

Produits Sentinel-3 pour la détection de l'EUtROphication et des efflorescences algales nuisibles (HAB) dans la région France-Manche- Angleterre



Résumé des livrables et des résultats.

Gavin Tilstone¹, Silvia Pardo¹, Stephanie Allen¹, Andrey Kurekin¹, Claire Widdicombe¹, Darren Snee¹, Océane Marcone¹, Helen Parry¹, Peter Miller¹, Aser Mata¹, Malcolm Woodward¹, Heather Baxter¹, Ruth Calder-Potts¹, Jon White¹, Karen Tait¹, Paul Somerfield¹, Emmanuelle Autret², Jean-Francoise Le Roux², Francis Gohin², Duncan Purdie³, Anouska Panton³, Tania Hernandez-Farina⁴, Angeline Lefran⁴, Florence Menet⁴, Alain Lefebvre⁵, Camille Dezécache⁵, Stéphane Karasiewicz⁵, Catherine Paul⁶, Maxime Le Grill⁶, Mike Best⁷, Sarra Chenouf⁸, Jose Perez⁸, Pascal Raux⁸.

¹PML - Plymouth Marine Laboratory, Prospect Place, The Hoe,
Plymouth, PL1 3DH, UK.

²IFREMER – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la
Mer, Centre de Bretagne, CS 10070, 29280 Plouzané, France.

³UoS – University of Southampton, Southampton SO14 3ZH, UK.

⁴IFREMER – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la
Mer, Centre de Port en Bessin, Avenue du Général de Gaulle BP 32,
14 520 Port-en-Bessin, France.

⁵IFREMER – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la
Mer, Boulogne-sur-mer, Centre Manche Mer du Nord 150, Quai
Gambetta 62200, Boulogne, France.

⁶CRPN - Comité Régional des Pêches de Basse Normandie, 9 Quai
Général Lawton Collins, 50100 Cherbourg-Octeville, France.

⁷Environment Agency, Aqua House, East Station Road, Peterborough,
Cambridgeshire PE2 8AG, UK.

⁸UBO – Université de Bretagne Occidentale, 3 Rue des Archives,
F29238 Brest, France.



Contents

RESUME EXECUTIF.....	4
Objectif général:	4
Trois principaux résultats:.....	4
Résultat du programme (pour répondre à l'indicateur INTERREG-VA 3.2. Améliorer et protéger les écosystèmes des eaux côtières et de transition) :	4
Résultats principaux:	5
Module de travail 1. Portail des données transfrontalier.	5
Tâche 1.1. Un portail des données transfrontalier.	5
Tâche 1.2. Facteurs environnementaux influençant les HAB dans la région FMA.	5
Tâche 1.3. Dispersion et transport des HAB dans la région FMA.	6
Tâche 1.4. Evaluation du Bon Etat Ecologique (BEE) de référence dans la Manche.	6
Tâche 1.5. Création de cinq algorithmes de détection des HAB et de produits relatifs à la qualité de l'eau pour Sentinel-3.	7
Module de travail 2. Système d'alerte en ligne.....	7
Tâche 2.1. Création d'un système d'alerte en ligne pour la détection des HAB et la dégradation de la qualité de l'eau.	7
Tâche 2.2. Rapport sur les paramètres pour augmenter la productivité et l'efficacité des opérations.	8
Tâche T2.4. Précision du système d'alerte en ligne.....	8
Module de travail 3. Évaluation socio-économique des HAB.	8
Tâche 3.1. Inventaire des parties prenantes et matrice des intérêts.....	8
Tâche 3.2. Rapport sur les perceptions des HAB et les besoins du système d'alerte en ligne.	8
Tâche 3.3. Rapport sur les impacts socio-économiques des HAB.....	9
Module de travail C. COMMUNICATIONS.	9
Tâche C.1. Web site.....	9
Tâche C.2. Ateliers avec les parties prenantes.	9

Tâche C.3. Articles publiés dans des magazines pour le grand public pendant le projet:	10
Tâche C.3. Publications scientifiques de rang A du projet :	10

RESUME EXECUTIF.

Objectif général:

Améliorer la gestion des efflorescences algales nuisibles (HAB) et de la qualité de l'eau dans l'espace France-Manche-Angleterre (FMA), en créant un système d'alerte ayant une meilleure couverture spatiale et temporelle des zones de production conchylicoles et de pêche et un temps de réaction plus rapide.

Trois principaux résultats:

1. Un portail des données transfrontalier ,
2. Un système d'alerte en ligne pour détecter la qualité de l'eau et les HAB qui permettra de réagir plus rapidement à ces événements ,
3. Une évaluation socio-économique des effets associés aux HAB le long des côtes françaises et anglaises.

Résultat du programme (pour répondre à l'indicateur INTERREG-VA 3.2. Améliorer et protéger les écosystèmes des eaux côtières et de transition) :

- A. Le projet a impliqué 70 parties prenantes ,
- B. Organisé 6 ateliers avec les parties prenantes, a reçu x questionnaires et réalisé y entretiens individuels avec les parties prenantes, et a organisé un symposium pour présenter les résultats du projet.
- C. Conduit 10 démonstrations du système d'alerte en ligne avec les parties prenantes,
- D. Produit 8 rapports principaux,
- E. Publié 11 articles scientifiques,
- F. Publié 5 articles dans des journaux 'grand public',
- G. Créé 1 site web,
- H. Produit 2 brochures de projet.

Résultats principaux:

Module de travail 1. Portail des données transfrontalier.

Tâche 1.1. Un portail des données transfrontalier.

- Le projet a créé un portail de données transfrontalier composé de données *in situ* provenant de stations de surveillance, des données à haute fréquence issues des bouées instrumentées et de données Copernicus Sentinel-3, qui peuvent être consultées ici : <ftp://ftp.ifremer.fr/eurohab>
- Les données *in situ* et des bouées proviennent de l'Agence de l'environnement, de l'IFREMER REPHY, de la bouée de données de l'Université de Southampton Solent, de l'observatoire de la Manche-occidentale du Plymouth Marine Laboratory (www.westernchannelobservatory.org.uk) et incluent la température, la salinité, les nutriments, la chlorophylle-a (Chl-a), le dénombrement du phytoplancton par espèce (y compris les espèces HAB), l'oxygène dissous, la turbidité et la vitesse du vent.
- En outre, un ensemble unique de données bio-optiques a été analysé à partir des échantillons de l'Observatoire de la Manche occidentale pour le développement d'algorithmes de HAB par satellite.
- Les données Sentinel-3 ont été traitées par l'IFREMER et comprennent le Chl-a, la turbidité et le carbone inorganique particulaire.

Tâche 1.2. Facteurs environnementaux influençant les HAB dans la région FMA.

- La vitesse et la direction du vent déterminent l'abondance de *Dinophysis* sp. le long de la côte sud des Cornouailles.
- Une faible température de l'air en juin a été associée à une faible toxicité dans la chair des mollusques.
- Une température de l'eau d'environ 17 °C et plus a été associée à une plus forte abondance de *Dinophysis* sp à l'est de la baie de Seine, au début des épisodes toxiques (toxines DSP au-dessus du seuil réglementaire) et à une plus forte concentration de toxines dans les coquillages.
- Une plus grande abondance de *Pseudo-nitzschia* a été observée lorsque la concentration en nutriments est relativement faible, la turbidité et la température élevée. L'interaction entre *Pseudo-nitzschia* et son

environnement biotique semble liée aux événements toxiques (toxique ASP au-dessus du seuil sanitaire).

Tâche 1.3. Dispersion et transport des HAB dans la région FMA.

- L'utilisation de *Phaeocystis globosa* et *Pseudo-nitzschia* comme espèces indicatrices d'eutrophisation a été testée.
- Un changement significatif dans les années 2000 entre les deux espèces s'est produit en réponse à des changements dans l'azote inorganique dissous (DIN).
- Les données moléculaires des échantillons d'eau et de sédiments contenant des algues nuisibles provenant de la station L4 de l'Observatoire de la Manche occidentale (www.westernchannelobservatory.org.uk) ont été analysées pour évaluer le lien entre les efflorescences de surface et leur apparition dans le benthos.
- L'ensemble des données moléculaires a montré des différences dans les HAB détectés à l'aide des données taxonomiques pour certaines espèces et a illustré un découplage entre les observations pélagiques et benthiques sur ce site.

Tâche 1.4. Evaluation du Bon Etat Ecologique (BEE) de référence dans la Manche.

- L'évaluation du BEE de référence a consisté en une série de paramètres qui ne dépassent pas les seuils définis de 11 descripteurs qui incluent des changements dans la composition du phytoplancton conduisant à des efflorescences nuisibles et / ou toxiques. Au cours du projet, les changements dans ces paramètres ont été analysés dans les eaux de la Manche.
- Les résultats ont montré une augmentation de l'abondance du phytoplancton, due à une augmentation de la proportion de petites cellules et de dinoflagellés, corrélée à une augmentation du rapport DIN : DIP.
- Les données obtenues ont contribué aux nouveaux rapports OSPAR QSR 2023 PH1, PH2 et PH3 qui seront publiés en février 2023.
- En outre, une nouvelle méthode a été développée afin d'utiliser les données de production primaire dérivée du satellite pour définir les valeurs indicatrices seuils de la production primaire P90 pour les régions OSPAR.

- Des cas d'étude de ont été inclus afin de montrer comment les valeurs seuils indicatrices peuvent être utilisées pour détecter les perturbations anthropiques dans les eaux côtières et en haute mer.
- Ce travail contribue aux rapports OSPAR QSR sur les indicateurs PH2 (biomasse et abondance du plancton) et FW2 (évaluation de la productivité primaire).

Tâche 1.5. Création de cinq algorithmes de détection des HAB et de produits relatifs à la qualité de l'eau pour Sentinel-3.

- Des algorithmes spécifiques ont été développés par le PML pour la détection du risque de HAB de *Karenia mikimotoi*, *Pseudo-nitzschia*, *Phaeocystis* et *Lepidodinium chlorophorum*, en utilisant les données optiques disponibles de Sentinel-3.
- Des indicateurs proxy pour la détection de l'espèce *Dinophysis*, qui provoque des syndromes diarrhéiques liés à la consommation des coquillages, ont également été recherchés.

Module de travail 2. Système d'alerte en ligne.

Tâche 2.1. Création d'un système d'alerte en ligne pour la détection des HAB et la dégradation de la qualité de l'eau.

- Le système d'alerte en ligne met à disposition des cartes simples et faciles à visualiser, à une résolution de 1 km ou 300 m, pour indiquer la présence d'efflorescences de *Pseudonitzschia* spp, *Karenia mikimotoi* et *Phaeocystis globosa*.
- Des cartes de Chlorophylle-a (percentil 90 ou P90) et de production primaire P90 sont également disponibles comme indicateurs de la qualité de l'eau.
- Les séries temporelles de Chl-a par satellite ont montré une diminution de la Chl-a dans la Manche dans les mois de mai, juin et juillet et cela de 1998 à 2017.
- Cette tendance est corrélée à une baisse des débits fluviaux en fin de période et à une réduction de l'apport en phosphore par les rivières.
- Des exemples d'indicateurs de vulnérabilité aux HAB des pêcheries de coquilles Saint-Jacques dans les zones de pêche autour de la Baie de Seine sont également fournis.
- D'autres paramètres environnementaux tels que la température, la salinité, la profondeur de la couche mixte océanique, les précipitations, la

vitesse et la direction du vent sont également disponibles dans le système d'alerte en ligne.

Tâche 2.2. Rapport sur les paramètres pour augmenter la productivité et l'efficacité des opérations.

- Un certain nombre de paramètres, qui augmentent ou diminuent la productivité des coquillages, sont disponibles à partir de données de télédétection par satellite. Il s'agit notamment de la température, de la salinité, de la lumière, de la chlorophylle-a (Chl a) comme indicateur de la biomasse du phytoplancton, des particules en suspension (SPM) et des indicateurs de la bathymétrie et/ou du type d'habitat.
- Suite à la consultation des parties prenantes dans le cadre d'ateliers organisés en Angleterre et en France, un certain nombre de ces paramètres ont été mis à disposition via le système d'alerte web S3-EUROHAB pour aider les conchyliculteurs à optimiser leur cycle d'élevage.

Tâche T2.4. Précision du système d'alerte en ligne.

- La précision des indicateurs de risque HAB pour *Karenia mikimotoi*, *Phaeocystis globosa* et *Pseudo-nitzschia* spp. a été testée avec les images OLCI S-3 de la Manche, utilisées pour entraîner l'algorithme HAB.
- Pour *Karenia* et *Phaeocystis*, une bonne corrélation a été constatée entre l'abondance et le risque de HAB, tandis que pour *Pseudo-nitzschia* sp. un grand nombre de faux positifs a été relevé.
- Une méthode de traitement de l'information (fuzzy logic method) utilisant des paramètres environnementaux pour contraindre l'indicateur de risque HAB pour *Karenia* sp. a amélioré la précision des cartes de risque HAB.

Module de travail 3. Évaluation socio-économique des HAB.

Tâche 3.1. Inventaire des parties prenantes et matrice des intérêts.

- Une cartographie des parties prenantes a été construite.

Tâche 3.2. Rapport sur les perceptions des HAB et les besoins du système d'alerte en ligne.

- Les parties prenantes ont indiqué qu'il serait utile de disposer d'informations sur les espèces de HAB (quelles espèces, à quelles densités) ainsi que sur la dispersion des populations (en particulier les

espèces qui produisent des toxines lipophiles et qui se trouvent au large) et sur les mouvements des masses d'eau qui pourraient contenir des populations toxiques/nuisibles.

- Ils étaient intéressés par la prise en compte de la modélisation du panache des fleuves dans le système de prévision.
- En outre, les parties prenantes ont demandé des données sur un certain nombre de facteurs abiotiques tels que la température de l'air et de l'eau, les niveaux de nutriments, la transparence de l'eau, les courants, le vent, la salinité et l'altimétrie.

Tâche 3.3. Rapport sur les impacts socio-économiques des HAB.

- Dans le cadre du cas d'étude anglais, sur la base du prix de vente des moules et de la quantité produite chaque semaine pendant l'été ; la perte hebdomadaire de ventes pour les producteurs du sud du Devon et des Cornouailles s'élève à 26 350 £ et 100 000 £ (données basées sur 4 producteurs de coquillages, soit 50 % du nombre total de producteurs dans la région).
- Cette fourchette de coûts ne prend pas en compte le coût du rappel des lots de moules déjà expédiés qui doivent être détruits après un résultat de toxicité par HAB positif. Le rappel d'une tonne de moules peut coûter environ 160 £.
- Pour la pêcherie française de coquilles Saint-Jacques en Manche orientale, l'analyse des interdictions de commercialisation liées aux HAB et des impacts économiques potentiels associés, a montré qu'un processus dynamique de prise de décision impliquant des experts et l'Administration cherche à trouver un équilibre acceptable entre risques sanitaires et impacts économiques associés aux HAB.
- Des indicateurs de vulnérabilité pour la communauté de pêcheurs et de conchyliculteurs ont été développés pour les aider à construire des réponses anticipées et des actions adaptatives suite à des fermetures.

Module de travail C. COMMUNICATIONS.

Tâche C.1. Web site.

- <https://www.s3eurohab.eu/>

Tâche C.2. Ateliers avec les parties prenantes.

- Six ateliers spécialisés ont été organisés.

- 12 démonstrations en ligne du système d'alerte ont été réalisées.
- 16 entretiens individuels ont été menés au Royaume-Uni.
- 70 parties prenantes ont été impliquées.
- Plus de 70 questionnaires sur le système d'alerte en ligne ont été reçus.

Tâche C.3. Articles publiés dans des magazines pour le grand public pendant le projet:

- Fish Farming Magazine;
- Fishing News;
- The Marine Biologist;
- Ocean Challenge;
- Cultures Marines;
- Produits de la Mer.

Tâche C.3. Publications scientifiques de rang A du projet :

- 1) Tilstone, G. H., Land, P. E., Pardo, S., Kerimoglu, O., Van der Zande, D. 2023. Threshold indicators of primary production in the north-east Atlantic for assessing environmental disturbances using 21 years of satellite ocean colour. *Sci. Tot. Env.*, 854, 158757. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158757>
- 2) Chenouf S, Merzereaud M, Raux P, Pérez Agúndez JA. Dataset for Estimated Closures of Scallop (*Pecten maximus*) Production Areas Due to Phycotoxin Contamination along the French Coasts of the Eastern English Channel. *Data*. 2022; 7(8):103. <https://doi.org/10.3390/data7080103>
- 3) Pérez Agúndez JA, Chenouf S, Raux P. Addressing the Governance of Harmful Algal Bloom Impacts: A Case Study of the Scallop Fishery in the Eastern French Coasts of the English Channel. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2022; 10(7):948. <https://doi.org/10.3390/jmse10070948>
- 4) McCluskey, E.; Brewin, R.J.W.; Vanhellemont, Q.; Jones, O.; Cummings, D.; Tilstone, G.; Jackson, T.; Widdicombe, C.; Woodward, E.M.S.; Harris, C.; Bresnahan, P.J.; Cyronak, T.; Andersson, A.J. On the Seasonal Dynamics of Phytoplankton Chlorophyll-a Concentration in Nearshore and Offshore Waters of Plymouth, in the English Channel: Enlisting the Help of a Surfer. *Oceans* 2022, 3, 125-146. <https://doi.org/10.3390/oceans3020011>
- 5) Karasiewicz, S., Lefebvre, A. 2022. Environmental Impact on Harmful Species *Pseudo-nitzschia* spp. and *Phaeocystis globosa* Phenology and Niche. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10, 174. <https://doi.org/10.3390/jmse10020174>

- 6) Panton, A., Purdie, D. A. 2022. *Dinophysis* spp. abundance and toxicity events in South Cornwall, U.K.: Interannual variability and environmental drivers at three coastal sites. *Harmful Algae*, 112, 102169, <https://doi.org/10.1016/j.hal.2021.102169>.
- 7) Tilstone, G.H.; Pardo, S.; et al. Consistency between Satellite Ocean Colour Products under High Coloured Dissolved Organic Matter Absorption in the Baltic Sea. *Remote Sens.* **2022**, *14*, 89. <https://doi.org/10.3390/rs14010089>
- 8) Lefran, A., Hernández-Fariñas, T., Gohin, F., Claquin, P. 2021. Decadal trajectories of phytoplankton communities in contrasted estuarine systems in an epicontinental sea, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 258,: 107409, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107409>.
- 9) Lefebvre, A., Dezécache, C. 2020. Trajectories of Changes in Phytoplankton Biomass, *Phaeocystis globosa* and Diatom (incl. *Pseudo-nitzschia* sp.) Abundances Related to Nutrient Pressures in the Eastern English Channel, Southern North Sea. *J. Mar. Sci. Eng.*, 8, 401; <https://doi:10.3390/jmse8060401>
- 10) Gohin, F., et al. 2020. Satellite and In Situ Monitoring of Chl-a, Turbidity, and Total Suspended Matter in Coastal Waters: Experience of the Year 2017 along the French Coasts. *J. Mar. Sci. Eng.*, 8, 665; <https://doi:10.3390/jmse8090665>
- 11) Gohin, F., Van der Zande, D., Tilstone, G.H. et al. 2019. Twenty years of satellite and *in situ* observations of surface chlorophyll-*a* from the northern Bay of Biscay to the eastern English Channel. Is the water quality improving? *Remote Sensing of Environment*, 233, 111343. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111343>