classes d'âge, les zones géographiques, ainsi que l'évolution dans le temps de ces fréquences et la recherche de l'existence éventuelle d'un excès de mortalité par comparaison à une population de référence adéquate.

1. Objectifs du document

Le présent document est relatif à l'objectif de **détection précoce d'une infection exotique/émergente**. La mise en œuvre d'une surveillance de la mortalité des coquillages et la réalisation d'investigation d'agrégats implique deux étapes successives :

- le recueil des données nécessaires à l'analyse de la mortalité et à l'investigation d'agrégats ;
- l'analyse épidémiologique proprement dite.

La première étape de recueil de données peut (devrait) se faire au niveau de chaque entreprise ostréicole et/ou Comité Régional Conchylicole. Elle nécessite des moyens simples de mesures et mobilise une observation attentive et méthodique par les acteurs de terrain. La seconde étape, qui concerne l'analyse épidémiologique, met en jeu des compétences et des moyens spécialisés.

La seconde étape d'analyse épidémiologique des données sera illustrée par des exemples d'analyses rétrospectives des déclarations de mortalité d'huîtres creuses dans les Pertuis Charentais et en Bretagne Nord.

2. La détection d'agrégats spatio-temporels (ou *clusters*) de cas de mortalité

Différents acteurs de la conchyliculture font souvent état de cas de mortalité qui leur semblent excessifs dans la population conchylicole de leur bassin, sans pour autant pourvoir les objectiver aisément.

Le regroupement dans le temps et l'espace de cas de maladies, de symptômes ou d'événements de santé au sein d'une population localisée est dénommée « agrégat spatio-temporel » ou « *cluster* » en anglais.

Le principe scientifique directeur de l'investigation d'un agrégat réside dans la notion que s'il y a un regroupement de cas (ou « foyer »), c'est que les animaux atteints partagent une ou plusieurs expositions à une cause commune (par exemple une infection contagieuse). Dès lors, les objectifs en termes d'épidémiosurveillance sont de déterminer :

- s'il existe effectivement un excès de cas dans la population observée ;
- et si cet excès existe, de déterminer s'il existe une ou plusieurs causes de regroupement de cas, autres que le hasard.

En d'autres termes, il s'agit de décrire l'hétérogénéité spatio-temporelle des données et de rechercher les mécanismes qui l'ont générée.

2.1. Existe-t-il un excès de cas ?

L'observation d'un agrégat de cas de mortalité doit être interprétée avec précaution. Pris isolément, le nombre de cas peut paraître en excès alors qu'il est peut-être dû au hasard. La vérification de la réalité d'un excès soupçonné fait appel à des méthodes épidémiologiques et statistiques qui peuvent être plus ou moins complexes selon la situation. Quelle que soit la méthode utilisée, un certain nombre d'étapes sont indispensables à l'étude statistique des données qui permettront de vérifier que l'excès de cas supposé est bien réel.

2.1.1. Principe de la démarche

Il s'agit de **comparer** statistiquement le nombre de cas de mortalité observé au nombre de cas de mortalité attendu si la population avait la même fréquence de mortalité qu'une **population de référence** non exposée à la source présumée de l'agrégat (par exemple une infection par un organisme pathogène).

2.1.2. Définition de la fenêtre spatio-temporelle de recherche

Un excès de mortalité est l'observation d'un nombre plus élevé que celui attendu dans un espace et un temps déterminé par rapport à une fréquence de référence. Afin de juger de la réalité de l'excès, il est indispensable de définir une fenêtre spatio-temporelle à l'agrégat, donc de sélectionner les critères qui vont permettre le choix de cette fenêtre.

Cette fenêtre spatio-temporelle peut être définie en rapport avec la dimension temporelle et spatiale des expositions à risque :

- ➔ Dimension temporelle : **14 jours** pour représenter un cycle de marée. En effet, dans certains cas l'observation des animaux, et donc la détection d'une hausse de mortalité, est conditionnée au cycle de marée ;
- ➔ Dimension spatiale : le **banc d'élevage**, sous l'hypothèse que ces unités du domaine public maritime / cadastre conchylicole ont été définies selon des critères hydrodynamiques et biologiques.

2.1.3. Traitement statistique des données

La **méthode de balayage de Kulldorff** (1) sera appliquée afin de rechercher et caractériser des agrégats spatio-temporels de cas de mortalité. Cette approche cherche à regrouper les différentes unités spatio-temporelles voisines en agrégats potentiels à l'aide d'une fenêtre de taille variable se déplaçant sur les plans géographique et temporel de la zone étudiée. Sur une grille régulière recouvrant la zone d'étude, l'algorithme utilise des fenêtres cylindriques superposées, centrées sur chaque point de la grille et de rayon variables dépendants de l'espacement de la grille. Les agrégats potentiels sont définis pour un rayon variant de zéro jusqu'à une limite prédéfinie, jusqu'à l'inclusion de 50% du nombre d'unités spatiales. La hauteur du cylindre représente l'unité temporelle de recherche (14 jours). A la place d'une grille prédéterminée, il est possible de centrer les fenêtres sur les unités spatiales observées (les bancs d'élevage), amenant à balayer la zone géographique à l'aide d'une grille irrégulière. Les différentes fenêtres cylindriques ainsi construites (de centre et rayon variables et de hauteur fixée) déterminent l'ensemble des agrégats potentiels.

Puis la **statistique de Kulldorff**, fondée sur le rapport de vraisemblance, est estimée pour chaque agrégat potentiel, s'appuyant sur les effectifs théoriques et observés dans la fenêtre de recherche et à l'extérieur de cette fenêtre. Les effectifs théoriques sont estimés selon l'hypothèse nulle du risque constant. La distribution de la statistique de Kulldorff n'étant pas connue, l'inférence de Monte-Carlo permet de tester l'hypothèse nulle. Il s'agit de simuler, suivant l'hypothèse nulle, des cas dans chaque unité spatio-temporelle, ce qui permet de construire la distribution empirique de la statistique de Kulldorff sous l'hypothèse nulle. Le degré de signification, ainsi obtenu, correspond à la probabilité d'observer une statistique au moins aussi extrême que la zone d'étude. Un agrégat est identifié si un excès de cas est observé dans une fenêtre donnée.

Les analyses statistiques sont conduites en utilisant le logiciel gratuit SaTScan© 9.2.

2.1.4. Données nécessaires

Afin de calculer le risque en population, il convient de disposer de données qui permettent de décrire et dénombrer les cas de mortalité dans la zone et période d'étude et de disposer de valeurs comparatives de référence.

- **Données disponibles relatives aux cas de mortalité :**

Pour décrire les cas de mortalité de coquillages, les données disponibles sont les déclarations de hausses de mortalité effectuées par les conchyliculteurs auprès de l'Autorité compétente locale (Direction départementale des territoires et de la mer, DDTM) et les déclarations de bilan des pertes réalisées par les professionnels auprès des CRC/CNC. A ce jour, le principe de la surveillance événementielle repose sur la transmission individuelle de données par tout conchyliculteur qui observe une hausse de mortalité sur sa production de coquillages. L'unité d'observation peut varier entre les conchyliculteurs et les régions géographiques : lot (différentes définitions), concession...

Pour permettre une surveillance fiable de la mortalité des coquillages dans le temps et dans l'espace, il est nécessaire que ce dispositif soit sensible (i.e. représente une grande partie de la profession voire soit exhaustif) et réactif (i.e. chaque conchyliculteur ayant observé une hausse de mortalité la déclare très rapidement à la DDTM).

Pour chacune de ces déclarations, un certain nombre d'informations sont indispensables et doivent être incluses dans le fichier.

DONNEES INDISPENSABLES A INCLURE POUR CHAQUE DECLARATION POUR L'ANALYSE DE LA MORTALITE :
--

- date d'observation de la mortalité (jour, mois, année)
- espèce de coquillage
- classe d'âge (naissain, demi-élevage, élevage)
- lieu (numéro de concession) ou coordonnées géographiques si système de géolocalisation de l'information intégré dans l'outil de collecte des déclarations

- **Traitement des données de cas de mortalité préliminaire à l'analyse :**

- ➔ Anonymisation des données (les noms et coordonnées du déclarant ne sont pas nécessaires au traitement de l'information).
- ➔ La date d'observation de la hausse de mortalité n'est pas souvent la date réelle de survenue de l'événement. Comme dans certains cas, l'observation des animaux est conditionnée au cycle de marée, une agrégation des dates d'observation de mortalité est réalisée, selon un pas de temps de 14 jours pour représenter un cycle de marée.
- ➔ Les coordonnées géographiques des concessions sont obtenues à partir du cadastre conchylicole fourni par les DDTM/DPMA.
- ➔ Les classes d'âge utilisées sont : naissain (<1 été) ; demi-élevage (entre 1 et 2 étés) ; adultes (plus de 2 étés).

Ainsi, la **définition du cas de mortalité** pour les besoins de l'analyse épidémiologique est : « *toute déclaration d'une hausse de mortalité de coquillages survenue dans une unité épidémiologique, au cours d'un cycle de marée* ». Une unité épidémiologique est définie comme un groupe de coquillages d'une même classe d'âge ayant subi les mêmes conditions d'élevage (i.e. même historique d'élevage). Seules les déclarations complètes, i.e. sans donnée manquante relative à la date de déclaration, l'espèce de coquillage, la classe d'âge et le numéro de concession, sont considérées dans l'analyse.

- **Données disponibles de référence :**

Ce qui en première impression peut être un agrégat, n'en est peut-être pas un. En effet, un agrégat peut apparaître lorsque les cas ont une cause commune (par exemple une maladie contagieuse), mais aussi en absence de cause commune mais survenant dans le même temps du simple fait du hasard.

En effet, le nombre de cas de mortalité dans une zone dépend de nombreux facteurs propres à celle-ci, notamment de l'effectif des populations élevées ou sauvages, de leur âge et de la répartition des espèces à un moment donnée (par exemple une saison). Il existe une forte variabilité de la mortalité selon tous ces facteurs. Ainsi, un véritable excès de cas de mortalité peut exister et passer inaperçu si l'effectif est peu important ; inversement, si la population à cette date est particulièrement importante à cette période de l'année, on observera des mortalités qui peuvent paraître nombreuses alors que leur fréquence peut être « normale » rapporté au dénominateur.

Quelle population de référence ? Habituellement, il est utilisé comme population de comparaison la population générale. En conchyliculture, le recensement conchylicole est centré sur les entreprises, pas sur les populations de coquillage élevées ou sauvages. Le cadastre conchylicole et le schéma des structures sont des sources de données de référence qui peuvent être envisagées, car ils fixent les règles d'exploitation dans l'espace, et parfois

dans le temps, des populations de coquillages. Dans chaque bassin conchylicole, des études de stocks ont pu être conduite par les Laboratoires Environnement Ressource de l'Ifremer. Toutefois, l'élevage des coquillages requiert des mouvements d'animaux intra et inter-bassins et la répartition spatiale des populations varie au cours de l'année. Aucune source de données n'est cependant disponible au niveau national ni même régional.

- ➔ Cadastre conchylicole et schéma des structures
- ➔ Etudes de stocks de coquillages

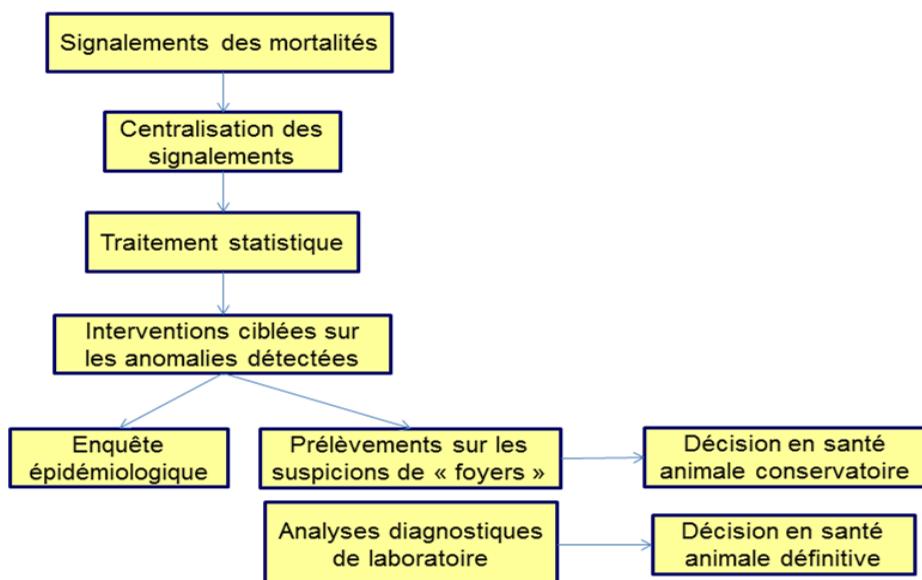
2.2 . S'il y a excès de cas, quelle en est la cause ?

Cette analyse de structure spatiale des déclarations de mortalité a pour but d'orienter les investigations de terrain vers les sources potentielles de risque et les foyers d'infection actifs. Néanmoins, il est peu probable que la recherche de « la cause » de l'agrégat détecté soit systématiquement satisfaisante. Au mieux, un ensemble d'hypothèses plausibles (par exemple : pollution, événement de dessalure particulier, présence d'un organisme pathogène connu et déjà présent / connu mais exotique / inconnu et potentiellement émergent...) pourront être éliminées selon une démarche séquentielle.

Le principe est fondé sur un recueil progressif et hiérarchisé d'informations qui permet de fixer des points d'étapes au cours desquels est décidée la pertinence d'engager ou non de nouvelles actions. Une telle approche offre l'avantage de n'engager des compétences et des moyens que progressivement en fonction des conclusions obtenues aux étapes intermédiaires tout en garantissant aux parties prenantes une rigueur méthodologique, une transparence dans la démarche et des arguments objectifs et opposables.

Par exemple, l'investigation d'un agrégat pourra aboutir à des prélèvements d'animaux pour analyses diagnostiques de laboratoire et à la **mise en place d'une enquête étiologique, tel que le GT y réfléchira au cours de l'année 2014**. La figure 1 illustre la démarche d'une investigation d'agrégats spatio-temporels de mortalités de coquillages marins, de la détection initiale du problème jusqu'à l'identification de la zone d'intervention.

Figure 1. Diagramme de la démarche de la détection à l'investigation d'un agrégat spatio-temporel de mortalité de coquillages marins



3. Références bibliographiques

- (1) Kulldorff M, Heffernan R, Hartman J, Assunção RM, Mostashari F. A space-time permutation scan statistic for the early detection of disease outbreaks. PLoS Medicine, 2005; 2:216-224

**Annexe 2 : Répartition des classes d'âge d'huîtres par secteur de production
issue des discussions avec les acteurs normands de l'ostréiculture**

Secteur	Proportion naissant issu de captage (%)	Proportion naissant issu écloserie (%)	Proportion demi-élevage (%)	Proportion adulte (%)	Total (%)
Anneville sur mer	0	0	100	0	100
Annonville	17	17	33	33	100
Baie de Saire	5	5	80	10	100
Blainville	20	20	40	20	100
Briqueville	17	17	33	33	100
Côte des Isles	25	25	50	0	100
Géfosse	13	7	40	40	100
Grandcamp	53	27	10	10	100
Iles Chausey	20	20	40	20	100
Lestre	17	17	33	33	100
Lingreville	17	17	33	33	100
Meuvaines	15	25	50	10	100
Morsalines	5	5	80	10	100
Nord Est cotentin	0	100	0	0	100
Pirou	0	0	100	0	100
Pointe d'Agon	0	0	0	100	100
Utah Beach	0	0	50	50	100

Annexe 3 : Rapport d'analyse automatique



Rapport huître N°8

Analyse des signalements de mortalités des huîtres creuses par SMS en Normandie

© 2016 Ifremer - Rapport huître N°8

Période du **07/09/2016 au 23/09/2016**

OSTA AMIGO Axel, DUTTA Bhagat Lal et LUPO Coralie
Ifremer, Laboratoire de Génétique et Pathologie des Mollusques Marins



Financé par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

Contexte

L'étude OPTINORM est conduite dans le cadre de l'évolution de la surveillance de la santé des coquillages marins. Son but est d'aider à rationaliser et optimiser les interventions sur le terrain lors d'évènements inhabituels de mortalités de coquillages observés dans un même bassin de production. Elle vise à tester un outil, créé pour détecter précocement des mortalités inhabituelles afin d'aider à des prises de décision rapides visant à limiter la diffusion d'agents pathogènes nouvellement détectés dans les eaux francaises. En cas de détection de mortalités de coquillages regroupées dans le temps et dans l'espace et afin de maximiser les chances de détection d'une maladie émergente ou exotique, il s'agira de cibler sur ces regroupements des interventions telles que les prélevements de coquillages à envoyer au laboratoire d'analyses diagnostiques. L'hypothèse sous-jacente est qu'un regroupement spatio-temporel d'évènements de mortalités reflète potentiellement un foyer infectieux.

L'étude OPTINORM est conduite en Normandie, sur la période de Juin à Décembre 2016. Elle est financée par la Direction générale de l'alimentation du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Ses partenaires sont le Comité régional de la conchyliculture Normandie/Mer du Nord, Synergie Mer et littoral (SMEL), la Direction départementale des territoires et de la mer du Calvados, la Direction départementale des territoires et de la mer de la Manche et l'Ifremer (Laboratoire Environnement Ressources Normandie et Laboratoire de Génétique et Pathologie des Mollusques Marins).

Objectif

L'objectif est de détecter et de localiser précocement des regroupements de mortalités de coquillages signalés par les conchyliculteurs par SMS, en temps quasi-réel.

Méthode

La détection spatio-temporelle des regroupements de signalements de mortalités de coquillages est réalisée en appliquant la **méthode de balayage de Kulldorff**¹. Son principe est l'analyse d'une emprise géographique et d'une période afin d'identifier des zones pour lesquelles une incidence plus élevée de signalements de mortalité est observée au cours d'un cycle de marée. Pour cela, une fenêtre de recherche balaie la zone d'étude et dénombre les signalements de mortalité observés et théoriques à l'intérieur et à l'extérieur de chaque fenêtre. Cette analyse est appliquée à un rythme bi-mensuel (14 jours) pour représenter le cycle de marée, conditionnant l'observation de la majeure partie des coquillages élevés ou péchés. La zone géographique de recherche est le cadastre conchylicole.

Résultats

25^{ème} cycle de marée : Période du 20/12/2016 au 31/12/2016

L'analyse des signalements de mortalités d'huîtres creuses a détecté 1 regroupements spatio-temporels de mortalités (avec P value < 0.05).

1. KULLDORFF M., HEFFERNAN R., HARTMAN J., ASSUNC?O R.M., MOSTASHARI F.(2005).A space-time permutation scan statistic for the early detection of disease outbreaks.Plos Medicine ; 2 :216-224.

	Secteur	Age	Date ^e
1	blainville	naissant	30/05/2016
2	blainville	naissant	01/06/2016
3	blainville	naissant	01/06/2016
4	blainville	naissant	02/06/2016
5	gefosse	naissant	02/06/2016
6	grandcamp	naissant	02/06/2016
7	gouville	naissant	03/06/2016
8	briqueville	naissant	03/06/2016
9	blainville	naissant	03/06/2016
10	blainville	naissant	04/06/2016
11	agon	naissant	04/06/2016
12	blainville	naissant	06/06/2016
13	blainville	naissant	06/06/2016
14	gefosse	naissant	20/06/2016
15	st germain	naissant	20/06/2016
16	meuvaines	naissant	21/06/2016
17	blainville	naissant	21/06/2016
18	lingreville	naissant	23/06/2016
19	tocquaise	naissant	04/07/2016
20	grandcamp	naissant	18/07/2016
21	tocquaise	naissant	19/07/2016
22	gefosse	adulte	26/07/2016
23	utrah	adulte	15/08/2016
24	tocquaise	naissant	14/09/2016
25	gefosse	naissant	20/10/2016
26	gefosse	demi-elevage	20/10/2016
27	gefosse	adulte	20/10/2016

TABLE 1 – Tableau récapitulatif des 27 signalements de mortalité par SMS reçus depuis le début de l'étude.

Cluster	Secteur	Latitude	Longitude	Rezon	Debut	Fin	Nombre.de.css	Pvalut
1	1 tocquaise	49.61	-1.22	3.56	13	24	1	P<0.05

TABLE 2 – Tableau récapitulatif des regroupements spatio-temporels identifiés au 25^eème Cycle de marée (période du 20/12/2016 au 31/12/2016) sur le littoral normand, à partir de 27 signalements de mortalité reçus par SMS.

FIGURE 1 – Carte globale des regroupements spatio-temporels identifiés au **25^{ème}** Cycle de marée (période du **20/12/2016 au 31/12/2016**) sur le littoral normand, à partir de **27** signalements de mortalité reçus par SMS.

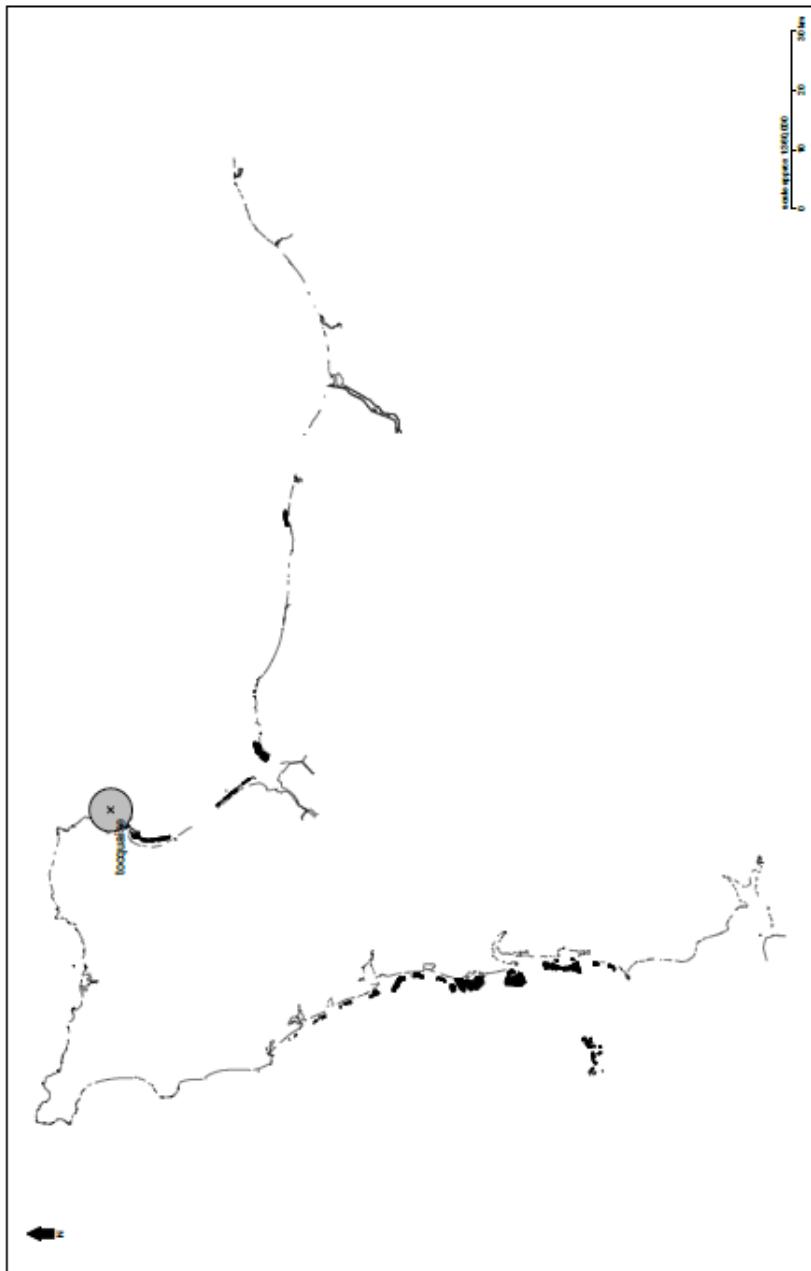
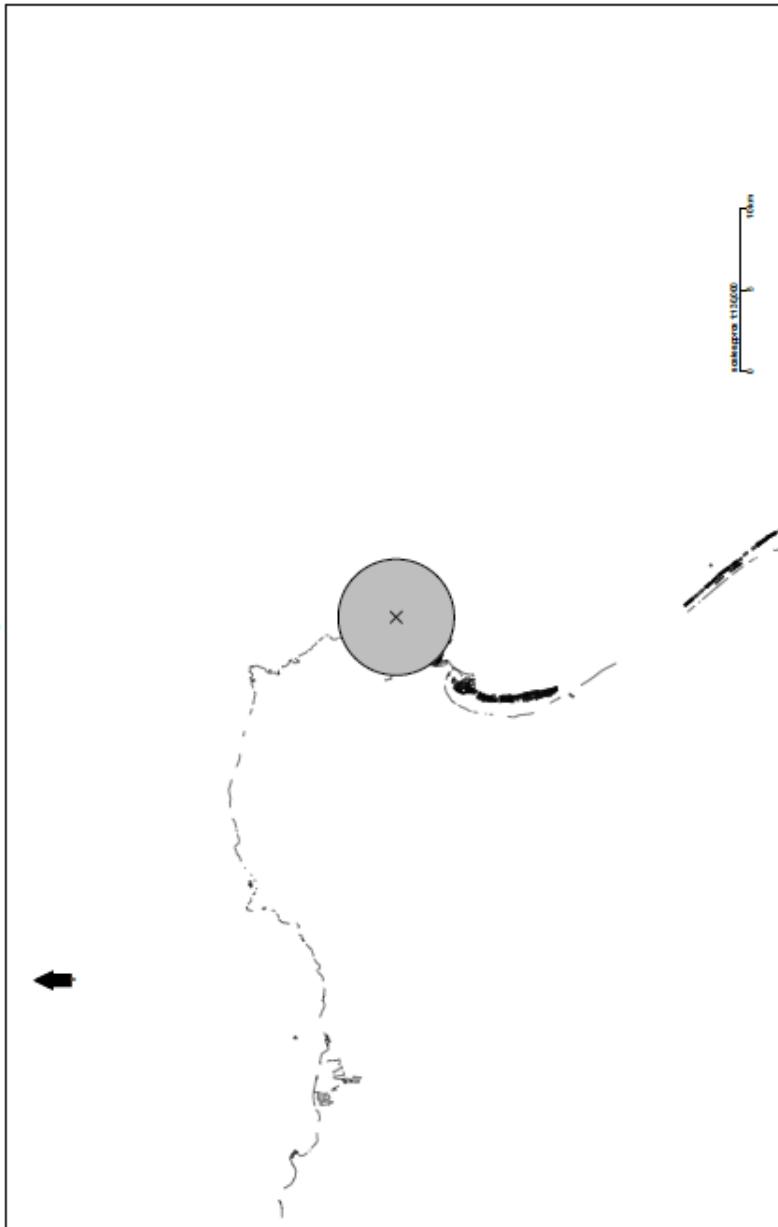


FIGURE 2 – Cartes individuelles des regroupements spatio-temporels identifiés au 25^{ème} Cycle de marée (période du 20/12/2016 au 31/12/2016) sur le littoral normand, à partir de 27 signalements de mortalité reçus par SMS.

tocquaise



Annexe 4 : Campagne de communication pour le signalement par SMS des mortalités de coquillages en Normandie

Recto :

OPZ NORM

Signalements par SMS

Dans le cadre de l'évolution de la surveillance de la santé des mollusques marins, un outil de signalement des hausses de mortalité des coquillages est testé en Normandie depuis le 1^{er} Juin 2016.

Etapes de l'outil

```
graph TD; A["Vous observez une hausse de mortalité sur une concession"] --> B["Vous envoyez un SMS de signalement au 06 82 55 73 12"]; B --> C["Vous recevez un SMS automatique de confirmation"]; C --> D["Vous pouvez visualiser les regroupements de mortalités observées www.ifremer.fr/regional/cartographie"]; D --> A
```

ENVOYEZ par SMS

- 1 le mot « **MORTA** »
- 2 l'**espèce**
- 3 la **classe d'âge**
- 4 le nom du **Secteur**
Liste des secteurs au dos
- 5 la **date d'observation**
jj/mm/aaaa

06 82 55 73 12

Toutes les **informations** doivent être **séparées** par une **virgule**.

N'oubliez pas de remplir la fiche de déclaration de mortalité auprès de votre DDTM.

Smel
Synergie Mar et Univers
Innovation & Développement

COMITE REGIONAL CONCHYLICULTURE
Normandie/Mer du Nord

Financement par
le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

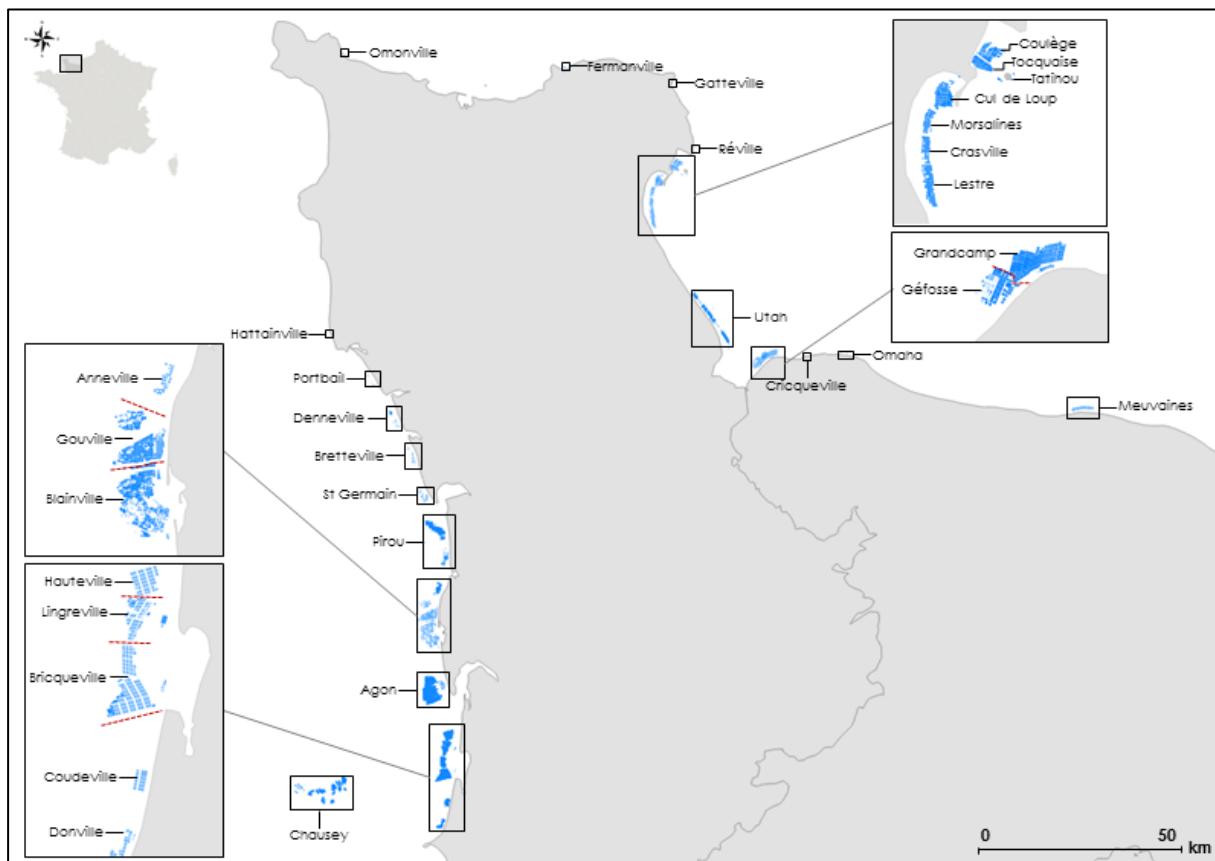
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE,
de l'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

Ministère de l'Énergie, du Climat et du Développement
durable

Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Ifremer

Verso :



Annexe 5 : Répartition par secteur de production des mortalités d'huîtres et de moules signalées par SMS

Huîtres :

Secteur	Du 27/05 au 10/06	Du 11/06 au 26/06	Du 27/06 au 10/07	Du 11/07 au 26/07	Du 27/07 au 08/08	Du 09/08 au 25/08	Du 26/08 au 06/09	Du 07/09 au 23/09	Du 24/09 au 06/10	Du 07/10 au 21/10	Du 22/10 au 03/11	Du 04/11 au 20/11	Du 21/11 au 04/12	Du 05/12 au 19/12	Du 20/12 au 31/12	Total
Agon	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Anneville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blainville	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Bretteville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bricqueville	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Chausey	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coulège	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crasville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cricqueville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cul de Loup	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Denneville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fermanville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gatteville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gefosse	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	6
Gouville	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Grandcamp	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Hattainville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hauteville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lingreville	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Meuvaines	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Morsalines	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omaha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omonville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pirou	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Portbail	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
St Germain	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tatihou	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tocquaise	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Utah	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	13	2	1	1	0	6	0	1	0	3	0	0	0	0	0	27

Moules :

Secteur	Du 27/05 au 10/06	Du 11/06 au 26/06	Du 27/06 au 10/07	Du 11/07 au 26/07	Du 27/07 au 08/08	Du 09/08 au 25/08	Du 26/08 au 06/09	Du 07/09 au 23/09	Du 24/09 au 06/10	Du 07/10 au 21/10	Du 22/10 au 03/11	Du 04/11 au 20/11	Du 21/11 au 04/12	Du 05/12 au 19/12	Du 20/12 au 31/12	Total
Agon	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Annoville	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bretteville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bricqueville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chausey	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coudeville	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Donville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gefosse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hauteville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lingreville	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pirou	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Utah	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3	0	0	0	0	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	11

Annexe 6 : Infographie de l'étude OPTINORM

