



FRANCK PICHOT prépare le matériel pour filtrer l'eau de mer afin de récolter de l'ADN environnemental.

LES SECRETS DE LA MER

Terre Sauvage a suivi une expédition visant à prélever des échantillons d'eau dans le cadre d'un ambitieux programme de cartographie de la biodiversité marine méditerranéenne. Les scientifiques utilisent l'ADN environnemental, une technologie révolutionnaire.

PAR JEAN-BAPTISTE POUCHAIN - PHOTOS GREG LECŒUR

Houreux les hommes de mer qui, après deux jours bloqués à terre par des vents défavorables, prennent enfin le large! Nous partons à six, depuis le port d'Hyères (Var), le 23 juin 2023: Greg Lecœur, photographe et naturaliste chef de mission, Franck Pichot, doctorant en biologie marine rattaché à l'université de Montpellier, Léo Weidmann, capitaine, Laura Heraudet, chargée de l'intendance à bord, Benjamin Allegrini, naturaliste, et moi-même, journaliste. À bord du *Eagle II*, un catamaran de 14 mètres, nous vogueons vers Ajaccio, en Corse. Le mistral creuse, à quelques encablures, la surface de l'eau dans le golfe du Lion. Nous longeons la frontière du sanctuaire Pelagos, un vaste espace maritime faisant l'objet d'un accord entre la France, Monaco et l'Italie pour la protection des cétacés. Greg Lecœur a d'ailleurs choisi le nom de Pelagos pour cette campagne embarquée qui, depuis mai, effectue des transects entre Nice, Hyères et la Corse afin de prélever et filtrer des échantillons d'eau de mer. L'expédition Pelagos s'inscrit dans un programme pion-

nier d'inventaire du vivant, impulsé par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse et l'université de Montpellier: la mission BioDivMed 2023. Plus de 700 échantillonnages réalisés pendant quatre mois sur 2000 kilomètres de mer vont permettre de cartographier pour la première fois, à fine échelle et de manière synchrone, la biodiversité marine en Méditerranée française. La méthode au

cœur du projet? L'ADN environnemental (ADNe), une technologie permettant de détecter les espèces via les traces d'ADN qu'elles laissent dans leur milieu.

CRÉPUSCULE ORIGINEL

Si, à ce stade, la perspective que quelques litres d'eau de mer filtrée révèlent les secrets de la faune méditerranéenne me confond un peu, l'heure n'est pas aux interrogations, mais à l'observation. Tout en discutant de l'itinéraire avec le capitaine, Greg Lecœur scrute la surface à la jumelle, dans l'espoir d'apercevoir des cétacés. «Ici, il y a du plancton en abondance, précise-t-il. Cette nourriture attire les baleines qui s'y concentrent à partir de juin, particulièrement les rorquals communs.»

Les premiers à se montrer sont les dauphins bleus et blancs. Beaucoup de jeunes très-joueurs qui sautent à qui mieux mieux. Le soleil en profite pour s'abîmer lentement en mer, peignant un tableau de crépuscule originel: silhouettes delphiniennees en ombres chinoises sur un horizon incandescent, lavis de nuages creusant des reliefs dans le ciel, Port-Cros et l'île du Levant qui rapetissent au loin. Lorsque la nuit nous enveloppe pour de bon, Léo Weidmann ralentit le catamaran et Franck Pichot, ➔



L'EXPÉDITION PELAGOS effectue une traversée entre Hyères et Ajaccio à bord de ce catamaran de 14 mètres.

► biologiste marin, entame la deuxième des sept filtrations à effectuer jusqu'à Ajaccio, après une première dans le port d'Hyères. Une pompe alimentée par un générateur prélève de l'eau à travers un tube immergé à environ un mètre de profondeur. L'ADN présent dans le liquide est retenu par un filtre de 0,22 micromètre. L'opération est réalisée en continu tout le long d'un transect aller-retour pendant une heure, pour un total de 30 litres d'eau filtrée. Le filtre est ensuite plongé dans un liquide qui préservera l'ADN dans le temps. Enfin, Franck Pichot procède à la saisie informatique des données de la filtration: points GPS, volume, durée... « Dans cet échantillon, on devrait retrouver l'ADN des dauphins bleus et blancs, mais aussi celui de tout ce qui est là et qu'on ne voit pas! » s'exclame-t-il en rangeant son matériel.

RÉSULTATS SANS APPEL

En France, cette idée de parvenir à détecter l'indétectable a jeté les bases de l'ADNe. Aujourd'hui encore, le suivi de la faune fait principalement appel à des techniques de recensements visuels ou sonores, voire des captures d'individus. Ces méthodes, en plus d'être invasives, ne peuvent prétendre à l'exhaustivité: de nombreux animaux sont trop furtifs, petits ou rares, et les biais humains – qualité d'écoute, d'observation... – trop importants. En se fondant sur le postulat que toutes les espèces secrètent en permanence des fluides, des cellules et donc de l'ADN pouvant persister dans l'environnement pendant plusieurs heures, des chercheurs se sont lancés dans un jeu d'indices à la Sherlock Holmes. Entre 2008 et 2011, en partenariat

avec le Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (Cefe) – une unité de recherche du Centre national de la recherche scientifique de Montpellier –, Tony Dejean et Pierre Taberlet, du Laboratoire d'écologie alpine (Leca), effectuent les premiers suivis d'une espèce exotique envahissante, la grenouille taureau, avec la technique de l'ADNe. En prélevant et en filtrant de l'eau de mer, ils parviennent à isoler l'ADN de l'espèce et démontrent que la population de grenouilles taureaux est deux fois plus importante qu'estimée en France. La nouvelle méthode identifie 38 sites positifs contre sept avec les inventaires traditionnels, tout en s'avérant près de trois fois moins coûteuse que ces derniers. « À l'époque, je ne suis qu'étudiant au Cefe, mais je me dis que l'ADNe est sur le point de révolutionner notre métier », se souvient Benjamin Allegrini, le naturaliste à bord du *Eagle II*. En 2011, Tony Dejean crée avec Alice Valentini, une autre scientifique du Leca, la société Spygen, le premier laboratoire privé au monde à proposer des prestations d'ADNe. En 2016, un nouveau suivi concerne cette fois l'ensemble des espèces de poissons du Rhône. « C'est autrement plus ambitieux, souligne Benjamin Allegrini. On ne cible pas qu'une espèce, et on n'est plus dans un milieu stagnant où l'ADN persiste longtemps. Pourtant, une seule campagne de filtration ADNe a détecté autant d'espèces qu'en dix ans de suivi à l'aide de la pêche électrique, une méthode très invasive. Un poisson supposé disparu, l'apron du Rhône, a même été redécouvert! » Dans la foulée, le naturaliste devient le directeur général de Spygen, puis son président. Aujourd'hui, la filtration

ADNe est utilisée à travers le monde et produit des résultats sans appel. « La méthode permet de recenser l'ensemble du vivant dans un lieu et à un moment donnés, sans impact sur les écosystèmes et les espèces. Elle est plus efficace et plus fiable que les inventaires classiques et présente un coût largement inférieur. »

CRÉATURE MYTHOLOGIQUE

Au matin du deuxième jour de notre navigation, nous sommes accueillis par des souffles puissants qui brisent la surface tranquille de la mer. Greg Lecœur identifie quatre rorquals communs, les deuxième plus grands mammifères de la planète. Deux d'entre eux évoluent de façon synchrone et rapprochée: une mère et son petit? Alors que le photographe réalise de superbes films aériens avec un drone, de drôles de nageoires s'agitent dans l'eau. « Des raies mobula! » s'extasie-t-il. Deux immenses paires d'ailes virevoltent avant de se superposer, comme pour former une créature mythologique. « C'est leur saison de reproduction, elles vont avoir tendance à se rassembler, il doit y en avoir d'autres dans le secteur. »

Franck Pichot décide de faire une filtration. Une fois analysés en laboratoire, les échantillons de terrain révéleront leurs secrets grâce à la technique du *metabarcoding* de l'ADNe: un séquençage génétique permettant de déterminer à quelles espèces correspondent les brins d'ADN, en les comparant à une base de référence de « code-barres » d'espèces. L'enrichissement de cette banque de gènes du vivant s'avère par conséquent fondamental: « Lorsqu'on ne possède pas le code-barre génétique d'une espèce, on essaie de l'obtenir à travers des partenariats, par exemple avec les muséums », précise Benjamin Allegrini. Dans le cas des 83 espèces d'élasmobranches (raies et requins) connues qui peuplent la Méditerranée du nord-ouest, Franck Pichot a établi à travers ses recherches doctorales une base de référence génétique pour 72 d'entre elles. « L'aquarium océanographique de Valence contribue énormément à ma banque de code-barres, sourit-il. On aura ainsi presque tous les élasmobranches dans la cartographie finale de la mission BioDivMed 2023! » ►

LA TECHNOLOGIE ADNe: DES RÉUSSITES... ET DES LIMITES

L'utilisation de l'ADNe est en train de révolutionner le monde de la science. Aujourd'hui, Spygen a formé 700 experts à travers le monde à ses protocoles de filtration standardisés. Depuis 2011, la société a permis le séquençage ADN de plus de 2 000 espèces et des suivis ont été effectués dans 70 pays. Mais l'ADNe ne peut pas encore répondre à tous les besoins. Par exemple, « identifier l'état de santé d'une population nécessite toujours de faire des prélèvements un peu invasifs », explique Benjamin Allegrini, naturaliste. En effet, avec l'ADNe, les suivis se réalisent uniquement à l'échelle des espèces, et non des individus. De même, connaître précisément l'abondance d'une population est à ce jour impossible. « On peut au mieux arriver à des classes d'abondance, en extrapolant une quantité d'individus potentiels à partir du nombre de molécules d'ADN récoltées. » L'ADNe n'est pas encore arrivé au bout de son challenge technologique!



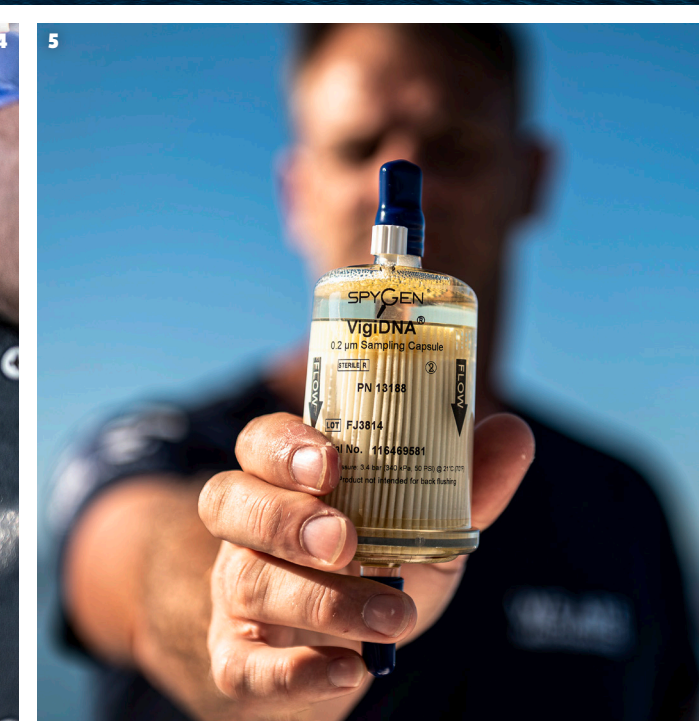
1 • Franck Pichot réalise un transect aller-retour en une heure pour 30 litres d'eau filtrée.

2 • Il saisit ensuite les données pour que les échantillons soient ensuite analysés.

3 • Le programme permettra d'établir une carte précise de la biodiversité marine.

4 • Une pompe prélève de l'eau de mer via un tube immergé à un mètre de profondeur.

5 • L'ADN est retenu par un filtre qui sera plongé dans un liquide pour le préserver dans le temps.





UN DAUPHIN blanc et bleu aperçu dans le sanctuaire Pelagos, que l'expédition traverse.



LE PHOTOGRAPHE naturaliste Greg Lecœur guette l'apparition de cétacés.

➔ Nous passons de précieuses heures en compagnie des rorquals communs, dans le respect de leur sphère d'intimité. Avec son association We are Méditerranée, Greg Lecœur a obtenu une dérogation ministérielle pour pouvoir approcher intentionnellement à moins de 100 mètres les cétacés du sanctuaire Pelagos à des fins photographiques. «Mon travail permet de mieux faire connaître au grand public la Méditerranée qui, avec moins de 1% de la surface des océans du monde, abrite près de 10% de la biodiversité marine connue, explique-t-il. La connaissance est le premier pas vers la protection.»

S'ALLIER AVEC LA SCIENCE

Avec l'expédition Pelagos, il a souhaité revisiter en image les eaux riches du sanctuaire, mais aussi s'allier avec la science. «Notre logistique a été mise à disposition pour que des chercheurs embarquent en mission dans le cadre de BioDivMed 2023.» Le programme rassemble ainsi trois campagnes océanographiques menées par

des acteurs différents. «Chacun a sa zone d'échantillonnage, moi c'est plutôt le milieu pélagique. Quand on mutualise les moyens, les résultats sont toujours meilleurs!» Quant à la technologie de l'ADNe, elle lui fournit un autre éclairage sur son métier: «Quand je plonge pour faire des images de la faune marine pélagique, je ne vois pas forcément tout ce qu'il y a autour. L'ADNe, si! C'est, en quelque sorte, une image plus écosystémique...»

Notre deuxième jour de traversée touche à sa fin, après de nouvelles observations de rorquals, de dauphins et de raies mobula. De filtration en filtration, nous approchons d'Ajaccio. La dernière, dans le port de la capitale corse, viendra clôturer la série de 14 prélèvements de l'expédition Pelagos. Lorsque le programme BioDivMed 2023 aura totalisé 700 échantillons, et que le séquençage ADN aura été effectué avec le concours de Spygen, une cartographie de la biodiversité marine de la Méditerranée française sera établie avec une résolution de dix kilomètres. Elle sera mise à dispo-

sition de l'ensemble des acteurs et des gestionnaires de l'espace littoral et marine en 2024. «Cette photo quasi instantanée de la Méditerranée nous permettra de savoir où la vie se porte bien, et où elle se porte moins bien, souligne Franck Pichot. Grâce à l'ADNe, mes recherches montrent par exemple que la Corse et les îles Baléares sont des zones refuges pour les raies et les requins, probablement car il y a une moindre pression de pêche par rapport au littoral de France métropolitaine.» BioDivMed pourrait ainsi guider les futures politiques de gestion et d'aménagement du territoire maritime. De nouvelles aires marines protégées pourraient être proposées, et des alertes sur les espèces invasives lancées. Dans tous les cas, le programme servira de pilote pour d'autres inventaires de grande envergure dans le futur. «Aujourd'hui, on n'a plus d'excuse pour ne pas utiliser l'ADNe dans le monde entier, affirme Benjamin Allegrini. C'est un nouvel outil fiable et rapide pour mieux lutter contre la crise de la biodiversité!» ➔

EN SAVOIR PLUS

LE PHOTOGRAPHE

Originaire de Nice, Greg Lecœur est photographe naturaliste spécialiste du milieu sous-marin. Amoureux de la mer Méditerranée depuis son enfance, il a créé l'association We are Méditerranée pour revisiter et valoriser son riche patrimoine naturel à travers des expéditions en collaboration avec

des scientifiques. Ses images ont été récompensées par de nombreux titres internationaux (photographe nature de l'année du *National Geographic* en 2016, photographe sous-marin de l'année en 2020).

À CONSULTER

• spygen.com/fr/

• wearemediterranee.com, le site Internet de We are Méditerranée, l'association fondée par Greg Lecœur, avec une partie dédiée à l'expédition Pelagos.

• marine-megafauna.com/french.html, le site Internet de Franck Pichot, avec des explications sur ses recherches et le fonctionnement de l'ADN environnemental.

À REGARDER

• Un petit film d'animation sur le principe de l'ADNe [youtube.com/watch?v=Tq-6oHTTA-w](https://www.youtube.com/watch?v=Tq-6oHTTA-w)

• Un film sur l'application des méthodes de l'ADNe au milieu côtier méditerranéen, réalisé par une ancienne stagiaire de l'université de Montpellier [youtube.com/watch?v=8b97UV6IXSk](https://www.youtube.com/watch?v=8b97UV6IXSk)



LES RAIES mobula sont nombreuses à se rassembler ici en juin pour se reproduire.



UNE MÈRE rorqual commun et son petit. Cette espèce est très présente dans le sanctuaire Pelagos.