



HAL
open science

Les vers de sable de la côte d'Opale : pour une gestion durable des populations afin de préserver la fourniture de services écosystémiques

Sylvie Marylène Gaudron, Lola de Cubber, Sébastien Lefebvre

► To cite this version:

Sylvie Marylène Gaudron, Lola de Cubber, Sébastien Lefebvre. Les vers de sable de la côte d'Opale : pour une gestion durable des populations afin de préserver la fourniture de services écosystémiques. François Schmitt. Observer le monde marin de la ressource à l'assiette, Editions Universitaires Européennes, 2024, 978-3-8416-7831-7. <hal-04881947>

HAL Id: hal-04881947

<https://hal.science/hal-04881947v1>

Submitted on 24 Jan 2025

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

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



HAL Authorization

Les vers de sable de la côte d'Opale : pour une gestion durable des populations afin de préserver la fourniture de services écosystémiques

Gaudron Sylvie Marylène, De Cubber Lola et Lefebvre Sébastien

Introduction

Les vers de sables, sont des polychètes qui représentent une part élevée de la biomasse des fonds marins (communément appelé le benthos). Ils jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de l'écosystème benthique et servent de bioindicateurs de l'état de santé du milieu marin. Certaines espèces ont une valeur marchande dans les pêcheries où elles sont utilisées comme appâts par les pêcheurs (Watson et al., 2017). En aquaculture, les polychètes peuvent être utilisés soit comme compléments alimentaires en raison de leur haute valeur nutritionnelle pour les espèces aquatiques cultivées, soit pour leurs capacités de dépollution des déchets organiques en aquaculture intégrée (Jerónimo et al., 2020). Enfin, des études ont montré l'intérêt thérapeutique que peuvent avoir les composés de certaines espèces de polychètes pour des applications en santé humaine (par exemple l'hémoglobine) (Kuijk LM & van Die I)¹. Pour toutes ces raisons, l'élevage et la pêche des polychètes suscitent un intérêt croissant et constituent des enjeux actuels². Cette attractivité entraîne un prélèvement intensif de ces espèces par la pêche à pieds, principalement sur l'estran, qui se traduit par une altération du milieu et a donc un effet délétère sur les écosystèmes benthiques. Pour remédier à ce problème, quelques pays (ex : USA, Royaume Uni etc.) ont mis en place des réglementations visant à réguler le taux de prélèvement au fil des ans dans les zones sensibles³. En France, la mise en place d'une réglementation de la pêche aux vers marins a pris du retard. Celle-ci n'est pas encore définie correctement, car contrairement aux prélèvements de moules ou de coques qui font l'objet de suivis réguliers de terrain par des bureaux d'études sur la dynamique de populations permettant de mettre en place des mesures

¹ Kuijk LM, van Die I (2010) Worms to the rescue: can worm glycans protect from autoimmune diseases? *IUBMB life* 62(4): 303–312.

² Micael J, Sonsona R, Costa AC (2016) The potential of marine live-bait introductions into oceanic islands. *Journal of Coastal Conservation* 20(2): 157–164.

³ Cabral S, Alves AS, Castro N, Chainho P, Sá E, da Fonseca LC, Fidalgo-Costa F, Castro J, Canning-Clode J, Pombo A, Costa JL (2019) Polychaete annelids as live bait in Portugal: Harvesting activity in brackish water systems. *Ocean & Coastal Management* 181: 104890.

adaptées (taille minimale de collecte, fermeture de sites suivant certaines périodes de l'année, nombre d'individus collectés...), rien de tel n'existe pour les vers marins.

C'est pourquoi des études sur le cycle de vie, sur le métabolisme énergétique et sur la dynamique de population des vers de sable de la côte d'Opale (Manche Est) ont été initiées en 2015 dans le cadre du programme national 'Life-Pêche à pieds de loisirs' puis approfondis de 2016 à 2019 dans le cadre d'une thèse de doctorat financée par l'université de Lille et environnée par le Contrat Plan Etat Région (CPER) MARCO (Recherche Marine et littorale en Côte d'Opale, des milieux aux ressources, aux usages et à la qualité des produits de la mer). Ces travaux de recherche^{4,5,6} ont permis de confirmer la présence de deux espèces de vers de sable sur la côte d'Opale : *Arenicola marina*, connue par les pêcheurs comme 'le ver d'eau', 'le ver à œil', 'le bocard', 'le bouzou', 'la rouge', et *A. defodiens* connue par les pêcheurs comme 'la noire'. Ce sont de supers appâts pour la pêche à la morue, au bar, au flet, à la limande, à la sole, au carrelet, au merlan, à l'anguille et à bien d'autres espèces de poissons. La structure de population, leur répartition spatiale, leur période de reproduction ainsi que la modélisation du métabolisme bioénergétique de ces deux espèces suivant quatre sites de la côte d'Opale ont permis de dresser un premier bilan de l'état de santé de ces populations et de proposer les mesures à prendre dans un futur plan de gestion durable de ces ressources marines. Récemment, un arrêté préfectoral de la Direction interrégionale de la mer Manche Est – Mer du Nord (arrêté 181-2021) a interdit l'usage de la pompe à vers et contraint le nombre de vers à la capture (toutes espèces confondues) pour les départements du Pas-de-Calais et de la Somme afin de limiter la revente illégale d'appâts. Cet arrêté a créé une polémique auprès des pêcheurs à pieds de loisir du Nord-Pas-de-Calais et de la Somme, pêchant exclusivement depuis 30 ans à la pompe à vers. Nous discuterons des mesures envisageables à prendre pour la pêche aux vers de sable sur la côte d'Opale pour une

⁴ De Cubber L, Lefebvre S, Fisseau C, Cornille V, Gaudron SM (2018) Linking life-history traits, spatial distribution and abundance of two species of lugworms to bait collection: A case study for sustainable management plan. *Marine environmental research* 140: 433–443.

⁵ De Cubber L, Lefebvre S, Lancelot T, Denis L, Gaudron SM (2019) Annelid polychaetes experience metabolic acceleration as other Lophotrochozoans: Inferences on the life cycle of *Arenicola marina* with a Dynamic Energy Budget model. *Ecological Modelling* 411: 108773.

⁶ De Cubber L, Lefebvre S, Lancelot T, Duong G, Gaudron SM (2020) Investigating down-shore migration effects on individual growth and reproduction of the ecosystem engineer *Arenicola marina*. *Journal of Marine Systems* 211: 103420.

meilleure gestion des deux espèces et nous nous interrogerons sur la possibilité de considérer les habitats de vers de sable comme des biens ou des services écosystémiques⁷.

Les vers de sable : de l'écologie au cycle de vie en passant par la bioénergie

Les vers de sable *Arenicola marina* et *A. defodiens* n'ont été reconnus morphologiquement que comme deux espèces différentes qu'à partir des années 1990⁸. En effet, seules de petites différences morphologiques existent entre les deux espèces ; les plus notables sont les motifs d'annulations des premiers métamères portant les soies (sétigères). Chez l'arénicole *A. marina* ('la rouge'), il existe une succession d'annulations au nombre de 2, 3 et 4 du premier sétigère au troisième sétigère alors que pour l'arénicole *A. defodiens* ('la noire'), le nombre successif d'annulations est de 2, 2 et 4 [Fig. 1]. La distinction entre les deux espèces est maintenant confirmée grâce à la biologie moléculaire en utilisant les gènes marqueurs du 16S et du COI¹⁰.

Concernant l'habitat, de légères différences de niches écologiques (spatiale et trophique) existent. Les deux espèces vivent dans un milieu sablo-vaseux sur l'estran mais *A. marina* vit généralement en zone médiolittorale dans une galerie en forme de U (5 à 40 cm) et suivant sa taille, migre du haut vers le bas de cette zone au cours du temps¹² alors que *A. defodiens* vit sa vie d'adulte en bas de l'estran (zone infralittorale) dans des galeries en forme de J jusqu'à 70 cm de profondeur et peut aussi se retrouver en milieu subtidal. C'est pourquoi la récolte de *A. marina* se fait de préférence à la bêche ou à la pelle alors que la récolte de *A. defodiens* n'est possible qu'à la pompe. Dans certains cas particuliers, les deux espèces peuvent se retrouver en sympatrie sur l'estran dans la zone infralittorale comme sur les plages de Fort Mahon ou Le Touquet sur la côte d'Opale [Fig. 2]. Pour ces sites en particulier, il semblerait que les juvéniles n'arrivent pas à s'établir en haut ou au milieu de l'estran dû peut-être aux engins mécaniques qui retravaillent le sable sur ces plages¹⁰.

⁷ Liqueste C, Piroddi C, Drakou EG, Gurney L, Katsanevakis S, Charef A, Egoh B (2013) Current Status and Future Prospects for the Assessment of Marine and Coastal Ecosystem Services: A Systematic Review. *PLoS ONE* 8(7): e67737.

⁸ Cadman PS, Nelson-Smith A (1993) A new species of lugworm: *Arenicola defodiens* sp. nov. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 73(1): 213–223.

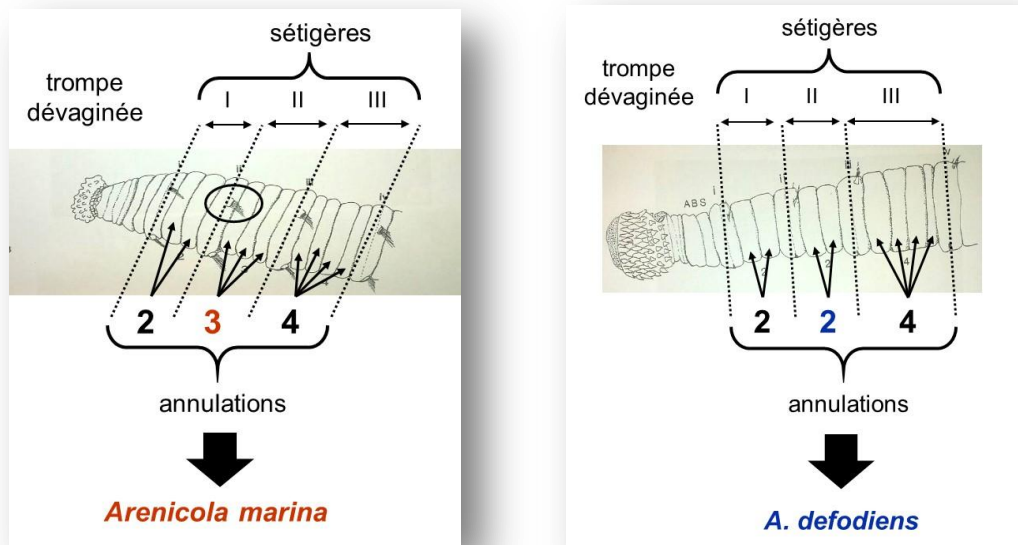


Figure 1 : Différences morphologiques entre *Arenicola marina* et *A. defodiens*. Représentations adaptées de Cadman and Nelson-Smith (1993).

Au niveau du régime alimentaire, les deux espèces sont psammivores ; c'est-à-dire qu'elles ingèrent le sable en l'aspirant avec leur trompe dévaginable. Ce sable transite dans le tube digestif où la matière organique (bactéries, microalgues et détritiques...) est digérée. Le sable est ensuite évacué par l'anus porté par le dernier segment (pygidium) sous la forme de tortillons sur l'estran qui peuvent d'ailleurs servir à l'identification de l'espèce, avec des tortillons bien circulaires et enroulés chez *A. defodiens* comparés à des tortillons un peu plus entremêlés chez *A. marina*⁹. Généralement, 'la rouge' aspire le sable en surface (dépositivore de surface) et laisse ainsi une petite dépression circulaire à une dizaine de centimètres de son tortillon qu'elle a évacué en reculant dans sa galerie en U. Par contre, 'la noire', quant à elle, aspire du sable plus en profondeur (galerie en forme de J) et est considérée comme un dépositivore de subsurface.

Les deux espèces d'arénicoles sont à sexes séparés (gonochoriques) et se reproduisent une fois par an (itéropare). La période de reproduction pour *A. marina* a lieu en automne où la reproduction pour un site donné, s'effectue en quelques jours (ponte épidémique)¹⁰. Sur la côte d'Opale, la période de reproduction¹⁰ d'*A. marina* a lieu entre fin septembre à mi-octobre

⁹ Pires A, Martins R, Magalhães L, Soares A, Figueira E, Quintino V, Rodrigues A, Freitas R (2015) Expansion of lugworms towards southern European habitats and their identification using combined ecological, morphological and genetic approaches. *Mar Ecol Prog Ser* 533: 177–190.

¹⁰ Watson GJ, Williams ME, Bentley MG (2000) Can synchronous spawning be predicted from environmental parameters? A case study of the lugworm *Arenicola marina*. *Marine Biology* 136: 1003–1017.

pour le site de Wimereux, et de fin octobre à mi-Novembre pour les sites de Fort-Mahon et Le Touquet [Fig. 2]. Concernant *A. defodiens*, les pontes sont hivernales entre décembre et janvier pour une même population quel que soit le site sur la côte d'Opale et même au Nord-Est de l'Angleterre^{10, 11}.

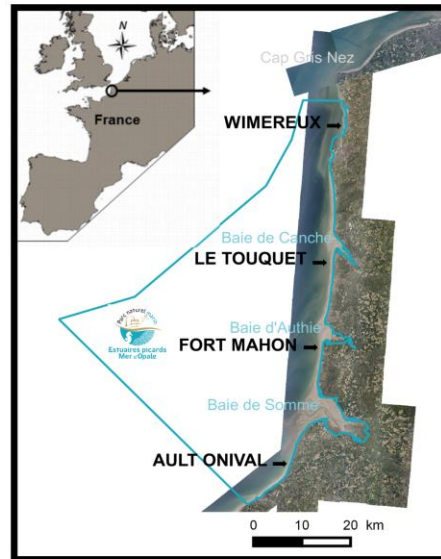


Figure 2 : Localisation de quatre sites d'études des populations d'*Arenicola marina* et *A. defodiens* sur la côte d'Opale en Manche Est.

Pour *A. marina*, les femelles pondent leurs ovocytes à l'intérieur de la galerie, tandis que les mâles libèrent des amas de spermatozoïdes à la surface du sable qui seront dilués par la marée montante et ensuite aspirés dans la galerie des femelles par pompage où aura lieu la fécondation externe¹². A la fin de l'embryogénèse (gastrulation), il y a formation d'une larve trochophore lécithotrophe (se nourrissant des réserves maternelles) qui va croître en acquérant des métamères pour devenir une larve métatrochophore planctonique nageant dans la colonne d'eau [Fig. 3]. Les courants vont transporter la larve pendant plusieurs jours avant que celle-ci ne puisse s'installer temporairement, grâce à la formation d'un tube muqueux, en milieu benthique subtidal, au niveau de moulières ou de macroalgues [Fig. 3]. Le développement larvaire dure plusieurs mois durant lesquels la larve commence à se nourrir par le

¹¹ Watson GJ, Hannah LC, Gaudron SM, Betteley KA, Bentley MG (2008) Extension of the breeding season and its effects on fertilization and development in two species of lugworm (*Arenicola marina* and *A. defodiens*). *J Exp Mar Biol Ecol* 354: 17–27.

¹² Williams ME, Bentley MG, Hardege JD (1997) Assessment of field fertilization success in the infaunal polychaete *Arenicola marina* (L.). *Invert Reprod Dev* 31: 189–197.

développement d'un tube digestif fonctionnel¹³. Il faudra que la larve atteigne le stade de 19 sétigères (segments avec soies) pour avoir atteint la fin de la métamorphose. Une fois la métamorphose complétée, la post-larve retourne dans la colonne d'eau (2^{ème} phase de dispersion) pour venir s'installer en haut de la zone médiolittorale et mener une vie benthique intertidale comme les adultes (régime psammivore et construction d'une galerie en U dans le sable) [Fig. 3]. Tout en grandissant et en acquérant la maturité sexuelle (formation des gamètes) pour devenir un adulte, les arénicoles vont migrer plus bas sur l'estran [Fig. 3]. Le cycle de vie de l'arénicole 'la noire' est moins bien connu. Toutefois, des juvéniles et de jeunes reproducteurs de *A. defodiens* ont été collectés en milieu subtidal au large de Calais (Manche Est) par les auteurs, révélant leur présence en milieu subtidal après la métamorphose contrairement à 'la rouge' où les juvéniles se trouvent en milieu intertidal.

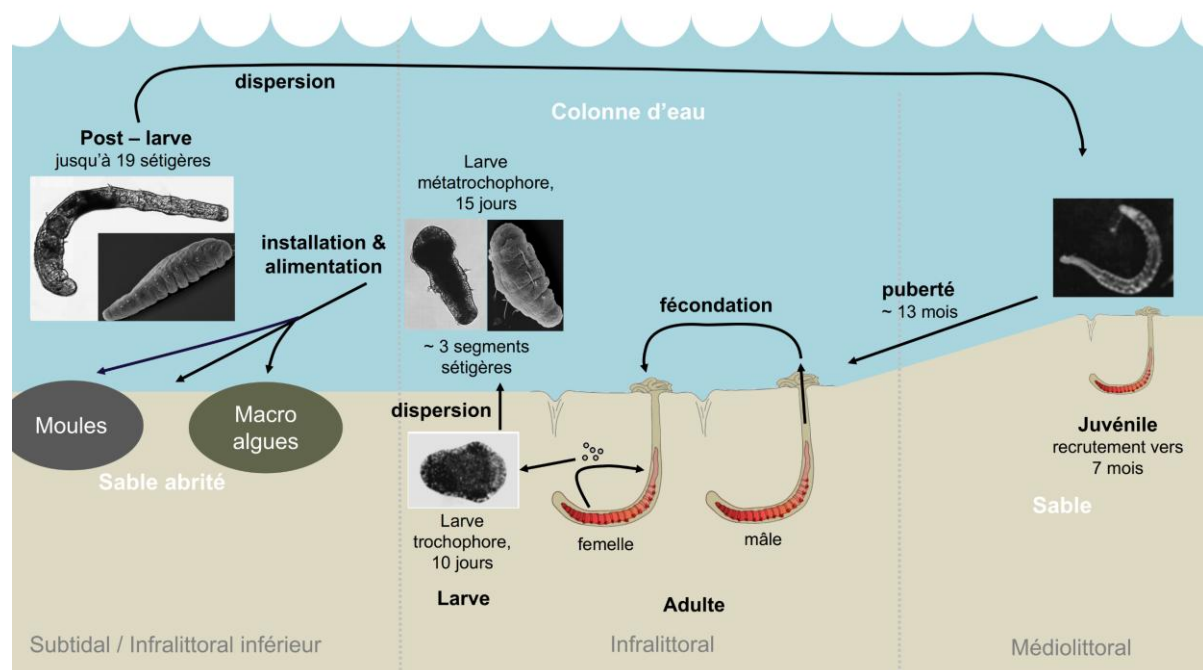


Figure 3 : Cycle de vie de l'arénicole *Arenicola marina*, 'la rouge'.

Deux modèles bioénergétiques basés sur la théorie du 'Dynamic Energy Budget' (DEB)¹⁴ ont été mis en place respectivement pour les deux espèces d'arénicoles et déposés

¹³ Broquard C, Lancelot T, Lefebvre S, Courcot L, Gaudron SM (2022) Larval growth of the polychaete *Arenicola marina* under different temperature and food conditions: consequences on bioenergetic models. *Conservation Physiology* (10): coac033.

¹⁴ Kooijman SALM (2010) Dynamic energy budget theory for metabolic organisation. *Cambridge University Press* 514p.

dans la base de données ‘Add-My-Pet’ (AMP : https://www.bio.vu.nl/thb/deb/deblab/add_my_pet/). Grâce à ces modèles DEB et en utilisant les variables forçantes que sont la température et la disponibilité en nourriture, les pas de temps de certains stades du cycle de vie de l’arénicole ‘la rouge’ ainsi que l’estimation de la taille pour ces stades de vie, ont pu être estimés pour le site de Wimereux [Fig. 2 ; Tableau 1]. Ainsi, pour une température moyenne annuelle de 13°C et un niveau de nourriture moyen annuel de 40% du maximum possible ($f = 0,4$; notation DEB)²⁰, la durée de vie larvaire lécithotrophe dans la colonne d’eau (en anglais *Pelagic Larval Duration* ; PLD) de la première phase de dispersion est de 15 jours [Fig. 3 ; Table 1]. La période de vie larvaire en milieu subtidal sur le fond (le benthos) jusqu’au déplacement des post-larves en haut de l’estran est estimée à 7 mois [Fig. 3 ; Table 1]. Les vers de sable acquièrent la maturité sexuelle au bout de 13 mois et la durée de vie maximale est estimée à 10 ans si toutefois ils ne sont pas capturés par des prédateurs (poissons plats et oiseaux limicoles) ou pêchés par les pêcheurs (Table 1). Des expériences de culture de larves d’arénicoles en laboratoire en conditions contrôlées ont permis de confirmer et d’affiner la taille de première prise de nourriture quand la larve s’établit en milieu subtidal¹⁹.

Tableau 1 : Détails de la taille et de l’âge de différents stades de vie de *Arenicola marina* estimés en utilisant un modèle bioénergétique avec pour variables forçantes la température et la disponibilité en nourriture identifiées au site de Wimereux de façon annuel¹¹.

Traits de vie	Taille	Age
Première prise de nourriture (en milieu subtidal)	~ 450–500 µm	15 jours
Recrues (juvéniles) (en milieu intertidal)	1,12 cm	208 jours
Première maturité sexuelle (en milieu intertidal)	3,5 cm	373 jours
Taille et durée de vie maximales (en milieu intertidal)	12–15 cm	10 ans

Les vers de sable : une importance culturelle, écologique et économique

Importance culturelle

Les vers de sables sont pêchés depuis fort longtemps sur la côte d’Opale pour servir d’appâts (pour la sole, le carrelet, le bar...) sur les bateaux d’échouage des grandes plages que

l'on appelle les flobarts ou les cordiers, qui déployaient des lignes de fond pouvant contenir jusqu'à 8000 hameçons^{15,16}. Les cordes ont été remplacées progressivement par les filets. Les femmes qui pêchaient à cet époque les vers de sable s'appelaient les verrotières (les piqueuses de vers) ou les aqueuses (hameçons). De nombreuses peintures ou photographies ont été retrouvées dans les archives de la région montrant essentiellement les femmes à la fin du XIX^{ème} siècle jusqu'au début du XX^{ème} siècle, pêchant avec une sorte de pelle en bois plutôt allongée à son extrémité [Fig. 4].



Figure 4 : Sur la gauche, représentation des verrotières de la côte d'Opale au XIX^{ème} et début du XX^{ème} siècle (adapté de Bourgain (1999)). Sur la droite, photo d'un pêcheur de loisir pêchant à la pompe des vers de sable sur la côte d'Opale au XXI^{ème} siècle.

Actuellement, la pêche aux vers de sable est une activité de loisir qui représentait à elle-seule en 2015, 14% de la pêche de loisir sur la Côte d'Opale¹⁰. Les engins utilisés pour la pêche sont souvent la pompe à vers (Décathlon Ltd.) [Fig. 4] qui privilégie la pêche de l'arénicole *A. defodiens* ('la noire') en bas de l'estran dans une zone plus vaseuse alors que la fourche (ou la bêche) privilégie la pêche à l'arénicole *A. marina* ('la rouge') en milieu d'estran dans une zone plus sableuse. Si on compte en moyenne 30 vers récoltés par un pêcheur de loisir lors d'une marée et le nombre de prélèvements pour une année par les pêcheurs par rapport à la population totale d'une espèce d'arénicole pour un site donné sur la côte d'Opale, l'espèce *A. marina* a été démontré être la plus vulnérable¹⁰ sur le site de Ault [Fig. 2] et nécessite un plan de gestion pour sa conservation. Suite à un échantillonnage

¹⁵ Louf B, Guennoc F (1998). Les flobarts de la Côte d'Opale. 120 pp.

¹⁶ Bourgain J (1999). Pêches et pêcheurs boulonnais en 1908. 96 pp.

stratifié aléatoire sur 4 sites de la côte d'Opale [Fig. 2], plus de 8 millions de vers de sable (*A. defodiens* et *A. marina*) sont estimés présents à Wimereux, 800 000 à Fort-Mahon, Le Touquet et Ault mais pour ce dernier site, il s'agit principalement de l'espèce *A. defodiens* car *A. marina* est retrouvée en quantité négligeable¹⁰. Parallèlement à la pêche récréative, il existe une pêche professionnelle des vers de sable. Dans ce cadre, des licences sont distribuées par le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CRPMEM) de la Région-Hauts-de-France avec actuellement 104 licences de pêche au vers de sable. Un pêcheur professionnel peut quant à lui prélever jusqu'à 300 vers en 2 heures. On pourrait considérer les vers de sable comme une espèce patrimoniale. En effet, une espèce patrimoniale¹⁷ est "une espèce rare ou menacée qui nécessite une gestion locale et qui peut être une espèce phare et avoir une importance culturelle". L'espèce n'est pas rare mais nous avons vu que pour le site de Ault, le nombre d'individus de l'espèce *A. marina* est très faible et que l'on peut considérer que pour ce site en particulier l'espèce est menacée. De plus, c'est une espèce pêchée depuis des siècles participant à l'héritage culturelle de la côte d'Opale. Ces deux espèces ont besoin donc d'un plan de gestion durable.

Importance écologique

Les vers de sable sont considérés comme des espèces ingénieures de l'écosystème¹⁸ car ils favorisent la bioturbation en remaniant le sédiment dans leurs galeries. D'une part, la bio-irrigation entraîne un apport en oxygène dans le sédiment, mais la minéralisation de la matière organique permet quant à elle la disponibilité en sels nutritifs tels que l'ammonium, les nitrates etc. favorisant la productivité primaire des bactéries et du microphytobenthos¹⁹. Ces sources de nourriture vont permettre l'alimentation du ver de sable²⁰ mais aussi le développement de tout un assemblage d'espèces favorisant la biodiversité²⁴. Récemment, des effets délétères de la pêche au vers ont été mis en évidence sur les assemblages d'espèces

¹⁷ Pervanchon F, Bahmani I, Plantureux S, Girardin P (2004) A methodology to evaluate the impact of agricultural practices on grassland biodiversity, Multi- function grassland: quality forages, animal products and landscapes. In 19th General Meeting of the European Grassland Federation La Rochelle.

¹⁸ Volkenborn N (2005) Ecosystem engineering in intertidal sand by the lugworm *Arenicola marina*. PhD dissertation. University of Bremen.

¹⁹ Chenu A, Volkenborn N, De Beer D, Wetthey D, Woodin SA, Polerecky L (2015) Effects of bioadvection by *Arenicola marina* on microphytobenthos in permeable sediments. *PLoS One* 10: e0134236.

²⁰ Gaudron SM, Grangeré K, Lefebvre S (2016) The comparison of $\delta^{13}\text{C}$ values of a deposit- and a suspension-feeder bio-indicates benthic vs. pelagic couplings and trophic status in contrasted coastal ecosystems. *Estuaries and Coasts* 39: 731–741.

associés aux arénicoles avec une baisse de la biomasse et de la diversité sur des estrans anglais sans pour autant impacter directement les populations d'arénicoles sur les sites étudiés²¹.

Dans le réseau trophique, les vers de sable sont des consommateurs primaires qui sont les proies des consommateurs secondaires tels que les poissons plats comme les soles et les plies²² et les oiseaux marins²³. Les vers de sable se font prédater la queue (le pygidium) lorsqu'ils remontent dans la partie postérieure de leur galerie pour éjecter le sable et former les tortillons. Une mortalité de 20% de *Arenicola marina* serait due à la prédation par les plies sur un site intertidal des Pays-Bas²⁸. Les vers de sable composent donc une part importante de la biomasse du niveau trophique des consommateurs primaires dans le réseau trophique lié à l'interface benthos/pelagos (fond/colonne d'eau).

Cependant, certains pays comme le Portugal²⁴ ou la Suède²⁵ considèrent les vers de sable comme des espèces nuisibles lors de la restauration des herbiers de zostères considérés comme un habitat remarquable. Au nord de l'hémisphère, l'eutrophisation a entraîné la prolifération de zones anoxiques et a augmenté la concentration en sulfure dans le sédiment, entraînant la diminution des herbiers à zostères (voir leur disparition) laissant la niche écologique à d'autres espèces comme le ver de sable. Récemment, une relation antagoniste²⁶ entre la présence des tortillons d'arénicoles et la densité de zostères a été mise en évidence. Au Portugal, dans l'aber d'Aveiro, des études sont réalisées pour essayer d'éradiquer les vers de sable considérés comme une espèce invasive pour laisser la niche écologique seulement aux herbiers à zostères³⁰. Historiquement, *A. marina* et *A. defodiens* n'étaient recensées

²¹ Tinlin-Mackenzie A, Rowland B W, Delany J, Scott CL, Fitzsimmons C (2022) The lugworm fishery in Northumberland, UK: Bait digging impacts in a marine protected area. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 552: e151736.

²² De Vlas J (1979) Secondary production by tail regeneration in a tidal flat population of lugworms (*Arenicola marina*), cropped by flatfish. *Netherlands J Sea Res* 13, 362–393.

²³ Clarke LJ, Hughes KM, Esteves LS, Herbert RJH, Stillman RA (2017) Intertidal invertebrate harvesting: a meta-analysis of impacts and recovery in an important waterbird prey resource. *Mar Ecol Prog Ser* 584: 229–244.

²⁴ Costa V, Flindt MR, Lopes M, Coelho JP, Costa AF, Lillebø AI, Sousa AI (2022) Enhancing the resilience of *Zostera noltei* seagrass meadows against *Arenicola* spp. bio-invasion: A decision-making approach. *Journal of Environmental Management* 302: 113969.

²⁵ Boström C, Baden S, Bockelmann AC, Dromph K, Fredriksen S, Gustafsson C et al. (2014) Distribution, structure and function of Nordic eelgrass (*Zostera marina*) ecosystems: implications for coastal management and conservation. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems* 24: 410–434.

²⁶ Oncken NS, Kristensen E, Quintana CO (2022) Spatial overlap between lugworm (*Arenicola marina*) and eelgrass (*Zostera marina*) distribution in coastal waters: The role of environmental stressors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 272: 107886.

qu'au-dessus du 40°N (World Marine and Register : <https://www.marinespecies.org/>) mais ont été récemment identifiées en Espagne et au Portugal sur la côte Atlantique à partir de 2009 comme par exemple dans l'aber d'Aveiro¹⁵.

Importance économique

En 2016, la pêche aux vers (toutes espèces confondues) représentait au niveau mondial, 120 000 à 327 000 tonnes en biomasse, et 6 milliards de dollars de profit. Le ver de sable *Arenicola defodiens* était listé³ comme l'un des cinq vers le plus cher au kg. En une année, sur tout le parc marin des Estuaires Picards et de la mer d'Opale [Fig. 2], plus de 554 765 vers de sable (*Arenicola marina* et *A. defodiens*) ont pu être capturés par les pêcheurs de loisir¹⁰, représentant un gain de 232 447 euros. Cette pêche récréative équivaut à la pêche récréative de la crevette grise *Crangon crangon*¹⁰. Au niveau de la pêche professionnelle, les vers sont vendus localement aux vendeurs d'appâts tels que Décathlon ltd. ou Alcyum pêche ltd. (~3,50 euros les 10 vers) avec pour rappel 104 licences délivrées par le CRPM.

L'élevage de vers de sable a été mis en place en aquaculture depuis la fin des années 1990 dans le nord-est de l'Angleterre (Northumbland Seabait ltd.) où un certain nombre de brevets^{27, 28} ont été déposés pour cet élevage. L'objectif initial de l'élevage de vers de sable au Royaume-Uni était de répondre à la demande des pêcheurs qui pêchaient intensivement les vers sur l'estran britannique²⁹. En France, les vers de sable sont cultivés depuis récemment (2015) dans une ferme aquacole de l'île de Noirmoutier dans l'ouest de la France (Hemarina LtdTM), mais à des fins biomédicales. En effet, au début des années 2000, une équipe de la station biologique de Roscoff (Dépôt du premier brevet en 2007 (CNRS WO2001/092320)) a mis en évidence la forte affinité de l'hémoglobine de l'arénicole pour l'oxygène, créant ainsi la *start up* Hemarina LtdTM. L'extraction de cette protéine nécessite un certain nombre de vers pour être purifiée ; il a alors été nécessaire de mettre en place un élevage. Actuellement, de nombreuses recherches biomédicales (17 brevets déposés) démontrent les effets bénéfiques de

²⁷ Olive PJW, Craig S, Cowin PBD (2001) Aquaculture of marine worms. *Patents n° WO2003007701A2. US patents n° US7004109.*

²⁸ Craig S, Olive PJO (2005) A method for inducing the sexual maturation of lugworms. *Patents n° WO2005043994A1.*

²⁹ Olive PJW, Cowin P (1994) The management of natural stocks and the commercial culture of Polychaeta as solutions to the problems of "bait-digging" and worm supply for sea angling in the UK. *Polychaete Res* 16: 23–27.

l'hémoglobine d'arénicole³⁰, que ce soit comme conservateur d'organes (HEMO₂life[®], HEMOXYCarrier[®] etc.) ou comme pansement oxygénant (HEMHealing[®]).

Discussion

Quelles sont les mesures envisageables pour une meilleure gestion des populations d'arénicoles ?

Deux types de répartitions des deux espèces d'arénicoles existent sur l'estran sur les plages européennes. Premièrement, les juvéniles d'*Arenicola marina* sont en haut de la zone médiolittorale et, au cours du temps, migrent en bas de cette zone, alors que les adultes de *A. defodiens* se trouvent en zone infralittorale et les juvéniles de cette espèce se trouvent en zone subtidale^{10,12}. Cette répartition classique est retrouvée sur la majorité des estrans sablo-vaseux comme sur le site de Wimereux [Fig. 2]. Cependant, sûrement du fait de perturbations anthropiques, un deuxième type de répartition des vers de sable existe sur les estrans. Dans ce cas, les deux espèces *A. marina* et *A. defodiens* vivent en sympatrie en zone infralittorale et les juvéniles de *A. marina* sont plus rarement observés sur ces plages comme à Fort Mahon et Le Touquet [Fig. 2]. L'hypothèse la plus probable est que l'usage d'engins mécaniques (tracteurs) pourrait perturber les arénicoles sur l'estran (en impactant la survie des juvéniles) et favoriser le déplacement de *A. marina* en bas de l'estran¹⁰. Les mesures de gestion des deux espèces d'arénicoles à envisager ne seront pas les mêmes sur ces deux types de répartition [Fig. 5]. Il est donc nécessaire de prendre des mesures adaptées au site, c'est-à-dire des mesures à échelle locale. En outre, il est nécessaire de faire un suivi régulier des populations d'arénicole (dynamique de population) sur les sites où une pression de pêche à pieds de loisir ou professionnelle est observée, en faisant une estimation de la population par comptage des tortillons en suivant un protocole d'échantillonnage stratifié aléatoire¹⁰, en essayant de différencier les deux espèces¹⁵, et cela de façon pluriannuelle, pour voir l'évolution de la ressource au cours du temps [Fig. 5]. Si la ressource diminue, des mesures sont à envisager suivant le type de répartition [Fig. 5]. Deux types d'engins de capture sont utilisés pour la pêche à l'arénicole : la bêche ou la pompe à vers. La bêche favorise la récolte au milieu de

³⁰ Batool F, Delpy E, Zal F, Leize-Zal E, Huck O (2021) Therapeutic Potential of Hemoglobin Derived from the Marine Worm *Arenicola marina*: A Literature Review of a Breakthrough Innovation. *Marine Drugs* 19(7): 376.

l'estran dans un sédiment plutôt sableux alors que la pompe ne fonctionne qu'en bas de l'estran dans un sédiment plutôt sablo-vaseux ou vaseux. On voit donc que ces deux engins suivant la répartition des arénicoles sur l'estran vont cibler telle ou telle espèce [Fig. 5]. Si le suivi pluriannuel montre une diminution d'une ou des deux espèces de vers de sable, plusieurs mesures sont à envisager.

Une première possibilité est de déterminer une période de clôture comme la période de pontes (automne pour *A. marina* et hiver pour *A. defodiens*), pour lesquelles on interdit l'usage de la pompe ou de la bêche suivant le site et suivant l'espèce ciblée [Fig. 5]. Dans tous les cas, il faut limiter le nombre de vers à prélever en estimant l'extraction due à la pêche (nombre de pêcheurs de loisir et professionnel, nombre moyen de vers prélevés par pêcheurs) pour qu'au final cette mortalité soit compensée par les recrues de chaque année [Fig. 5]. La taille des tortillons peut nous indiquer la taille des arénicoles (une corrélation existe)³¹. Les gestionnaires pourraient intégrer dans leur brochure pour le public une taille minimale de capture liée à la taille des tortillons [Fig. 5]. Par exemple, les gestionnaires devraient encourager les pêcheurs locaux à ne récolter que les vers de sable¹⁰ d'une taille supérieure à 6 cm pesant au minimum 3 g.

Le récent arrêté préfectoral de la Direction interrégionale de la mer Manche Est – Mer du Nord (arrêté 181-2021) interdit l'usage de la pompe à vers et limite le nombre de vers à la capture (toutes espèces confondues) à 100 vers. L'arrêt de l'usage de la pompe va favoriser l'usage de la bêche et entraîner une plus grande pression de pêche sur le ver de sable *A. marina* sur les plages à répartition classique. Par contre sur les autres plages, où les deux espèces sont en bas de l'estran, la pêche aux vers sera difficile dans un milieu sablo-vaseux et les pêcheurs se rabattront sur d'autres sites à répartition classique entraînant une plus grosse pression de capture sur la 'rouge'. De plus, l'espèce *A. defodiens* ('la noire') vit dans une galerie à 70 cm de profondeur et est beaucoup plus compliquée à collecter avec une bêche que *A. marina* qui vit dans des galeries (suivant son âge ou sa taille) entre 5 et 30 cm de profondeur. Il est évident ici que l'arrêté va favoriser la conservation de l'espèce *A. defodiens* au détriment de l'espèce *A. marina*, ce qui est à l'encontre de nos études en ce qui concerne le site de Ault pour la côte d'Opale par exemple.

³¹ Olive PJW (1993) Management of the exploitation of the lugworm *Arenicola marina* and the ragworm *Nereis virens* (Polychaeta) in conservation areas. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 3: 1–24.

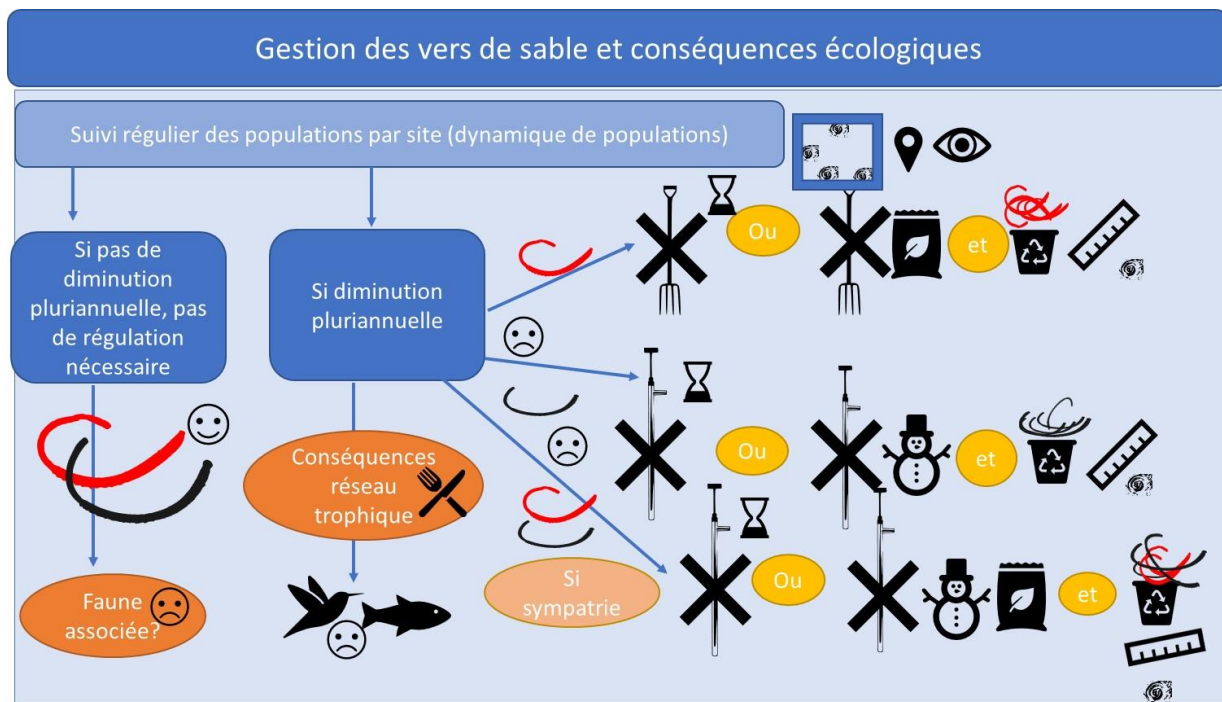


Figure 5 : Schéma de synthèse de procédure à appliquer pour une meilleure gestion des populations d'arénicoles et leur conservation. Plusieurs possibilités existent : quotas, taille de capture, période de clôture pendant les pontes, restreindre la zone de pêche sur l'estran...

Peut-on considérer les vers de sables comme des fournitures de services écosystémiques ?

La notion de service écosystémique est très en vogue depuis le début du XXI^{ème} siècle ; c'est une notion très anthropocentrée puisqu'elle est définie comme ce que la nature peut apporter comme bénéfice à l'homme sans que celui-ci n'est à intervenir pour jouir du service. Trois grands groupes de fournitures de services écosystémiques ont été recensés¹³ : les services de provision, les services de maintenance et de régulation, et les services culturels. En reprenant ce qui a été vu précédemment, les vers de sable et leurs habitats fournissent ces trois types de services écosystémiques. Dans les services de provision, l'aquaculture et la pêche à l'arénicole fournissent de la biomasse qui est indirectement consommée par l'homme via les prises de poissons et qui est utilisée en thérapie biomédicale par l'extraction de l'hémoglobine. Dans les services de régulation et de maintenance, la bioturbation due à l'arénicole dans sa galerie permet l'oxygénation et la reminéralisation du sédiment qui participent à une fourniture de services liés aux processus biogéochimiques et physicochimiques. Pour finir, la pêche récréative de l'arénicole peut fournir un service

culturel lié aux activités de loisir. A la vue de toutes ces fournitures en services, on peut considérer vraiment les vers de sable comme fournisseurs de services écosystémiques.

Conclusion

Les vers de sable ont une importance écologique, économique et culturelle. Contrairement aux bivalves tels que les moules ou les coques, peu de suivis de la dynamique de population sont faits et pas de façon régulière pour surveiller la conservation et la résilience des populations à arénicoles. Il est donc important que les gestionnaires suivent avec un échantillonnage adapté la dynamique de populations de ces vers de sable au cours du temps pour mettre en place un plan de gestion adapté d'un point de vue écologique mais aussi social avec les pêcheurs de loisirs. Les arénicoles vivant en milieu intertidal subissent et vont subir dans les décennies à venir lors des périodes d'exondation des stress thermiques de plus en plus importants pendant les périodes estivales qui vont impacter leur fitness et leur survie, ceci ayant des conséquences sur la faune associée, les poissons benthiques et les oiseaux, et indirectement aussi les pêcheurs de loisirs.

Bibliographie

Watson GJ, Murray JM, Schaefer M, Bonner A (2017) Bait worms: a valuable and important fishery with implications for fisheries and conservation management. *Fish and fisheries* 18(2): 374–388.

Jerónimo D, Lillebø AI, Santos A, Cremades J, Calado R (2020) Performance of polychaete assisted sand filters under contrasting nutrient loads in an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) system. *Scientific reports* 10(1): 1–10.