

Projets


RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

anr®

Développement durable : l'ANR se mobilise

TARA PACIFIC : L'IMMENSE DIVERSITÉ DU CORAIL SE DÉVOILE

NOURRIR DURABLEMENT LES VILLES

DANS LES OASIS, DES RÉSIDUS DE PALMIERS POUR FERTILISER LES SOLS

VERS DES SYSTÈMES AGRICOLES PLUS RÉSILIENTS

CHANGEMENTS GLOBAUX ET MALADIES INFECTIEUSES ÉMERGENTES



ACCÉLÉRER LA TRANSITION VERS LA DURABILITÉ

Maladies infectieuses émergentes, changement climatique, érosion de la biodiversité et altération des écosystèmes, sécurité alimentaire... Les scientifiques se mobilisent, dans toutes les disciplines et au-delà des frontières, afin d'apporter des clés de compréhension pour faire face aux bouleversements, aux risques globaux, et aux pressions locales. De l'adaptation à la résilience, quelles solutions durables pour relever les défis majeurs de notre siècle ?

Quelques éléments de réponse à travers ce dossier présentant cinq projets de recherche soutenus par l'ANR au sein desquels les recherches fondamentales sont au service du développement durable.

Sommaire

4

Avant-propos

Développement durable :
l'ANR se mobilise

6

Entretien avec Pavel Kabat Secrétaire général du *Human Frontier Science Program*

« Nous devons aborder le
changement climatique d'un point
de vue systémique »

10

Biodiversité Projet CORALGENE

Tara Pacifique : l'immense diversité
du corail se dévoile

16

Agriculture Projet ASSET

Comprendre les liens entre diversité
cultivée et sécurité alimentaire

20

Santé Projet FutureHealthSEA

L'Asie du Sud-Est face aux
changements globaux et
à l'émergence de maladies
infectieuses

24

Agronomie Projet ISFERALDA

Dans les oasis, recycler les résidus
de palmiers dattiers pour améliorer
la fertilité des sols

28

Alimentation Projet URBALIM

Nourrir durablement les
villes : le défi de l'évaluation
environnementale



© Xavier Morvan

DÉVELOPPEMENT DURABLE

L'ANR SE MOBILISE

Le programme Human Frontier Science Program (HFSP) organise un sommet et un symposium internationaux « Fundamental Life Science Meets Climate, Environment and Sustainability » du 27 au 29 juin 2023 à Paris, en collaboration avec plusieurs partenaires dont l'Agence nationale de la recherche (ANR). Cet événement rassemble les communautés des sciences de la vie et celles de l'environnement, ainsi que les décideurs et les agences de financement pour échanger sur la façon dont la recherche fondamentale en sciences de la vie peut contribuer à accélérer la transition vers un développement durable. L'ANR est engagée dans une démarche active pour soutenir toutes les recherches nécessaires pour répondre aux grandes transitions environnementales, écologiques, sociales et également numériques et énergétiques que notre monde doit affronter. Cette mobilisation s'effectue en cohérence avec les axes définis dans le plan Horizon Europe de la Commission européenne et les 17 Objectifs de développement durable (ODD) définis par les Nations Unies.

En France, les acteurs de la recherche se sont mobilisés massivement vers la mise en œuvre de l'agenda 2030 des ODD des Nations Unies, dans le cadre d'une feuille de route 2020-2030¹ mobilisant l'ensemble des acteurs publics ou privés de la recherche. Pour Thierry Damerval, président-directeur général de l'ANR, « contribuer à atteindre les objectifs de développement durable est un enjeu majeur de l'Agence. Cet engagement, inscrit dans son plan d'action, se manifeste significativement dans ses appels à projets pour soutenir la recherche et l'innovation, en s'appuyant sur la recherche fondamentale, laissant aux scientifiques une grande liberté. ».

Concrètement, les instruments de financement de l'ANR permettent de soutenir à la fois la recherche sur le développement durable à l'initiative des chercheurs et chercheuses, via son appel à projets générique (*investigator-driven*), et la recherche sur projets via des appels spécifiques ou européens et internationaux. Dans le cadre du plan d'action de l'ANR, les thématiques directement liées à la transition

écologique et aux transformations concernent les thématiques suivantes : science de la durabilité ; une seule santé (*One Health*) ; transition écologique et environnementale ; transition énergétique ; transitions technologiques ; transformation numérique ; transformations des systèmes sociotechniques.

De plus, afin de sensibiliser les scientifiques de toutes disciplines, l'ANR a intégré en 2020 les ODD dans son plan d'action en demandant aux coordinateurs et coordinatrices de projets d'indiquer si leur projet déposé, quel que soit le domaine, répond à un ou plusieurs ODD. En 2022, 77 % des projets ont renseigné au moins un des ODD, ce qui représente 1 195 projets financés ; un chiffre en progression depuis 2020. L'ANR contribue parallèlement à plusieurs initiatives européennes liées au développement durable telles que les Joint Program Initiatives, et est impliquée dans des initiatives internationales telles que le Belmont Forum sur les sciences de la durabilité.

L'ANR est également l'opérateur pour l'Etat français du plan d'investissement France 2030 dans le champ de l'enseignement supérieur et de la recherche. France 2030 est un plan d'innovation, de décarbonation de l'économie, d'investissement et de réindustrialisation inédit. Il est doté de 54 Md€ pour mieux vivre, mieux produire et mieux comprendre le monde.

Ce livret présente plusieurs projets soutenus par l'ANR au sein desquels les recherches fondamentales sont au service du développement durable. ■

[1] <https://www.agenda-2030.fr/a-la-une/actualites-a-la-une/article/feuille-de-route-de-la-france-pour-l-agenda-2030>

LA DÉCARBONATION AU CŒUR DE FRANCE 2030

France 2030 s'engage à consacrer 50 % de ses dépenses à la décarbonation de l'économie, et 50 % à des acteurs émergents, porteurs d'innovation sans dépenses défavorables à l'environnement (au sens du principe *Do No Significant Harm*). Parmi les 10 objectifs de France 2030, certains s'inscrivent sans équivoque en faveur de la décarbonation de la société et du développement durable :

Faire de la France le leader de l'**hydrogène décarboné** et développer des technologies d'ENR à la pointe

Décarboner notre industrie et la production d'intrants

Produire en France, à l'horizon 2030, **2 millions de véhicules électriques et hybrides** et développer une mobilité sobre, souveraine et résiliente

Produire en France, à l'horizon 2030, **le premier avion bas carbone**

Innover pour **une alimentation saine, durable et traçable**

Faire émerger en France d'ici 2030 **des réacteurs nucléaires de petite taille**, innovants et avec une meilleure gestion des déchets

«NOUS DEVONS ABORDER LE CHANGEMENT CLIMATIQUE D'UN POINT DE VUE SYSTÉMIQUE»

À l'occasion du sommet et du symposium scientifiques internationaux « *Fundamental Life Sciences Meets Climate, Environment and Sustainability* » organisé par le *Human Frontier Science Program (HFSP)*, Pavel Kabat, secrétaire général du programme, présente les enjeux et les retombées attendues de cet événement.



Comment la recherche fondamentale en sciences de la vie peut-elle contribuer à accélérer la transition vers la durabilité ?

Pavel Kabat : Le changement climatique et les modes de vie non durables sont deux des plus grands défis auxquels l'humanité est confrontée au 21^e siècle. Dans le cadre de ce sommet et de ce symposium internationaux, nous nous attaquerons à ces deux thématiques car c'est là que les recherches fondamentales en sciences de la vie peuvent marquer une différence substantielle. Par exemple, la

plupart des travaux sur le climat menés depuis les années 1980 se sont focalisés sur les sciences atmosphériques et océaniques. Il y a quarante ans, les scientifiques pensaient pouvoir caractériser pleinement l'ampleur de la menace du changement climatique en n'étudiant que ces deux domaines.

Mais au fur et à mesure que les scientifiques ont avancé dans leur réflexion, notamment sur la question de la gestion des risques liés au changement climatique, il est devenu évident que de nombreuses autres disciplines sont essentielles pour bien

comprendre le fonctionnement du système terrestre dans son ensemble ; la végétation, par exemple, joue un rôle clé dans le cycle climatique en régulant la quantité de vapeur d'eau disponible dans l'atmosphère. Nous devons donc aborder le changement climatique d'un point de vue systémique, ce qui signifie que nous devons inviter un large éventail de scientifiques à apporter leur expertise et leurs connaissances pour trouver des solutions. C'est ce que notre événement de trois jours a pour but d'initier. Il s'agit d'un événement marquant qui, nous l'espérons, favorisera une méthode de travail à long terme plus productive pour relever les défis mondiaux.

De même, considérons la durabilité. La planète compte actuellement presque 8 milliards d'habitants. Avec le changement climatique, la température augmente dans de nombreuses régions au point de rendre l'agriculture difficile, voire impossible, et l'une des menaces sera la sécurité alimentaire. Comment parviendrons-nous à nourrir tout le monde si de vastes étendues de terre sont touchées par des inondations torrentielles ou par des températures et des sécheresses extrêmes ? La photosynthèse, c'est-à-dire la capacité des plantes à absorber la lumière du soleil et à augmenter leur masse, est au cœur des préoccupations. Il s'avère que la photosynthèse est un processus incroyablement inefficace. Seul 1 % de la lumière solaire disponible est réellement utilisé pour la photosynthèse. Existe-t-il un moyen de rendre la photosynthèse des plantes plus productive ? Ces questions relèvent de la recherche des biologistes moléculaires et nous avons besoin de ces nouvelles connaissances pour prendre des décisions importantes.



« NOUS ESPÉRONS QUE LE SOMMET ET LE SYMPOSIUM CATALYSERONT UNE TOUTE NOUVELLE APPROCHE SUSCEPTIBLE D'AIDER À SURMONTER LES EFFETS NÉFASTES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE, UNE APPROCHE MOBILISANT TOUT LE SPECTRE DE L'EXPERTISE SCIENTIFIQUE AFIN DE DRESSER UN TABLEAU PLUS COMPLET. »

Quels sont les résultats attendus de cet événement ?

P.K : Nous espérons que le sommet et le symposium catalyseront une toute nouvelle approche susceptible d'aider à surmonter les effets néfastes du changement climatique, une approche mobilisant tout le spectre de l'expertise scientifique afin de dresser un tableau plus complet. Nous devons comprendre comment les organismes vivants contribuent aux systèmes terrestres. Pour ce faire, nous avons besoin d'une perspective de recherche plus transdisciplinaire faisant appel à un large éventail de disciplines scientifiques. Il s'agit d'une recherche fondamentale sur les systèmes qui n'a franchement pas été suffisamment menée, et les réponses apportées par ces recherches permettront d'obtenir une image beaucoup plus complète de notre monde qui pourra aider les décideurs politiques à comprendre comment les comportements des plantes, des animaux, des personnes et des communautés affectent les systèmes fondamentaux qui font de la planète Terre un endroit où il fait bon vivre.

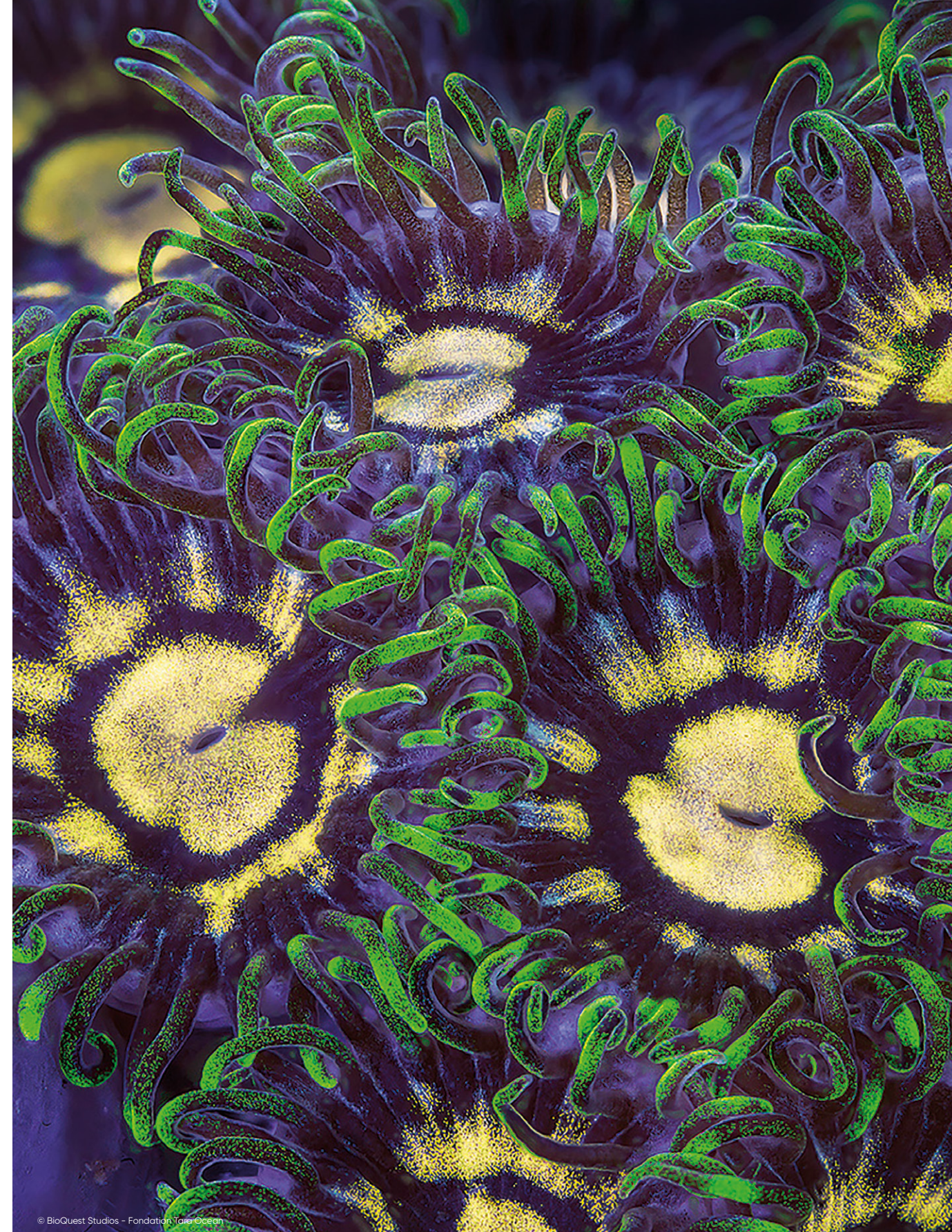
Quels sont les principaux objectifs du Human Frontier Science Program ?

P.K : L'organisation HFSP est une collaboration internationale entre 17 pays membres qui travaillent ensemble pour promouvoir la coopération mondiale dans la recherche sur les sciences de la vie. Créé en 1989, le HFSP finance la recherche fondamentale en sciences de la vie à haut risque, interdisciplinaire, intercontinentale et collaborative, avec une philosophie de « science sans frontières ». Le programme encourage la pensée innovante et novatrice pour soutenir la recherche transformatrice et le changement de paradigme. ■

TARA PACIFIC

L'IMMENSE DIVERSITÉ DU CORAIL SE DÉVOILE

Entre 2016 et 2018, la goélette Tara a sillonné l'océan Pacifique au plus près des récifs coralliens. L'objectif : du gène à l'écosystème, explorer la biodiversité qui les compose et les entoure, et mieux comprendre leurs mécanismes d'adaptation face aux pressions locales et aux bouleversements globaux. Cette aventure scientifique et humaine se poursuit depuis le retour sur la terre ferme. Au cœur du projet CORALGENE, qui s'appuie sur les données collectées durant l'expédition, le microbiome des récifs. Le point avec Serge Planes co-directeur de Tara Pacific, directeur de recherche CNRS au Criobe (CNRS/EPHE - PSL/Université de Perpignan Via Domitia) et porteur du projet.



© BioQuest Studios - Fondation Tara Océan



© Vincent Hilaire - Fondation Tara Ocean

Véritables réservoirs de biodiversité, forêts primaires marines, les récifs coralliens concentrent plus de 30 % des espèces marines connues pour une surface d'à peine 0,2 % des océans. Ils assurent également de nombreux services écosystémiques à travers la pêche, le tourisme, et forment une barrière naturelle contre la houle. Mais les récifs, particulièrement sensibles au changement climatique et soumis à de nombreuses pressions anthropiques, sont aujourd'hui menacés de toutes parts. Près de 20 % d'entre eux auraient irrémédiablement disparu ces dernières décennies, du fait de vagues de chaleurs marines extrêmes, de l'acidification des océans, et d'autres pressions locales liées aux activités humaines. Ils

100 000
kilomètres
parcourus

32
îles offrant une
large gamme
de conditions
environnementales

249
stations de
prélèvement

58 000
échantillons
collectés

200
scientifiques à bord

pourraient ainsi ne plus être les récifs que l'on connaît aujourd'hui, d'ici la fin du siècle. « Ces écosystèmes sont dynamiques, ils évoluent, ils se transforment. S'ils sont habitués à des modifications constantes, ce qui pose aujourd'hui problème c'est la récurrence et l'intensité des bouleversements qu'ils subissent ; les récifs ont désormais de moins en moins de temps pour récupérer entre ces perturbations » résume Serge Planes, coordinateur du projet ANR CORALGENE.

Une approche écosystémique des récifs coralliens tropicaux

100 000 kilomètres parcourus ;
32 îles offrant une large gamme de conditions environnementales ;
249 stations de prélèvement ;
58 000 échantillons collectés : plus de deux années durant, la goélette Tara a ainsi sillonné le Pacifique au plus près des coraux. À son bord, ces quelque 200 scientifiques qui se sont

relayés - experts en écologie marine, en biologie cellulaire et moléculaire, en génomique et en bio-informatique - se sont focalisés pour la première fois à de telles échelles, spatiales et temporelles, sur l'holobionte. « L'holobionte est l'ensemble des micro-organismes qui composent les récifs : une multitude de virus, de champignons, de bactéries et de micro-algues, comme les zooxanthelles que les coraux hébergent dans leurs tissus et qui sont à l'origine de leurs couleurs vives. Notre idée était de mieux comprendre les liens complexes qui unissent ces organismes, leurs interactions et leur rôle dans leur maintien en bonne santé et dans la résilience des récifs » précise Serge Planes. Pour ce faire, les scientifiques ont passé au crible certaines espèces : trois espèces de coraux (le massif *Porites lobata*, le branchu *Pocillopora meandrina* et le corail de feu *Millepora platyphylla*) et deux poissons (*Acanthurus triostegus* et *Zanclus cornutus*). Ce qui distingue aussi cette expédition, c'est la méthodologie et les protocoles que les scientifiques ont mis en œuvre. Afin de dévoiler toute la diversité génomique, génétique, virale et bactérienne d'un récif et parvenir à révéler la nature de ces interactions microscopiques, les scientifiques ont en effet veillé à systématiquement prélever les espèces ciblées mais également l'eau environnante à différentes profondeurs, ou encore des sédiments.

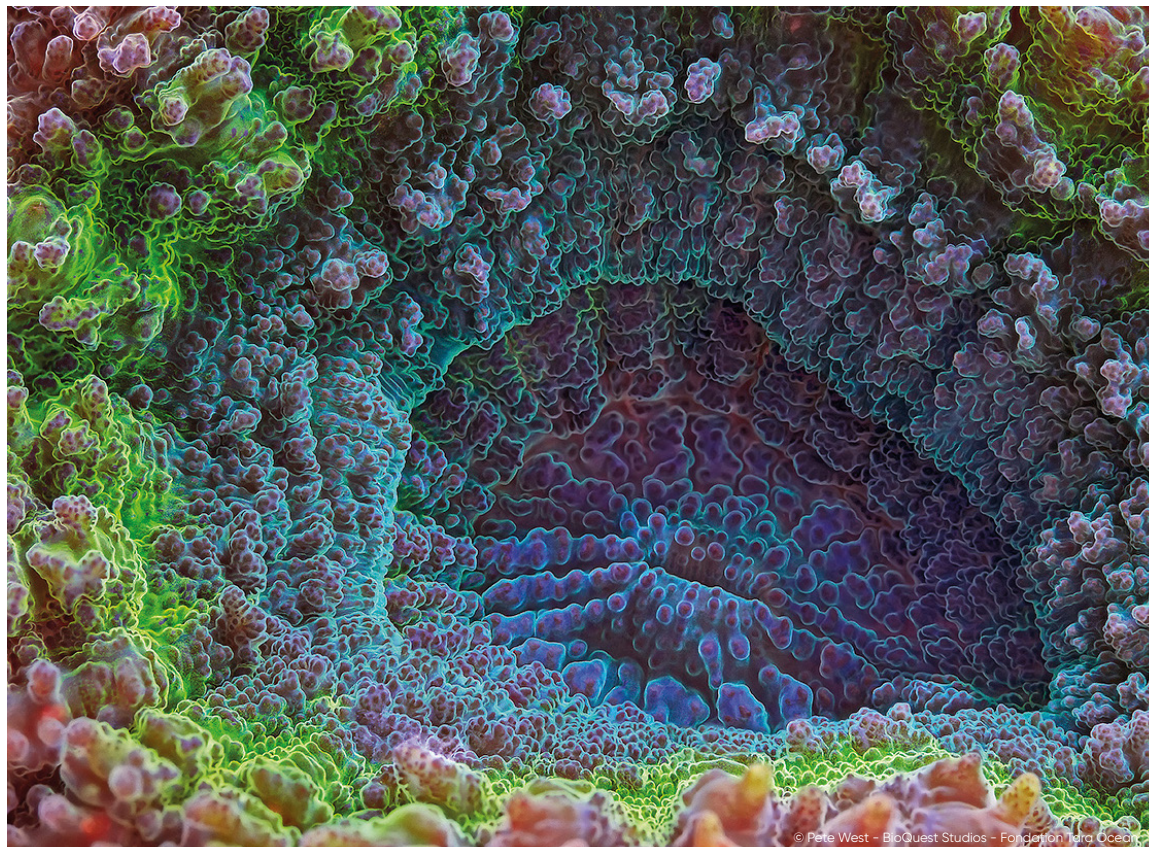
Les données massives ainsi collectées constituent des ressources sans précédent pour la communauté scientifique, donnant à voir une idée toujours plus précise de la diversité globale de ces milieux et de leurs réponses aux changements climatiques et aux perturbations anthropiques. Pour ce faire, les



© Pete West - Fondation Tara Ocean



© Francis Latreille - Fondation Tara Ocean



© Pete West - BioQuest Studios - Fondation Tara Ocean

« Si l'on n'observe pas d'extinction d'espèces de coraux à ce jour, il faut s'attendre à l'avenir à une transformation et une reconfiguration des paysages : certaines espèces prendront probablement le pas sur les autres. »

scientifiques ont utilisé plusieurs approches de séquençage à très haut débit pour faire parler le matériel génétique des 58 000 échantillons récoltés, comme la métagénomique, la métatranscriptomique et le metabarcoding, ainsi que des observations satellites. *"Chaque échantillon prélevé est ainsi lié à un environnement contextuel, biologique et physicochimique, qui peut être désormais étudié par les communautés scientifiques qui désiraient s'en saisir"* résume Serge Planes. Du gène à l'écosystème, les scientifiques ont ainsi constitué un inventaire inédit et le plus important jamais réalisé sur le corail.

L'union fait la vie

« La santé des coraux dépend tant de leur environnement que de l'holobionte ainsi que l'ensemble des relations et des interactions symbiotiques, largement méconnues, de ces micro-organismes qui évoluent dans l'écosystème corallien » rappelle Serge Planes. Les scientifiques se sont notamment focalisés sur la composition d'une communauté bactérienne associée aux coraux, les *endozoicomonadacea*. Leur hypothèse : les différentes espèces de coraux pourraient avoir évolué vers des stratégies différentes de relations hôte-bactéries. Les analyses montrent ainsi que cette relation symbiotique, fruit

d'une co-évolution très ancienne entre la bactérie et son corail, lui apporte non seulement des acides aminés mais surtout une vitamine essentielle, la vitamine B, qui agit dans la réponse immunitaire du corail. Le résultat le plus surprenant de l'expédition a été la découverte de l'immense diversité du microbiome des récifs coralliens, largement sous-estimée jusque-là : elle pourrait se rapprocher de la diversité totale estimée des micro-organismes - les procaryotes - sur Terre. *« Ces résultats fondamentaux, qui mettent en avant la diversité du microbiome associé au corail, montrent la nécessité pour le corail de maintenir un microbiome diversifié. Probablement comme réservoir de ressources de résistance en cas de stress et/ou de perte d'une partie de ce microbiome »* synthétise Serge Planes. Pour le chercheur, qui insiste sur le temps long de la recherche, la question de l'état de santé général des récifs est complexe et toutefois marquée par de larges disparités à l'échelle du Pacifique du fait notamment de pressions anthropiques localisées. *« Si l'on n'observe pas d'extinction d'espèces de coraux à ce jour, il faut s'attendre à l'avenir à une transformation et une reconfiguration des paysages : certaines espèces prendront probablement le pas sur les autres »* conclut-il. ■

[1] Consultez la liste des partenaires sur la page du résumé de projet : <https://anr.fr/projets-finances-et-impact/projets-finances/projet/funded/projet/anr-17-ce02-0020/>

COMPRENDRE LES LIENS ENTRE DIVERSITÉ CULTIVÉE ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

A l'interface de l'agroécologie et de l'ethnoécologie, le projet ASSET¹ (Agrobiodiversity for a food-Secure planet) est lauréat de l'appel international MOPGA (Make our planet great again) lancé en 2018 dans le cadre des PIA - France 2030. Son sujet porte sur la résilience des agrosystèmes face aux événements climatiques extrêmes. En cinq années de mise en œuvre, quatre terrains répartis entre la France, le Maroc et le Sénégal ont constitué des postes d'observation privilégiés, à des échelles locales et nationales, pour évaluer les bienfaits de l'agrobiodiversité sur le rendement des récoltes. Rencontre avec Delphine Renard, chargée de recherche au CNRS et coordinatrice du projet.



Dans quel contexte et face à quels enjeux a été initié le projet ASSET ?

Delphine Renard : Le projet ASSET s'intéresse aux effets des extrêmes climatiques sur l'agriculture, par nature peu prédictibles, mais qui déstabilisent la production agricole. A l'avenir, ces extrêmes vont devenir à la fois plus fréquents et plus intenses.

En 2018, au début du projet, on commençait à mieux comprendre les effets de ces extrêmes sur l'agriculture mais la recherche s'intéressait davantage aux impacts du changement climatique à plus long terme sur le rendement agricole.

ASSET a puisé ses racines dans une première étude publiée dans *Nature*² en 2019. En m'appuyant sur des données statistiques de la FAO³, j'avais montré à l'échelle nationale et sur cinq décennies que plus la diversité des plantes cultivées au sein d'un pays est élevée, plus sa production alimentaire est stable dans le temps.

Les trois objectifs principaux d'ASSET consistaient à mieux saisir ce qui se jouait derrière ce lien statistique. La problématique visait ainsi à tester si la biodiversité en agriculture, en particulier celle des plantes cultivées, peut aider à stabiliser les rendements agricoles et construire une agriculture plus résiliente face aux extrêmes climatiques.

Comment cela s'est-il traduit concrètement ?

D.R. : Deux disciplines se trouvaient à l'interface de cette question : l'agroécologie, qui applique l'écologie aux problématiques agricoles, et l'ethnoécologie, qui analyse les relations entre les sociétés et leur environnement.

Le projet se consacrait aux épisodes de sécheresse, mais nous avons également travaillé sur la vigne en France, touchée par le gel tardif et la grêle. Nous avons mené nos travaux sur quatre terrains : en France, dans le Tarn à Gaillac sur un modèle « vigne » et dans le Trièves (Vercors) sur la diversité des variétés d'orge utilisées pour une filière locale de Whisky. Au Maroc, nous travaillons sur un modèle « polyculture : oliviers, céréales, légumineuses » et au Sénégal sur un modèle « céréales, légumineuses ».

Quels ont été les objectifs et les méthodologies mobilisées pour les atteindre ? Quels principaux résultats avez-vous obtenus ?

D.R : Le premier objectif était de mieux comprendre les mécanismes par lesquels la diversité mène à une production plus stable, à diverses échelles spatiales. La méthodologie reposait sur un axe de modélisation statistique et mathématique basé sur les données de la FAO et des simulations. Nous avons aussi mis en place deux observatoires de terrain pour un suivi à long terme à l'échelle la plus fine, celle du ménage. En effet, des données suivies dans le temps sont indispensables pour mesurer la stabilité, mais celles-ci ne sont jamais collectées sur l'ensemble du panier d'espèces ou variétés cultivées. C'est un manque que nous essayons de combler.

A l'échelle locale, nous effectuons des mesures de productivité sur quatre variétés de vigne dans la région de Gaillac et sur les 6 espèces/17 variétés cultivées sur nos 3 sites au Sénégal. En France, nous réalisons cette année la 4^e collecte de données et la 5^e au Sénégal. Les données de rendement acquises pour chaque espèce/variété nous permettront de tester les liens diversité-stabilité mais aussi d'identifier les combinaisons de plantes favorisant une meilleure stabilité de la production agricole. Nous pourrions répondre à cette question à l'issue de ces collectes⁴.

Par une approche de modélisation mathématique, nous avons aussi pu comparer les bénéfices de la diversification agricole sur la régulation de deux pathogènes du blé selon différentes pratiques (rotation, mélanges d'espèces/variétés), de la parcelle au paysage et selon différentes conditions climatiques. Un article a été publié dans *Landscape Ecology*⁵.

Enfin, il s'agissait de mieux décrypter comment et pourquoi les agriculteurs choisissent une diversité de plantes au champ. Au Sénégal, nous avons par exemple constaté que les agriculteurs associent entre elles une grande diversité d'espèces et de variétés dans une même parcelle (37 modalités d'associations différentes) bien que ces associations ne soient *a priori* pas celles conseillées par les agronomes. Sous un angle ethnoécologique, au travers



« AU SÉNÉGAL, NOUS AVONS PAR EXEMPLE CONSTATÉ QUE LES AGRICULTEURS ASSOCIENT ENTRE ELLES UNE GRANDE DIVERSITÉ D'ESPÈCES ET DE VARIÉTÉS DANS UNE MÊME PARCELLE (37 MODALITÉS D'ASSOCIATIONS DIFFÉRENTES) BIEN QUE CES ASSOCIATIONS NE SOIENT A PRIORI PAS CELLES CONSEILLÉES PAR LES AGRONOMES. »



d'entretiens et d'une analyse de la littérature⁶, nous avons cherché à comprendre ce qui motive les agriculteurs dans ces associations et comment ceux-ci mobilisent les savoirs locaux pour faire face aux contraintes du climat. Plus largement, nous nous intéressons aux valeurs socio-culturelles, esthétiques, médicinales, gustatives, agronomiques, et écologiques associées à la diversité de ces plantes. Toutes ces valeurs coexistent et ne sont aucunement dissociées dans l'esprit des agriculteurs.

Sur le plan agroécologique, comment expliquer l'action de l'agrobiodiversité dans la stabilité de la production agricole alimentaire ?

D.R : Notre hypothèse repose sur un mécanisme assez simple, dit « d'assurance » vis-à-vis de l'imprédictibilité de ces événements extrêmes. En termes simples, il s'agirait d'un phénomène proche de l'adage « ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier ». Semer une diversité de plantes qui ont des réponses différentes à divers événements climatiques ou qui

sont plus ou moins sensibles à des stress ravageurs ou des maladies peut sécuriser le fait de récolter quelque chose par un effet de compensation. Selon les années et les aléas, une espèce prospérera davantage par rapport à une autre et une « stabilité moyenne » de la production globale sera maintenue dans le temps. Nos résultats montrent que ce processus est en jeu, notamment à l'échelle nationale, et peut être complémentaire à l'effet stabilisateur de l'irrigation notamment utilisée pour les grandes cultures. ■

[1] Consultez la liste des partenaires sur le site internet du projet : <https://www.asset.cnrs.fr/>

[2] National food production stabilized by crop diversity | Nature

[3] <https://www.fao.org/home/fr>

[4] Le projet s'achève en avril 2024

[5] <https://doi.org/10.1007/s10980-022-01545-2>

[6] Initiée dans le cadre d'une contribution au dernier IPBES Values Assessment, dont M. Demongeot, étudiante en thèse est contributeur (10.5281/zenodo.5656910), les données extraites de la littérature font actuellement l'objet d'une analyse plus poussée dans le cadre d'un article scientifique.

L'ASIE DU SUD-EST FACE AUX CHANGEMENTS GLOBAUX ET À L'ÉMERGENCE DE MALADIES INFECTIEUSES

Urbanisation, accroissement du bétail d'élevage, extension des surfaces agricoles, perte du couvert forestier... L'Asie du Sud-Est est marquée par d'importants changements d'usage des sols affectant la biodiversité. Quels sont les liens entre ces changements et l'émergence de zoonoses et de maladies infectieuses vectorielles ?



© Adobe Stock

L'émergence accrue d'agents infectieux au sein des populations humaines et la crise liée à la pandémie de Covid-19 soulignent la nécessité de mieux comprendre les facteurs favorisant l'émergence des zoonoses (maladies dont l'agent - bactérie, virus ou parasite - peut être transmis entre l'animal et l'humain) et des maladies infectieuses vectorielles telles que le Chikungunya. C'est l'objectif du projet ANR FutureHealthSEA¹ coordonné par Serge Morand, directeur de recherche au CNRS et au CIRAD. Les scientifiques ont développé des modèles rétrospectifs de la dynamique des épidémies à l'échelle internationale et en Asie du Sud-Est, en tenant compte notamment des facteurs climatiques et de changements d'usage des sols.

Pour cela, ils ont collecté des données internationales disponibles portant sur l'incidence des maladies infectieuses chez les humains et les animaux, les changements d'usage des sols, le climat, la biodiversité et l'élevage ces dernières décennies, ainsi qu'un corpus de données nationales issues de la surveillance hospitalière sur trois maladies d'importance grâce à une collaboration avec le ministère thaïlandais de la Santé. « *Il s'agit de la dengue transmise par les moustiques, de la leptospirose dont l'agent est une bactérie environnementale avec pour principaux réservoirs les rongeurs, et du typhus des broussailles dont l'agent est une rickettsie (bactérie) avec pour vecteurs et réservoirs des acariens* » explique Serge Morand. Des corpus textuels concernant les politiques publiques et les instruments juridiques ont également été constitués. Ce travail de modélisation visait à mieux comprendre les dynamiques épidémiques dans le temps et l'espace, au regard de cette interaction de

facteurs socio-environnementaux.

10 ans de recherches collaboratives à Saen Thong

Le projet s'appuie sur l'expérience acquise au sein de deux projets ANR et sur les collaborations nouées depuis 2012 avec les scientifiques, les communautés et les administrations locales de Saen Thong en Thaïlande. « *Face à une demande pour étudier différentes problématiques locales comme l'exposition des animaux de rente aux pesticides, il était nécessaire de mobiliser des compétences en sciences de l'écologie, en sciences de la santé humaine et animale et en sciences sociales. Cette interdisciplinarité fut selon moi l'un des principaux succès du projet qui s'est concrétisé par la création d'un observatoire socio-écologique de la biodiversité et de la santé à Saen Thong* ». Celui-ci rassemble des projets de recherche menés selon une approche *One Health*.

À l'étude des facteurs d'émergence des maladies infectieuses

À partir des données du réseau épidémiologique mondial des maladies infectieuses GIDEON, l'équipe observe une augmentation des événements épidémiques infectieux au sein des populations humaines à l'échelle internationale ces dernières décennies. « *Les systèmes de surveillance ont augmenté en capacité de détection mais cela n'explique pas cette augmentation* » souligne Serge Morand.

« *Au niveau mondial, nos travaux montrent une corrélation entre l'accroissement du bétail d'élevage et l'augmentation des épidémies de maladies infectieuses zoonotiques et*

vectorielles ; et entre la déforestation ou l'extension des plantations de palmiers à huile et l'augmentation des épidémies ces dernières décennies. À noter que les pays ayant le plus faible taux de perte de biodiversité ont également le plus faible taux d'épidémies, ce qui suggère un effet protecteur de la biodiversité sur le risque épidémique.

En Thaïlande, les plantations commerciales semblent favoriser le risque épidémique de zoonoses et de maladies vectorielles telles que la dengue. La fragmentation des paysages et la variabilité climatique avec les événements El Niño / La Niña, semblent favoriser l'expansion du typhus des broussailles, tandis que la densité des bovins accroît le risque de leptospirose » poursuit Serge Morand.

Préserver la santé des écosystèmes, animale et humaine

L'équipe souligne l'importance de préserver les écosystèmes et les services qu'ils fournissent pour réduire les risques d'émergence. Elle souligne de plus le rôle des observatoires pour comprendre les dynamiques à l'œuvre dans l'évolution des risques sanitaires et environnementaux et pour mettre en place des solutions fondées sur la nature. À ce titre, l'association des acteurs de la santé et de la biodiversité sur le terrain est essentielle. Les recherches se poursuivront au sein du PEPR PREZODE de France 2030. ■

Un programme de recherche français au cœur d'une mobilisation internationale

Lancé en 2021 dans le cadre de la stratégie nationale « Maladies infectieuses émergentes », en complément du programme de recherche MIE, le PEPR PREZODE vise à renforcer la production de connaissances sur les facteurs de risque associés à l'émergence des zoonoses, et le développement de stratégies de réduction des risques et de détection précoce des émergences.

Co-piloté par l'IRD, le CIRAD et l'INRAE et opéré par l'ANR, il est doté d'un budget de 30 millions d'euros sur 5 ans. La communauté PREZODE compte à ce jour plus de 160 membres issus des mondes scientifique, académique et associatif, 14 pays membres et implique plus de 1500 scientifiques.

[1] Le projet ANR FutureHealthSEA (2017-2022) associait des scientifiques issus de laboratoires français : l'UMRAnimal, Santé, Territoires, Risques et Ecosystèmes (CIRAD, INRAE), l'Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris (SU, CNRS, INRAE, IRD, Université Paris Cité, UPEC), l'Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (CNRS, UM, IRD, EPHE, CIRAD, INRAP) et l'UMR Géosciences Environnement Toulouse (CNRS, IRD, Université Toulouse 3, CNES), et de laboratoires thaïlandais : la Faculty of Tropical Medicine Mahidol University, et la Faculty of Veterinary Technology Kasetsart University.

DANS LES OASIS

RECYCLER LES RÉSIDUS DE PALMIERS DATTIERS POUR AMÉLIORER LA FERTILITÉ DES SOLS



Dans les oasis d'Afrique du Nord, en Tunisie et en Algérie notamment, la culture du palmier dattier est une production locale majeure mais fragilisée désormais par de nombreuses menaces. Basé sur une approche participative, le projet ISFERALDA vise à valoriser les résidus de palmiers afin d'en faire de nouveaux atouts et outils pour augmenter la résilience des cultures face aux bouleversements en cours. Entretien avec Xavier Morvan, porteur du projet et chercheur à l'Université de Reims Champagne Ardenne.

Dans quel contexte et face à quels enjeux avez-vous initié le projet ISFERALDA ?

Xavier Morvan : Il y a tout d'abord un contexte socio-économique. Dans les zones semi-arides et arides, et dans les oasis plus particulièrement, les exploitations agricoles de palmiers dattiers sont le plus souvent de petites propriétés d'à peine quelques hectares qui doivent donc être très productives pour être rentables. Mais bien que traditionnellement intensive, l'agriculture est toujours restée une agriculture de subsistance avec de faibles intrants et une mécanisation très basse. Les écosystèmes de ces agrosystèmes sont aussi affectés par de nombreux facteurs qui menacent leur durabilité : l'absence d'eau de surface, la salinisation des sols et des eaux souterraines, la faible fertilité des sols, l'utilisation excessive des sols sans restitution ou rotation significative, et surtout le changement climatique qui peut accélérer les invasions de parasites et l'émergence de maladies et réduire la disponibilité de l'eau. La production de palmiers dattiers génère enfin une grande quantité de déchets agricoles – chaque arbre donne environ dix palmes par an – qui est encore très peu valorisée actuellement mais pourrait représenter une ressource renouvelable, durable et locale importante.



Justement, du déchet à la ressource, comment valoriser ces résidus agricoles ?

X.M : En suivant les principes de l'économie circulaire. Nous souhaitons étudier la conversion des résidus de palmiers dattiers locaux en sources de matière organique pour amender les sols peu fertiles. Pour ce faire, nous avons fortement impliqué les agriculteurs locaux afin de développer des méthodes artisanales de compostage et de pyrolyse des résidus de palmiers dattiers. La pyrolyse consiste à faire brûler de la biomasse, ici des palmes, à haute température et en l'absence d'oxygène, pour la réduire en biochar. L'application de ces amendements permettront d'améliorer la fertilité et les propriétés du sol, telles que la rétention d'eau, d'une part, et devra assurer des revenus comparables ou supérieurs aux agriculteurs locaux, d'autre part.

Quels résultats avez-vous déjà obtenus ?

X.M : Le projet a débuté en 2021. A ce jour, il reste donc de nombreuses expériences à venir ou en cours, en laboratoire ou en plein champ, et les résultats que nous avons obtenus sont encore partiels. Nous pouvons cependant citer l'analyse des entrevues avec les agriculteurs. Elle a montré que, même si peu d'agriculteurs utilisent actuellement du compost ou du biochar de palmier dattier, environ deux tiers d'entre eux sont prêts à utiliser du compost fabriqué à partir de résidus de palmiers dattiers, à condition que le produit soit disponible en quantité, en qualité, de

« L'APPLICATION DE CES AMENDEMENTS PERMETTRONT D'AMÉLIORER LA FERTILITÉ ET LES PROPRIÉTÉS DU SOL, TELLES QUE LA RÉTENTION D'EAU, D'UNE PART, ET DEVRA ASSURER DES REVENUS COMPARABLES OU SUPÉRIEURS AUX AGRICULTEURS LOCAUX, D'AUTRE PART. »

manière permanente et à des prix raisonnables sur les marchés locaux. L'autre tiers des agriculteurs est pour l'instant réticent à utiliser ces produits mais ils sont prêts à revenir sur leur jugement si les résultats obtenus sont satisfaisants. Un autre résultat est l'augmentation de la rétention en eau des sols lorsqu'on y ajoute des amendements organiques. Cette augmentation est d'autant plus forte que les sols sont sableux. Par exemple, l'ajout de 3 % de biochar dans un sol avec 85 % de sable permet d'augmenter la réserve utile du sol de 78 % par rapport au sol sans amendement.

Comment avez-vous porté les résultats du projet au plus près des parties prenantes ?

X.M : Nous avons mené de nombreuses actions de communication – auprès des

agriculteurs, des producteurs de palmiers dattiers, des conseillers agricoles, des décideurs politiques et de la population locale en général – par l'intermédiaire d'un site internet, de messages sur les réseaux sociaux et ou encore de conférences scientifiques dans des congrès nationaux et internationaux afin que chacun puisse se saisir des résultats du projet. Dans les parcelles agricoles, nous avons aussi organisé des journées de démonstration, et des journées portes ouvertes dans les instituts de recherche ou encore dans la compagnie partenaire du projet. L'objectif était de connaître le ressenti des personnes proches de la réalité du terrain. L'avis des agriculteurs est aussi pris en compte pour réorienter le processus d'innovation du projet. Ils sont d'ailleurs impliqués dans l'ensemble du processus, depuis la préparation et le maintien de la qualité du sol jusqu'à la récolte des cultures.

En quoi la transdisciplinarité, des sciences humaines aux sciences de la vie, est fondamentale pour répondre à votre problématique ?

X.M : Chaque partenaire du consortium du projet ISFERALDA¹ est indispensable à la réalisation des objectifs. Ce projet est transdisciplinaire car il traite des questions socio-économiques et scientifiques. L'aspect socio-économique, basé sur les enquêtes et les analyses coûts/bénéfices, est essentiel pour les agriculteurs car il permet d'une part d'identifier les problèmes qu'ils rencontrent et les solutions qu'ils apportent actuellement, et

d'autre part, de déterminer l'intérêt économique de la production et de l'utilisation de l'amendement organique étudié. Les questions scientifiques sont également essentielles car elles permettent, à partir de résultats significatifs statistiquement, d'obtenir des informations fiables et rigoureuses qu'on peut transmettre et diffuser auprès des parties prenantes.

Les domaines scientifiques et les compétences associées sont variés : l'étude de la matière organique du sol, la réalisation et la caractérisation d'amendements organiques (compost et biochar), la physique, la chimie et la microbiologie des sols, l'agronomie, la physiologie des plantes...

C'est la combinaison de ces aspects socio-économiques et scientifiques qui permettra de connaître les besoins des agriculteurs, d'évaluer l'intérêt économique des pratiques agricoles proposées et de diffuser des résultats scientifiques fiables et rigoureux en lien avec les besoins des parties prenantes. ■

[1] Le consortium du projet ISFERALDA rassemble six instituts de recherche, un institut technique et une entreprise : URCA – GEGENAA Université de Reims Champagne Ardenne – Groupe d'Etude des Géomatériaux et Environnements Naturels, Anthropiques et Archéologiques ; UMKB – university Mohamed Khider of Biskra ; IRA Arid Regions Institute of Medenine (IRESA) – University of Gabès ; HAO-DEMETER Hellenic Agricultural Organization – DEMETER ; INRAA National Institute of Algerian agronomic research ; Université de Batna Hadj Lakhder ; ITDAS Technological Institute for the development of the Saharan Agriculture ; Palm Compost.

Face à une demande sociétale croissante pour des produits alimentaires plus respectueux de l'environnement, de nouveaux systèmes d'approvisionnement voient le jour (agriculture biologique, circuits courts...). Le projet ANR URBALIM¹ travaille à l'élaboration d'un cadre unique pour évaluer les performances environnementales et la résilience de ces systèmes, dans une perspective « cycle de vie ». Entretien avec Eléonore Loiseau, Ingénieure des Ponts, des Eaux et des Forêts à INRAE et coordinatrice du projet.



NOURRIR DURABLEMENT LES VILLES

LE DÉFI DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Pour quelles raisons un cadre d'évaluation est-il aujourd'hui nécessaire ?

Eléonore Loiseau : Nourrir les villes de manière durable implique de diminuer les impacts environnementaux de l'alimentation qui est responsable du quart des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial et est consommatrice de nombreuses ressources. Il s'agit aussi de concevoir des circuits d'approvisionnement résilients face aux changements globaux.

Pour accompagner le déploiement de nouveaux systèmes alimentaires territoriaux, il est nécessaire de concevoir des méthodes

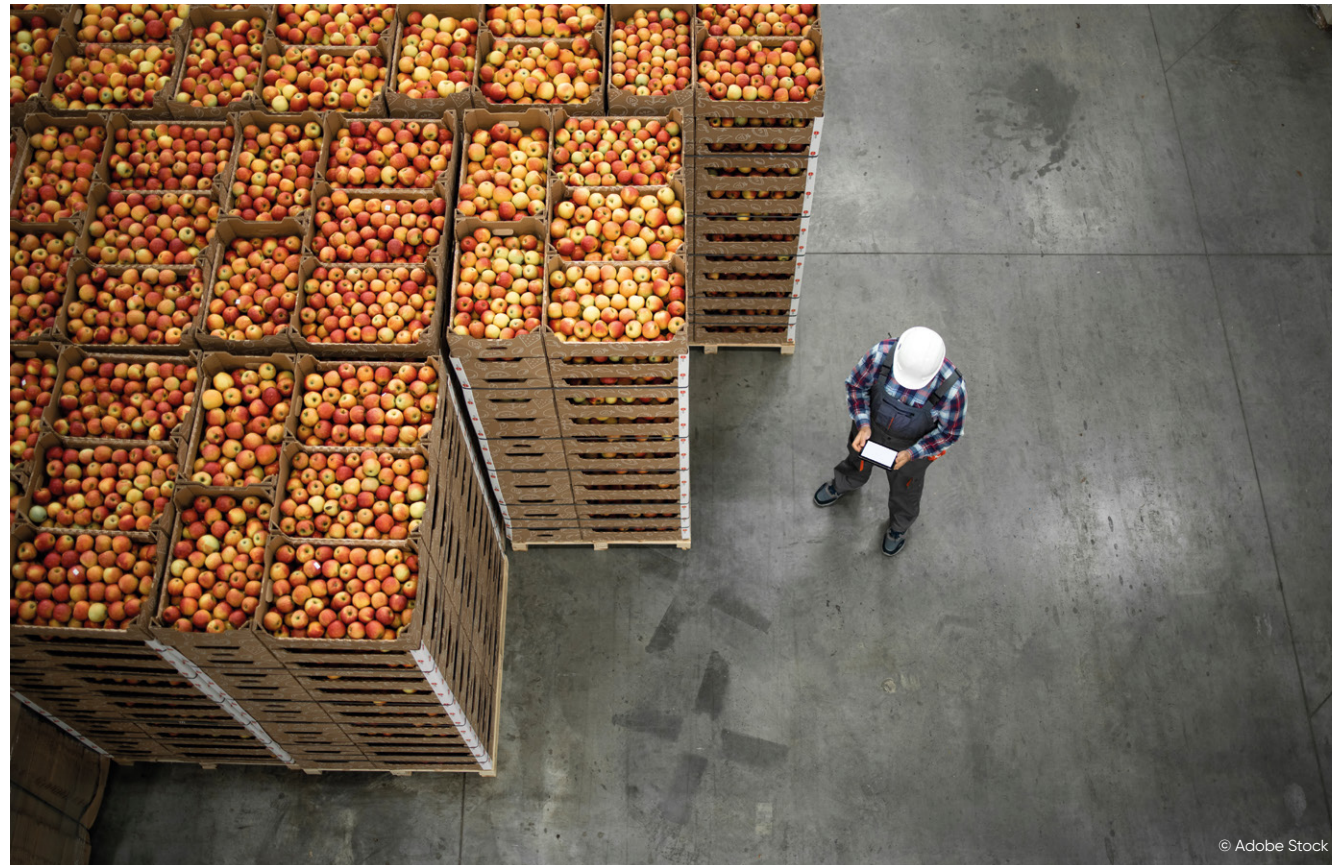
d'évaluation environnementale permettant de quantifier leurs impacts et leur capacité à répondre pleinement aux besoins des territoires. Le projet URBALIM vise ainsi à fournir un diagnostic exhaustif de l'approvisionnement alimentaire des villes pour identifier les principaux leviers d'amélioration des performances environnementales ; à caractériser dans une perspective de cycle de vie la vulnérabilité du système à des perturbations environnementales ou socio-économiques (épuisement de ressources, changement climatique, crises économiques...) et enfin, à comparer l'éco-efficacité de différentes stratégies.

Comment évaluer les systèmes d'approvisionnement alimentaire ?

E.L : Les développements méthodologiques sont basés sur le cadre de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV), une méthode standardisée et reconnue pour évaluer les impacts environnementaux des produits alimentaires. Sa perspective « du berceau à la tombe » et multicritère permet d'identifier les transferts de pollution entre étapes du cycle de vie et les catégories d'impacts environnementaux. Initialement conçue pour étudier des systèmes à des échelles « micro », le cadre de l'ACV a été adapté pour évaluer les performances environnementales de territoires dans leur globalité. Pour approfondir et opérationnaliser les démarches d'ACV territoriale, nous nous attachons à développer de nouvelles métriques intégrant les concepts de limites planétaires et de vulnérabilité des systèmes à différentes perturbations, et à proposer des méthodes simplifiées pour collecter les données. Il s'agit d'intégrer différents concepts dans un seul cadre d'évaluation, et de le mettre en œuvre sur un cas d'étude, la métropole de Montpellier en France, pour donner des éléments objectifs aux responsables locaux afin de co-construire des circuits d'approvisionnement alimentaire plus durables. Le succès du projet repose sur la mobilisation de différentes disciplines (sciences de l'environnement, agronomie, économie, mathématiques appliquées...) et l'implication des acteurs du territoire.

Quels diagnostics avez-vous pu établir pour le cas de Montpellier ?

E.L : Nos premiers résultats montrent la possibilité d'appliquer ces démarches à l'échelle des villes et des



« LES PRINCIPAUX IMPACTS SONT GÉNÉRÉS AU NIVEAU DE LA PRODUCTION AGRICOLE (ENTRE 70 ET 90 % DES IMPACTS POUR LES PRODUITS D'ORIGINE ANIMALE) ET LE POIDS DES CHÂÎNES LOGISTIQUES (HORS DERNIERS KILOMÈTRES) PEUT ÊTRE FAIBLE MÊME SI ELLES SONT ÉTALÉES SUR DE TRÈS LONGUES DISTANCES. »

territoires afin d'identifier les principales marges de manœuvre pour réduire les impacts de l'approvisionnement alimentaire. Ainsi, les principaux impacts sont générés au niveau de la production agricole (entre 70 et 90 % des impacts pour les produits d'origine animale) et le poids des chaînes logistiques (hors derniers kilomètres) peut être faible même si elles sont étalées sur de très longues distances. À un stade plus préliminaire, de nouvelles métriques sur la vulnérabilité de l'approvisionnement alimentaire ont été proposées en se basant sur les méthodes de criticité des ressources (minéraux, eau, terre). Leur application permet d'identifier de potentiels compromis entre diminution

des impacts environnementaux et vulnérabilité des systèmes. Il a été ainsi montré pour le pain que certaines chaînes d'approvisionnement peuvent être davantage performantes sur le plan environnemental mais dépendantes de ressources plus critiques.

Comment les acteurs du territoire peuvent-ils se saisir de ces résultats ?

E.L : Nos premiers résultats présentés à la métropole de Montpellier apportent des éléments objectifs pour l'identification de pistes d'action. Un des principaux leviers repose sur un changement de comportement en termes de consommation alimentaire, en allant vers des régimes moins carnés. Repenser les derniers kilomètres, du point de vente aux consommateurs, en se basant par exemple sur des mobilités douces et de nouveaux circuits, est également une piste prometteuse. Les prochaines étapes visent à compléter les métriques existantes et à les appliquer au cas de Montpellier sur des circuits alternatifs afin d'échanger avec les responsables locaux sur les potentiels compromis entre performances environnementales et vulnérabilité des systèmes. ■

Comprendre l'ACV territoriale en 4 minutes



[1] Le projet ANR URBALIM (2021-2024) regroupe des scientifiques issus de 4 instituts : INRAE, l'institut Agro de Montpellier, le CIRAD et le Joint Research Centre. Il bénéficie également de l'appui de la chaire d'entreprises ELSA-PACT et de la chaire UNESCO Alimentation du Monde, et d'un partenariat avec la métropole de Montpellier.

L'Agence nationale de la recherche (ANR) : Soutenir la recherche dans sa diversité

Établissement public placé sous la tutelle du ministère chargé de la Recherche, l'Agence nationale de la recherche (ANR) est l'agence de financement de la recherche sur projets en France. Elle a pour mission de soutenir et de promouvoir le développement de recherches fondamentales et finalisées dans toutes les disciplines, tant sur le plan national, européen qu'international. Elle finance également l'innovation technique et le transfert de technologies, les partenariats entre équipes de recherche des secteurs public et privé, et renforce le dialogue entre science et société.

L'ANR est aussi le principal opérateur du plan d'investissement France 2030 dans le domaine de l'enseignement supérieur et de la recherche pour lesquels elle assure la sélection, le financement et le suivi des projets couvrant notamment les actions d'initiatives d'excellence, les infrastructures de recherche et le soutien aux progrès et à la valorisation de la recherche.

L'ANR est certifiée ISO 9001 pour l'ensemble de ses processus liés à la « sélection des projets » et a obtenu le label « égalité professionnelle ».

France 2030 : Rapprocher le Futur

Annoncé en 2021 par le Président de la République, France 2030 poursuit les engagements des Programmes d'investissements d'avenir (PIA) créés en 2010, notamment à travers le soutien à l'évolution de l'écosystème de la recherche et le financement dans la durée de projets structurants.

Vaste plan de décarbonation de l'industrie, d'investissement et d'innovation dans des secteurs prioritaires et générateurs de croissance, France 2030 est doté d'un budget total de 54 Md€ dont environ 12 Md€ sont gérés par l'ANR.

Au regard de ces nombreux enjeux, les programmes et projets opérés par l'Agence couvrent des domaines de recherche très divers aux applications futures et potentielles innombrables (hydrogène vert, intelligence artificielle, santé, alimentation saine et durable, formation aux métiers d'avenir, exploration des fonds marins et de l'espace, décarbonation, recyclage...).

Projets

Juillet 2023

Direction de la publication

Thierry Damerval, Président-directeur général de l'ANR

Direction de la rédaction

Fabrice Impériali

Coordination éditoriale

ANR, Direction de l'information et de la communication

Conception-rédaction

Anne-Sophie Boutaud, Marion Courant, Gabrielle Lacombe

Contributeurs

Eléonore Loiseau, Serge Morand, Xavier Morvan, Serge Planes, Delphine Renard

Conception graphique

Romuald Maurel

Impression

Dynaprint

Photo de couverture

Zoanthide doré bleu

© Pete West - BioQuest Studios
- Fondation Tara Ocean



Agence nationale de la recherche
86 rue Regnault – 75013 Paris

www.anr.fr

Suivez notre actualité sur les réseaux sociaux



[@agencerecherche](https://twitter.com/agencerecherche)



[ANR](https://www.linkedin.com/company/anr)



[ANR](https://www.youtube.com/channel/UC...)