

# L'eau dans tous ses états

HÉLOÏSE CHOCHOIS

SCIENCES EN BULLES

À travers cette exposition, tirée du livre Sciences en bulles, vous êtes invités à explorer « l'eau dans tous ses états ». Les personnages principaux, sept doctorantes et doctorants, se sont prêtés au jeu de raconter leurs travaux de recherche en images. En parcourant la mise en bulles de leurs thèses, réalisée par Héloïse Chochois, c'est un véritable voyage au cœur de la science en train de se faire que nous vous proposons d'effectuer. Laissez-vous guider au fil des cases et plongez dans un « Océan de savoirs », le thème de l'édition 2024 de la Fête de la science !

## Un travail d'équipe entre art et science



Héloïse Chochois



Lou Andrès



Jonathan Cognard



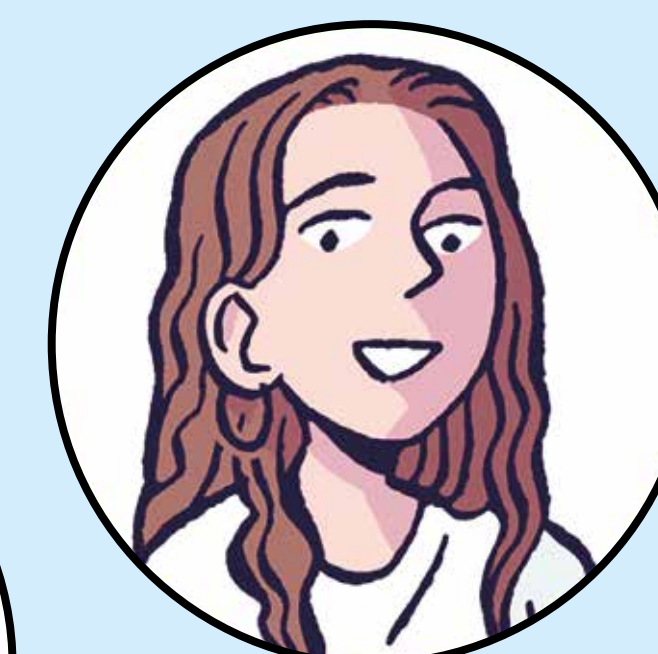
Amber Goyon



Alexandre Lacou



Sylvain Laforet



Naïna Mouras



Loanne Pichot

Sciences pour tous

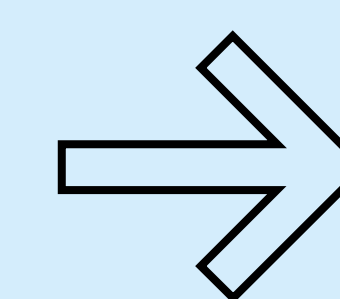
GOVERNEMENT  
Liberté  
Égalité  
Fraternité

fête de la  
Science

Sne  
Syndicat national de l'édition

France Universités

casden  
La banque coopérative de la Fonction publique



Prolongez votre lecture avec notre kit d'activités pour s'initier à l'art de la bande dessinée scientifique, offert par le ministère de la Culture et le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



# Sous les pavés, la plage (étrusque)

Notre planète est recouverte aux trois quarts par l'océan. De nombreuses sociétés se sont ainsi épanouies sur les côtes, y profitant de nombreuses ressources et d'un accès vers le monde extérieur. C'est le cas des Étrusques, qui ont vécu dans le centre de la péninsule italienne entre les IX<sup>e</sup> et I<sup>er</sup> siècle avant notre ère. Fins connaisseurs de la Méditerranée, ils y navigaient pour commercer avec les autres civilisations.

Quelle relation entretenaient-ils avec la mer et le littoral? Comment géraient-ils le trafic maritime? Quelles formes prenaient leurs ports? Il n'est pas facile de répondre à ces questions, car les archéologues n'ont retrouvé aucun vestige de port étrusque. Ni quai, ni débarcadère ne subsiste. D'autres méthodes viennent alors à la rescousse...



Amber Goyon

Pour aller plus loin



### QUI ÉTAIENT LES ÉTRUSQUES ?

Voilà les réponses qui reviennent le plus quand on questionne des passionnés d'histoire antique à leur sujet :

- « Les Étrusques? Ils étaient très religieux. »
- « Superstitieux... »
- « Les Romains leur ont tout piqué! »
- « Savants et raffinés! »

Une sépulture étrusque, VII<sup>e</sup> siècle avant notre ère

Des affirmations un peu caricaturales...

De fait, on ne connaît pas grand-chose du peuple étrusque, qui est progressivement assimilé par les Romains entre les III<sup>e</sup> et I<sup>er</sup> siècle avant J.-C.

Peu des textes écrits par les Étrusques sont parvenus jusqu'à nous, et leur langue n'a pas encore été entièrement déchiffrée.

Nous avons étudié leurs temples et leurs tombes qui ont résisté au temps, mais leur vie quotidienne nous reste en partie inconnue.

### RAFFINÉS, LES ÉTRUSQUES ?

Si on avait posé la question à des voyageurs grecs du V<sup>e</sup> siècle av. J.-C., on aurait entendu un tout autre son de cloche.

Ils auraient qualifié les Étrusques de... marchands

Mais les auraient aussi traités de... pirates

Et leur auraient reproché de façon virulente leur domination par les mers!

On attribue d'ailleurs à cette civilisation le qualificatif de THALASSOCRATIE

C'est là que réside un des grands mystères étrusques : on a beau accumuler les preuves de leur utilisation des voies maritimes, impossible de retrouver leurs ports.

Ma thèse a pour but de résoudre une partie de l'énigme.

La démarche consiste à reconstruire les paysages dans lesquels vivaient les populations qui nous intéressent.

PLAINE + TRACÉ D'ACTIVITÉ HUMAINE = VILLE ANTIQUE

Pour cela, je fais appel à la géoarchéologie.

### OÙ MENER CETTE ÉTUDE ?

Le territoire étrusque est habituellement séparé en douze cités. J'ai choisi de concentrer mon travail sur la ville de Populonia.

- Cité étrusque
- Territoire étrusque en 750 av. J.-C.

Elle se situait sur le littoral, contrairement aux autres cités étrusques, et accueillait un centre dédié aux activités maritimes...

... et elle se trouvait juste en face de l'île d'Elbe, de la Corse et de la Sardaigne (aujourd'hui), ce qui en faisait un carrefour d'échanges maritimes.

Les Étrusques extrayaient le fer, le plomb et le cuivre depuis les monts avoisinant Populonia, sur le continent, ou depuis l'île d'Elbe.

Ils transportaient ensuite ces métaux par bateau sur la côte pour les travailler et en faire des armes ou des bijoux, ou pour les vendre bruts.

La cité possédait donc forcément un ou plusieurs ports!

### OÙ LE PORT SE SITUAIT-IL ?

Deux emplacements probables ressortent de l'analyse.

- 1. Un golfe où étaient menées les activités métallurgiques.
- 2. Une plaine où se trouvait une grande lagune reliée à la mer durant l'Antiquité.

Nous y avons donc prélevé des échantillons du sous-sol. On appelle ça un carottage.

Cela fait, je n'ai plus qu'à disséquer les carottes au laboratoire!

Je passe tout au peigne fin.

- Taille des sédiments
- Type de coquillages
- Familles de pollens
- Pollutions métalliques (plomb, cuivre, ou fer)?
- J'en profite aussi pour prélever des éléments organiques...

... afin de dater chaque couche au carbone 14.

MOYEN ÂGE

ANTIQUITÉ

PRÉHISTOIRE

### ET DU COUP ?

Je croise ensuite toutes ces données pour reconstruire une sorte d'échelle chronologique, où chaque environnement est associé à une période de temps.

XX<sup>e</sup> siècle

X<sup>e</sup> siècle

PÉRIODE ROMAINE

PÉRIODE ÉTRUSQUE

PLAINE

FORÊT

VALÉE

LAGUNE

Découvrir les traces d'un port serait magique!

Mais ne pas en trouver serait aussi un résultat utile!

Rien de déso...

Cela pourrait signifier que le modèle du « port antique » ne s'applique pas aux Étrusques.

Grâce à mes recherches, les relations entre ce mystérieux port, la ville et ses habitants se dévoilent peu à peu...

# Les origines mystérieuses de l'eau sur Terre

Ah, la Terre... Vue depuis l'espace, notre planète ressemble à un joyau bleu posé sur un écrin noir. L'omniprésence de l'eau liquide saute aux yeux. Pourtant, cette eau n'a pas toujours été là : il fut un temps où la Terre était une véritable fournaise. Alors, d'où provient-elle? La réponse se niche peut-être du côté... des astéroïdes!



Ces petits corps rocheux n'ont que très peu évolué depuis la naissance du Système solaire; ce sont donc de véritables machines à remonter le temps. Par chance, en 2020, une sonde spatiale, Hayabusa 2, nous a rapporté quelques grains de poussière d'un de ces astéroïdes. Ces grains microscopiques nous révéleront-ils les origines de l'eau sur notre Terre? Suivez-moi pour un voyage où l'infiniment grand côtoie l'infiniment petit...

Sylvain Laforet

Pour aller plus loin



Il y a environ 4,5 milliards d'années naissait le Système solaire, à partir d'un nuage de gaz et de poussières en rotation autour du jeune Soleil.

Au fil du temps, sous l'effet de la gravité... ... et de collisions multiples, cette matière s'est peu à peu... ... agglomérée... pour former différentes planètes... ... dont la Terre!

Les conditions régnant sur notre planète étaient alors infernales, et sa surface en fusion était bien trop chaude pour y abriter de l'eau à l'état liquide. Peu à peu, la Terre s'est refroidie, et l'Océan s'est formé.

Mais d'où peut bien provenir toute cette eau? Une partie était probablement piégée à l'intérieur de la Terre et a été relâchée dans l'atmosphère au cours d'épisodes volcaniques anciens. Et si le reste venait d'ailleurs?

Des objets rocheux en orbite autour du Soleil détiennent peut-être la réponse :

## LES ASTÉROÏDES

Ils n'ont jamais assez grossi pour devenir des planètes et sont restés relativement froids et intacts depuis leur formation. Ils sont donc détenteurs de précieux indices concernant la genèse du Système solaire et de la Terre!

En 2014, l'Agence spatiale japonaise (JAXA) a envoyé une sonde spatiale à destination de Ryugu, un astéroïde large d'un kilomètre seulement. La sonde l'a étudié de près et a collecté des échantillons avant de repartir.

Fin 2020, quelques grammes de poussière ont été livrés sur Terre, et c'est avec joie... ... que nous avons reçu à l'université de Lille une petite partie de ce trésor!

Ici! Vous ne voyez pas? Là! Mais si, là! Quelques grains à peine visibles à l'œil nu. C'est beau.

Pour manipuler ces grains d'astéroïde, pas question de se servir d'une pince. On utilise un poil de bras! Tel un détective, je vais scruter cette matière céleste à la recherche du moindre indice! Et ce...

Et voilà! Les forces électrostatiques font adhérer les grains au poil... ... et on les déplace facilement sans risquer de les abîmer.

UN GRAIN DE RYUGU  
10 millionnièmes de mètre (0,01 mm)

... grâce à un microscope électronique en transmission! L'appareil émet un faisceau d'électrons qui traverse l'échantillon... ... et on collecte le signal résultant.

Cette technique permet d'observer des détails allant jusqu'au milliardième de mètre, ce qui équivaut à diviser l'épaisseur d'un cheveu par 100 000. C'est vraiment pas très grand!

Mais l'observation présente un risque : le bombardement par des électrons peut détruire les précieux échantillons. Je dois donc ruser et contrôler minutieusement le microscope pour ne pas effacer les indices!

Le signal recueilli est décortiqué à l'aide d'un programme informatique écrit par mes soins. Je suis alors capable d'identifier très précisément la composition chimique de chacun des minéraux.

Sulfures (Fe + S) Oxydes de fer (Fe + O) Argiles (Mg + Si + O)

Le programme colorise les zones en fonction de leur teneur en silicium (Si), en magnésium (Mg), en oxygène (O), en fer (Fe)...

Parmi les minéraux de Ryugu, on trouve des argiles en grande quantité. Leur structure microscopique en feuillets superposés est bien connue pour accueillir beaucoup d'eau. ENVIRON 1 milliardième de mètre (0,000 001 mm)

Elles apparaissent ici sous forme de fibres orientées dans toutes les directions.

Or la Terre a subi de nombreux impacts d'astéroïdes dans ses jeunes années! De l'eau pourrait donc y avoir été apportée par des objets tels que Ryugu. Ils auraient ainsi participé à la formation de l'Océan, et par la suite... ... à l'éclosion de la vie, il y a 3,4 milliards d'années.

Plus largement, mes recherches portent sur les interactions entre les différents minéraux présents dans Ryugu. Nous en apprenons chaque jour un peu plus sur l'histoire de cet astéroïde, et donc sur le passé de notre planète... Les échantillons de Ryugu nous réservent sûrement encore bien d'autres surprises!

# Choc des titans en mer : baleines contre bateaux

Pêche, tourisme, transport de voyageurs et de marchandises, exploitation pétrolière... Nos activités en mer constituent une source de pollution importante, notamment sonore!

Or la survie des baleines dépend presque exclusivement de l'utilisation de sons que ce vacarme rend parfois inaudibles. En outre, paradoxalement, de nombreuses baleines ne réussissent pas à éviter les bateaux malgré le bruit qu'ils produisent.

C'est alors la collision entre deux géants des mers, animal contre machine. Collision qui blesse la baleine plus ou moins grièvement... L'augmentation continue du trafic maritime est donc très préoccupante pour la vie marine. Il est urgent de comprendre les causes des collisions et de trouver des solutions pour les éviter. C'est une de mes missions!



Loanne Pichot



Les navires font un sacré boucan dans l'air...

Or de nombreux navires sillonnent les océans!

Ils y perturbent la vie sous-marine et sont aussi à l'origine de collisions mortelles avec les cétacés.

... mais aussi sous l'eau.

Mon équipe et moi étudions la baleine à bosse, une espèce connue pour les chants majestueux qu'émettent les mâles lors de la période de reproduction.

11 à 15 mètres de long

25 à 30 tonnes

Cette espèce protégée est l'une des plus touchées par les collisions avec les bateaux.

La baleine à bosse migre deux fois par an. Elle effectue des milliers de kilomètres pour aller se nourrir et se reproduire.

J'étudie la population qui fréquente le canal de Sainte-Marie, à Madagascar.

C'est l'une des zones de reproduction les plus importantes de la baleine à bosse dans l'océan Indien.

Cette espèce est donc particulièrement exposée au bruit émis par les navires.

En premier lieu, nous allons y caractériser le comportement de la baleine en présence de baleineau.

Quelles vocalisations échange-t-elle avec son petit?

Comment se déplace-t-elle?

Puis nous chercherons à mesurer les modifications de comportement provoquées par certains sons.

Pour cela, nous réalisons des expériences de playback\*.

Nous partons en mer en équipe, sur deux bateaux qui coordonnent leurs actions.

Avant ma première sortie sur le terrain, je ne savais pas si j'avais le mal de mer!

Et, ouf, ça va!

Ce qui n'est pas le cas de tout le monde.

BATEAU de PLAYBACK

BATEAU de SUIVI

D'abord, nous parcourons la zone à la recherche d'une paire mère-baleineau.

LÀ!

Nous nous approchons doucement et...

Ah!

Bon...

Je disais, nous parcourons la zone...

LÀ!

Nous nous approchons et...

Oh, mais!

\*soupir\*

Grmm... Nous parcourons la zone...

LÀ.

Lorsque... ENFIN!

... nous parvenons à nous en approcher...

L'équipe du bateau de suivi pose sur la mère une ou deux balises qui contiennent différents capteurs.

Ces balises se fixent sur la peau avec des ventouses sans nuire à l'animal.

Nous identifions soigneusement l'individu.

baleine 1, baleine 2, baleine 3, baleine 4

Une fois la balise posée, nous observons la baleine afin de noter son comportement « normal ».

Le bateau de suivi se tient prêt à suivre les baleines au besoin.

Le bateau de playback reste à l'arrêt, moteur coupé.

Ensuite, place au playback : nous diffusons du son sous l'eau. D'abord un bruit neutre pour la baleine.

Puis un signal d'intérêt – ici des vocalisations d'orques, prédatrices des baleines, pour étudier sa réaction face à une menace.

Nous testons également des bruits de moteur : ceux de cargos et de ferries, responsables de la majorité des collisions.

Enfin, nous testons l'efficacité de signaux d'avertissement.

L'objectif : voir si les baleines s'éloignent, et donc s'il est possible de les avertir d'un danger!

À la fin de la diffusion, nous observons la baleine encore quelque temps. Nous obtenons ainsi un relevé global de son comportement en surface.

Quant aux données sous-marines, il n'y a plus qu'à attendre que la balise se décroche pour les récupérer!

À la fin de l'hiver austral, les baleines repartent en Antarctique. Tout comme elles, je quitte Madagascar et rentre en France, où se trouve mon laboratoire de thèse.

Là-bas, j'écris des programmes sur mon ordinateur dans le but d'analyser les données recueillies.

Cette étape de dépouillement est primordiale et tout aussi stimulante que le terrain.

Si un signal fonctionne pour éloigner la baleine à bosse, il sera ensuite testé chez d'autres espèces.

Mon espoir : que l'on mette au point un dispositif sonore qui serait fixé à la coque des bateaux pour avertir les cétacés... sans ajouter au vacarme, bien sûr!

# Les stations de ski se jettent à l'eau

À partir des années 1960, la pratique du ski se développe en France, et les stations de sports d'hiver fleurissent dans nos montagnes. Tandis que petits et grands s'initient aux plaisirs de la glisse, l'économie des territoires de montagne se structure autour du tourisme hivernal. Il y a cependant une ombre au tableau : à cause du changement climatique, la neige n'est souvent plus au rendez-vous. Que ce soit dans les Pyrénées, dans les Alpes ou ailleurs, l'industrie du ski a donc de plus en plus recours à la neige de culture, ce qui nécessite d'importants volumes d'eau.

Cette stratégie est-elle pérenne? Ne risque-t-elle pas de créer des conflits avec les autres usages de l'eau ou de perturber les écosystèmes? J'ai mené l'enquête...

Jonathan Cognard

Pour aller plus loin



Mes parents m'ont appris à skier dans la station de ski où nous habitons, en Haute-Savoie.

En grandissant, j'ai vu la montagne changer.

Avec le changement climatique, la neige se fait de plus en plus rare.

En réaction, l'industrie du ski s'équipe massivement de « canons à neige »...  
... qui utilisent de grandes quantités d'eau!

Cette eau est principalement prélevée dans les cours d'eau avoisinants.

Les gouttelettes d'eau gèlent à la sortie du canon.

NEIGE de CULTURE

Pour assurer la saison de ski, la majorité de ces prélèvements ont lieu en HIVER. Or, en montagne, il s'agit d'une période critique, où les cours d'eau sont au plus bas.

Au PRINTEMPS, la neige fond, et la majeure partie de l'eau prélevée retourne dans les cours d'eau, à une période où la ressource ne manque pas.

En outre, avec la montée des températures, les besoins des stations vont continuer à augmenter...

D'où des conflits potentiels avec les autres usagers de l'eau, dont les écosystèmes!

Les stations répondent à ces problèmes en construisant un nombre croissant de retenues d'eau. L'idée est simple :

Mais ces stratégies mises en place par l'industrie du ski sont-elles vraiment efficaces?

il s'agit d'y stocker de l'eau lorsqu'elle est abondante, en prévision de l'hiver.

Pour y répondre, j'ai réuni des données sur une soixantaine de stations des Alpes françaises, couvrant une période d'une décennie environ.

Recettes et dépenses des stations, enneigement naturel, volumes d'eau prélevés, etc.

Pour faire le lien entre ces données, j'ai exploité des logiciels de statistiques.

Et j'ai trouvé que les investissements dans la production de neige ne suffisent pas à sauver l'économie du ski. Le climat dicte sa loi!

De plus, paradoxalement, la mise en place de retenues d'eau ne réduit pas les prélèvements en hiver.

Ces résultats suggèrent que ces stratégies pourraient constituer une « maladaptation » au changement climatique.

En clair : elles augmentent la vulnérabilité des territoires face à ce dernier, au lieu de la réduire!

**DÉPENDANCE À L'EAU et RISQUES DE CONFLITS ACCRUS**

À l'horizon : des conflits potentiels autour des usages de l'eau.

MALADAPTATION

Pour évaluer ce risque, nous devons examiner chaque territoire, en tenant compte des spécificités locales.

J'ai donc développé, avec l'aide de mes collègues, une méthode d'évaluation originale que j'ai appliquée au cas de Gresse-en-Vercors.

Dans cette station comme ailleurs, il s'agit d'analyser un système à plusieurs éléments interconnectés.

station de ski

résidents et touristes

agriculteurs

végétaux

producteurs d'hydro-électricité

animaux

Pour les humains, c'est assez facile : on s'entretient avec eux.

Pour les autres êtres vivants, c'est plus difficile!

Pas le choix, il faut...

D'abord, on doit comprendre les besoins des usagers de l'eau.

... aller sur le terrain!

Il n'y a pas de poissons dans les cours d'eau en altitude, donc on étudie les macro-invertébrés.

En les comptant, on peut estimer l'impact d'un manque d'eau sur la vie aquatique.

Ce sont nos indicateurs non humains.

En parallèle, j'étudie la disponibilité de l'eau au cours du temps.

Enfin, j'examine comment l'eau est gérée localement.

ÉTÉ ' AUTOMNE ' HIVER ' PRINTEMPS

Je croise alors tous ces éléments pour évaluer si les différents usages de l'eau sont susceptibles de se concurrencer.

À Gresse-en-Vercors, le risque est faible : OUF! Mais pour aider d'autres territoires peut-être plus sensibles...

... il faudra poursuivre les analyses!

GESTION RESSOURCE CONFLIT USAGERS

# De nouveaux héros face à la crise de l'eau ?

L'eau de nos douches et de nos toilettes est en général traitée avant d'être rejetée dans les cours d'eau. Mais, au niveau mondial, environ 80% de ces eaux usées ne sont pas traitées faute de moyens. Le résultat : des crises sanitaires frappent régulièrement les régions défavorisées. De plus, les écosystèmes aquatiques, dont dépendent souvent les populations locales, sont fortement perturbés. Il existe pourtant une solution : les « filtres plantés ».

Ces derniers, en combinant l'action de plantes, du sol et des micro-organismes, purifient les eaux presque gratuitement ! Ma thèse a pour but de les améliorer. Nous cherchons notamment à réduire leur taille, afin qu'ils soient adaptés à un usage en ville. Et pour cela, nous avons notre petite idée : y introduire des vers de terre...

Alexandre Lacou

Pour aller plus loin



Dans le cadre de ma thèse, je construis des filtres plantés !

Mais comment ça marche, un filtre planté ?

Imaginez la combinaison entre :

- un filtre à café
- un composteur
- et un restaurant souterrain pour plantes et microbes.

Je m'explique.

Pour construire un filtre planté, on creuse un grand trou...

... dans lequel on place une bâche étanche.

On remplit ce trou avec des graviers puis du sable...

... et on y ajoute des plantes - par exemple des roseaux.

Ensuite, on y verse l'eau à traiter.

On la laisse s'écouler à travers le filtre.

L'eau parvient en bas nettoyée !

Les eaux usées contiennent des contaminants sous forme de grosses et de petites particules.

Une grande partie des particules qui s'accumulent est organique.

Cette matière représente un mets de choix pour divers organismes vivants, qui vont la transformer et réduire son volume, comme dans un composteur.

Le sable agit comme un filtre à café et retient les grosses particules à la surface.

Pour mémoire, la matière organique est essentiellement constituée de quatre éléments chimiques : le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote.

En somme, nous avons un filtre qui a la capacité de se nettoyer seul !

TEAM ORGANIQUE

Cependant, il reste toujours les petits contaminants.

Certains d'entre eux vont être piégés à la surface des grains de sable...

... mais d'autres passent à travers les mailles.

À ce moment-là, les habitants du sol se mettent à table. C'est l'heure de manger plein de contaminants !

Ça paraît merveilleux sur le papier. Dans la pratique, deux problèmes se posent.

D'une part, malgré l'activité de compostage, la matière qui s'accumule dans le filtre peut le boucher.

D'autre part, la dégradation des contaminants par les habitants du sol reste limitée.

En outre, ces problèmes sont liés :

- ... plus la matière s'accumule...
- ... moins il y a d'air qui circule dans le filtre...
- ... moins les microbes sont actifs...

Afin de pallier ces deux problèmes, nous testons l'introduction de vers de terre dans le filtre.

En creusant des galeries, les vers débouchent le filtre.

Ils contrent aussi un phénomène qu'on appelle le **Paradoxe de la Belle au bois dormant** :

- la plupart des microbes du sol sont en dormance, c'est-à-dire qu'ils sont à « l'arrêt ».
- Or les vers sécrètent un mucus riche en éléments nutritifs qui, combiné à l'oxygène de l'air, stimule les microbes.
- Ces derniers, tels la Belle ayant reçu un baiser du Prince charmant, s'activent donc à leur passage !

On espère ainsi que la présence des vers accélère le compostage et la dégradation des petits contaminants dissous dans l'eau.

Pour étudier l'effet des vers, je travaille avec neuf filtres de petite taille installés dans des bidons.

J'y teste différentes conditions expérimentales :

- 600 JOURS
- 300 JOURS
- 300 JOURS

J'analyse les eaux à l'entrée puis à la sortie, pour voir quelle quantité de contaminants a été retirée.

En parallèle, je mesure combien de temps l'eau reste à l'intérieur.

Enfin, je regarde comment évolue la vie dans le filtre : je surveille les racines des plantes et les animaux du sol grâce à des photos...

Les premiers résultats sont encourageants. Grâce à l'activité des vers, les filtres ne se bouchent plus, tout en nettoyant l'eau aussi bien qu'avant.

J'attends avec impatience une confirmation à plus grande échelle !

... et les microbes au travers de leurs traces génétiques.

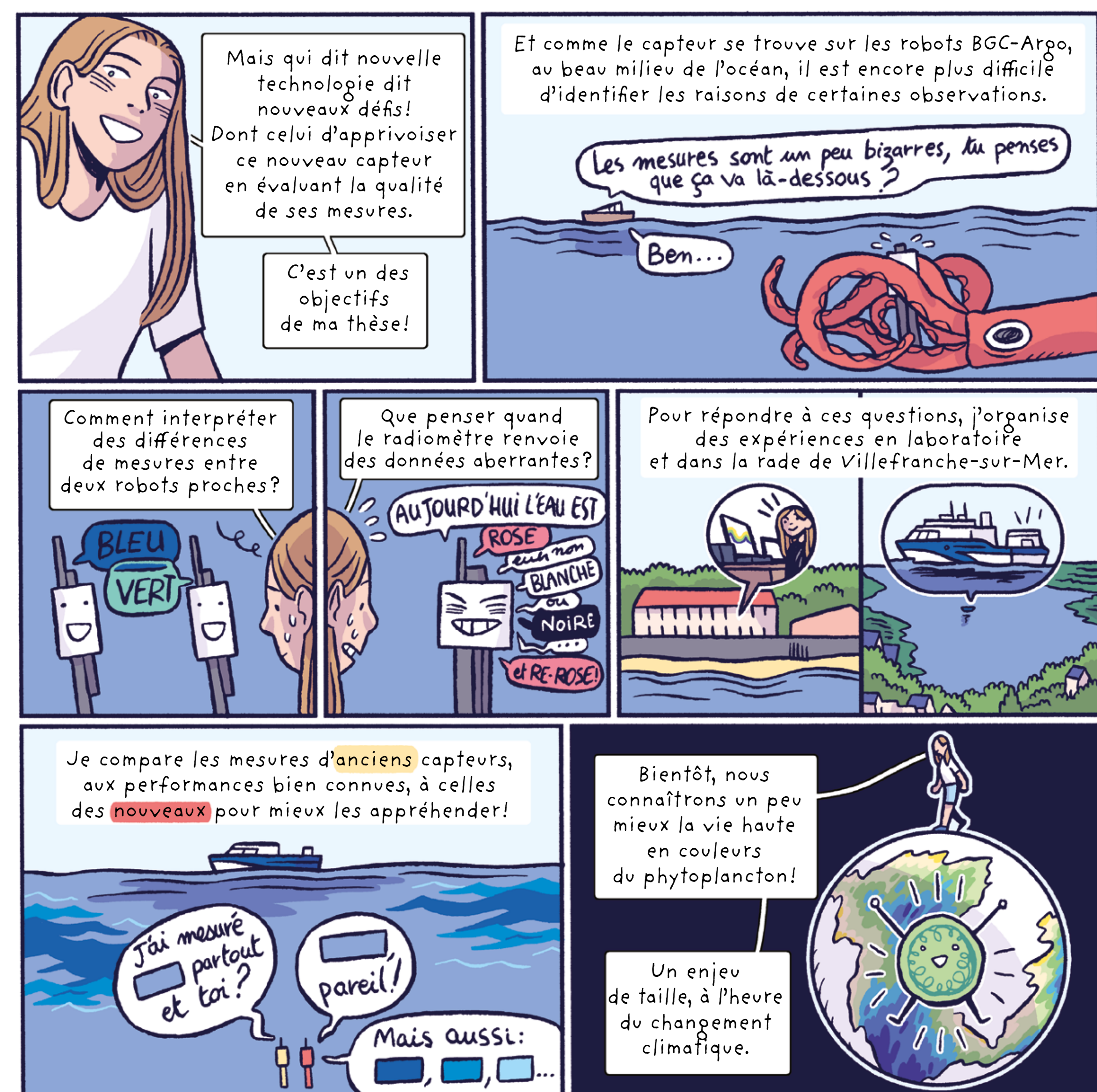
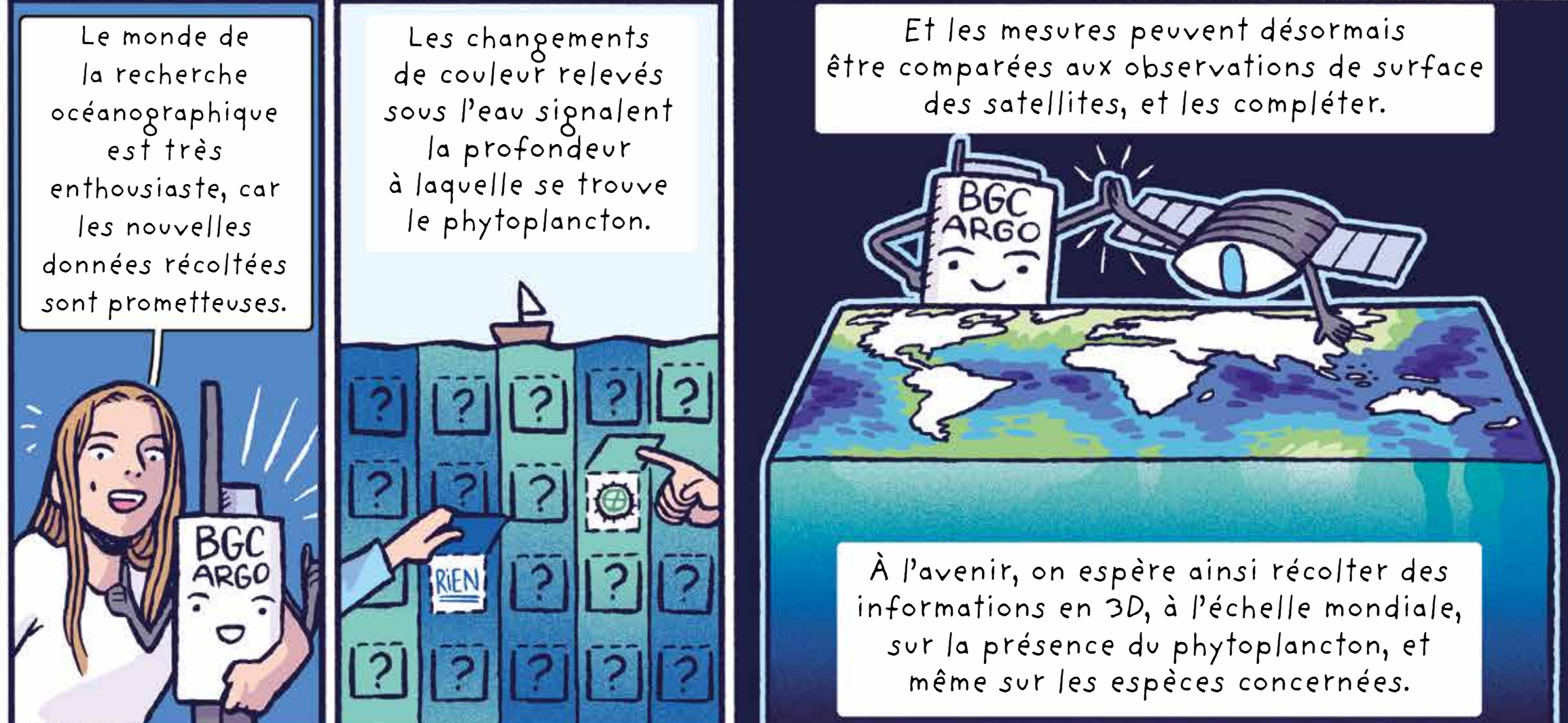
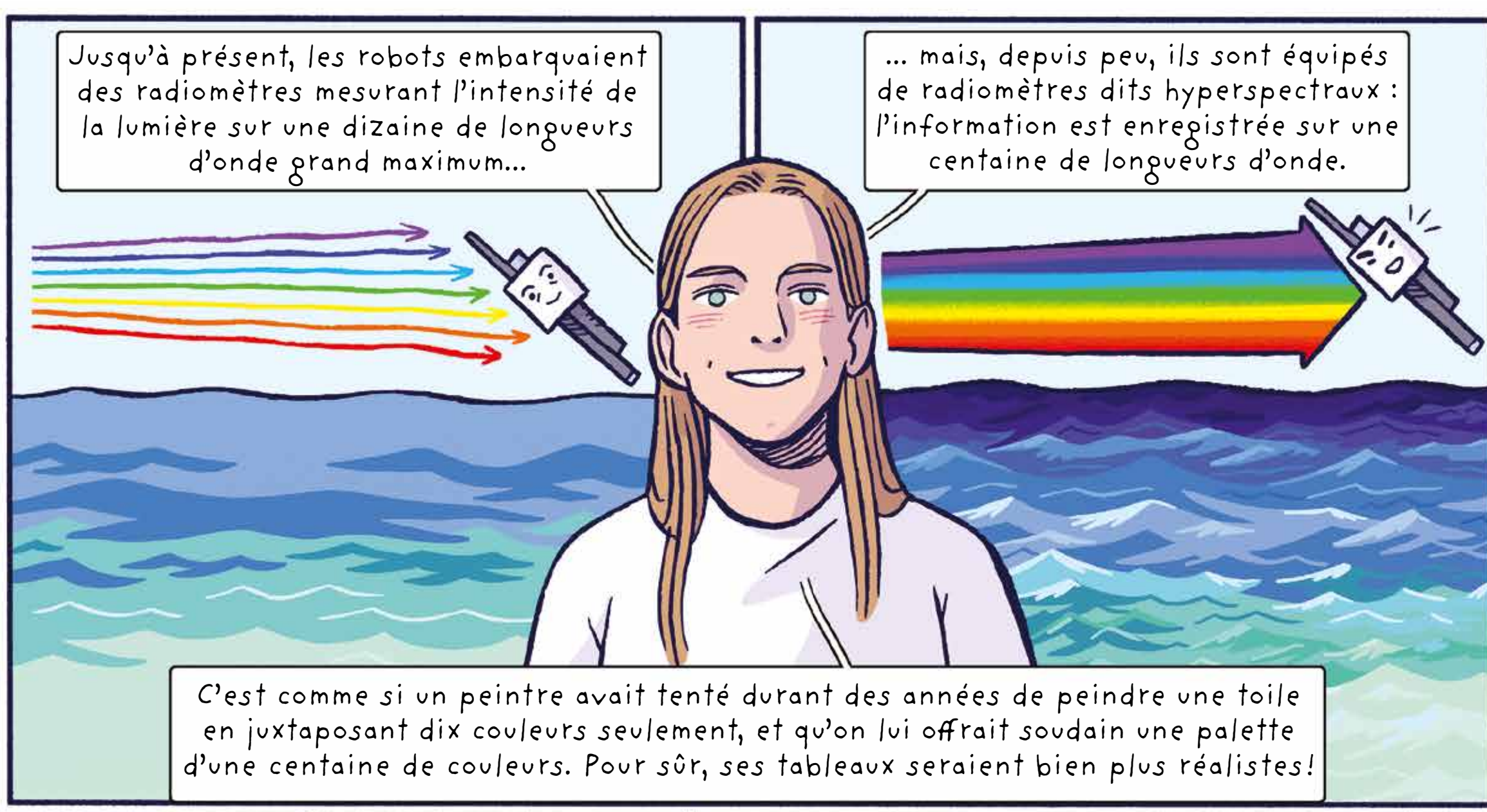
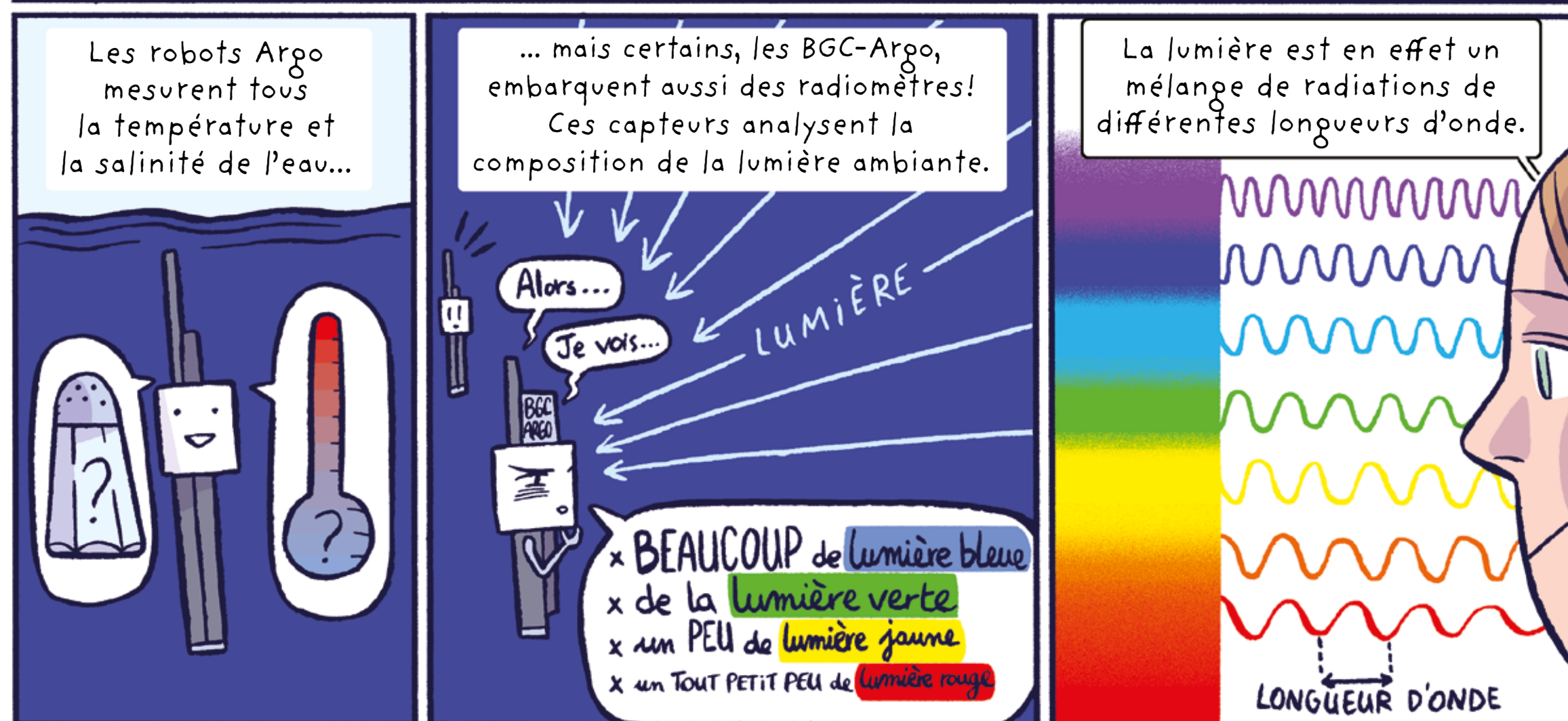
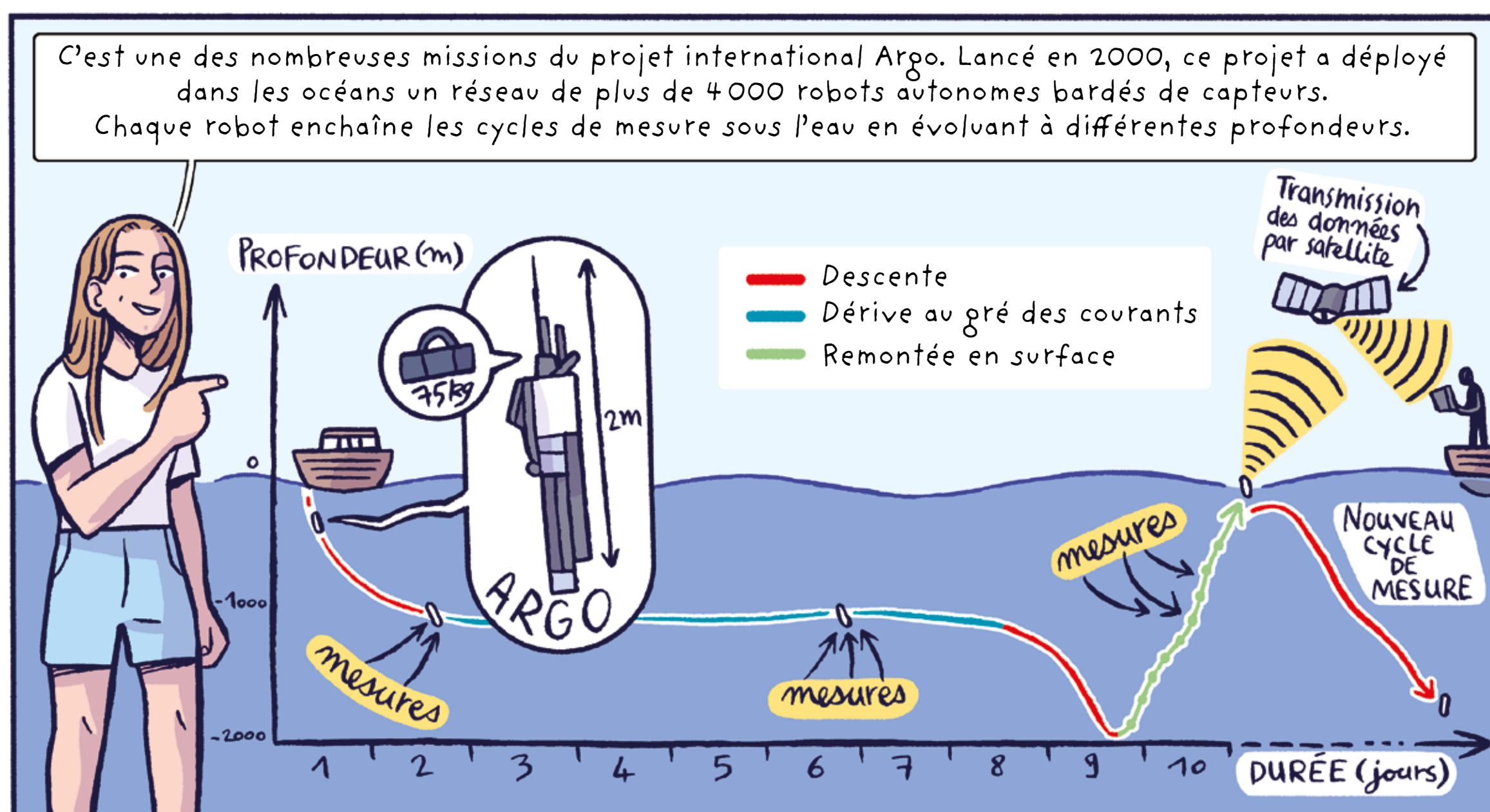
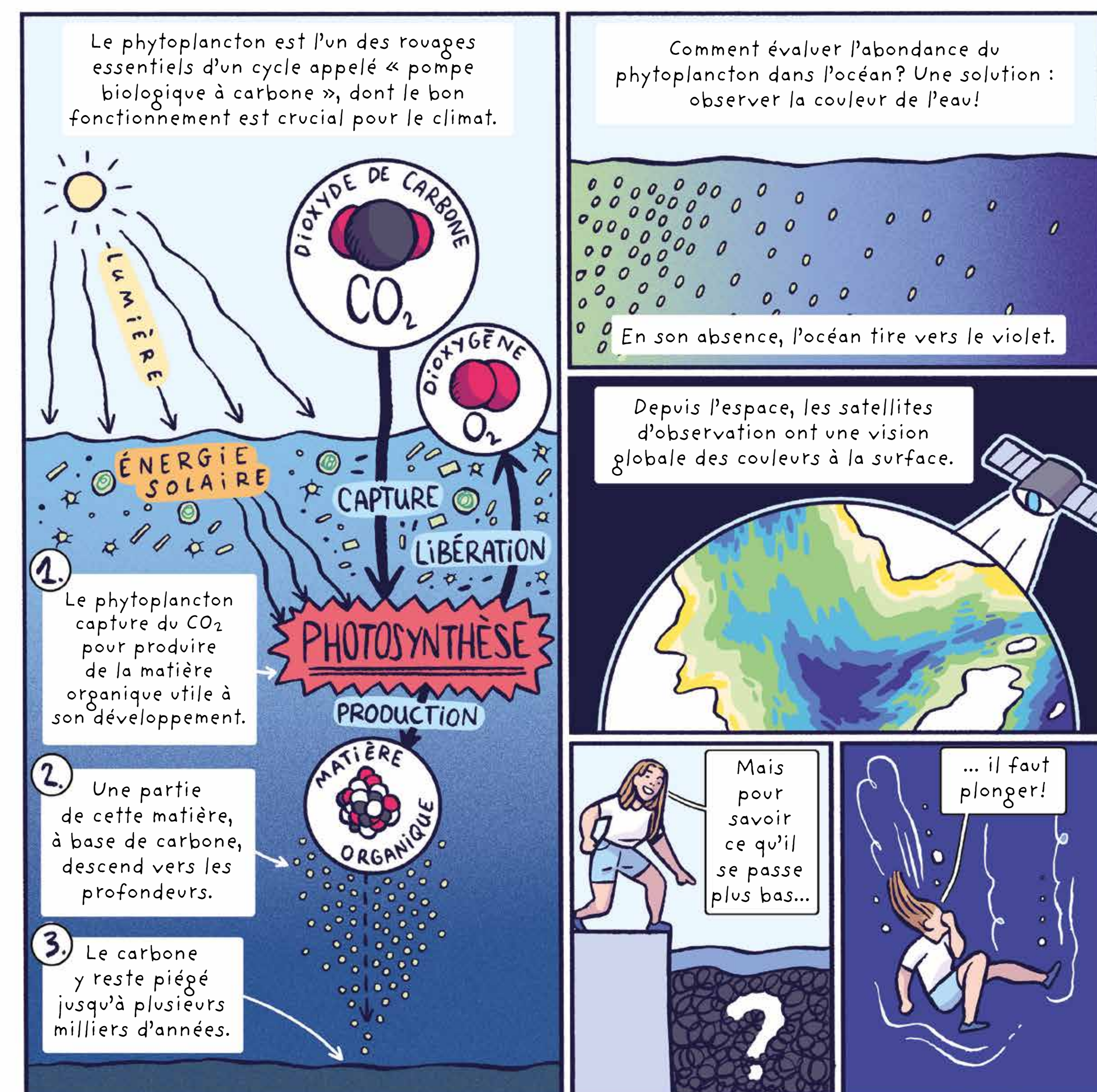
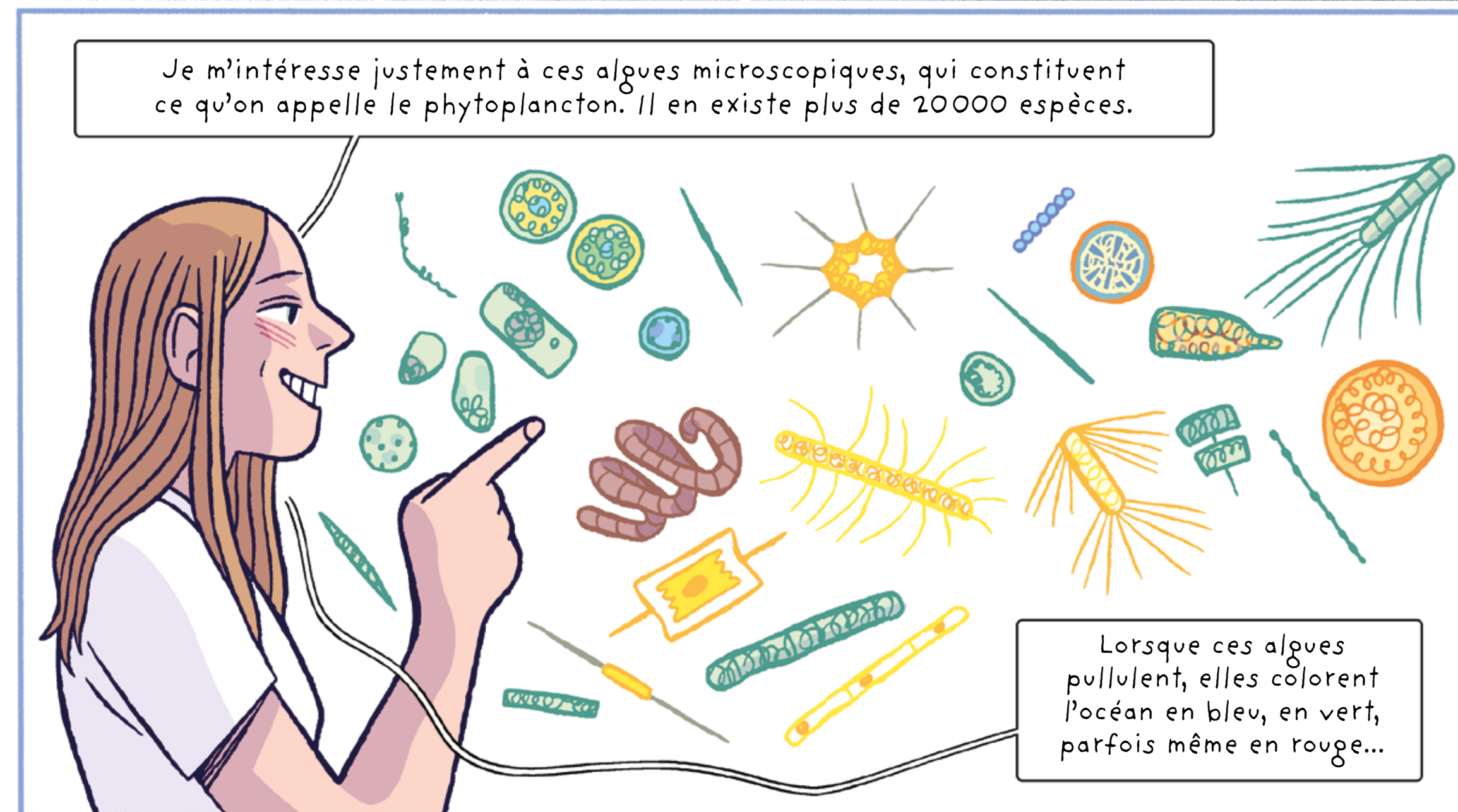
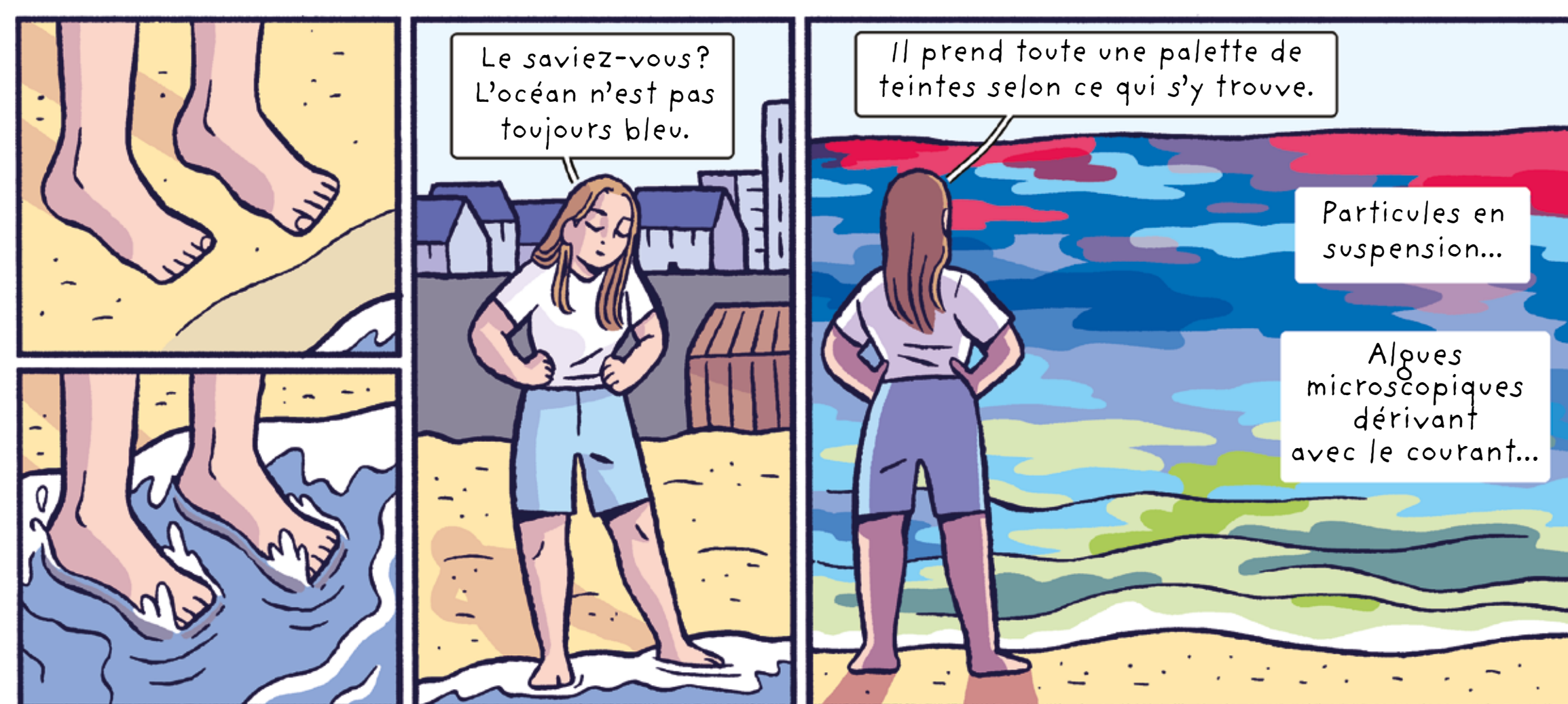
# Cinquante nuances de bleu : la vie cachée du phytoplancton

L'océan stocke 30% des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dues aux activités humaines. En piégeant ce gaz à effet de serre, il joue un rôle clé dans la régulation du climat. Or les mécanismes de ce stockage dépendent de l'activité d'algues microscopiques qui constituent ce qu'on appelle le « phytoplancton ». Celles-ci sont également responsables... de la couleur de l'eau! La couleur de l'océan est donc une information cruciale pour les scientifiques. Une flottille de robots bardés de capteurs, déployée depuis les années 2010, est déjà capable de mesurer cette couleur.

Mon rôle dans tout cela? Aider à mettre en place une nouvelle génération de capteurs qui distingueront un plus grand nombre de nuances! Ils nous révéleront les secrets du phytoplancton et nous renseigneront ainsi sur le potentiel de l'océan à stocker du CO<sub>2</sub> - et donc sur le futur de notre planète...

Lou Andès

Pour aller plus loin



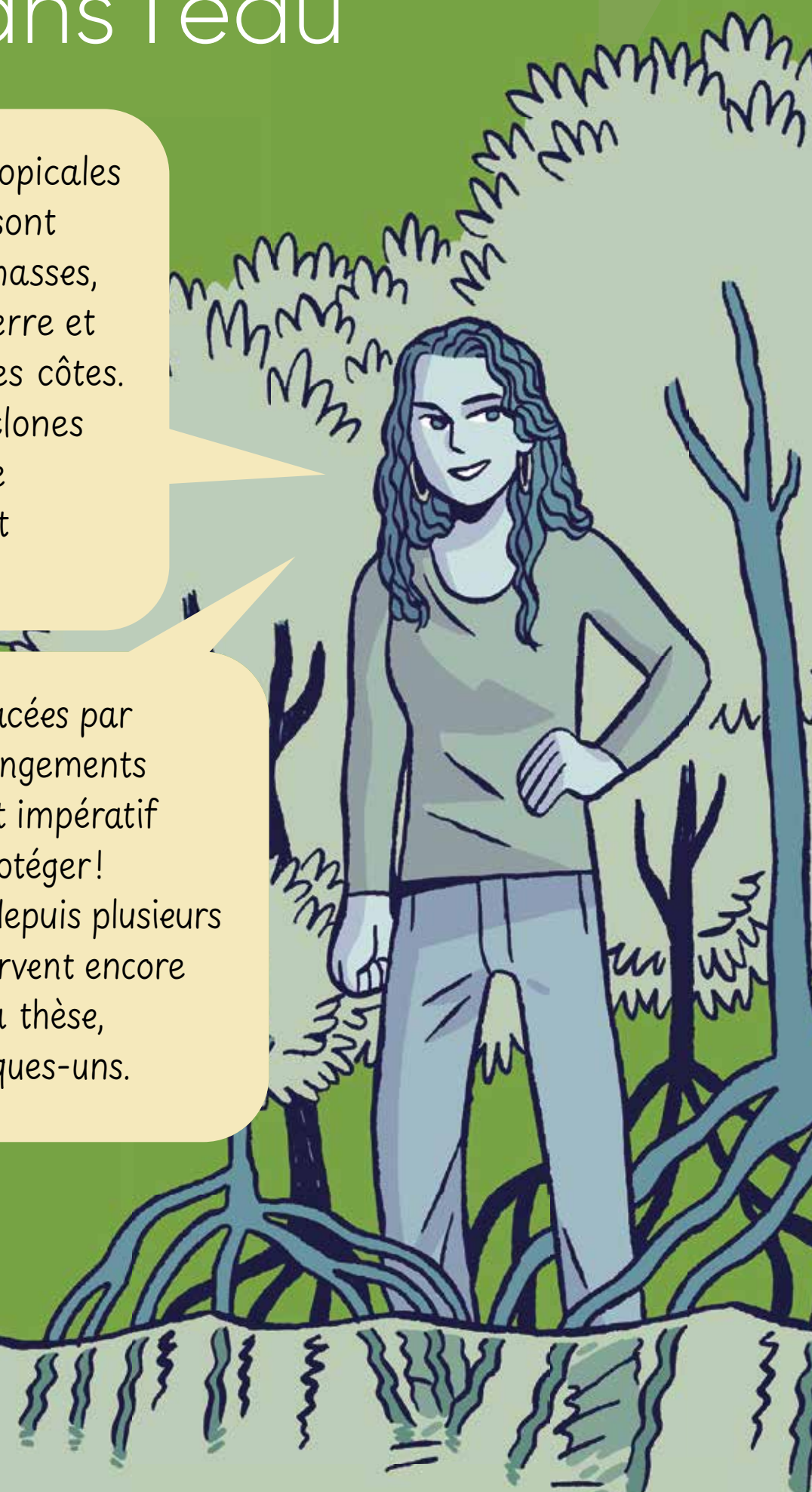
# Les secrets d'une forêt aux pieds dans l'eau

Connaissez-vous les mangroves? Dans les régions tropicales et subtropicales, trois quarts environ des littoraux sont bordés de ces forêts. On y trouve des arbres sur échasses, les palétuviers, dont les racines font le pont entre terre et mer. Les mangroves sont essentielles à l'équilibre des côtes. Elles forment un rempart qui les protège contre cyclones et tsunamis; de nombreuses espèces y trouvent gîte et couvert et s'en servent de nurserie; elles stockent en outre une grande quantité de carbone.

Naina Mouras

Hélas, les mangroves sont menacées par l'activité humaine et par les changements climatiques. C'est pourquoi il est impératif de les étudier pour mieux les protéger! Si les scientifiques s'y attendent depuis plusieurs décennies, les mangroves conservent encore certains mystères... Grâce à ma thèse, je compte bien en dissiper quelques-uns.

Pour aller plus loin



Bienvenue en Nouvelle-Calédonie!

Et plus particulièrement sur l'atoll d'Ouvéa...

... et la presqu'île de Bouraké, où se concentre mon travail.

Des mangroves y prospèrent à la frontière entre la terre et la mer, connectées par un unique chenal au lagon.

Différentes espèces de palétuviers croissent sur des sols pauvres en oxygène.

Les racines entrelacées des arbres fournissent un refuge pour les jeunes poissons.

Le lagon, une étendue d'eau peu profonde, est séparé de l'océan par une barrière naturelle de corail.

L'eau pénètre dans la zone à marée montante... ... et en ressort à marée descendante.

CHENAL  
MANGROVE  
LAGON  
PLAGE  
BARRIÈRE DE CORAIL  
Océan

La mangrove est une véritable « usine verte » qui fournit de l'énergie à toute la vie qui l'entoure.

En effet, les feuilles et les branches mortes des palétuviers (constituées par ce qu'on appelle la « matière organique »)...

... tombent...

... au pied des arbres et s'y entassent pour former une litière.

Elles y sont progressivement fragmentées et dégradées.

Une partie de la matière organique formant la litière va s'accumuler dans le sol.

Une autre partie sera emportée vers le lagon par la marée, lorsque la mer se retire.

miam miam miam miam miam miam

La dégradation de la litière des mangroves fournit ainsi des nutriments qui sont à la base de la chaîne alimentaire pour la faune et la flore du littoral.

D'autre part, les sols des mangroves agissent comme des pièges naturels pour des métaux présents en faible concentration dans l'environnement.

Une partie de ces métaux, dont certains sont indispensables à la vie, est également transportée vers le lagon avec la marée.

Le secret de ce transport réside dans un mécanisme d'« alliance » avec la matière organique dissoute présente dans le sol de la mangrove et dans l'eau de mer. C'est le phénomène de complexation.

Bien que ce transport de métaux soit crucial pour la santé des écosystèmes du lagon, il est encore peu étudié.

Pour décrypter les mécanismes d'« alliance » entre matière organique dissoute et métaux, il faut connaître la composition de cette matière.

C'est pourquoi je pars récolter des échantillons sur le terrain.

Mais pas si vite!

Toute mission requiert une préparation minutieuse. Car se rendre sur place n'est pas facile.

Une lacune que je vais tenter de combler!

LAGON

matériel Plan Accord des populations locales

manganèse cobalt nickel fer chrome

métal matière organique

Nous devons marcher près d'une heure sur la plage.

Traverser le chenal qui communique avec le lagon.

Puis nous frayer un chemin entre les racines de palétuviers.

Avec de l'eau qui arrive parfois jusqu'aux genoux... ... ou jusqu'à la taille!

Le tout bien protégés contre le soleil et les moustiques...

Une fois sur le terrain, avec mon équipe, nous effectuons des carottages dans le sol en notant soigneusement l'endroit de prélèvement.

Nous prélevons de l'eau à différentes profondeurs dans la carotte, ainsi que de l'eau de mer.

Mieux vaut n'avoir rien oublié!

ch minime, le pique-nique

Après filtration, nous stockons les échantillons dans des glacières pour éviter leur dégradation, et direction le labo pour les analyses!

Au laboratoire, je dépose mes échantillons dans un spectrofluoromètre.

Certaines molécules absorbent le rayonnement UV émis par l'appareil...

... et émettent en retour de la lumière: on dit qu'elles fluorescent!

En recueillant cette lumière, je suis capable d'identifier ce qui constitue la matière organique dans mes échantillons.

ACIDE HUMIQUE MARIN

ECHANTILLON ECHANTILLON

Une fois ces composants identifiés, nous comprendrons mieux comment les mangroves fournissent des ressources nutritives aux écosystèmes côtiers tropicaux.

Un travail essentiel pour mettre en lumière les services rendus par les mangroves!