

SCIENCES EN BULLES



HÉLOÏSE CHOCHOIS

EXPOSITION

Réveil

climatique

*L'heure de l'action a sonné !*



Sciences  
pour tous



GOUVERNEMENT

Liberté  
Égalité  
Fraternité

fête de la  
Science

# Une exposition optimiste sur l'avenir

“Nous espérons que vous serez nombreux non seulement à parcourir ce nouvel opus, mais également à le voir comme une invitation à regarder l'avenir avec espoir, avec confiance, parce que nos connaissances, nos découvertes, notre imagination et nos prises de décision peuvent rendre possible un futur plus respectueux de la planète.”

**Sylvie Retailleau**

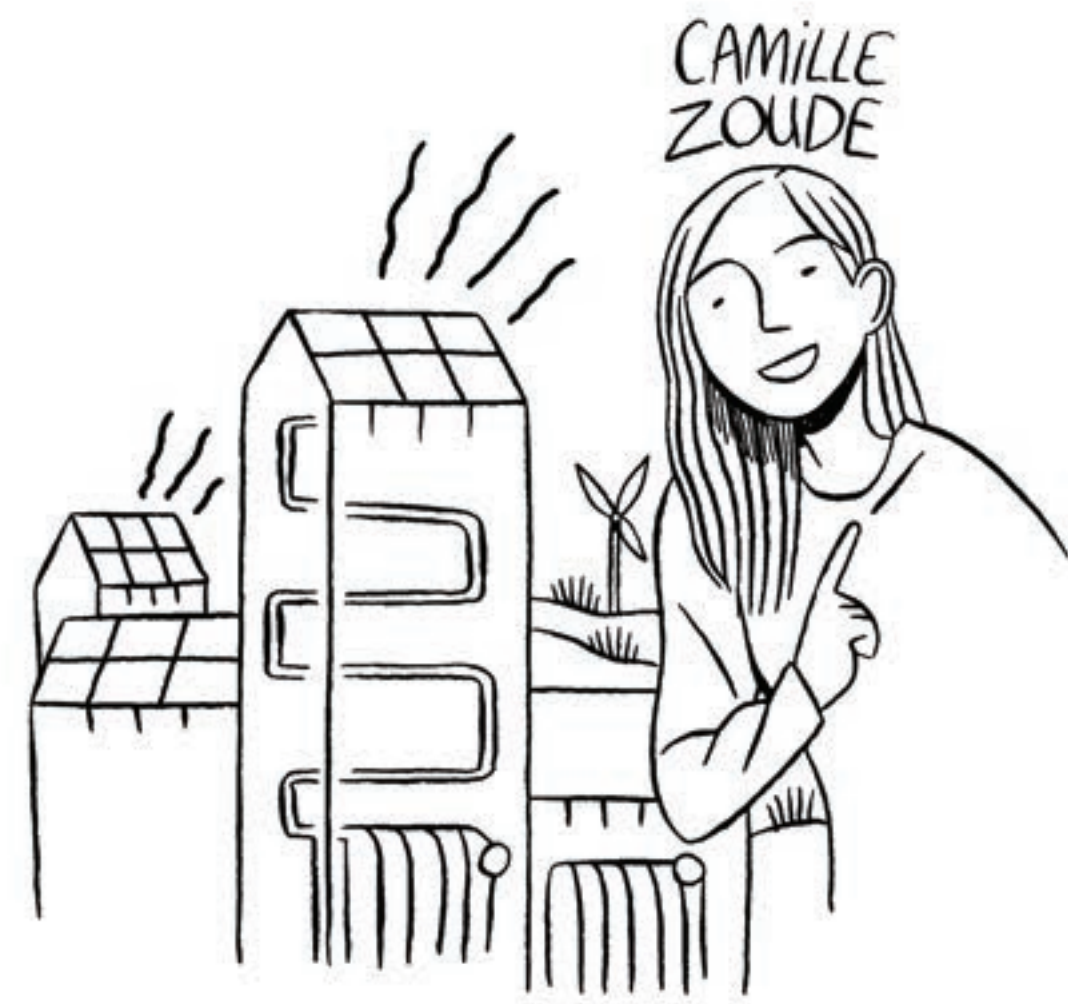
Ministre de l'Enseignement supérieur  
et de la Recherche

**Rima Abdul-Malak**

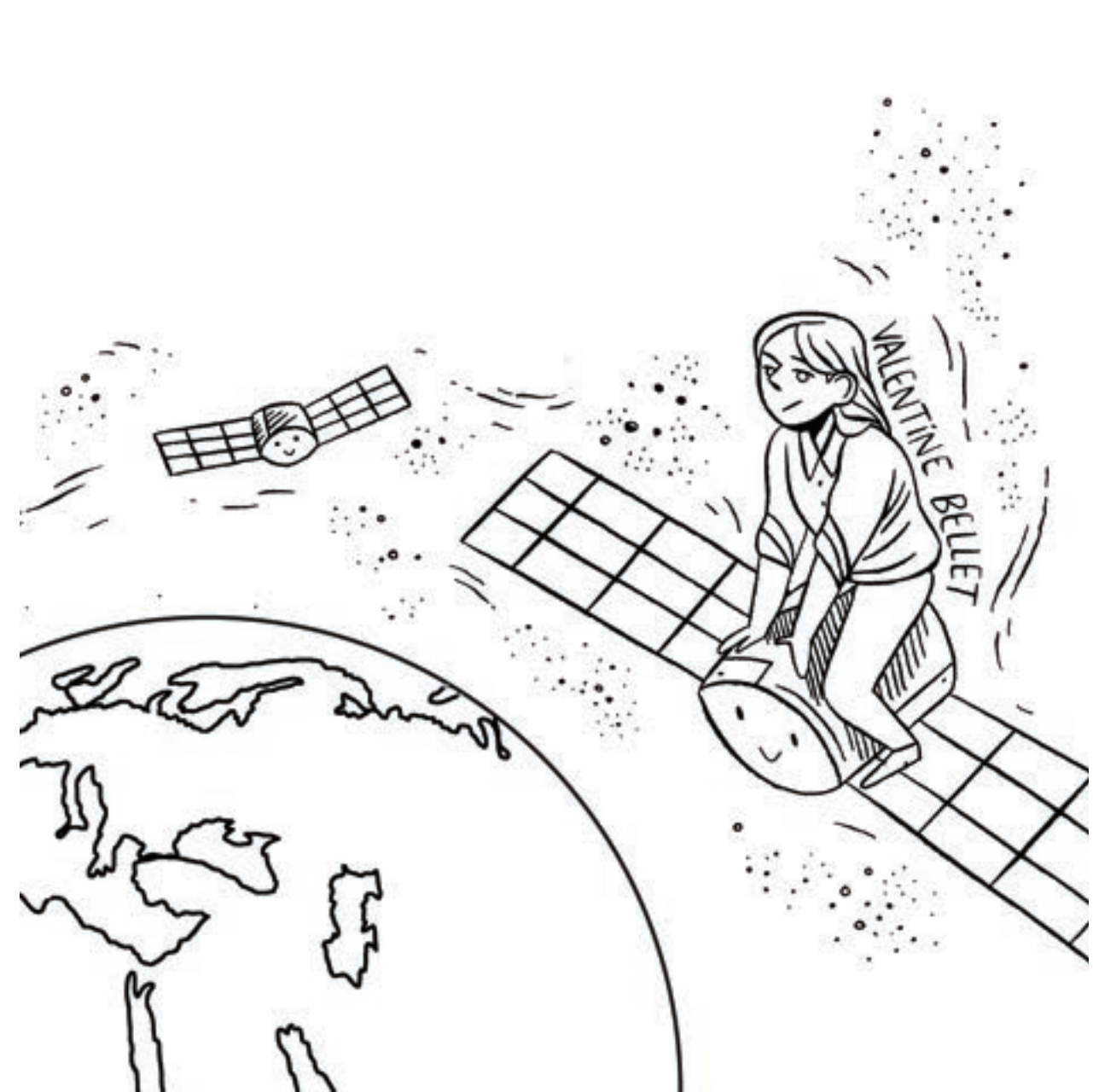
Ministre de la Culture

Cette exposition accompagne le livre « Sciences en bulles » édité par le Syndicat national de l'édition (SNE) et les ministères en charge de la recherche et de la culture, à l'occasion de la 31<sup>e</sup> édition de la Fête de la science.

Avec la participation de France Universités et de l'association “art + université + culture”, avec le soutien de CASDEN – Banque Populaire, 11 doctorants ont réalisé un travail de mise en récit et en image de leur thèse avec l'illustratrice Héloïse Chochois et l'équipe du groupe « Sciences pour tous » du SNE, accompagnés de leurs institutions universitaires et de leurs laboratoires.



# 11 doctorants croquent la science en BD



# LE PETIT PEUPLE DES CANOPÉES FACE À LA DÉGRADATION DES FORÊTS

Inutiles, les insectes ? Loin de là ! Dans les forêts, ces petites bêtes participent par exemple au cycle des nutriments (des échanges de matière nécessaires à la vie) et elles facilitent la décomposition du bois mort, qui sert d'habitat et de nourriture à une grande diversité d'organismes.

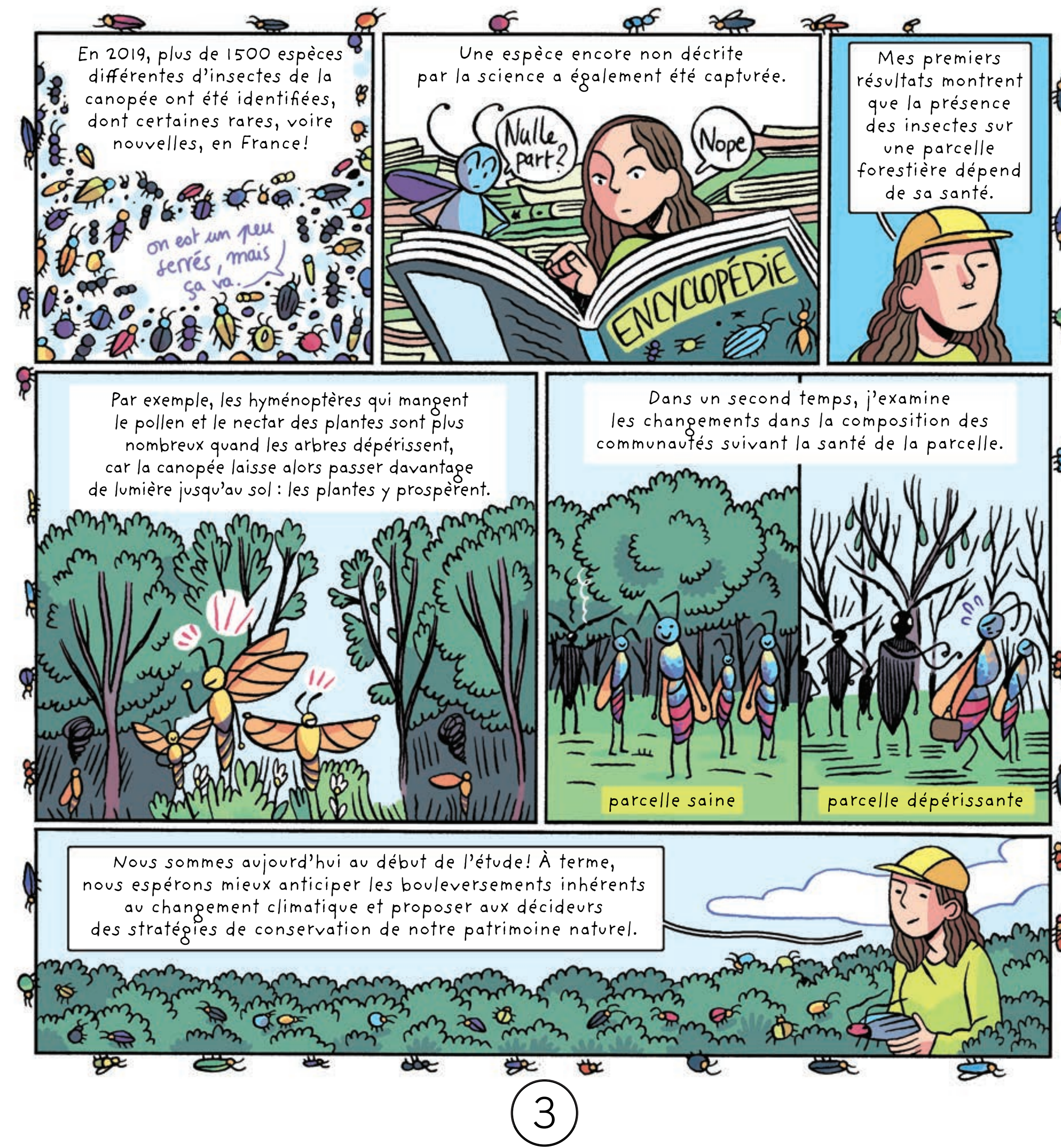
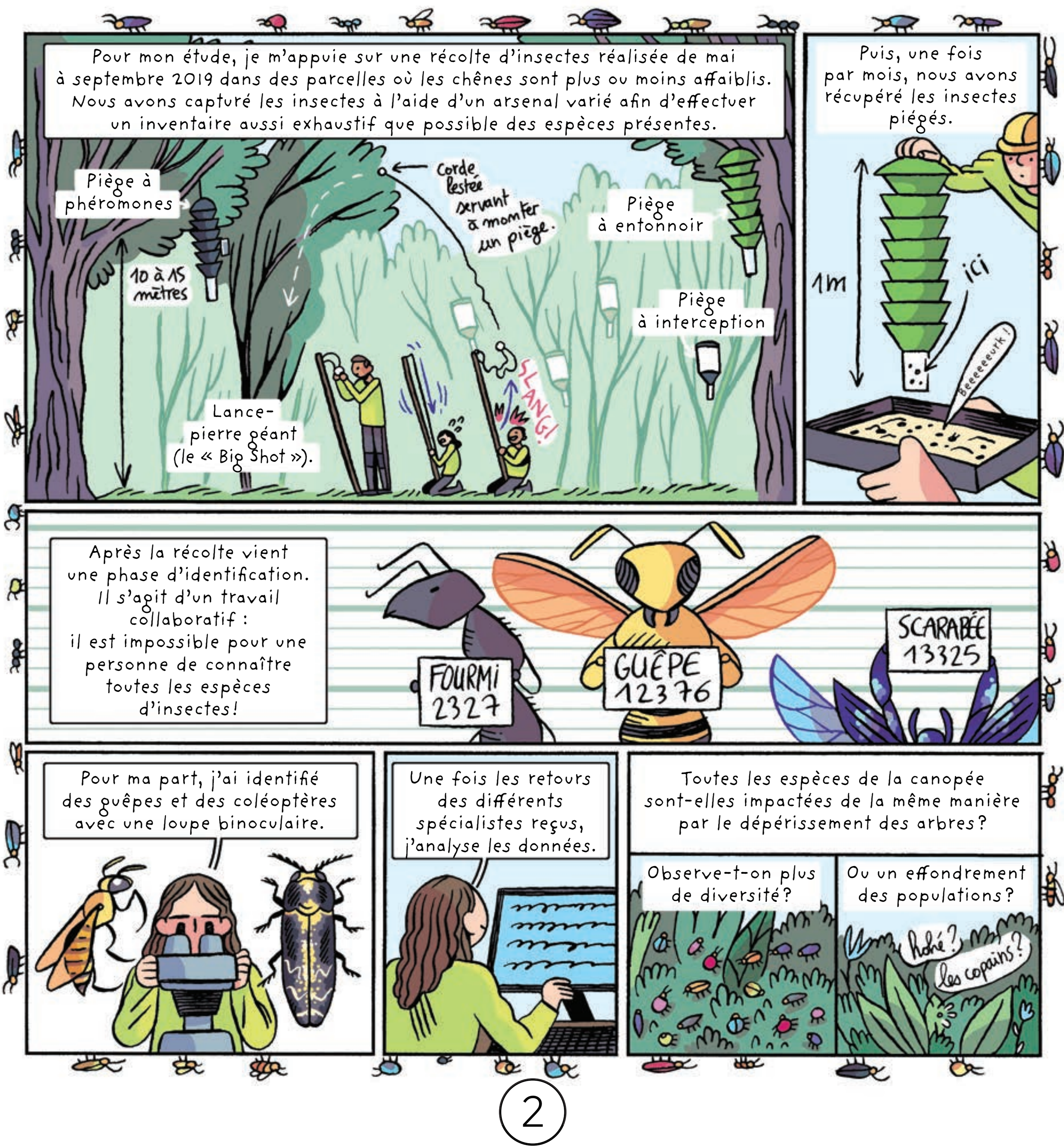
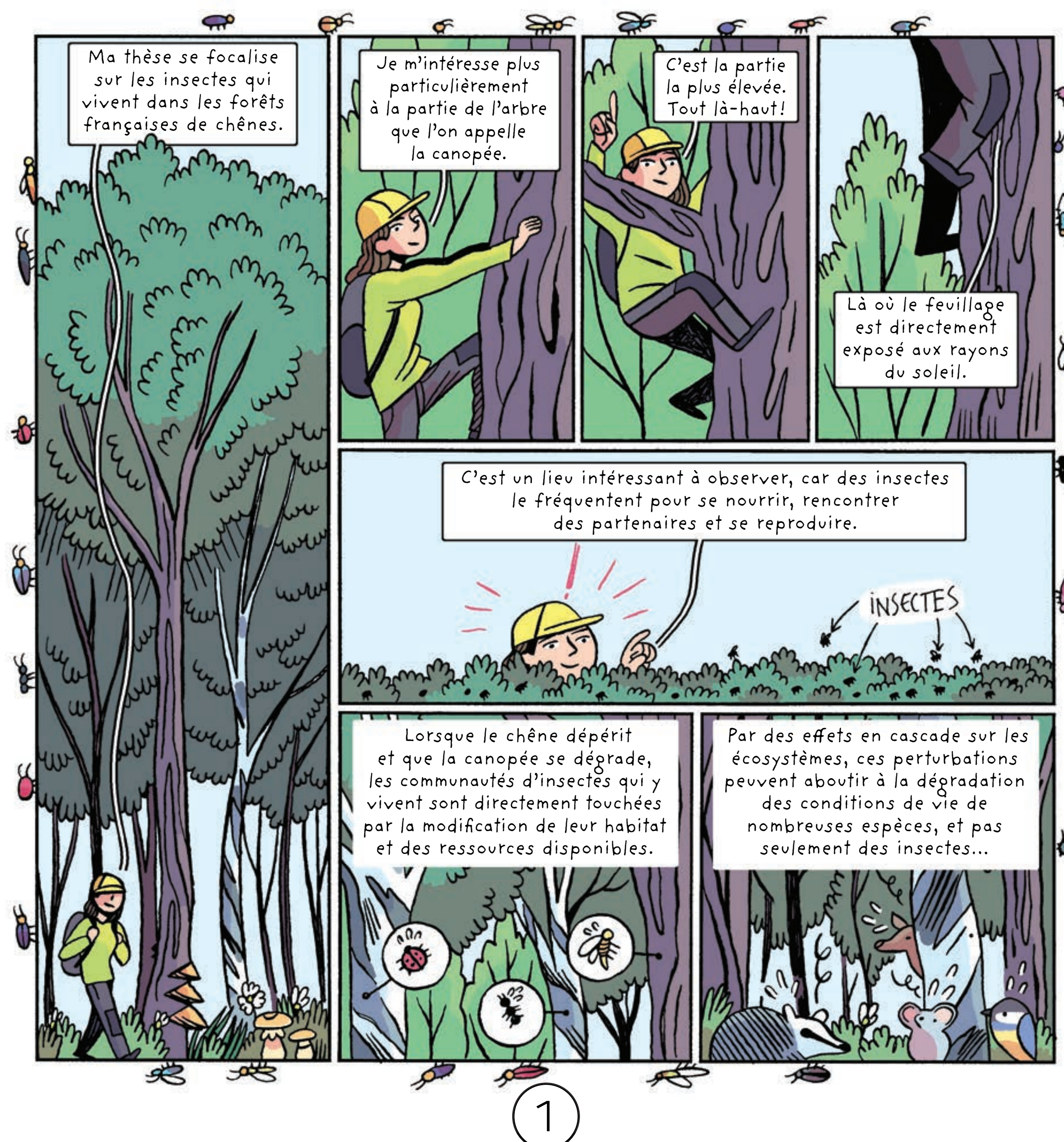
Malheureusement, les populations d'insectes diminuent, et certaines espèces sont en train de disparaître, car leurs habitats sont perturbés par le changement climatique. Dans les forêts européennes, notamment, de plus en plus d'arbres dépérissent : ils perdent leurs feuilles, et des branches meurent.

Mon travail consiste à étudier les communautés d'insectes qui vivent sur les chênes et à comprendre comment celles-ci se transforment lorsque les arbres dépérissent. Objectif : mieux les connaître pour mieux les protéger !

POUR ALLER PLUS LOIN



ÉLODIE LE SOUCHU



# LES ABEILLES SAUVAGES SOUS HAUTE SURVEILLANCE

Vous connaissez tous l'abeille domestique qui vit en colonie dans une ruche et fabrique du miel, mais il existe des centaines d'autres espèces d'abeilles. Et elles sont tout aussi utiles ! En butinant de fleur en fleur, les abeilles pollinisent de nombreuses plantes sauvages et plantes de culture.

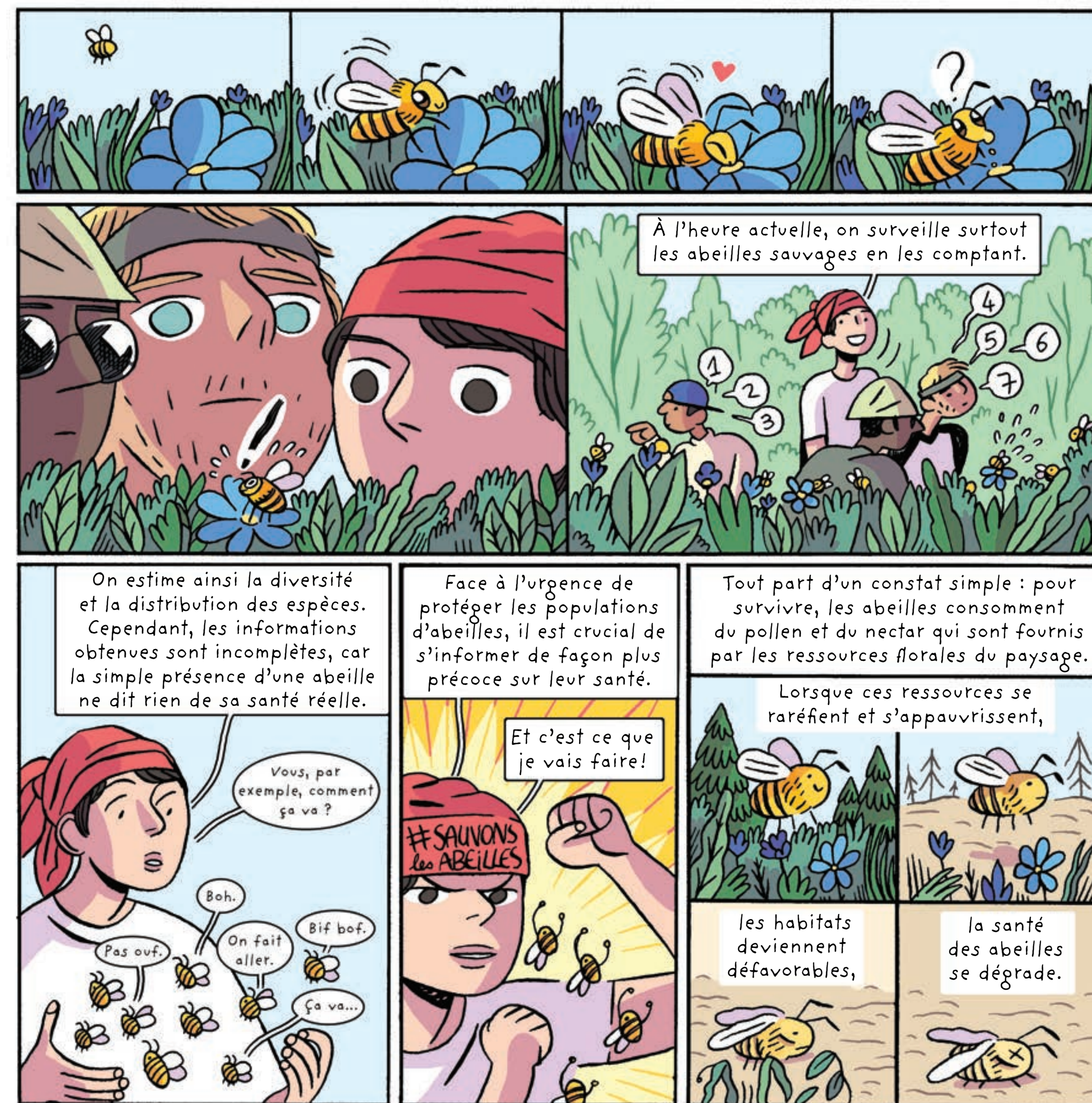
Sans insectes pollinisateurs, pas de reproduction des plantes, donc ni fruits ni légumes !

Or, selon l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature), près d'une espèce d'abeilles sauvages sur dix est aujourd'hui menacée d'extinction en Europe. En cause : la modification des paysages par les activités humaines, tout comme l'utilisation de pesticides ainsi que les changements climatiques.

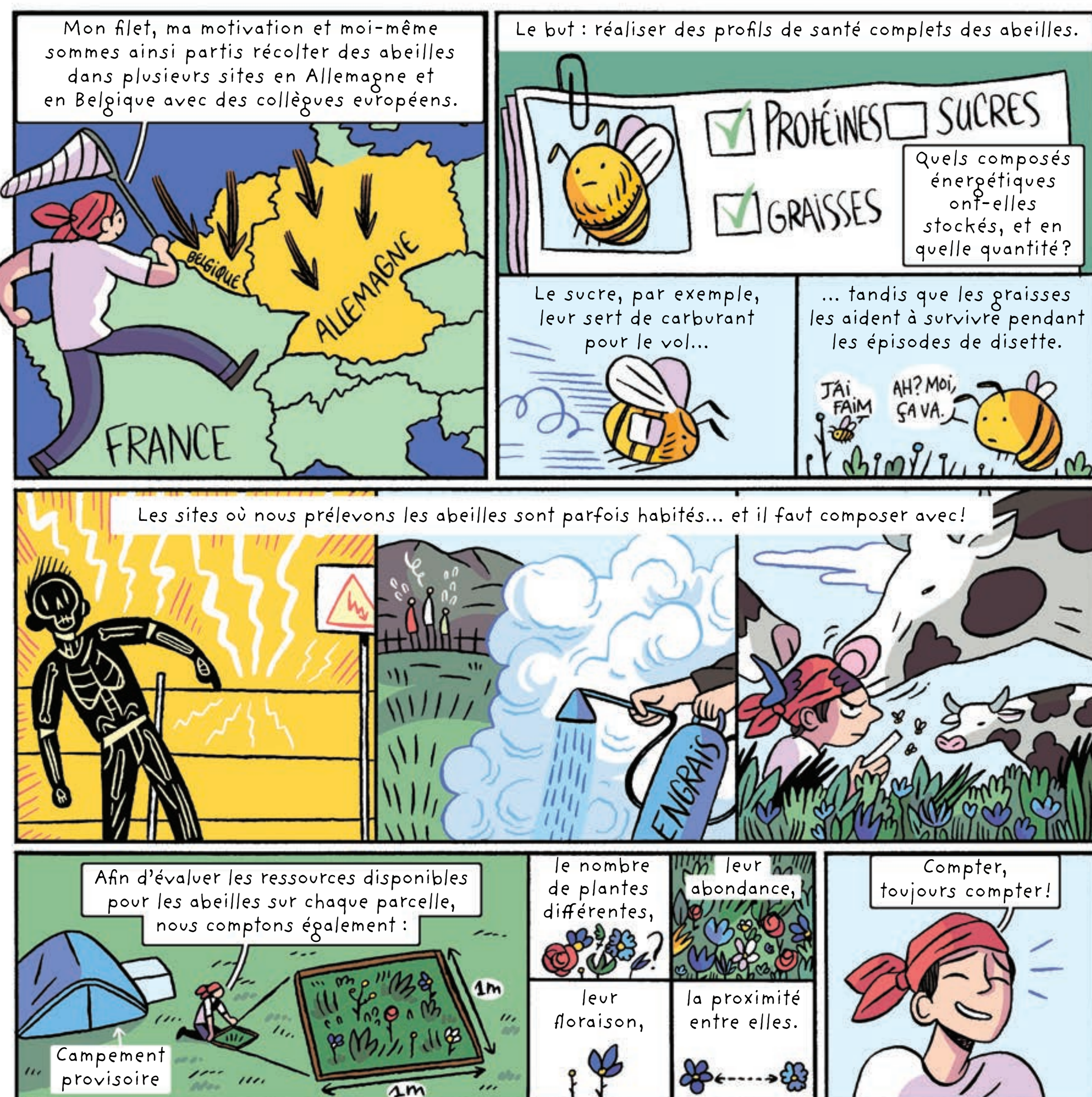
Il est urgent d'œuvrer pour rétablir la santé des communautés d'abeilles sauvages. Telle est la mission que j'ai acceptée...



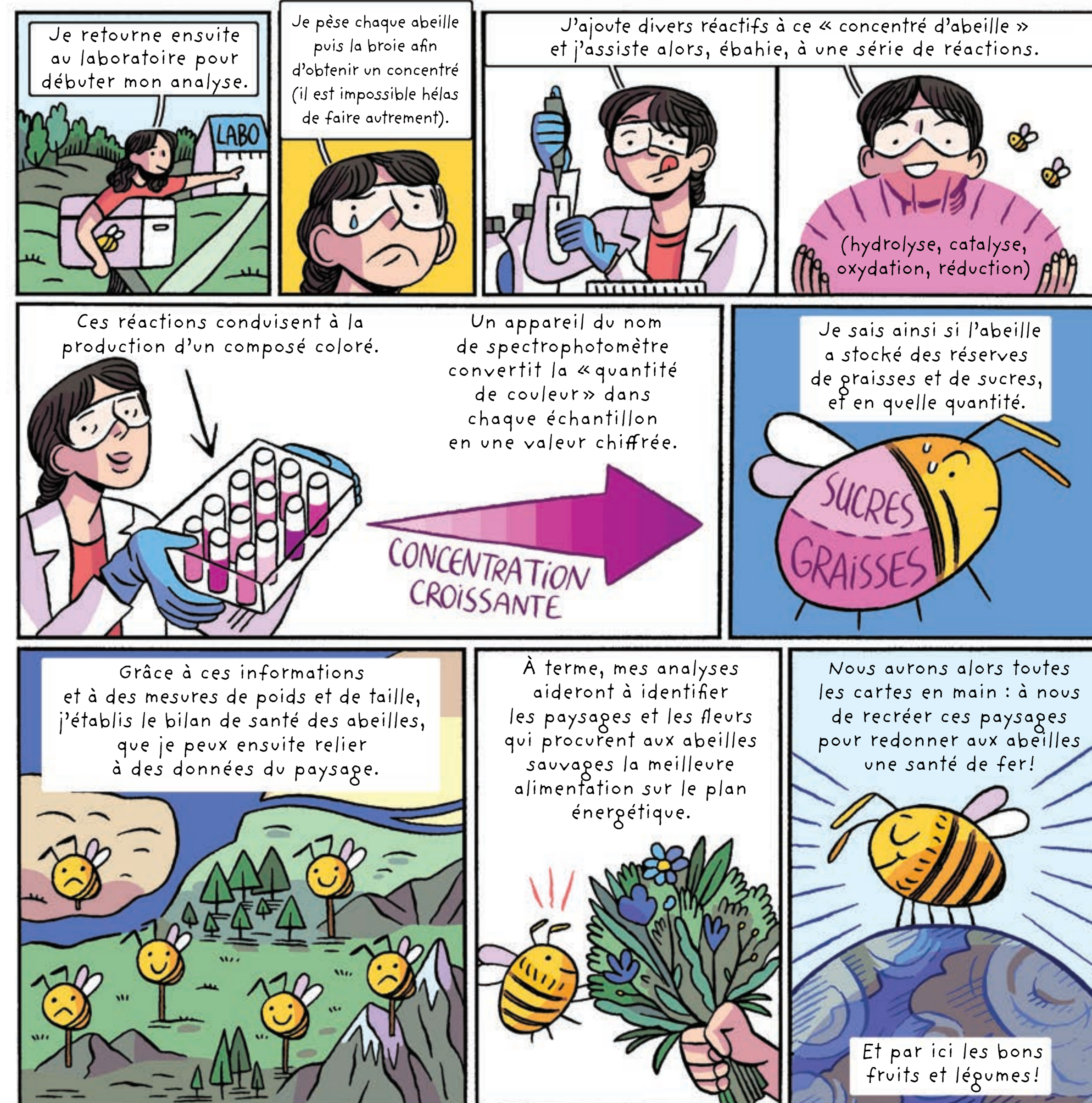
POUR ALLER PLUS LOIN



1



2



3

# SURVEILLER NOTRE PLANÈTE GRÂCE À L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Au-dessus de nos têtes, des satellites observent en permanence notre planète. Les données qu'ils récoltent sont de plus en plus nombreuses, et donc de plus en plus complexes à exploiter par des méthodes statistiques traditionnelles. C'est là qu'intervient désormais l'intelligence artificielle (IA) !

Dans mon laboratoire, des algorithmes d'IA ont déjà été mis en place pour cartographier l'occupation des sols à partir des images capturées chaque année par les satellites. Mais des améliorations sont toujours possibles... et c'est l'objectif de mon travail. À la clef : une précision accrue de la carte.

Avec le changement climatique, il est en effet fondamental d'observer nos écosystèmes avec attention pour mieux les comprendre et les préserver !



Chaque année, mon laboratoire produit une carte d'occupation du sol à l'échelle de la France métropolitaine sur laquelle on identifie différents milieux :

- zones artificialisées (bâtiments et routes)
- zones agricoles (blé, maïs, colza, etc.)
- zones naturelles (forêts, landes, etc.)

Ces informations sont cruciales pour de nombreux travaux de recherche et applications. Elles servent par exemple à surveiller l'étalement urbain, à suivre l'évolution des terres agricoles...

Ou encore à l'analyse des effets du changement climatique sur les écosystèmes.

Fait chaud, non? Adieu.

Reviens vite.

Ces cartes sont issues des données fournies par les satellites Sentinel-2, lancés par l'ESA\* en 2015 et 2017, qui se relaient pour balayer une même zone du territoire tous les cinq jours. Ils y recueillent des informations sur plusieurs bandes spectrales allant du visible à l'infrarouge.

À l'échelle de la France, les images produites sur une année entière constituent une base de données très volumineuse : environ 20 téraoctets de données, soit l'équivalent de 4 millions de photos de vacances!

\* Agence spatiale européenne

1

Afin de traiter cette grande quantité de données dans un délai raisonnable, des méthodes automatiques sont mises en place.

C'est là que l'intelligence artificielle entre en jeu!

Vous avez dû entendre parler d'intelligence artificielle dans des films de science-fiction, mais celle-ci se niche déjà partout dans votre quotidien.

BOUCHON A 20M, PRENDRE L'ITINÉRAIRE BIS

GPS

Le concept date des années 1950, et les technologies ont décollé au milieu des années 2010, grâce à l'augmentation de la puissance de calcul des ordinateurs et à la possibilité de stocker massivement des données.

3,75Mo

2To

IBM

Avec l'apprentissage automatique ou *machine learning*, par exemple, des ordinateurs « apprennent » à résoudre un problème sans que la solution ne leur soit explicitement fournie.

OBJETIF

Une fois cette étape terminée, l'algorithme est prêt à classer seul de nouvelles données, non étiquetées.

Puis l'algorithme apprend à classer les données en évaluant sa performance sur ce jeu étiqueté.

IMAGÉ SATELLITE

Bâtiment

Forêt

Champ de Colza

Eau

Bâtiment

FORÊT

BÂTIMENT

CHAMPS DE COLZA

EAU

2

Cette classification est complexe, car on ne traite pas de simples photos du sol, mais un « cube » de données avec trois composantes : spectrale, spatiale et temporelle.

SPATIALE

SPECTRALE

TEMPORELLE

JANVIER

FÉVRIER

MARS

AVRIL

MAI

JUIN

JUILLET

LUMIÈRE VISIBLE

INFRAROUGE

L'objectif de ma thèse est de traiter cette énorme masse de données tout en essayant de mieux prendre en compte la structure de leurs trois composantes.

Pour cela, j'ai mis en place un nouveau type d'algorithme.

Il est fondé sur une méthode qui s'appelle « processus gaussiens ».

Grâce à cet algorithme, j'ai obtenu des résultats équivalents à ceux déjà existants, ce qui valide la méthode.

À présent, je travaille à l'améliorer pour mieux tirer parti des informations fournies par les satellites, et ainsi affiner l'analyse des paysages de notre territoire.

Entre autres, l'algorithme recherche les pixels qui sont « proches » (temporellement ou spatialement) et fait ressortir ces similarités.

À suivre...

3

# CE QUE NOUS RACONTENT LES CAROTTES DANS LES TOURBIÈRES TROPICALES

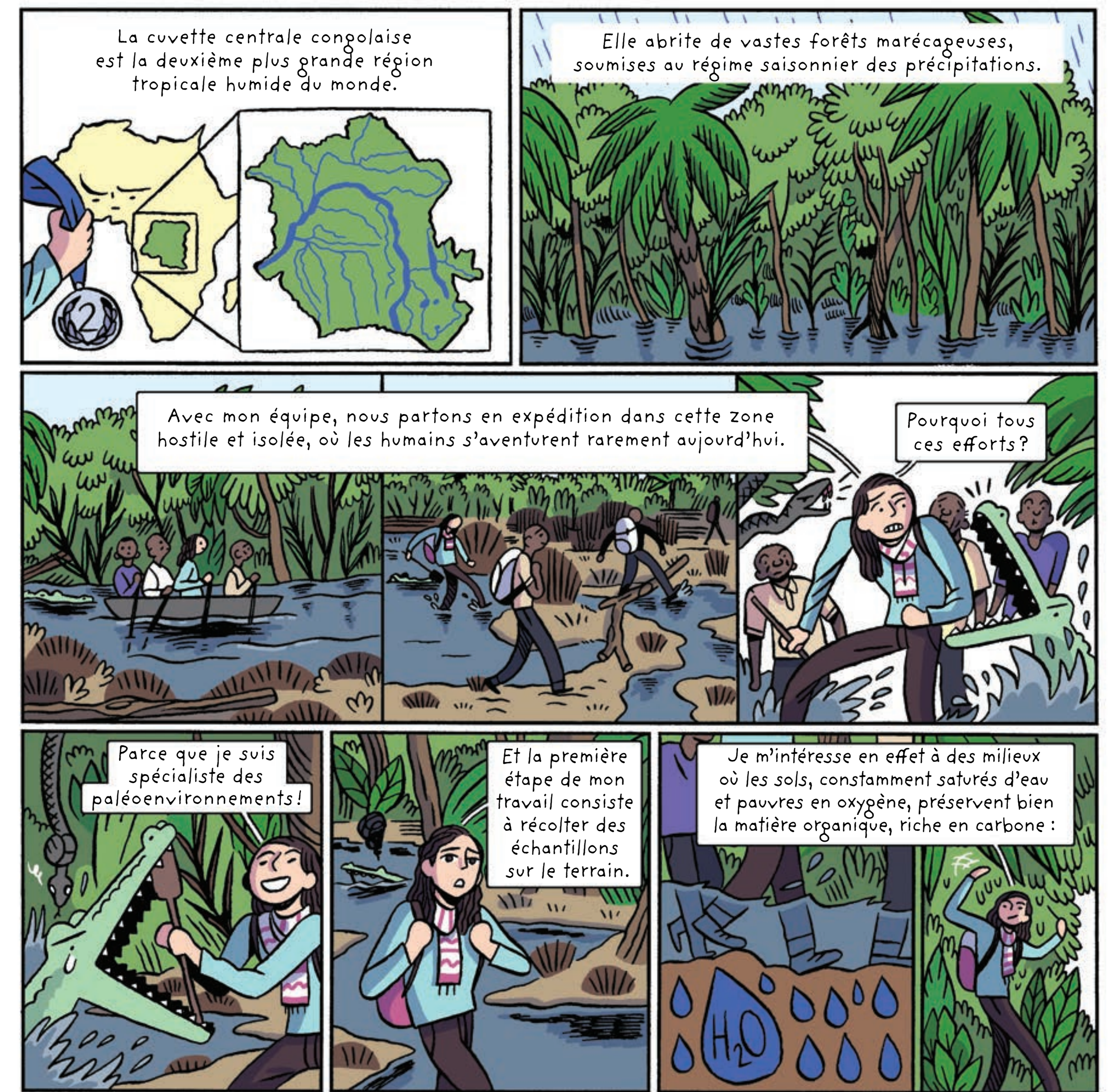
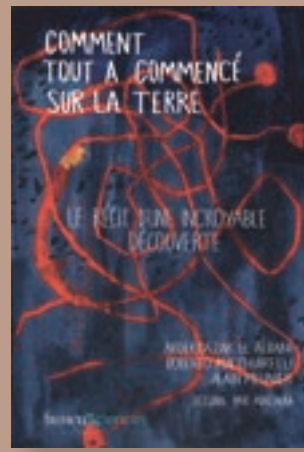
Avez-vous déjà entendu parler des « puits de carbone » naturels ? La spécificité de ces écosystèmes est de capter le carbone de l'atmosphère et de le stocker. C'est le cas des tourbières, qui interviennent dans la régulation du climat de notre planète.

Le plus grand ensemble de tourbières du monde se trouve en Afrique équatoriale. La tourbe y renfermerait plus de 30 milliards de tonnes de carbone, soit à peu près la quantité de carbone libérée dans l'atmosphère par l'économie mondiale en trois ans.

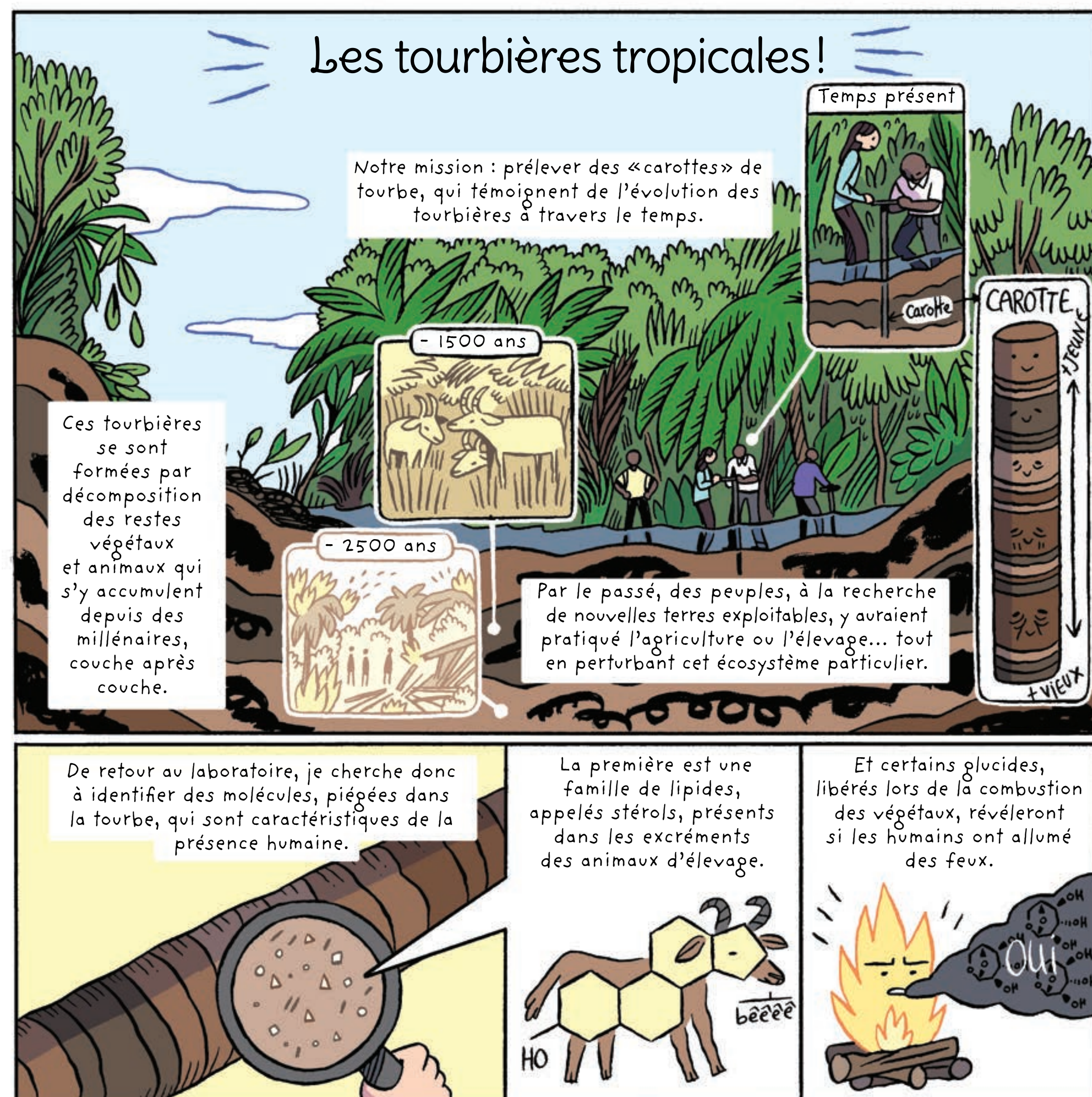
Cependant, ces tourbières sont vulnérables aux changements climatiques, et il est urgent de les protéger avant qu'elles ne soient perturbées et relarguent dans l'atmosphère le carbone qu'elles contiennent.

Je tente donc de retracer l'histoire de ces tourbières au cours des derniers millénaires. Je me penche sur le passé pour mieux appréhender l'avenir !

POUR ALLER PLUS LOIN



1



2



3

# JE JOUE, DONC JE PENSE? LE JEU VIDÉO POUR EXPÉRIMENTER CATASTROPHES ET RECONSTRUCTIONS

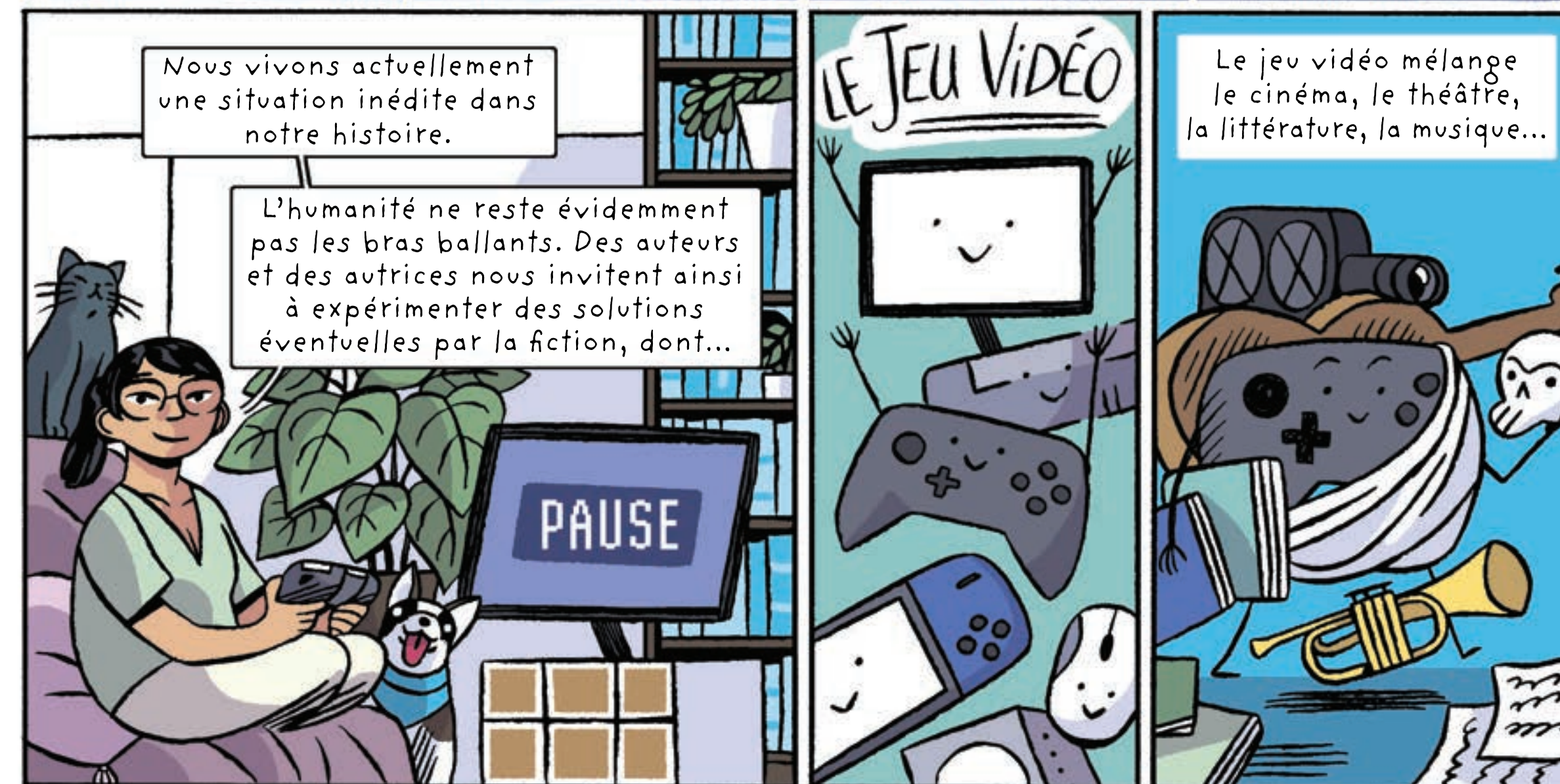
Qu'apprend-on en jouant  
aux jeux vidéo?  
La coordination, la persévérance,  
la coopération...  
mais pas seulement !

En mettant en fiction les catastrophes naturelles, technologiques  
et sociales qui secouent notre monde moderne, les jeux éclairent  
de nombreux aspects des événements actuels et nous préparent  
aux défis que l'humanité devra bientôt relever.

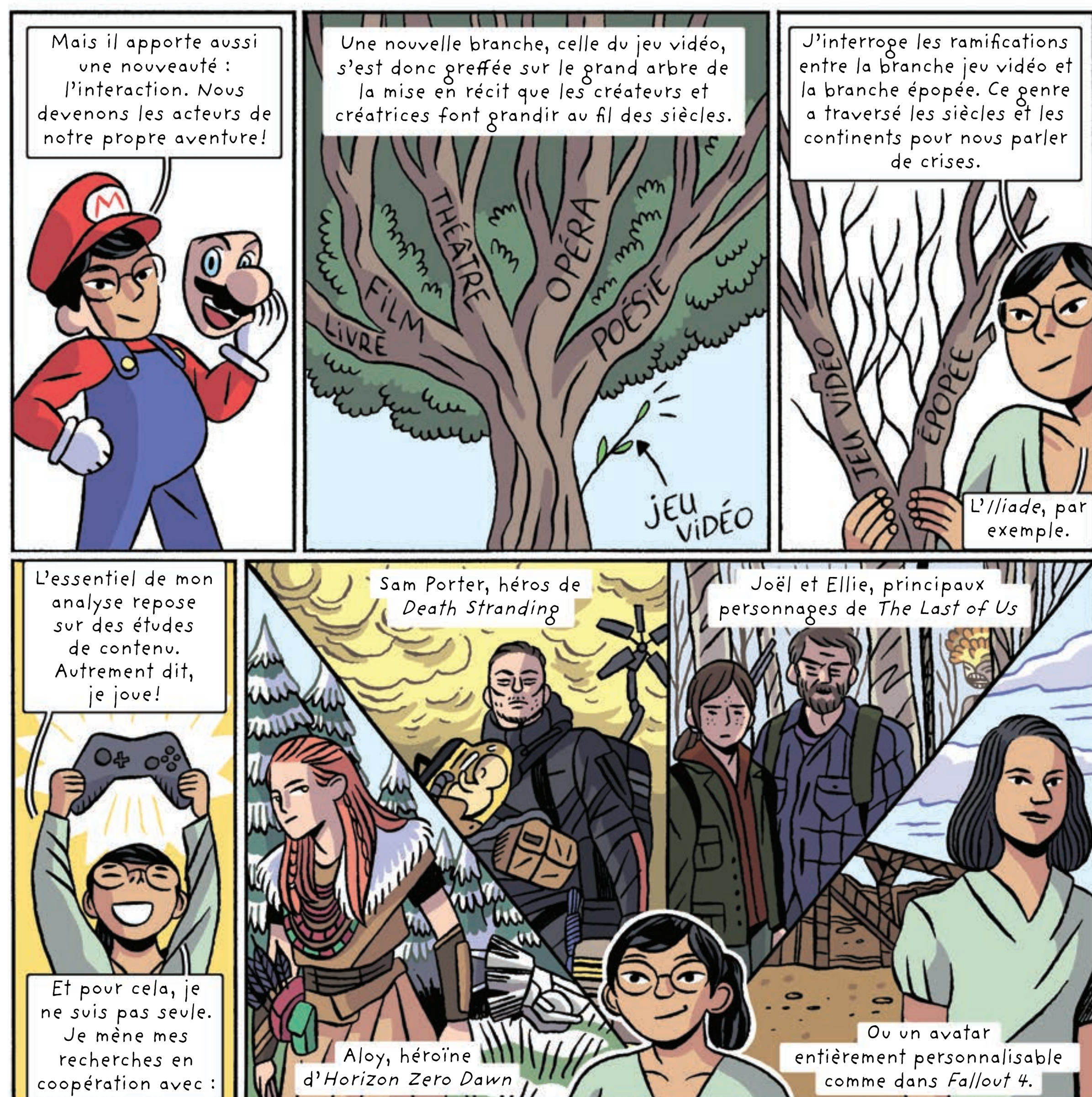
Que disent-ils de notre monde et de ses crises ? Quelles angoisses et  
quels espoirs représentent-ils ? Quelles solutions et quelles alternatives  
proposent-ils ? Que nous enseignent-ils sur les bienfaits et les dérives  
de nos modes de vie ?

Je me suis munie d'un clavier, d'un écran et d'une manette  
pour mener l'enquête !

POUR ALLER PLUS LOIN



1



2



3



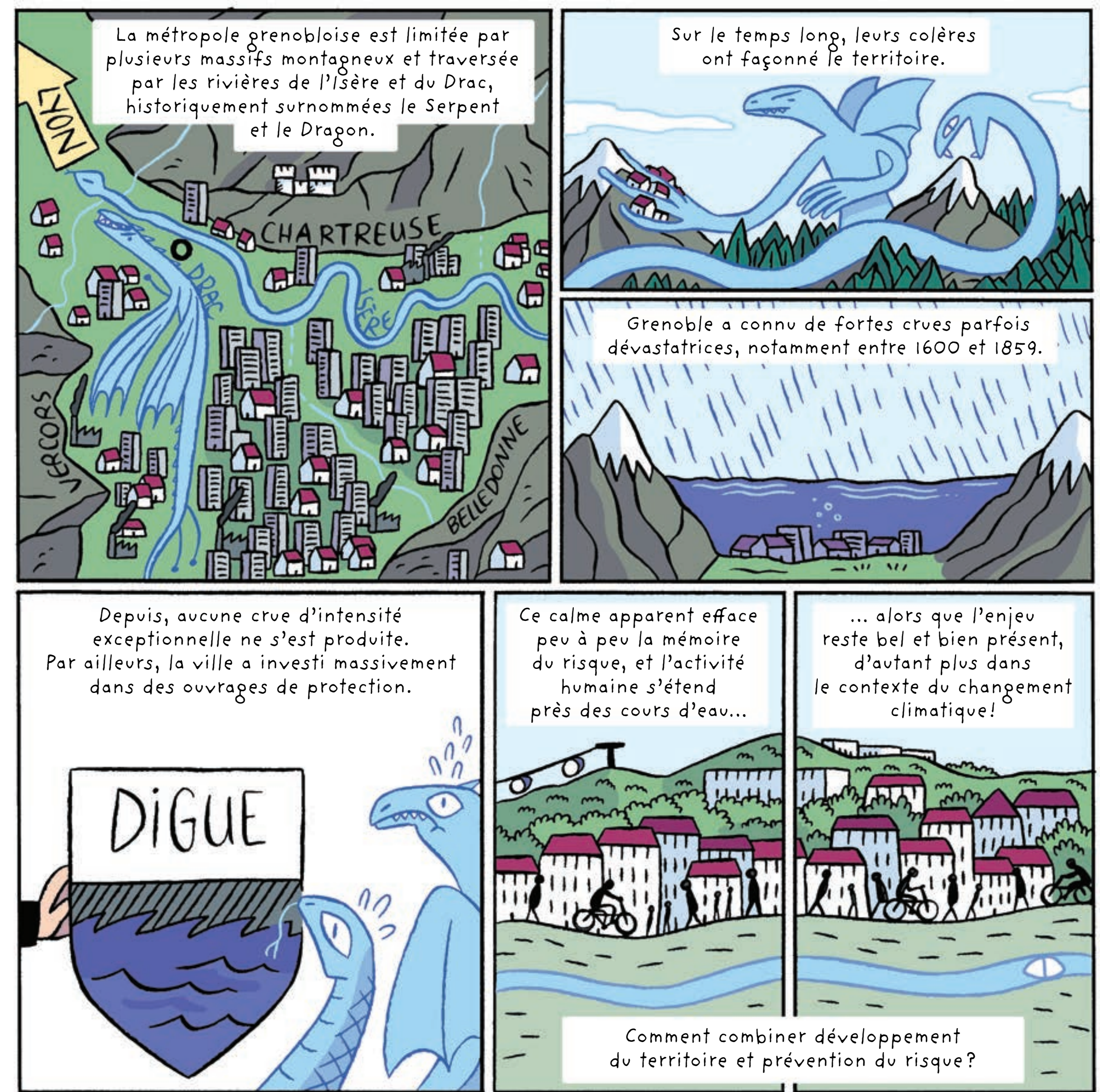
# PENSER L'ADAPTATION DES TERRITOIRES AU RISQUE D'INONDATION

Depuis 70 ans, la métropole grenobloise connaît un fort développement économique et démographique qui a donné lieu à une urbanisation massive. Or la métropole compte une centaine de torrents et est traversée par deux grandes rivières... Dans le contexte du changement climatique, le risque d'inondation y devient une préoccupation majeure.

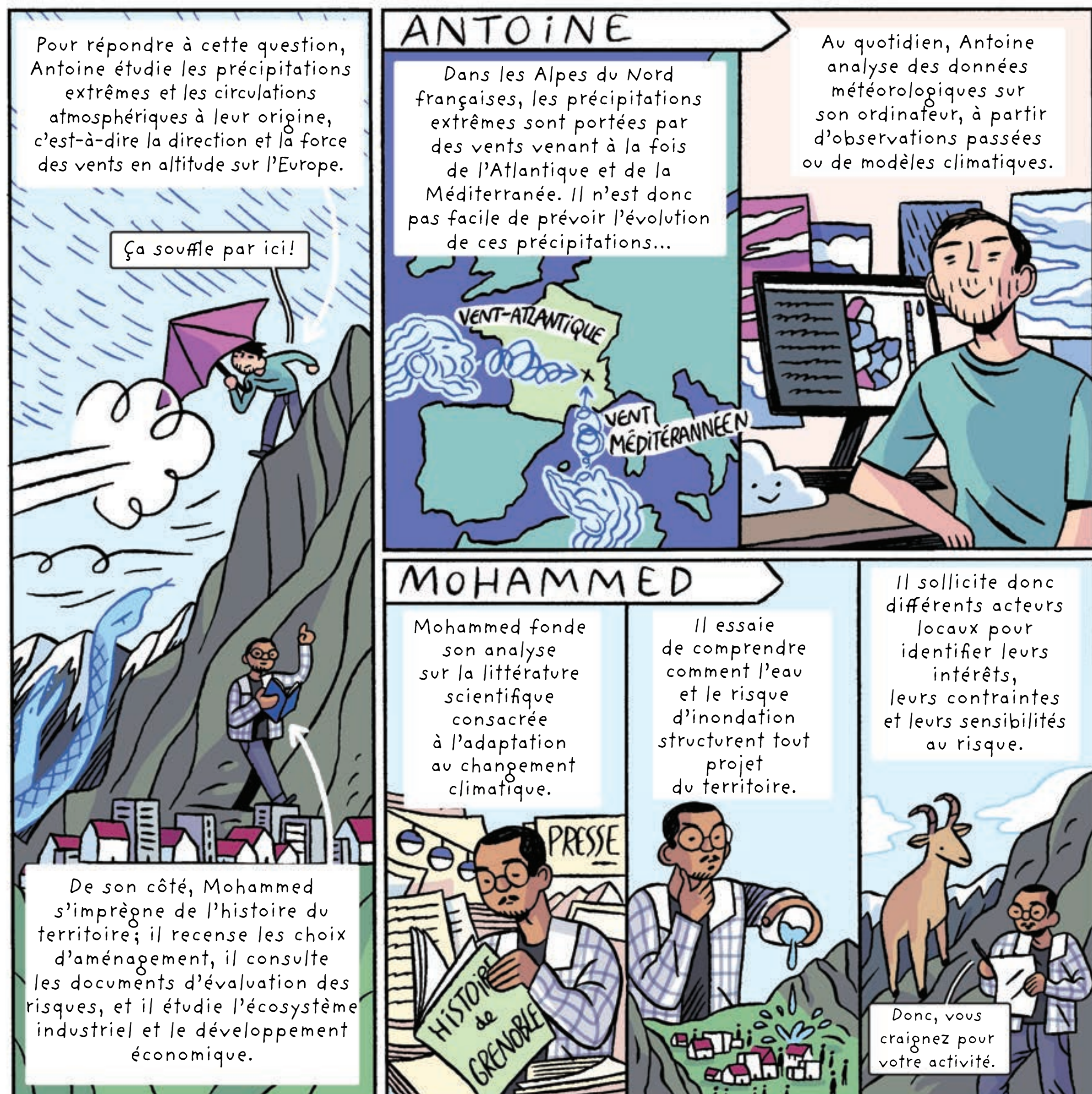
Comment s'adapter à ce risque au niveau local ? Pour tenter d'éclairer les décisions, nous combinons deux approches : celle d'un hydroclimatologue (Antoine), et celle d'un économiste (Mohammed) ! Antoine s'intéresse à l'évolution des précipitations extrêmes dans la région, ainsi qu'à leurs causes, telles qu'observées depuis 1950 et modélisées à l'horizon 2100. Mohammed, quant à lui, étudie des scénarios économiques soutenables pour le développement industriel du territoire.



POUR ALLER PLUS LOIN



1



2



3

# GÉRER LES DÉCHETS APRÈS UNE CATASTROPHE

Alerte ! Une inondation éclair submerge plusieurs villages... Les dégâts matériels sont importants : les populations sinistrées voient leurs maisons détruites, les réseaux d'eau et d'électricité sont interrompus, les routes sont coupées, etc.

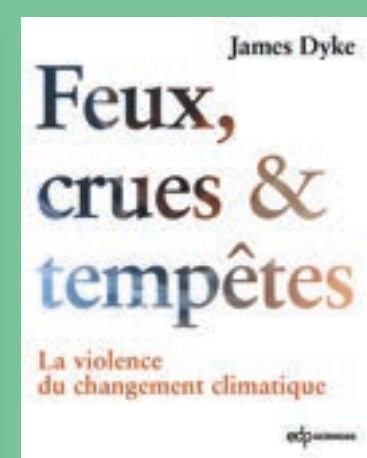
Comment les acteurs du territoire se préparent-ils à ce scénario ?

Un des problèmes à régler, parmi les premiers visibles, concerne les masses de déchets que génère une catastrophe naturelle. Mal traités, ceux-ci constituent une menace pour l'environnement. Sans compter les risques sanitaires : moisissures, prolifération de nuisibles, propagation de bactéries et de virus... Ces déchets peuvent également entraver la progression des secours, puis ralentir la réparation du territoire.

Mieux se préparer à gérer les déchets après une catastrophe naturelle : c'est tout l'enjeu de ma thèse !



POUR ALLER PLUS LOIN



Comment se prépare-t-on à gérer les déchets post-catastrophe? Ce sujet, à la croisée de deux thématiques, implique de nombreux acteurs.

On a, d'un côté, les acteurs qui s'occupent des déchets.

Et, de l'autre, les acteurs qui font face aux crises!



Ces acteurs ne sont pas habitués à travailler ensemble, ce qui se traduit par des problèmes d'organisation et de répartition des ressources en situation réelle.

Cela a été le cas dans la vallée de la Roya, qui a été touchée par une importante inondation après la tempête Alex en octobre 2020.



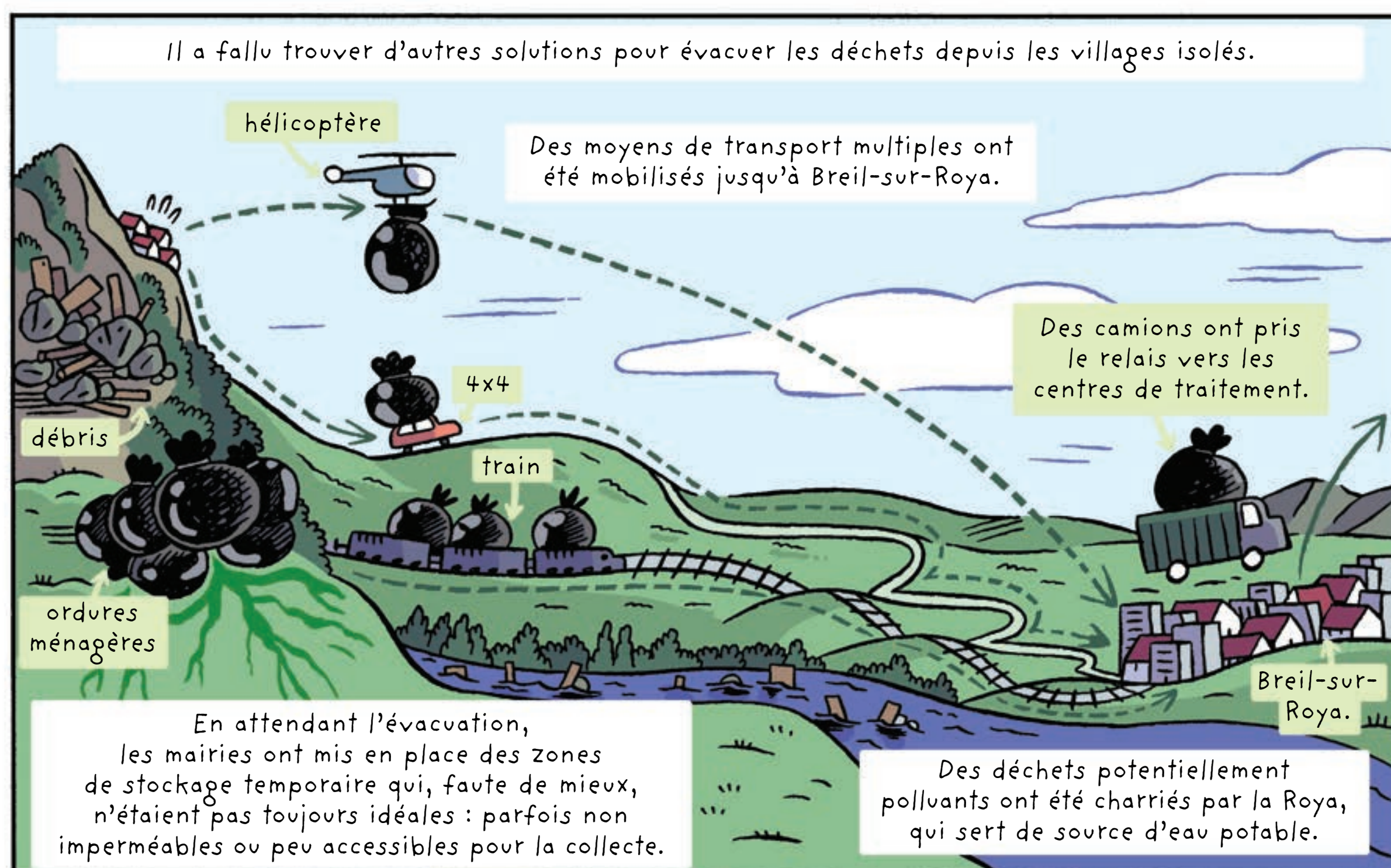
L'inondation a provoqué des dommages matériels conséquents... et produit des déchets!



De plus, la seule route donnant accès au haut de la vallée a été détruite.

\*Directions régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, qui jouent un rôle de « police de l'environnement ».

1



Il a fallu trouver d'autres solutions pour évacuer les déchets depuis les villages isolés.

Des moyens de transport multiples ont été mobilisés jusqu'à Breil-sur-Roya.

Des camions ont pris le relais vers les centres de traitement.

En attendant l'évacuation, les mairies ont mis en place des zones de stockage temporaire qui, faute de mieux, n'étaient pas toujours idéales : parfois non imperméables ou peu accessibles pour la collecte.

Des déchets potentiellement polluants ont été charriés par la Roya, qui sert de source d'eau potable.



Cette complexité a démultiplié les problèmes de logistique.



Des améliorations sont donc possibles! C'est ce que j'étudie en me focalisant sur les régions PACA\* et Guadeloupe.



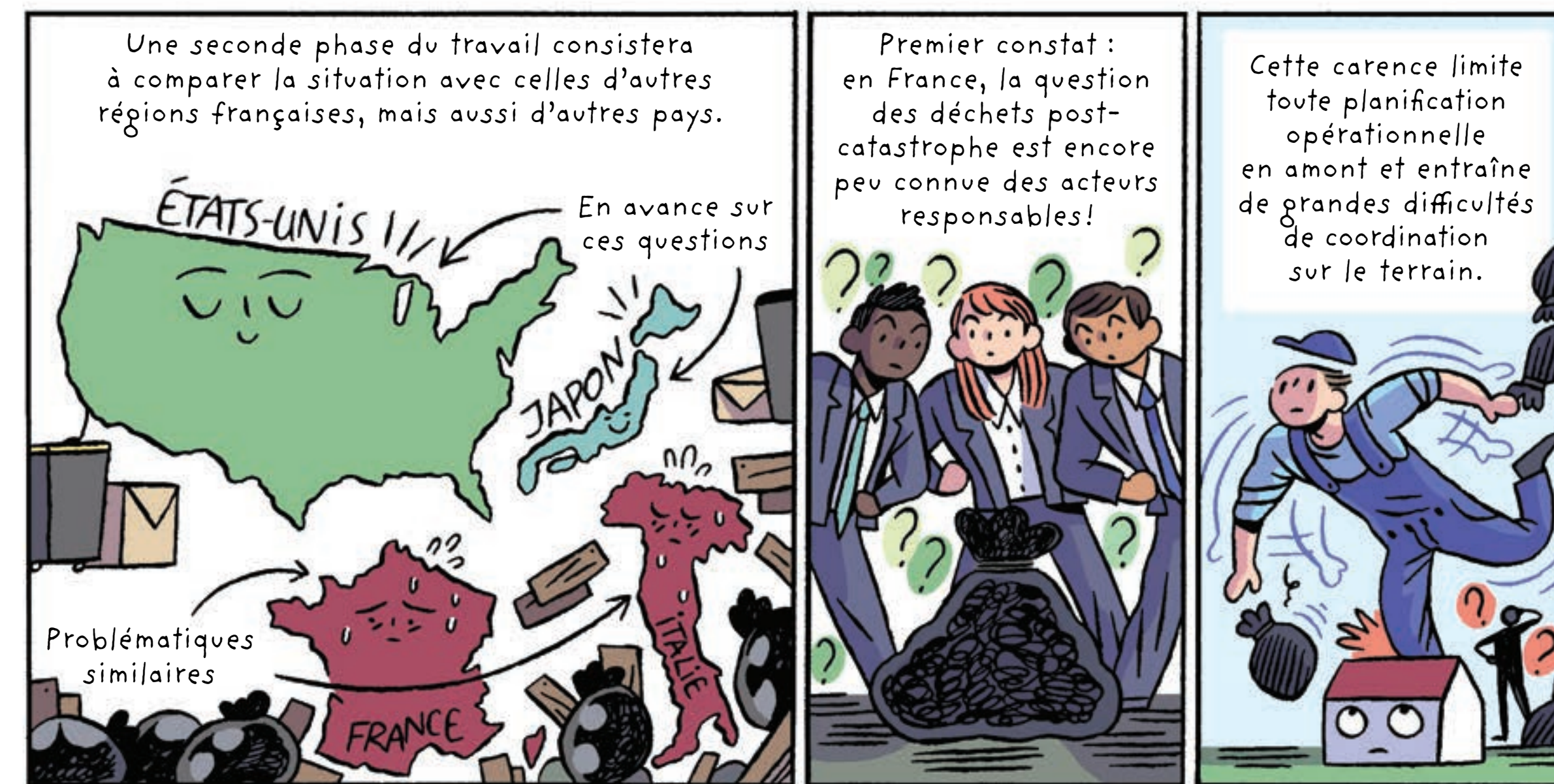
J'effectue des observations sur le terrain.



J'épluche des documents et je mène des entretiens avec des acteurs locaux.

\* Provence-Alpes-Côte d'Azur

2

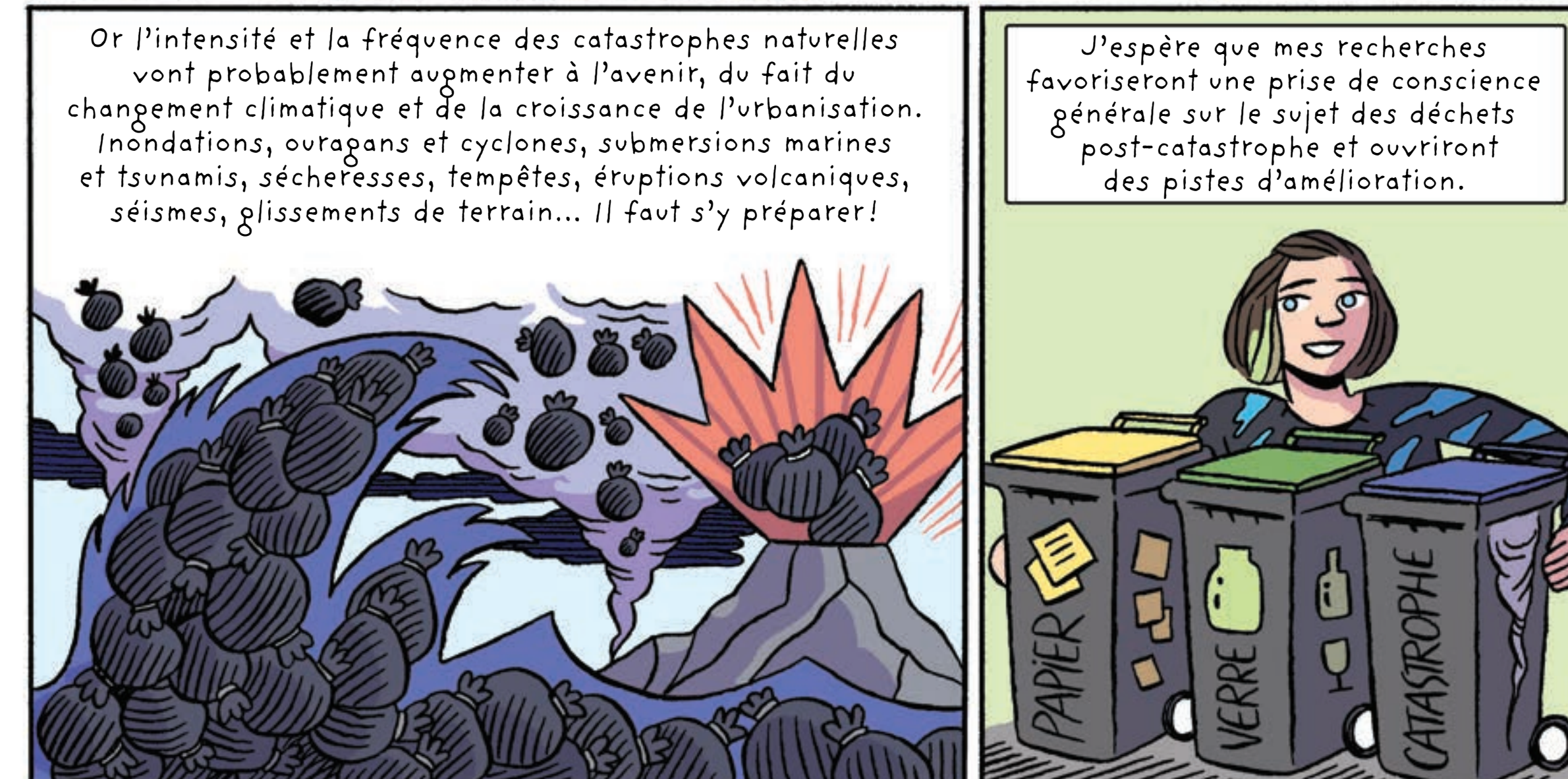


Une seconde phase du travail consistera à comparer la situation avec celles d'autres régions françaises, mais aussi d'autres pays.

En avance sur ces questions

Premier constat : en France, la question des déchets post-catastrophe est encore peu connue des acteurs responsables!

Cette carence limite toute planification opérationnelle en amont et entraîne de grandes difficultés de coordination sur le terrain.



Or l'intensité et la fréquence des catastrophes naturelles vont probablement augmenter à l'avenir, du fait du changement climatique et de la croissance de l'urbanisation. Inondations, ouragans et cyclones, submersions marines et tsunamis, sécheresses, tempêtes, éruptions volcaniques, séismes, glissements de terrain... Il faut s'y préparer!

J'espère que mes recherches favoriseront une prise de conscience générale sur le sujet des déchets post-catastrophe et ouvriront des pistes d'amélioration.

3

# DU SEL POUR STOCKER L'ÉNERGIE DE DEMAIN?

En France, le secteur du bâtiment est à l'origine de 20 % des émissions de gaz à effet de serre ; c'est un gros consommateur d'énergie, principalement pour le chauffage et la climatisation. Pour répondre à ces besoins tout en préservant la planète, le premier réflexe est de faire appel aux énergies renouvelables telles que l'énergie solaire.

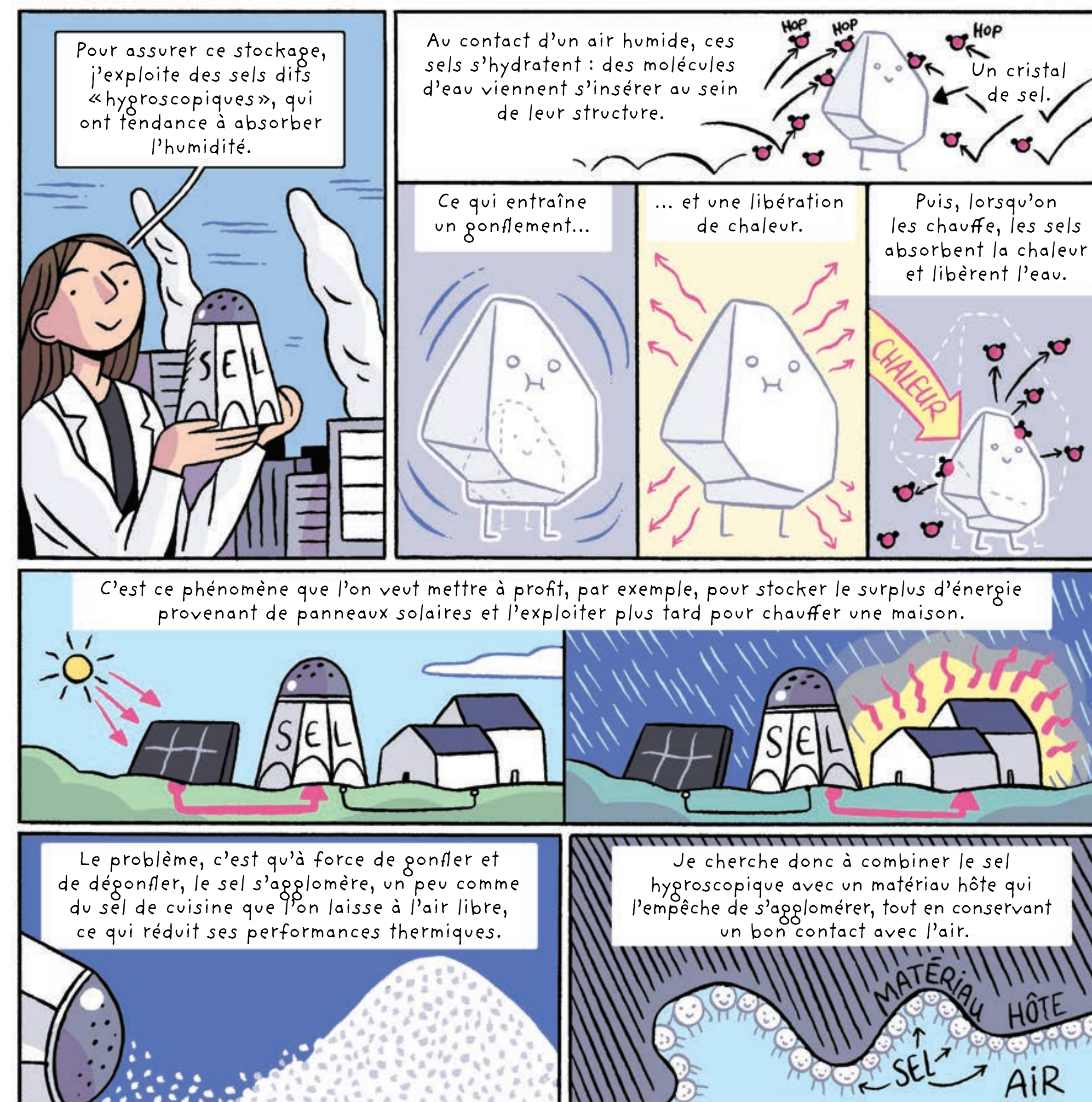
Hélas, leur potentiel est fortement limité par le décalage entre le moment où l'énergie est produite et celui où elle est utile. Des solutions de stockage existent, mais elles ne sont pas vraiment adaptées pour un usage dans nos maisons.

Ainsi, l'objectif de mon travail est de développer de nouveaux dispositifs qui pourront stocker l'énergie sur de longues durées puis la libérer sur demande, et ce à l'infini !

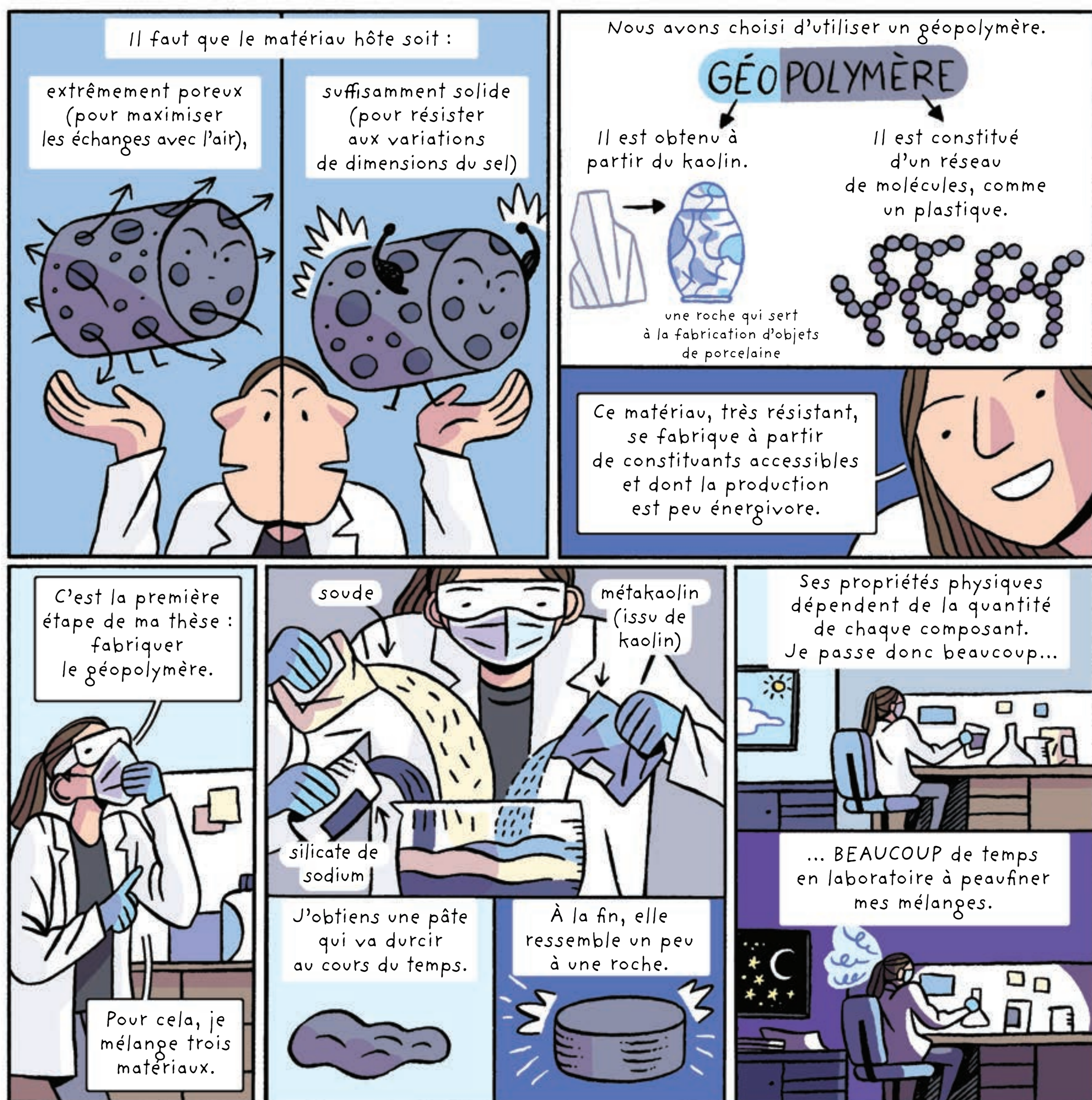
CAMILLE ZOUDE



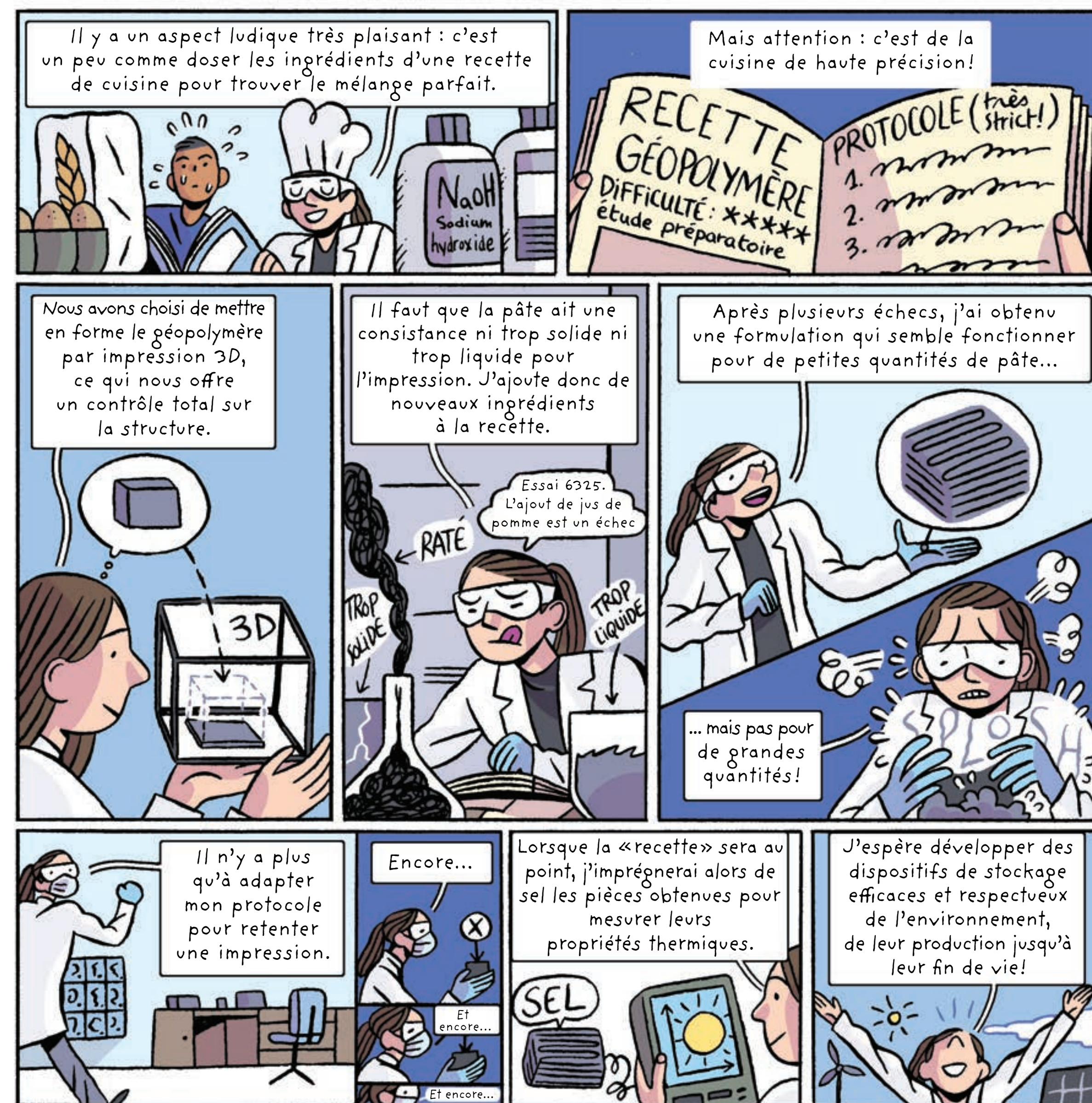
POUR ALLER PLUS LOIN



1



2



3

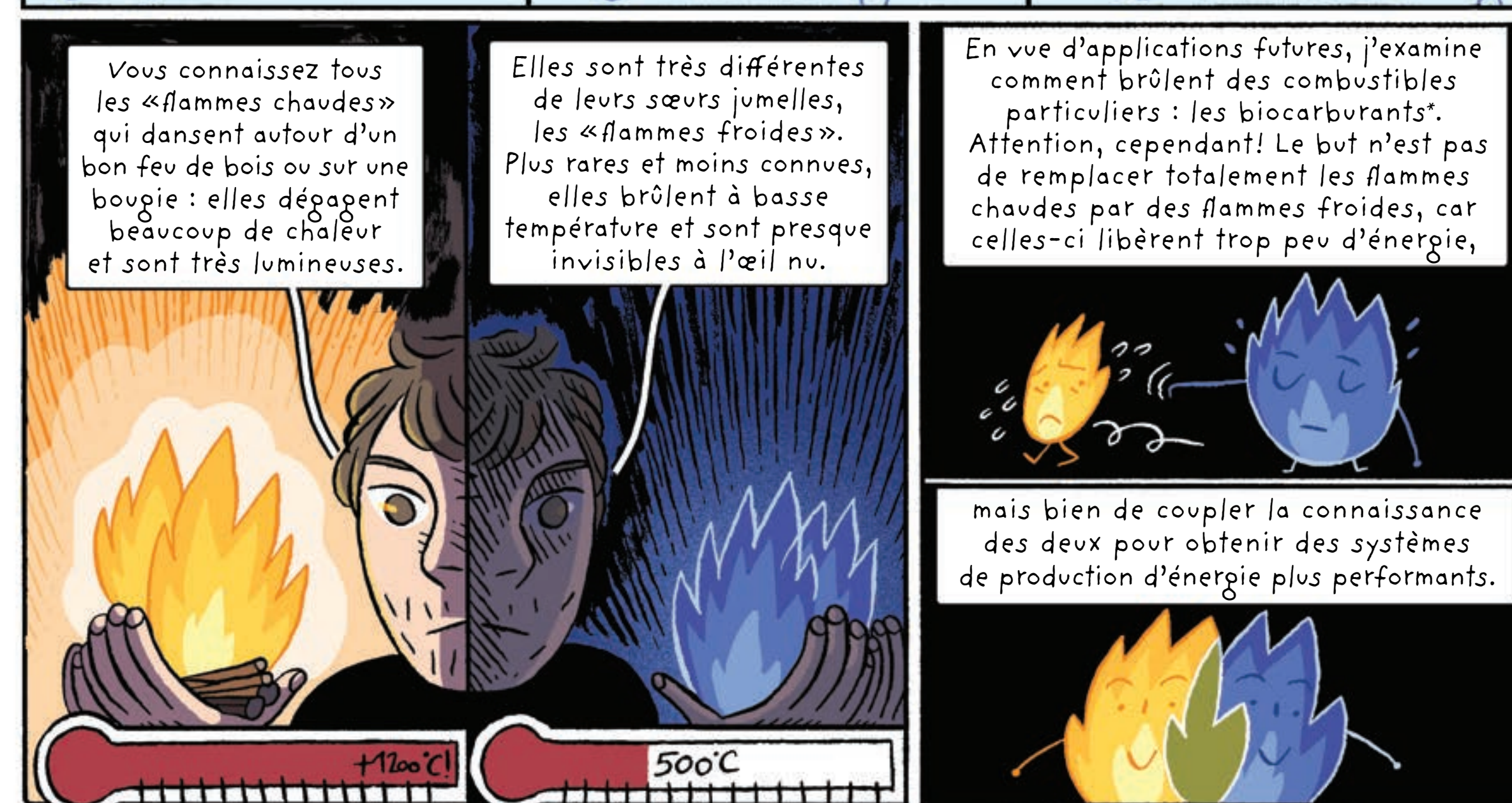
# BRÛLONS MIEUX, BRÛLONS FROID!

Nos émissions de gaz à effet de serre sont responsables du changement climatique actuel. Parmi ces gaz, le CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone) est celui qui retient le plus l'attention, et pour cause ! Il est émis lors des processus de combustion, qui interviennent pour environ 80 % de la génération d'énergie dans le monde.

Pour produire de l'électricité, nous brûlons du gaz et du charbon ; pour nous chauffer, nous brûlons du bois ; pour nous déplacer, nous brûlons du pétrole, etc. Il est urgent de réduire les émissions dans chacun des cas !

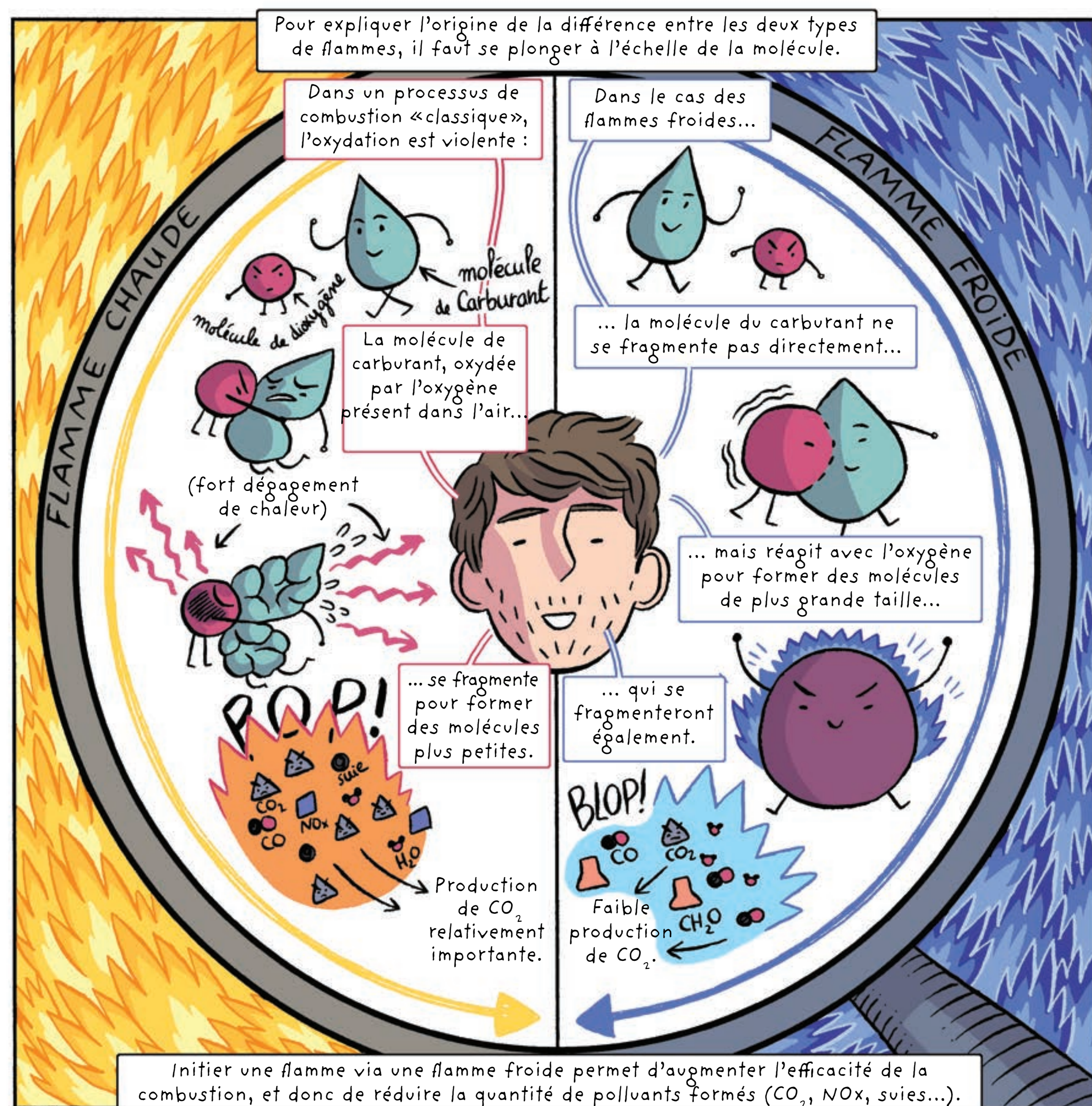
De nombreuses solutions sont à l'étude. L'une d'elles m'intéresse particulièrement : exploiter les étonnantes propriétés des « flammes froides ». Grâce à une meilleure compréhension de ces flammes, nous aboutirons peut-être à des systèmes de combustion plus « propres ».

POUR ALLER PLUS LOIN

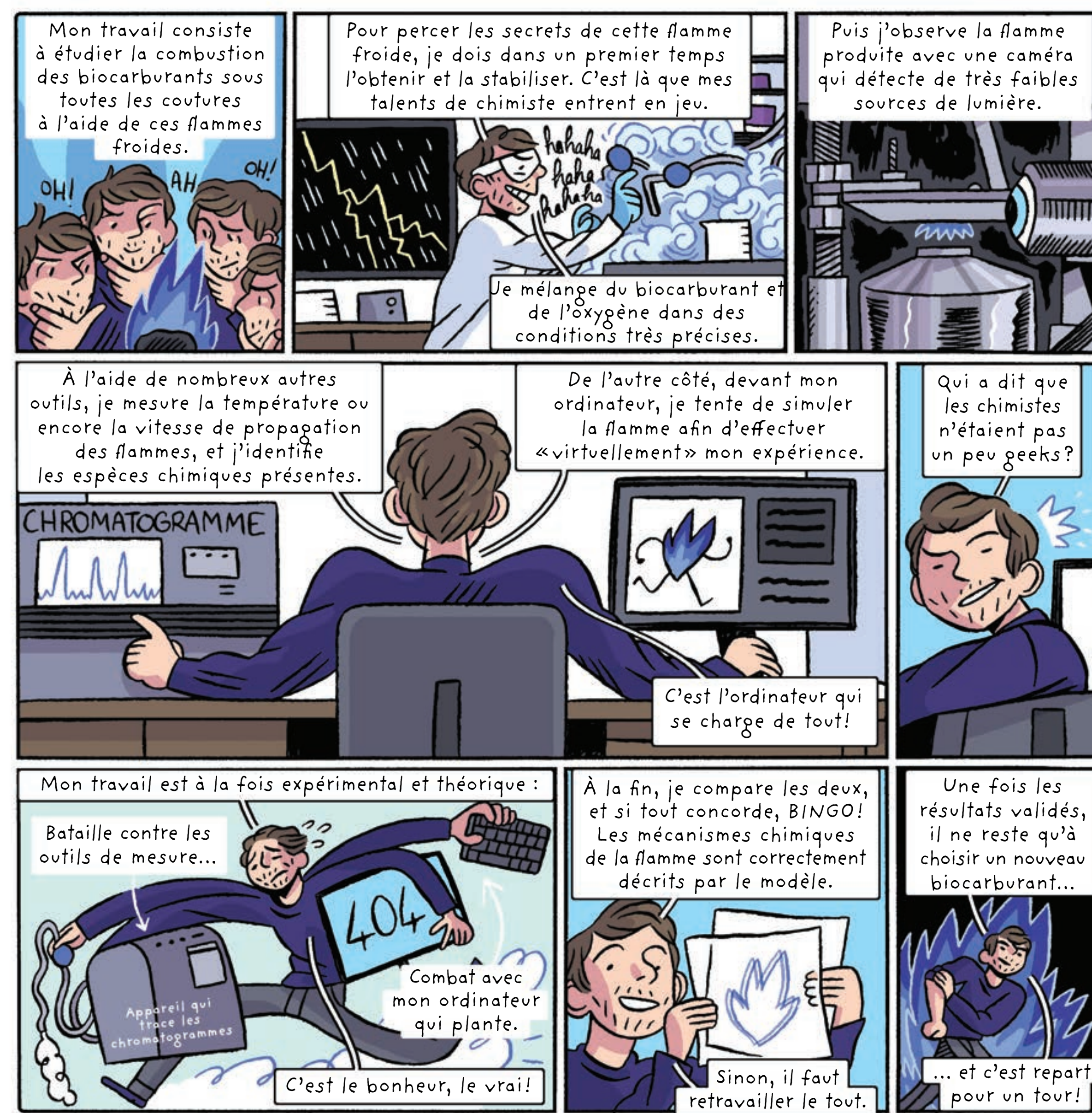


\*Des carburants issus de ressources renouvelables.

1



2



3

# CONSTRUIRE LA JUSTICE CLIMATIQUE PAR LE DÉBAT CITOYEN : UNE UTOPIE ?

Au fil des rapports publiés par le Giec, l'urgence de la menace écologique posée par le changement climatique se confirme. Il est nécessaire de se retrousser les manches !

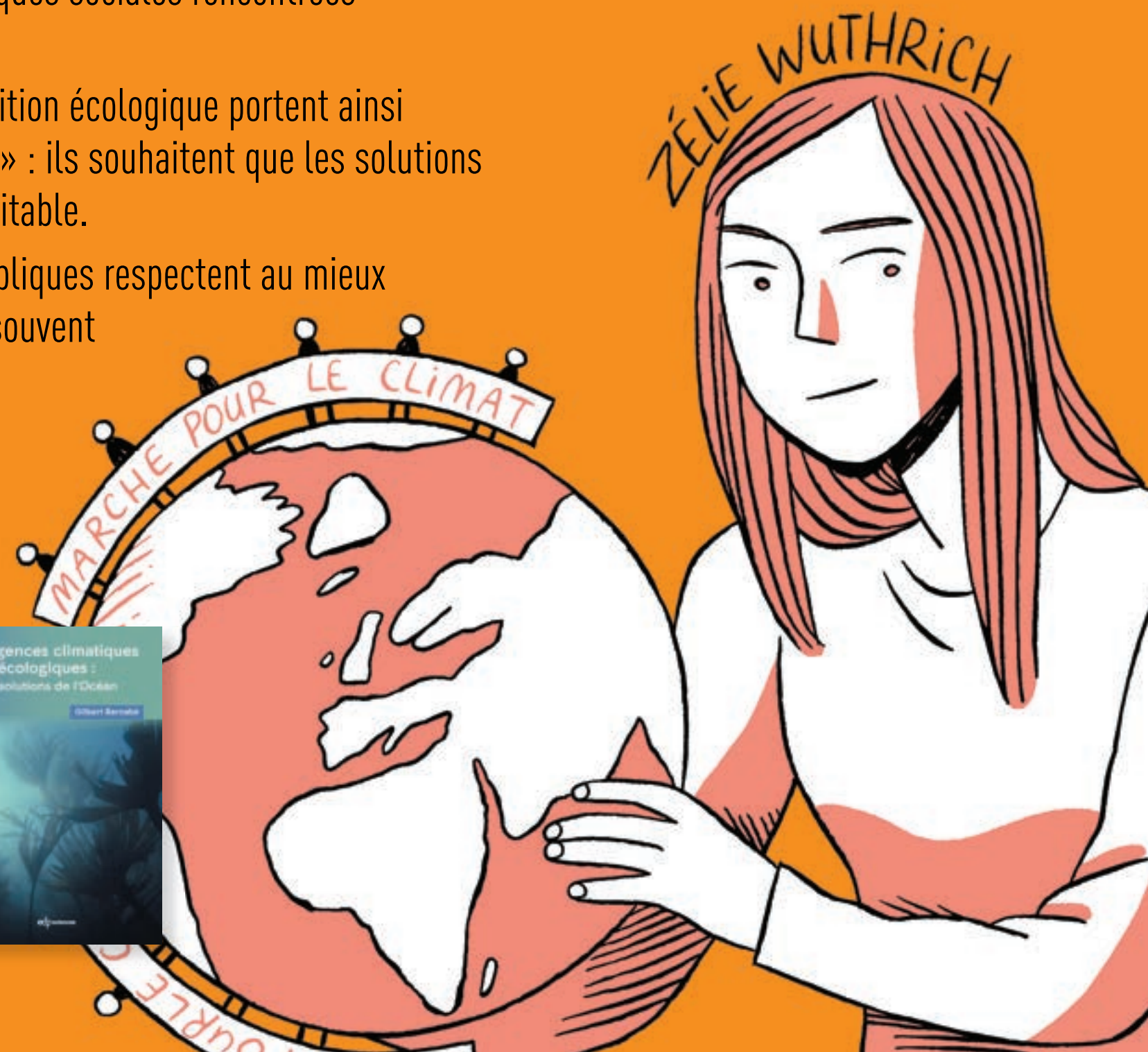
Mais comment traduire ce constat en politiques publiques ?

Le passage de l'un à l'autre n'est pas simple, car l'expertise scientifique rend difficilement compte des problématiques sociales rencontrées par les citoyens.

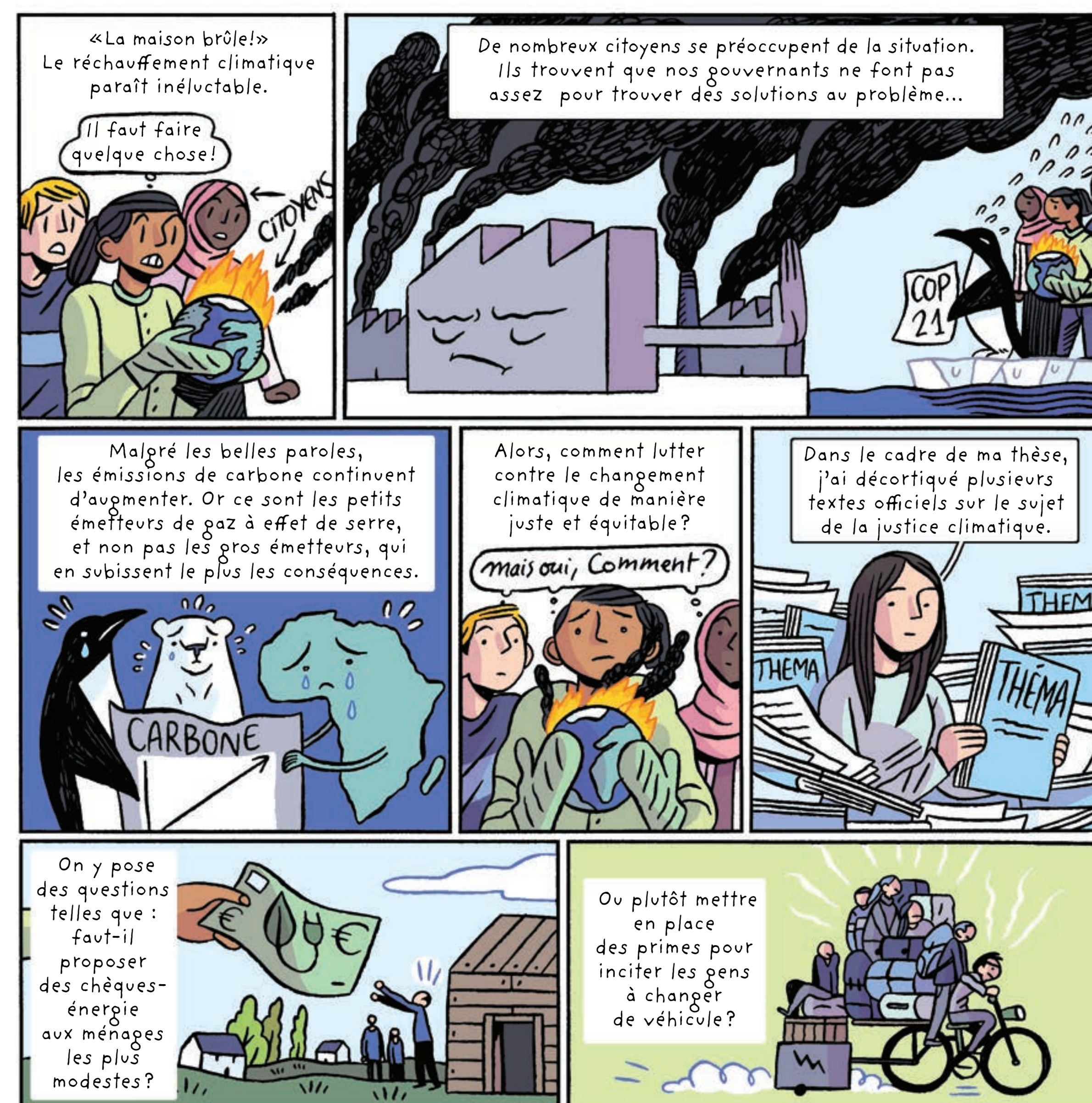
Un nombre croissant d'acteurs de la transition écologique portent ainsi une revendication de « justice climatique » : ils souhaitent que les solutions soient appliquées de manière juste et équitable.

Comment faire pour que les politiques publiques respectent au mieux cette exigence de justice ? Une piste est souvent évoquée : intégrer les citoyens au débat. Oui, mais comment ?

ZÉLIE WUTHRICH



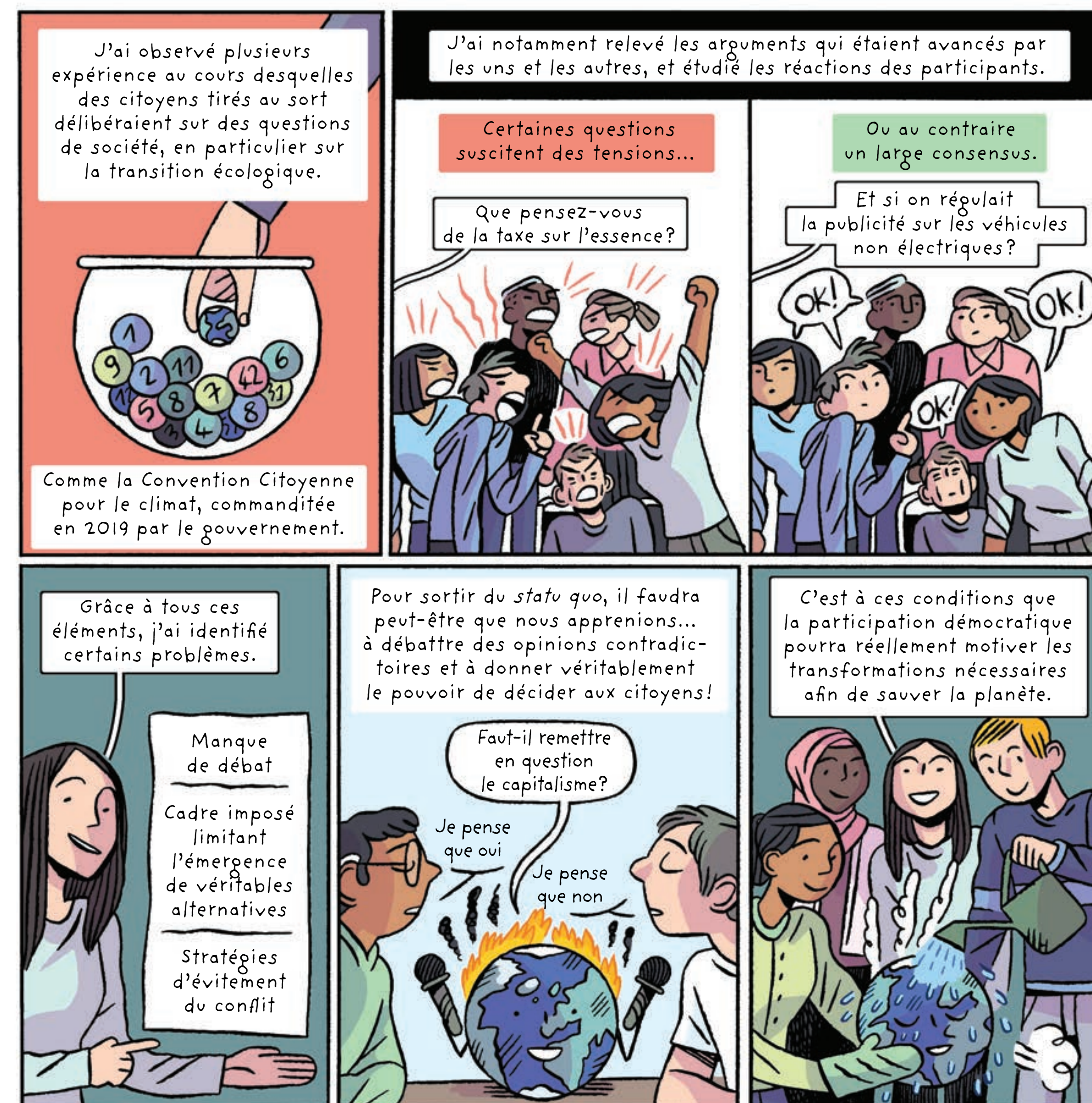
POUR ALLER PLUS LOIN



1



2



3