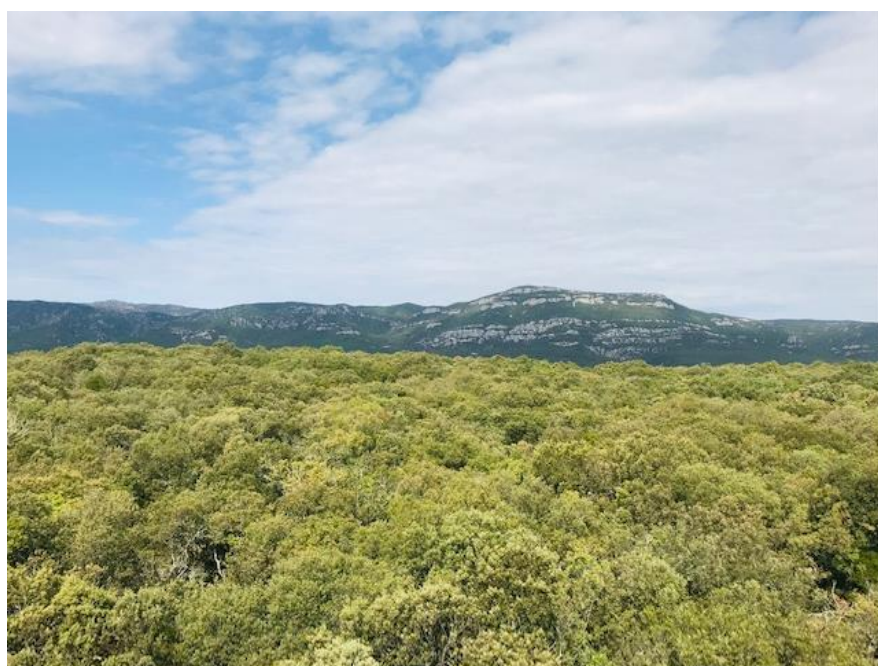


2020

La recherche en Ecologie Environnementale en Occitanie :

Biodiversité et territoires dans un contexte de changements globaux



*Comité Consultatif Régional pour
La Recherche et le Développement
Technologique Occitanie*

Auteurs :

*Philippe Jarne (Cefe, Montpellier)
et Jean Clobert (Sète, Moulis)*

Remerciements : les auteurs remercient les personnes ayant participé aux réunions initiales et les directeurs.rices d'unités (DU) pour leurs apports, pour avoir répondu à une enquête fournissant des informations précieuses reprises dans ce document (en particulier, les DU) et pour des relectures du document (voir noms en Annexe 1). Les auteurs remercient aussi Marion Bousquet (Sète, Moulis) et Sophie Boutin (Labex Cemeb, Montpellier) pour leur aide précieuse dans la collecte et mise en forme d'informations et leurs relectures, et le CRRDT pour son soutien tout au long du processus ayant conduit à ce document.

Sommaire

Résumé

1. Introduction

2. Ecologie environnementale en Occitanie

2.1. *La crise environnementale en Occitanie : quelques exemples*

2.2. *Les forces de recherche en EE*

Une communauté forte et attractive

Un puissant réseau institutionnel

Les outils institutionnels en région

2.3. *Valorisation et transfert de la recherche vers l'économie et la société*

Secteurs et thématiques

La valorisation économique

La valorisation sociétale

2.4. *La région Occitanie et la communauté EE*

3. Les orientations stratégiques pour la décennie à venir

3.1. *Les défis scientifiques*

3.2. *De la recherche à l'action*

3.3. *Transmission et apprentissage*

3.4. *Approches et méthodologies*

4. Propositions d'actions de la communauté EE

4.1. *Modifier le dispositif actuel*

4.2. *De nouvelles propositions*

Annexes

Annexe 1 - Membres experts et directeurs d'unités

Annexe 2 – Liste de publications

Annexe 3 – Ecologie environnementale et transferts socio-économiques

Annexe 4 – Dispositifs de la région Occitanie visant à soutenir l'ESR

Annexe 5 – Fiches pour les nouveaux dispositifs proposés par le GTEE pour soutenir l'ESR

Résumé

Les changements globaux, résultat des activités humaines, affectent l'ensemble des composantes de la biodiversité et de l'environnement, et constituent un défi majeur pour nos sociétés. Tous les espaces sont concernés, en particulier les plus riches en biodiversité, et l'Occitanie en ressent de nombreuses conséquences. Des approches scientifiques sont nécessaires pour traiter ces problèmes urgents, proposer des solutions et contribuer à la transition vers une société plus écologique. La communauté de recherche en écologie environnementale d'Occitanie apporte des réponses par des approches d'écologie et évolution au sens large. Première communauté nationale, forte de près de 2500 personnels de recherche, elle dispose d'une reconnaissance et attractivité internationale exceptionnelles pour ses travaux fondamentaux et appliqués. Une couverture thématique large, une présence forte en milieux tropicaux et méditerranéens, des approches complètes (expérimentation / observation / modélisation / synthèse de données) et interdisciplinaires, des infrastructures technologiques de haut niveau et un riche partenariat public et privé lui permettent de relever les défis posés par les changements globaux. Il s'agit en particulier de comprendre la dynamique et l'adaptation de la biodiversité dans des environnements changeants en prenant pleinement en compte les interactions Homme-nature. Cela amène des thématiques émergentes autour par exemple de la base (épi)génomique de l'adaptation, des interactions entre espèces (incluant pathogènes et microbiote), de la réponse aux polluants, des espèces sensibles ou invasives et des milieux d'interface. Ces thématiques doivent être abordées par des approches intégratives et interdisciplinaires pour la scénarisation et la projection de futurs possibles, mais aussi pour proposer des solutions aux changements globaux en formant les gestionnaires de demain. Pour ce faire, la communauté en écologie environnementale suggère d'élargir le panel de dispositifs de soutien à la recherche proposé par la région Occitanie, à la fois dans ses modalités actuelles (allocations doctorales élargies à plus de partenaires non-académiques) et en proposant de nouveaux dispositifs (par ex., allocations post-doctorales, chaires d'excellence, création d'instituts de convergence, et soutien à la formation universitaire et continue par la recherche).

Ce groupe de travail en écologie environnementale¹ (GTEE) a été constitué à l'initiative du CCRRDT de la région Occitanie. Il est fondé sur des discussions ayant permis la mise en place des objectifs et la structure du document et sur une collecte d'informations, en particulier via une enquête auprès des directeurs.rices d'unités de recherche concernés.es. Ces unités sont celles qui ont une partie, significative à totale, de leurs activités dédiées aux questions d'EE.

1. Introduction

Les changements globaux² affectent l'ensemble des composantes de la biodiversité et de l'environnement à la surface de la terre, à toutes les échelles spatiales. Tous les milieux, marins et continentaux, sont concernés, ainsi que toutes les espèces, depuis les virus et bactéries jusqu'aux séquoias et baleines. Ces changements constituent un défi majeur pour les sociétés humaines, probablement le défi majeur, en ce début de 21^{ème} siècle. Ils sont causés par une pression croissante exercée par les sociétés humaines sur la biodiversité, l'environnement et les ressources. Des exemples frappants de ces changements résultant des activités humaines sont les modifications du climat et des grands cycles géochimiques, les pollutions (en particulier chimique), les changements d'utilisation de l'espace, des mers et des terres (par ex., à travers la déforestation, l'urbanisation ou la surpêche) et la fragmentation et perte afférentes d'habitats, les invasions d'espèces exotiques, l'émergence / la ré-émergence de maladies (par ex., transmises par les moustiques telles que la dengue) ou la perte de biodiversité. Ces changements se font à un rythme jamais observé précédemment, hors catastrophes majeures telles les impacts de météorites, et la crise de biodiversité mérite bien son nom de « 6^{ème} crise d'extinction ».

Par conséquent, l'ensemble des écosystèmes, qu'ils se situent en pays développés, émergents ou en développement, sont soumis à de fortes pressions environnementales, démographiques et sélectives. On observe une dégradation généralisée des services écosystémiques, par exemple une pollinisation réduite suite à la chute des populations d'insectes pollinisateurs liée en particulier aux pesticides. Cette dégradation concerne en particulier les milieux aquatiques (eau douce et marins), le rendement et la surface des terres agricoles, la qualité et la quantité de nourriture fournie (pollinisation et pesticides) et la santé des personnes (pollutions et maladies émergentes). De façon plus générale, des changements sociologiques, économiques et psychologiques majeurs sont associés à ces nombreuses perturbations.

Dans le même temps, les changements globaux nous font prendre conscience que milieux et ressources sont fragiles et limités, et nous amènent à reconsidérer nos modèles socio-économiques de fonctionnement et de développement, ainsi que le rôle de la nature – à la notion très économique de services écosystémiques se substitue celle de contributions de la nature aux hommes, comme l'a récemment mis en avant l'IPBES³ lors de son premier sommet à Paris (mai 2019). L'IPBES, constitue d'ailleurs une réponse internationale à ces changements et à leurs conséquences, comme le sont la convention sur la diversité biologique (mise en place lors du sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992) ou l'agenda 2030 de l'ONU (objectifs de développement durable).

¹ On a retenu ici le terme « Ecologie environnementale » proposé par le CCRRDT. Il correspond de fait, en Occitanie, aux recherches menées dans les domaines de l'écologie et de l'évolution *sensu lato*.

² « Changements globaux » pour l'anglais « Global change » - une autre traduction serait « Changements planétaires ».

³ Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (créé en 2012; <https://www.ipbes.net/>).

Des approches scientifiques sont nécessaires pour traiter ces problèmes urgents, proposer des solutions et contribuer à la transition vers une société plus écologique. Elles incluent en particulier les sciences au cœur de l'étude de la biodiversité (en particulier, écologie et évolution) qui doivent nous permettre de comprendre comment la biodiversité réagit à ces changements rapides, à diverses échelles de temps et d'espace. Ces sciences doivent développer des approches intégratives, basées sur l'observation et l'expérimentation en conditions contrôlées ou naturelles, la modélisation et la synthèse de données, en considérant une large gamme d'espèces et d'écosystèmes. Le rôle de l'Homme dans ces changements est un appel à penser et travailler au-delà de ces sciences, dans une approche franchissant les barrières des disciplines. Les sciences de l'environnement (géochimie, géologie, climatologie ...) et l'agronomie (dans sa version agro-écologique) doivent être mobilisées en complément des approches écologiques. Les sciences humaines et sociales (par ex., sociologie, économie, géographie ...) sont aussi interpellées par la crise environnementale, et leur apport est nécessaire pour mieux l'interpréter, en penser les conséquences et les modalités d'actions futures. Les « sciences dures » (par ex., numérique, chimie ...) sont aussi concernées, et sont certainement amenées à se remettre en cause (par ex., pollutions chimiques et émergentes).

L'apport de ces sciences, et leur mise en synergie, doit permettre de développer des scénarios et des prédictions, mis à disposition des citoyens et des décideurs, comme cela a été fait pour la construction de scénarios climatiques par le Giec⁴. Un problème complexe pour ces développements est de prendre en compte la complexité inhérente à la biodiversité, aux systèmes écologiques et à leurs environnements plus ou moins anthropisés. Proposer des solutions pratiques visant à empêcher ou réduire les effets délétères des changements globaux nécessite aussi de mettre en œuvre un transfert des résultats de la recherche vers les parties prenantes, pouvoirs publics, entreprises privées, associations et citoyens. Cela suppose de former une nouvelle génération de scientifiques et de gestionnaires de la biodiversité, et de mettre en place des outils efficaces de transfert en renforçant les liens entre les secteurs académiques et non-académiques concernés.

Les sciences de la biodiversité, en particulier l'écologie et l'évolution, développent des approches fondamentales, avec un fort niveau de théorisation, mais aussi des approches visant à gérer la biodiversité (par ex., biologie de la conservation) ou à s'intéresser à des milieux très anthropisés (par ex., écologie urbaine, agro-écologie). Elles sont implantées fermement dans les grandes universités au niveau international, et leur position est aujourd'hui renforcée par la crise de la biodiversité. C'est également le cas en France, que ce soit au sein des universités ou des organismes de recherche⁵, avec la particularité d'implantations fortes dans les zones intertropicales. L'Occitanie occupe une place particulière en hébergeant environ 15% des chercheurs français du domaine. Ce fort développement s'est accompagné d'une visibilité scientifique internationale forte, comme le montrent les classements internationaux – ainsi l'Université de Montpellier (incluant Sète) est classée 1^{ère} université mondiale en environnement/écologie (qui inclut la biodiversité) dans le classement thématique de Shanghai (2018 et 2019 ; www.shanghairanking.com/). Des laboratoires de niveau mondial sont par ailleurs implantés à Toulouse, Moulis, Perpignan et Banyuls.

Le présent document, après avoir exposé quelques exemples illustrant la façon dont la crise environnementale se décline en Occitanie, présente un bilan des forces de recherche en Ecologie environnementale dans la Région, expose quelques orientations stratégiques pour les années à venir et suggère des pistes pour approfondir

⁴ Groupe intergouvernemental pour l'étude du climat (IPCC, en anglais).

⁵ Une particularité du système de recherche français est de faire cohabiter des organismes nationaux de recherche (CNRS, Inra ...) et des établissements d'enseignement supérieurs (universités et écoles).

l'intervention du Conseil Régional Occitanie. L'objectif est de proposer une réponse régionale aux questions environnementales.

Le GTEE s'est focalisé sur l'écologie et l'évolution (au sens large), car c'est là que sont les forces majeures en Occitanie, mais intègre aussi d'autres sciences qui s'intéressent aux mêmes objets et dynamiques, en particulier les sciences humaines et sociales. Cela permet de définir une communauté de recherche d'environ 1450 personnels permanents de la recherche qui travaillent essentiellement sur la biodiversité « non cultivée » (de la plus sauvage à la plus urbaine), mais aussi en partie sur la biodiversité cultivée (par ex., quinoa, olivier, blé ...) ou exploitée (par ex., ressources halieutiques ou forêts) vue via une approche agro-écologique. Ces recherches sont menées sur l'ensemble des écosystèmes, continentaux et aquatiques, avec toutefois un focus sur les zones méditerranéenne et tropicale – à noter que les milieux marins sont plus spécifiquement couverts par le groupe de travail « Sciences de la mer ».

2. Ecologie environnementale en Occitanie

2.1. La crise environnementale en Occitanie : quelques exemples

La région Occitanie est particulièrement concernée par les diverses facettes des changements globaux. Un point particulièrement important à relever est que l'Occitanie, en particulier par sa zone méditerranéenne, fait partie des 34 points chauds de biodiversité⁶ que recèle la planète, et héberge de l'ordre de 50% des espèces présentes en métropole (juste derrière Paca et la Corse). Le taux d'endémisme, et donc d'espèces qui ont une valeur patrimoniale, est très élevé. L'Occitanie subit en conséquence des pertes globales de biodiversité, à la fois en nombre d'espèces (ou d'espèces menacées) et de densité des populations. Au-delà de sa riche biodiversité⁷, l'Occitanie est aussi particulière à l'échelle nationale, par la richesse de ses paysages, depuis les côtes rocheuses des Albères et les étangs côtiers jusqu'aux sommets les plus élevés des Pyrénées centrales, en passant par les grandes plaines agricoles et les causses arides. Parallèlement, elle est la région démographiquement la plus dynamique de France avec un gain d'environ 50000 personnes par an, soit un taux de croissance (0,8%) deux fois plus élevé que la moyenne nationale, essentiellement liée à l'immigration. Ses métropoles, en particulier, croissent rapidement, et la pression démographique est particulièrement forte sur le littoral. Celle-ci n'est pas sans poser des problèmes majeurs, en particulier en termes de consommation et de gestion des ressources naturelles, vivantes ou non. L'Occitanie est aussi une région fortement agricole, positionnée sur un gradient de pratiques (depuis de faibles jusqu'à de fort intrants agricoles), ce qui affecte fortement la biodiversité (par ex., espaces plus ou moins travaillés, pesticides, engrais).

Par ailleurs, l'Occitanie n'échappe pas au réchauffement climatique – l'épisode de canicule de l'été 2019 nous l'a rappelé avec un record historique pour la France métropolitaine de 46,0°C dans la partie Est de l'Hérault. La température moyenne à l'échelle du territoire a déjà augmenté de 1,5°C depuis le début des années 1980, avec une valeur marquée au printemps (jusqu'à 3°C sur certaines zones). Pour 2050, on s'attend à une augmentation supplémentaire de 1 à 2°C selon les scénarios, touchant particulièrement les grandes agglomérations (+3 à 9°C à Toulouse, avec des pics à plus de 50°C). Cette évolution impacte

⁶ Ces points chauds sont essentiellement en zones tropicales, et subissent les plus fortes pertes de biodiversité, par exemple environ 70% de leur végétation primaire. Source: Conservation international.

⁷ Voir le document *Élaboration de la Stratégie régionale pour la biodiversité de la région Occitanie – Diagnostic & enjeux*, édité par la région Occitanie.

et va impacter fortement l'ensemble de la région, dans sa biodiversité et ses espaces, et dans le fonctionnement social et économique. Les écosystèmes, naturels et cultivés, sont vulnérables aux températures élevées et déficits hydriques. On peut citer comme exemple frappant de conséquences de ces changements climatiques, des cycles des espèces perturbés (par ex., floraisons précoces et donc sensibilité au gel tardif), des extinctions de populations situées dans la limite sud de leur espèce, ou des questionnements forts quant à l'utilisation de l'eau, en particulier en raison de cultures déjà fortement demandeuses en eau (par ex., 70% de la consommation en ex Midi-Pyrénées par l'agriculture).

Un autre aspect des changements globaux cité en Introduction est la modification de l'utilisation des terres (pour les espaces marins, voir le rapport du GT « Sciences de la mer »). On assiste à un morcellement et à une perte d'espace, via en particulier l'urbanisation et les infrastructures de transport. A l'échelle nationale, 5000 km² ont été perdus entre 2006 et 2015, incluant des terres agricoles. Il est probable que la même tendance s'observe en Occitanie, en particulier en raison d'une croissance démographique rapide, même si elle dispose de grands espaces moins anthropisés que la moyenne nationale. Cette réduction et ce morcellement induisent la fragmentation des espaces disponibles pour la biodiversité, réduisant les populations et la possibilité de migration. Il faut cependant noter que d'autres espaces, en particulier les zones d'arrière-pays et de montagne, sont plutôt soumis à une fermeture des paysages par l'extension des forêts, ce qui favorise une nouvelle biodiversité.

Enfin, un dernier aspect important de la crise environnementale est l'arrivée d'espèces exotiques dont une petite partie (environ 1%) pose déjà des problèmes. On peut rappeler le nom de quelques espèces bien connues qui entrent dans cette catégorie en Occitanie, par exemple le ragondin, la tortue de Floride, le moustique tigre ou l'ambrosie. Si les cultures ne sont bien entendu pas épargnées par ces nouveaux venus (par ex., le moucheron des fruits *Drosophila suzukii* arrivé en France en 2010) les écosystèmes moins anthropisés ne le sont pas moins ; par exemple, la pyrale du buis, arrivée en France en 2008, connaît une progression massive en Occitanie depuis trois ans, mettant en péril une économie locale et sans moyens de lutte identifiés à ce jour. Ces arrivées sont particulièrement sur la sellette quand elles posent potentiellement un risque pour la santé humaine ; l'exemple le plus frappant est certainement le moustique tigre qui a vu sa distribution s'étaler de plus en plus largement au cours des dernières années (Figure 1). Au-delà des désagréments liés aux piqûres pendant les périodes les plus chaudes, ce moustique est vecteur des virus de la dengue et du chikungunya. Plusieurs cas de transmission autochtone ont déjà été signalés en Occitanie. Une autre situation problématique est celle de la grande faune, avec d'une part une explosion des populations de cervidés et de sangliers (et leurs conséquences forestières, agricoles et sanitaires), et d'autre part le retour des grands prédateurs, naturel (loup) ou par introduction (ours). Il paraît nécessaire de mieux connaître la dynamique de ces espèces en croissance et d'améliorer notre connaissance des bénéfices / coûts écologiques et sociétaux de leur retour, si on veut en assurer une gestion raisonnable.

Bien entendu, les différentes facettes de ces changements globaux peuvent se combiner en Occitanie – c'est bien en raison de l'augmentation de température que le moustique tigre a pu s'implanter. La région apparaît donc particulièrement vulnérable à ces changements, dans ses (agro)écosystèmes, son tourisme, son activité industrielle et plus généralement l'ensemble de son activité économique. L'environnement en Occitanie reste pourtant de belle qualité, avec sa variété de paysages, de zones protégées, de faune et de flore, et d'espaces urbains chargés d'histoire ; il s'agit d'un aspect central de son attractivité, à la fois pour les activités économiques et pour le choix d'un cadre de vie.

La gestion de l'environnement face aux changements globaux est donc une question centrale en Occitanie, si on veut maintenir attractivité et qualité de vie. Elle

nécessite une « écologisation » générale des fonctionnements individuels et collectifs, via une sobriété accrue, une mitigation des activités humaines et une adaptation écologique aux changements globaux. Des solutions peuvent être trouvées, et la région Occitanie s'est largement impliquée dans cette direction⁸. Ces solutions doivent être basées sur des approches scientifiques, comme noté plus haut. Nous présentons plus bas les puissantes forces régionales en EE, et comment leurs diversités d'approches peuvent contribuer à ces solutions via une recherche fondamentale forte.

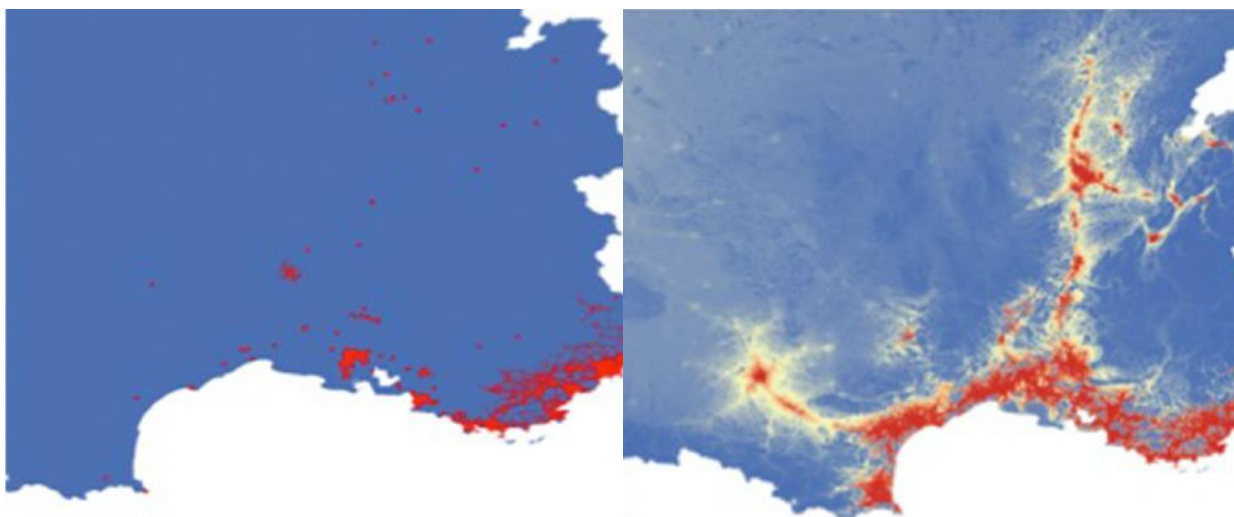


Figure 1. Distribution spatiale du moustique tigre dans le sud de la France en 2012 (pourtour méditerranéen) à gauche et prédictions de cette distribution en 2014, modélisée à partir des données de 2012 à droite. On note une nette extension vers l'ouest qui s'est révélé exacte. Cartes extraites de Roche et al. (2015, PLoSOne 10 : e0125600).

2.2. Les forces de recherche en EE

La France occupe une position particulière dans le domaine de la recherche en EE au niveau international, comme l'indiquent d'excellents classements internationaux (par ex., le CNRS est classé 3^{ème} mondial pour les sciences de la terre et de l'environnement, dans l'index de la prestigieuse revue Nature pour l'année 2018), de nombreux chercheurs excellemment classés (par ex., voir classement Clavirate « highly cited » des 10 dernières années), et une implication forte dans des instances internationales telles que l'IPBES (dont elle assure le secrétariat exécutif). Un autre point fort est la distribution des forces scientifiques sur l'ensemble du globe, que ce soit dans les DROM et COM ou via des affectations à l'international de chercheurs, en particulier par l'IRD, le Cirad et le CNRS. Une partie significative de ces forces étant positionnées en zones tropicales et méditerranéennes (points-chauds de biodiversité), cela permet un accès unique à ces écosystèmes fortement impactés par les changements globaux.

Du point de vue de la géographie régionale, la recherche en EE est irrégulièrement distribuée en métropole. Une partie significative des forces est positionnée en Ile de France, mais on retrouve quelques pôles plutôt spécialisés dans d'autres régions, par ex. en Bretagne

⁸ Voir SRADDET Occitanie 2040.

(thématique marine à Brest, et agro-biodiversité à Rennes), Aura (aspects génomiques et méthodologiques à Lyon et biodiversité montagnarde à Grenoble), ou en Paca (biodiversité méditerranéenne à Marseille). L'Occitanie occupe la première position nationale avec un ensemble très large de recherches sur la biodiversité et l'environnement, incluant une partie de sciences de la terre et dans le domaine de l'agro-biodiversité. Le nombre de personnels permanents en EE de l'ESR (public) est de 1450 (pour un total d'environ 13000 C et EC⁹ en Occitanie) auxquels vont s'ajouter plus de 1000 personnes en CDD (doctorants, post-doctorants, ingénieurs et techniciens) et 600 stagiaires accueillis chaque année, dont 350 étudiants en Master. La communauté du GTEE joue en conséquence un rôle central dans la politique de recherche à l'échelle de la région Occitanie, d'autant que les thèmes qu'elles portent prennent une ampleur croissante, voire angoissante. Elle est particulièrement forte à Montpellier (incluant Sète) où elle constitue un des trois piliers (« Protéger »), et le plus visible à l'international, du projet de l'Isite Muse, mais elle est aussi largement implantée, avec des équipes de très haut niveau, à Perpignan et Banyuls, ainsi qu'à Toulouse (incluant la station Sete de Moulis en Ariège). Nous fournissons dans la section suivante des indicateurs qui permettent de mieux apprécier les atouts majeurs de cette communauté.

Une communauté forte et attractive

- Une exceptionnelle reconnaissance et attractivité internationale. L'indicateur le plus frappant est probablement le classement de l'université de Montpellier : 1^{ère} en écologie en 2018 et 2019 dans le classement de Shanghai. D'autres indicateurs sont fournis dans l'Encadré 1. La communauté est largement internationalisée, attirant les meilleurs chercheurs mondiaux, que ce soit sur des postes permanents de l'ESR ou pour des visites de durée variable. On peut citer le programme MOPGA (« Make our planet great again ») lancé en 2017 par la présidence de la république : quatre lauréats sont accueillis dans la communauté EE avec un soutien significatif de la région Occitanie.
- Une couverture thématique large, couvrant toutes les grandes questions de l'écologie et de la biodiversité, incluant des forces de recherche pertinentes sur les questions et thèmes du GTEE, que ce soit pour la recherche, la formation et le transfert vers le public et les activités économiques. Cela vaut pour les grandes questions liées aux changements globaux concernant l'Occitanie, par exemple le changement climatique, l'utilisation et la fragmentation des terres et territoires, l'écologie de la santé, l'agro-écologie et la gestion des écosystèmes (vu comme des socio-écosystèmes). De plus, les recherches portent largement sur les territoires de l'Occitanie sur le continuum mer/montagne.
- Les approches vont du très fondamental, qui fait la réputation internationale de la communauté EE, jusqu'aux nombreuses et novatrices applications en gestion environnementale et biologie de la conservation (par ex., gestion adaptative). Une force de la communauté EE est de couvrir complètement le spectre des approches des sciences expérimentales, à savoir l'observation (en nature), l'expérimentation, la modélisation et l'analyse de données (dont les données « massives », ou « big data ») et ce sur le milieu physique et sur les organismes. Elle s'appuie sur des dispositifs expérimentaux uniques au monde (par ex., Ecotron de Montpellier, aquatron et metatron à Moulis, station SEE Corail à Tahiti) qui permettent d'attirer de nombreux chercheurs étrangers.

⁹ Source : document Strater Occitanie 2016.

- L'ensemble du vivant, des virus aux baleines, est couvert dans tous les milieux, du continental au marin ; et si les modèles d'étude sont plutôt la biodiversité sauvage, de nombreux programmes sont menés sur des plantes cultivées hors grandes cultures (par ex., manioc, olivier ...).
- Si la communauté EE est largement formée d'écologues et d'évolutionnistes, elle agrège aussi des chercheurs d'autres disciplines, en particulier de la biologie fondamentale, des sciences de l'univers et des sciences humaines et sociales (apports marquants en économie, philosophie et anthropologie, et liens forts avec les Maisons des Sciences de l'Homme de Montpellier et Toulouse et la Toulouse School of Economics). Cette interdisciplinarité s'étend aux sciences du numérique, la communauté EE étant très portée sur la formalisation mathématique et l'analyse de données, en particulier dans le cadre de modèles prédictifs et la collecte de données à haut débit sur ses « grands instruments de recherche ». La relation avec la communauté des sciences agronomiques est forte et naturelle, par les objets étudiés et les méthodes / approches, et en croissance avec la chimie autour de l'écologie chimique et de la chimie verte. L'interdisciplinarité est fortement encouragée par les structures collectives (par ex., Labex Tulip et Cemeb)
- La communauté EE est fortement implantée dans les DROM-COM et les pays du Sud, en particulier via le Cirad, le CNRS et l'IRD. On notera que les Labex Corail (<http://www.labex-corail.fr/>) et Ceba (<http://www.labex-ceba.fr/>), dédiés respectivement aux coraux et à la forêt amazonienne face aux changements globaux, sont portés par des équipes de la communauté EE. De nombreux programmes de recherche sont menés en collaboration avec des chercheurs du Sud sur des problématiques à fort impact sociétal (par exemple, moustiques et malaria).
- Une production scientifique percutante, avec des recherches régulièrement publiées dans les revues les plus prestigieuses de la science (Nature, PNAS et Science ; Annexe 2), expliquant en partie les excellentes positions dans les classements internationaux (voir Encadré 1). On peut aussi relever la production d'une dizaine de logiciels par an, dédiés à des travaux de recherche.

Encadré 1. Indicateurs de reconnaissance et d'attractivité internationale de la communauté EE en Occitanie

- Une concentration de 2450 personnels de recherche publique
- 1^{er} rang au classement de Shanghai en écologie pour l'Université de Montpellier (2018 et 2019)
- 1^{ère} communauté française en biodiversité : > 20% production scientifique nationale et > 2000 publications indexées par an (50 dans les journaux les plus prestigieux ; Annexe 2)
- Cinq des neuf scientifiques français fortement cités (« highly cited researchers » de Clarivate) dans le champ environnement/écologie
- 17 lauréats ERC, 12 médailles d'argent CNRS, huit membres de l'Institut Universitaire de France, trois membres de l'Académie des sciences, neuf membres de l'Academia Europea
- Quatre des sept lauréats sur les problématiques EE du programme annuel MOPGA (2017 à 2019) (total de 42 lauréats)
- Plus de 120 chercheurs.ses en séjour par an, dont la moitié à l'international
- Environ 10 conférences / workshops internationaux majeurs organisés par an

Un puissant réseau institutionnel

L'effort de recherche national en Occitanie sur le domaine EE est très élevé – comme noté en Introduction, on ne retrouve pas d'équivalent en France, même en Ile de France. Tout d'abord, relevons la présence unique d'acteurs nationaux – le CNRS (en particulier, l'institut Ecologie & Environnement), l'Ifremer et l'Inra sont fortement implantés, et on y compte une grosse partie des forces du Cirad et de l'IRD. De plus, les universités de Montpellier, de Perpignan et Toulouse Paul Sabatier ont des départements dédiés et accueillent de nombreuses UMR en EE, Sorbonne universités y est présente via la station de Banyuls, et le thème est important pour les écoles d'agronomie à Montpellier et Toulouse. Les forces en EE sont aussi fédérées au sein de structures collectives, portées par les acteurs régionaux ou nationaux précédemment citées, et elles y jouent souvent un rôle central. Cela est tout à fait caractéristique dans l'I-Site Muse (EE est central pour le pilier « Protéger » de Muse, et important pour les deux autres piliers « Nourrir » et « Protéger »). Quatre Labex sont largement ou complètement dédiés à EE (Cemeb à Montpellier, Tulip et Ceba à Toulouse incluant plusieurs équipes à Montpellier et Perpignan, et Corail à Perpignan). On peut aussi citer les Dipee (Dispositif de partenariat en écologie et environnement ; outil CNRS) de Toulouse et Montpellier, qui permettent de mettre en commun des demandes de moyens et de développer une animation scientifique, les OSU (observatoires des sciences de l'univers ; outils CNRS) Oreme à Montpellier et OOB à Banyuls visant à soutenir les recherches à long terme sur l'environnement physique et vivant, et l'association Agropolis International à Montpellier¹⁰.

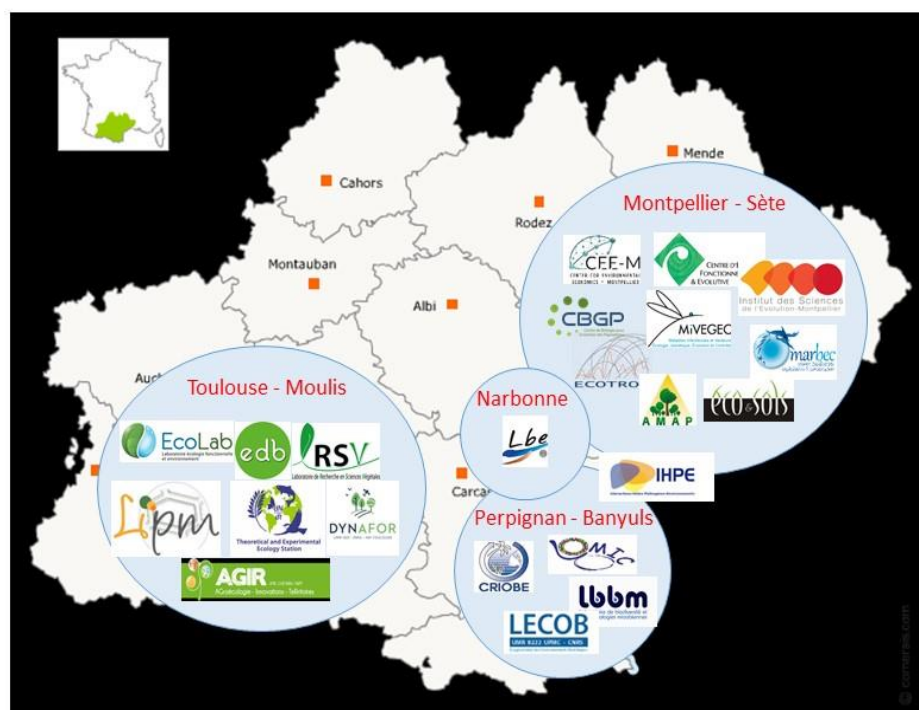


Figure 2. Distribution des unités de recherche du domaine Ecologie environnementale en Occitanie. L'unité IHPE est positionnée à Montpellier et Perpignan. Plus de détails sur ces unités dans le Tableau

¹⁰ Qui inclut explicitement la « biodiversité sauvage » dans ses préoccupations, même si son nom ne l'indique pas.

Nom unité	Personnels	Thématique principale	Tutelles	Site Web
Banyuls				
LBBM	34 (23 / 11)	Biodiversité et fonctionnalités des microorganismes en milieux aquatiques	CNRS, Sorbonne Université	http://usr3579.obs-banyuls.fr
Lecob	27 (16 / 11)	Ecologie et géochimie en environnement benthique	CNRS, Sorbonne Université	http://lecob.obs-banyuls.fr
Lomic	38 (23 / 15)	Océanographie microbienne	CNRS, Sorbonne Université	http://lomic.obs-banyuls.fr
LGDP	49 (40 / 9)	Laboratoire Génome et Développement des Plantes	CNRS, UPVD	http://lgdp.univ-perp.fr
Montpellier				
Amap	121 (73 / 48)	Fonctionnement et écologie des plantes face aux changements environnementaux	Cirad, Inra, IRD, SupAgro	http://amap.cirad.fr/fr/index.php
CBGP	98 (78 / 20)	Structure et fonctionnement de la biodiversité pour la gestion des populations	Inra, Cirac, IRD	https://www6.montpellier.inra.fr/cbgrp
CEE-M	85 (47 / 38)	Economie de l'environnement	CNRS, UM, Inra, MSA	www.cee-m.fr
Cefe	286 (135 / 151)	Ecologie fonctionnelle et évolutive	CNRS, EPHE, IRD, UM, UPVM	https://www.cefe.cnrs.fr
Eco&Sols	83 (69 / 14)	Ecologie fonctionnelle et biochimie des sols et des agrosystèmes	Inra, Cirad, IRD, UM, MSA	https://www.umr-ecosols.fr
Ecotron	10 (6 / 4)	Grande infrastructure expérimentale en écologie	CNRS	http://www.ecotron.cnrs.fr
Isem	231 (163 / 68)	Sciences de l'évolution et de la biodiversité	CNRS, IRD, EPHE, UM	www.isem.univ-montp2.fr
Marbec	269 (145 / 124)	Ecologie, fonctionnement et gestion de la biodiversité marine	CNRS, IRD, Ifremer, UM	http://www.umr-marbec.fr
Mivegec	218 (110 / 108)	Ecologie évolutive, génétique et contrôle des interactions hôtes - pathogènes	CNRS, IRD, UM	https://www.mivegec.ird.fr

Narbonne				
LBE	64 (38 / 26)	Biotechnologie de l'environnement	Inra	https://www6.montpellier.inra.fr/narbonne
Perpignan				
Criobe	88 (41 / 46)	Ecologie, biodiversité et fonctionnement des écosystèmes coralliens	CNRS, EPHE, UPVD, PSL	http://www.criobe.pf
IHPE	61 (37 / 34)	Interactions entre hôtes, pathogènes et environnement	CNRS, UPVD, Ifremer, UM	http://ihpe.univ-perp.fr/
Toulouse				
Agir	80 (- / -)	Agro-écologie, innovations et territoires	Inra, INP	https://www6.toulouse.inra.fr/agir
EDB	89 (55 / 34)	Biodiversité, écologie et évolution : des gènes aux communautés	CNRS, Université Toulouse 3, IRD	http://edb.cnrs.fr
Dynafor	50 (37 / 13)	Ecologie et socio-économie des ressources renouvelables	INRA, INP	https://www.dynafor.fr
Ecolab	158 (84 / 74)	Ecologie et fonctionnement des communautés et des écosystèmes	CNRS, INP, Ensate	http://www.ecolab.omp.eu
LIPM	152 (96 / 56)	Biologie et écologie des interactions plantes-microorganismes	CNRS, Inra	https://www6.toulouse.inra.fr/lipm
LRSV	92 (56 / 36)	Biologie des plantes et des interactions plante-microorganismes	CNRS, Université Toulouse 3	https://www.lrsv.ups-tlse.fr/
Sète	67 (26 / 41)	Ecologie fonctionnelle et évolutive - sociétés, biodiversité et écosystèmes	CNRS, Université Toulouse 3	https://sete-moulis-cnrs.fr

Tableau 1. Unités de recherche publique du domaine de l'EE en Occitanie. La colonne « personnels » indique le nombre total de personnels (permanents / non permanents) en 2019. La catégorie « non-permanents » inclut les doctorants.es, chercheurs.es post-doctorants.es, et ingénieurs.res et techniciens.nes. Certaines unités ont une double localisation : IHPE à Montpellier et Perpignan, et Marbec à Montpellier et Sète. MSA = Montpellier SupAgro ; UM = université de Montpellier ; UPVD = université de Perpignan Via Domitia ; UPVM = université Paul Valéry Montpellier. - = information non disponible.

La recherche en EE est menée au sein d'unités de recherche¹¹ au nombre de 22, puissantes et fortement attractives, d'ailleurs les plus grandes au niveau national. La liste est fournie dans le Tableau 1 – par exemple, les UMR Cefe, Isem ou Marbec (Montpellier) comptent environ 140-160 personnels permanents chacune, et les UMR Sete « Le Moulis » et EDB (Toulouse) ont triplé de volume en 10 ans. Ces UMR sont souvent multi-tutelles, et on y retrouve les mêmes acteurs régionaux ou nationaux (voir plus haut). Si le thème EE est central pour la plupart de ces unités, il peut aussi émerger de la biologie intégrative des plantes (UMR LIPM et LRSV). A noter que le thème EE peut être présent de façon secondaire dans des unités qui relèvent plutôt du domaine agronomique, par exemple AGAP à Montpellier, mais ne sont pas décomptées ici. Au total, on retrouve le chiffre de 1450 permanents et de 1000 personnels en CDD. La distribution géographique des UMR est indiquée en Figure 2. Ces unités drainent annuellement environ 35 M€ de ressources propres (tous contrats confondus, nationaux et internationaux) dont 30% sont des ressources internationales, en particulier européens, avec une forte réussite à l'ERC.

Les outils institutionnels de la recherche en région

A l'échelle régionale, la communauté de recherche en EE s'appuie sur une série d'outils et d'infrastructures. Nous distinguons ceux qui sont propres à la recherche (souvent mis en place d'ailleurs avec un soutien de la Région Occitanie) et d'autres qui sont plus liés aux questions de gestion environnementale et de biologie de la conservation. Nous ne mentionnons ici que les outils d'intérêt collectif, en laissant de côté :

- les très nombreux outils visant à mener des travaux qui ne concernent (ou à peu près) que les unités de recherche qui les gèrent ;
- les outils collectifs et mutualisés dont l'utilisation et la raison d'être dépasse la communauté EE. On peut par exemple citer les plates-formes de caractérisation moléculaire à Montpellier (BioCampus), Toulouse (Genotoul) et Banyuls/Perpignan (Bio2Mar, BioEnvironnement), ou les moyens lourds de calcul (MesoLR, Montpellier ; Datacenter Inra, UMS CALMIP et Genotoul à Toulouse). Une description complète en est fournie dans le document Strater Diagnostic Occitanie de 2016.

La recherche en EE vise à caractériser la biodiversité, et à en étudier et modéliser les processus et mécanismes fondamentaux. Elle se fait à la fois en laboratoire, en conditions semi-contrôlées (par ex., serres) ou en milieux naturels plus ou moins instrumentés, de l'obtention de la donnée à son analyse. Les outils et infrastructures disponibles couvrent l'ensemble de ces aspects. Ils sont généralement gérés par des unités de recherche, au plus près de la recherche, mais sont largement mutualisés entre acteurs de la recherche, mais aussi avec les partenaires socio-économiques, pouvant aller jusqu'à l'accueil d'entreprises privées. Ils permettent des recherches en collaboration, au niveau régional, national ou international. Ils sont fortement imbriqués dans des réseaux de recherche, du local (par ex., Resem = réseaux des serres expérimentales de Montpellier) au national et à l'international. On peut citer par exemple le réseau AnaEE (<https://www.anaee-france.fr/>) et sa déclinaison européenne (ERIC AnaEE) pour l'expérimentation en EE, le réseau ICOS d'observation du carbone atmosphérique (<https://icos-eco.fr/>), le réseau Phenome et sa déclinaison européenne Emphasis (<https://www.phenome-emphasis.fr/>) pour l'analyse de la variabilité des plantes d'intérêt agronomique ou modèles, ou EMBRC-France (liant les grandes stations marine de Banyuls, Villefranche et Roscoff), membre de EMBRC Europe.

¹¹ La plupart sont des UMR (unités mixtes de recherche, gérées par plusieurs partenaires), mais on compte aussi des UPR (unités propres de recherche) ou des USR (unités de service et de recherche ; voir « Infrastructures de recherche ci-dessous).

- *Infrastructures de recherche*¹² : l'aspect le plus frappant et visible est constitué par les moyens expérimentaux lourds, collectifs et mutualisés à une échelle qui dépasse la région (nationale, voire internationale), incluant des bâtiments dédiés et des surfaces de travail conséquentes (par ex., 4 Ha de terrains expérimentaux CNRS gérés par l'UMR Cefe à Montpellier et 50 Ha par l'UMR SETE à Moulis).

Ces infrastructures sont l'Ecotron (Montpellier), la Sete (Moulis), et les stations de Banyuls et de Mooréa (SEE Corail). La Sète et la SEE Corail font partie du réseau national CNRS des stations en écologie expérimentale (ReNSEE ; <https://www.inee.cnrs.fr/fr/recherche/>).

- *Les plates-formes techniques* : elles sont dédiées à un secteur de recherche particulier, donc d'ampleur moindre que les infrastructures de recherche, et sont intégrées à ces infrastructures ou à des unités de recherche. Citons :

Pour Montpellier : le site instrumenté de Puéchabon, les serres expérimentales (membre du Resem, en co-gestion avec la communauté Agro), le vectopole dédié à l'étude des arthropodes vecteurs de maladies (inséré dans le réseau vectopole sud), les plates-formes d'analyse génomique, d'écologie chimique, et d'études du milieu marin (Medimer et Celimer). Une partie de ces plates-formes sont mutualisées dans le cadre du réseau Repeb, géré par le Labex Cemeb.

Pour Toulouse : les metatron et aquatron de Moulis pour les études expérimentales en milieux structurés et les plateformes de phénotypage à Toulouse (TPMP, Heliaphen, Agrophén).

Pour Perpignan / Banyuls : les installations expérimentales pour l'étude des écosystèmes marins et les plateaux de Bio2Mar pour diverses analyses moléculaires.

A noter que la recherche en Occitanie est aussi fortement positionnée sur cet aspect dans les DROM-COM, avec les stations CNRS des Nouragues (Guyane) et CNRS-EPHE de l'UMR Criobe (SEE Corail).

- *Les collections* : les recherches en EE s'appuient en partie sur des collections constituées en particulier à partir de collectes sur le terrain. La plus connue est l'herbier de Montpellier (université de Montpellier), le deuxième en France après celui du Museum national d'histoire naturelle et qui fait partie de l'infrastructure nationale e-Recolnat (<https://www.recolnat.org/fr/>). De nombreuses autres existent – une recension a été faite en 2013 à Montpellier (<https://www.agropolis.fr/publications/collections-dossier-thematique-agropolis-international.php>), mais restent souvent d'utilisation locale et peu fédérées, en particulier en raison de leurs disparités et du manque de moyens. Elles constituent pourtant des outils fondamentaux.

- *Les outils de gestion et d'analyse des données* sont devenues critiques en EE, comme dans d'autres champs disciplinaires. En effet, les données acquises atteignent des volumes considérables, ce qui pose des problèmes de transmission, de stockage et d'analyse. Pour la gestion des données, la communauté EE utilise le même type d'outils que les autres communautés, et bénéficie des moyens communs (voir ci-dessus), tout en ayant développé des outils d'utilisation plus locale (par ex., la plate-forme Montpellier Bioinformatique Biodiversité du Labex Cemeb).

Le stockage et la manipulation de données en croissance exponentielle devient un point critique, en particulier dans un contexte de « science et données ouvertes » (voir Atelier n° 6 du CRRD « Politique régionale sur la data et le numérique »). La communauté en EE est

¹² Ces infrastructures prennent le nom de TGIR (très grandes infrastructures de recherche) quand elles sont d'envergure, comme c'est le cas pour l'Ecotron européen de Montpellier.

particulièrement active dans la production de logiciels de recherche (environ 20 / an) dont certains sont largement utilisés et cités au niveau international.

Un champ lié à l'analyse des données est la synthèse scientifique¹³. La communauté EE dispose pour cela d'un outil original : le Cesab (Centre de Synthèse et d'Analyse sur la Biodiversité). Basé et géré à Montpellier, cet outil national relevant de la FRB (<https://www.fondationbiodiversite.fr/>) est dédié à la synthèse scientifique dans le champ de la biodiversité, et rassemble des groupes de travail internationaux de haut niveau sur des thématiques ciblées.

- *Les réseaux de chercheurs* : la communauté EE a mis en place en région Occitanie des instruments de ce type, centrés sur des thématiques spécifiques ou pour mener des **observations sur le moyen ou long terme** (quelques années à dizaines d'années) et multidisciplinaires ; certains sont intégrés aux infrastructures mentionnées ci-dessus, mais ces instruments ne font pas nécessairement appel à une instrumentation lourde. On peut citer l'OHM (observatoire homme-milieu) du Haut Vicdessos en Ariège qui concentre des recherches pluridisciplinaires sur le milieu montagnard et ses évolutions, la zone-atelier Pyrénées Garonne ou le réseau Microbiologie en Occitanie (qui dépasse la communauté EE). A noter que les OSU (voir ci-dessus) soutiennent largement les programmes à long terme.

Un aspect critique pour l'ensemble de ces outils ce sont **les ressources humaines**. Ils sont en effet mis en œuvre par des personnels permanents ingénieurs et techniciens de très hautes compétences, sous la direction scientifique de chercheurs. La communauté EE manque cruellement de tels personnels, en particulier pour des appareillages complexes et fragiles, nécessitant de recruter des personnels en CDD. Cette situation explique pourquoi la communauté EE met en avant ce point dans une de ses fiches-actions (voir Annexe 5).

Les outils (espaces) de gestion de la biodiversité

La recherche en EE produit des connaissances, directement utilisées par les gestionnaires de biodiversité¹⁴. Il s'agit d'une forme de valorisation des résultats de la recherche qui a conduit à de nombreux travaux en collaboration, à l'interface entre recherche et gestion. La région Occitanie est particulièrement riche sur ces aspects, comme on peut l'attendre pour une région « point chaud de biodiversité », en particulier par ses parcs et réserves, et on peut distinguer des outils nationaux et des outils régionaux (voir aussi la section 2.3).

- *Les outils nationaux* : la région héberge 17 réserves naturelles nationales (essentiellement continentales), une centaine de sites Natura 2000, et deux parcs nationaux (Cévennes et Pyrénées). A ces espaces (gérés par les services de l'état) s'ajoute la direction de la recherche de l'AFB (Agence Française de la Biodiversité), basée à Montpellier, qui mène de nombreux programmes de recherche avec la communauté EE.

- *Les outils régionaux* : la région Occitanie est ici un acteur majeur via son réseau de parcs naturels régionaux (Figure 3) et de réserves, les observatoires régionaux du climat et de la biodiversité, les conservatoires des espaces naturels et les conservatoires botaniques. L'Occitanie a créé en 2018 une ARB (Agence Régionale de la Biodiversité), en lien avec la

¹³ La synthèse scientifique est définie comme la combinaison et l'intégration de différentes recherches afin d'améliorer la généralité et l'applicabilité des résultats de la recherche scientifique

¹⁴ Le terme « gestionnaires » incluent l'ensemble des acteurs institutionnels impliqués dans la gestion de la biodiversité : pouvoirs publics, entreprises et bureaux d'étude, associations, collectifs de citoyens...

DREAL et l'AFB, et a développé sa propre politique sur la doctrine éviter-réduire-compenser (CRERCO ; créée en 2018) en co-construction avec la recherche. On peut aussi citer le RECO (<https://reco-occitanie.org/>; créé en 2019) qui fournit une expertise scientifique sur le changement climatique et ses conséquences en Occitanie.



Figure 3. Distribution des réserves naturelles régionales en Occitanie.

2.3. Valorisation et transfert de la recherche vers l'économie et la société

La valorisation des résultats de la recherche est classiquement entendue dans le monde académique comme « valorisation économique », à savoir la création de plus-value économique à partir d'une innovation donnant lieu à des contrats de transfert de technologie, la création de sociétés, le dépôt de brevets (par ex., molécules, procédés, machines, ...), ou encore des contrats de prestation de service avec le secteur privé. La communauté du GTEE défend une position plus large, incluant, au-delà de la valorisation économique, ce qu'on pourrait nommer une « valorisation sociétale », à travers le transfert de la recherche vers les acteurs du secteur de la gestion de la biodiversité (voir « Outils de la recherche » ci-dessus) et l'activité de dissémination des savoirs dans un but de formation et de sensibilisation de différents publics (collectivités, élus, grand public, ...). Que ce soit pour la valorisation économique ou sociétale, les actions peuvent être collectives ou se baser sur une expertise individuelle. Dans ce dernier cas, les personnels de la recherche sont sollicités à titre individuel, participant en particulier à la plupart des conseils scientifiques des gestionnaires de la biodiversité, pour des rendus sur un thème particulier, ou pour apporter un éclairage spécialisé. Ils sont aussi largement sollicités par les médias.

Il est aussi important de noter que si la valorisation économique bénéficie d'un soutien institutionnel et privé important (par ex., via les SATT¹⁵ ou les services de valorisation de l'ESR), la valorisation sociétale dispose de sources financières bien moindres. Les types

¹⁵ Société d'Accélération de Transfert de Technologie (<https://www.satt.fr/>).

d'outils / actions mis en œuvre sont donc distingués ci-dessous, après avoir présenté brièvement les secteurs et thématiques sur lesquels la communauté du GTEE intervient, ou peut intervenir, avec des forces scientifiques conséquentes.

Secteurs et thématiques

La communauté du GTEE est particulièrement présente sur des thèmes d'importance pour la recherche et pour la société. Ils sont détaillés en Annexe 3, et ne sont présentés que succinctement ici. Le plus anciennement développé est la gestion de la biodiversité, qu'elle soit sauvage ou domestiquée, en particulier des espèces sensibles (par ex., en voie de disparition ou invasive). Elle est largement liée à la gestion des risques environnementaux, qu'ils soient d'origine naturelle ou (de plus en plus) liés aux activités humaines (par ex., introduction d'espèces transmettant des pathogènes). Les solutions qui sont apportées par la communauté du GTEE à ces questions peuvent être rangées dans un cadre général dit « solutions issues de la nature »¹⁶. On peut citer tout ce qui relève de l'ingénierie écologique ou le bio mimétisme. L'ensemble de ces aspects a conduit à des développements d'outils et méthodes spécifiques pour suivre et analyser la biodiversité et les écosystèmes, et en projeter les futurs possibles.

La valorisation économique

Ce type de valorisation couvre actuellement de nombreuses actions et programmes menés par les acteurs de la recherche avec le soutien de diverses structures collectives déjà mentionnées (par ex., Labex, SATT, région Occitanie...). Les partenaires sont généralement des PME (incluant bureaux d'études) qui forment un réseau dense en Occitanie, mais on peut noter aussi de nombreux partenariats avec des grandes entreprises. Des exemples de partenaires avec lesquels des actions sont développées en région Occitanie sont fournis dans l'Encadré 2. On peut schématiquement les regrouper sous les entrées suivantes :

- *Stimuler l'innovation* : il s'agit d'une approche classique, par exemple en partenariat avec les SATT. Le premier objectif est de faire connaître les innovations développées au sein des unités de recherche et plates-formes technologiques, puis de leur donner une ampleur via la mise en place de brevets (par ex., écologie chimique ou bio-santé), la création d'entreprises ou associations (par ex., PlantNet et la reconnaissance botanique). La communauté s'est doté d'outils incitatifs pour ce faire.
- *Promouvoir l'innovation* : l'objectif est d'améliorer la visibilité des thématiques fortes et des acteurs de la recherche pour faciliter les rencontres et collaborations avec le secteur économique, via un travail avec des « développeurs d'affaires » régionaux. Cela passe en particulier par des salons / événements : on peut citer le salon de l'écologie (organisé annuellement à Montpellier ; <https://www.salon-ecologie.com/>), des salons professionnels organisés en particulier par les plates-formes techniques (par ex., salon du Resem) ou des colloques (par ex., assises de la compensation écologique ; voir 2.4).
- *Les modalités du partenariat* : elles incluent des co-encadrements de thèses (environ 8-10 thèses Cifre / an) et post-doctorats, des prestations de service, des programmes de recherche co-financés ou du mécénat. Le montant financier est environ 5 M€ / an. Ces travaux innovants conduisent à environ six-sept brevets et une création d'entreprise par an.

¹⁶ Traduction littérale du terme usuel de la littérature scientifique « Nature-based solutions » (<http://www.naturebasedsolutionsinitiative.org/>).

La valorisation sociétale

Sur ce volet, les partenaires de la communauté EE relèvent plutôt du secteur public non-académique (par ex., zones protégées, services de l'état ou des collectivités territoriales, muséums, zoos...), mais on peut aussi compter des bureaux d'étude (par ex., Andromède, Biotope ...). Une liste de partenaires régionaux est donnée, pour exemple, dans l'Encadré 2. En effet, deux aspects importants sont d'assister les politiques publiques sur les questions environnementales et de gérer la biodiversité et les écosystèmes (voir aussi Annexe 3). Les modalités d'action et de partenariat sont identiques à celles à celles décrites ci-dessus pour la valorisation économique. Par ailleurs, nous considérons deux autres aspects sur lesquels la communauté GTEE est particulièrement présente.

- *La relation entre sciences et sociétés* : la science est aujourd'hui à la fois fort écoutée et fort décriée – on peut penser à l'alimentation du doute sur le changement climatique menée au plus haut niveau politique mondial. Il importe donc de participer aux discussions collectives sur la base d'arguments scientifiques. La communauté GTEE est fort active sur ces sujets, via une participation active et visible aux débats publics. Cela passe par une multitude de conférences, en particulier dans le cadre de la fête de la science (annuelle), mais aussi en parallèle à des colloques internationaux, lors de marathons scientifiques (par ex., évolution en 2019 ; <https://80ans.cnrs.fr/evenement/marathon-de-levolution/>). La création d'une chaire Unesco pour Edgar Morin à Montpellier avec le soutien de la région Occitanie permet de porter un discours fort sur les questions environnementales.

Un autre mouvement important est la montée en puissance des sciences participatives, autre manière de lier plus fortement sciences et sociétés. Dans ce contexte, le citoyen participe directement et volontairement à la collecte de données (par ex., observations de la période de floraison des arbres), ce qui bien entendu amplifie la quantité de données disponibles, mais pose aussi des questions (par ex., qualité de données, motivation des collecteurs ...). Les unités de la communauté EE ont mis en place de nombreux programmes sur le suivi de plantes (par ex., PhenoClim et PlantNet), d'oiseaux, ou d'organismes marins.

Dans ce contexte, la communauté GTEE utilise de nombreux outils de dissémination : au-delà des structures dédiées des organismes de recherche et universités, on peut citer Agropolis International (Montpellier), les universités du temps libre (Montpellier, Perpignan), le Museum de Toulouse, le zoo de Montpellier, voire des rencontres artistiques¹⁷.

- *La formation des gestionnaires* : la communauté GTEE forme des chercheurs de haut niveau qui dissémine en France (difficile de trouver un chercheur du domaine qui ne soit pas passé par l'Occitanie en master, thèse ou post-doctorat) et à l'étranger, avec un volet important de formation de chercheurs des pays émergents, méditerranéens et tropicaux. Au-delà de cette activité assez classique, il existe des formations aux métiers de l'environnement, soit en formation universitaire / grandes écoles (par ex., le parcours IEGB du master BEE de l'université de Montpellier), soit par la formation permanente (par ex., EPHE Montpellier). Ces formations évoluent constamment pour transférer les outils et modes de pensée les plus récents. On peut citer les nouvelles méthodes d'inventaire de la biodiversité (basées sur l'ADN) mettant en œuvre des protocoles très spécifiques ou l'appareillage électronique embarqué (voir Annexe 2).

¹⁷ Le premier rapport national sur les sciences participatives a été présenté par le PDG de l'Inra en 2017 au festival « Jazz in Marciac ».

Ces formations intègrent de plus en plus des approches interdisciplinaires de façon à prendre en compte les questions de biodiversité dans une perspective globale, incluant explicitement les relations Homme / milieux.

Encadré 2 - Exemples de partenaires de la communauté EE au niveau régional (voir 2.4 pour les liens avec la région Occitanie)

Public – agence française de la biodiversité, agence de l'eau Adour Garonne, agglos Montpellier et Nîmes, conservatoire botanique national Midi-Pyrénées, conservatoire des espaces naturels LR et MP, CPIE Bassin de Thau, département Hérault, DREAL Languedoc-Roussillon, entente interdépartementale de démoustication Méditerranée, ONCFS, ONF, parcs nationaux Cévennes et Pyrénées, parc naturel marin du Golfe du Lion, parcs naturels régionaux Ariège et Pyrénées catalanes, Pays Pyrénées-Méditerranée, réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls, réserves naturelles catalanes, ville d'Agde, nombreux lycées

Privé - Airbus, AkiNao, Alcina, Andromède, Biotope, BRL ingénierie, Cémoi, chambres d'agriculture Haute-Garonne et Pyrénées Orientales, chambre régionale d'agriculture, centres nationaux et régionaux de la propriété forestière, Créocéan, Ecosphère, Elisols, Engie, FDGEDON 66, Fondation Total, Greensea, Illubel, Inexia, Mycea, Phytokeys, Scanae, SudExpé, TerraNIS, Tour du Valat, Valhoriz, Véolia, Xerius

2.4. La région Occitanie et la communauté EE

La région Occitanie (et ses prédécesseurs Languedoc Roussillon et Midi Pyrénées) est fortement intervenue pour soutenir le domaine de la recherche, avec l'appui de ses CCRDRT, même si le thème de l'écologie / biodiversité n'apparaissait pas dans la « marguerite » des grandes préoccupations de recherche en Languedoc Roussillon. De façon assez classique, elle a soutenu la recherche via des financements de doctorats, de programmes de recherche et un investissement assez massif dans des actions d'envergure d'équipement de plates-formes collectives, en cofinancement avec l'état et (parfois) d'autres collectivités territoriales, en particulier dans le cadre des récents CPER. Pour la communauté EE, on peut citer des équipements expérimentaux à Moulis (aquatron), Sète (projet Celimer pour la recherche en milieu marin), Montpellier (Ecotron – voir Tableau 1 ; projet Resem pour la construction des serres expérimentales ; vectopole) ... qui ont contribué à la palette de moyens techniques¹⁸.

Si dans la situation décrite dans le paragraphe précédent, la région Occitanie était uniquement un évaluateur et/ou financeur, il est intéressant de noter que l'interaction recherche / région s'est aussi faite pour la communauté GTEE via des partenariats, pour gérer en commun des problématiques d'intérêt régional ou national. Cela entre complètement dans le cadre du plan d'actions pour la biodiversité¹⁹, qui dépasse largement le domaine de la recherche, mais qui nécessite un apport fort de celle-ci. Pour exemple d'interactions GTEE / région, on peut citer la séquence ERC (éviter-réduire-compenser) qui définit la stratégie nationale pour ce qui concerne la compensation écologique lors de projets d'aménagement : un partenariat région, Etat (DREAL) et Cemeb a permis de mettre en place une réflexion entre

¹⁸ Celimer, Resem, vectopole et pôle COV (composés organiques volatils) sont inscrits dans le CPER 2015-2020.

¹⁹ <https://www.laregion.fr/La-Strategie-regionale-pour-la-Biodiversite-en-Occitanie-tous>.

acteurs académiques, politiques, gestionnaires et aménageurs, conduisant au premier colloque national sur le sujet (Montpellier, 2017) et à la création du CRERCO de la Région. Un autre projet d'envergure concerne la mortalité aviaire induite par les éoliennes, incluant outre la région Occitanie et les chercheurs de divers domaines, la DREAL, l'Ademe, l'AFB, la LPO et les fédérations d'exploitants éoliens.

3. Les orientations stratégiques pour la décennie à venir

3.1. Les défis scientifiques

Nous indiquons dans cette section les orientations stratégiques pour la communauté EE en termes de recherche fondamentale (niveaux faibles de maturation TRL). Ces recherches visent par définition à faire avancer les savoirs dans les domaines EE, et incorporent nécessairement les changements globaux dans toutes leurs expressions (voir Introduction). De fait, ces domaines reposent largement sur les théories de l'évolution et de l'écologie qui intègrent totalement la notion de changement dans le temps ou dans l'espace comme ingrédient fondamental à la compréhension des processus et aux projections qui peuvent être proposées pour le futur. Si ces recherches ont des objectifs généraux et des programmes dépassant largement l'Occitanie, elles ont aussi des objectifs et des programmes centrés sur la région. Cela permet d'ailleurs des allers-retours fructueux entre échelles de travail. Comme nous l'avons mentionné plus haut, la communauté EE est à la fois de grande taille et riche de scientifiques de renommée mondiale, couvrant à peu près tous les domaines EE – on peut donc considérer qu'elle présente des **forces**²⁰ sur l'ensemble des domaines et enjeux couverts par ce rapport. Par ailleurs, elle œuvre aussi sur des domaines en **émergence**²⁰ – on peut par exemple mentionner l'épigénétique, qui amène à penser plus complètement la transmission et l'expression de l'information génétique, le microbiote, qui modifie nos perspectives sur les interactions entre espèces et leurs conséquences, la notion d'EcoHealth selon laquelle la santé doit être comprise dans un contexte écologique, ou les contributions de la nature aux sociétés, associées à un renversement de la relation nature-culture. Enfin, elle héberge aussi des **pépites**²⁰ sur certains sous-domaines, par exemple en paléo-génétique ou en médecine darwinienne. Nous insistons sur le fait que émergences et pépites font partie du champ des forces, et n'en sont donc pas isolées.

Les défis scientifiques couvrent l'ensemble du vivant et des milieux (continentaux et marins ; des moins au plus anthropisés), de ses niveaux d'organisation (depuis l'ADN jusqu'aux grands biomes) et de ses échelles de temps (biodiversité passée, présente et future), et on peut retenir :

- Bases de l'adaptation des organismes à leur environnement biotique et abiotique ;
- Interactions complexes entre espèces dans les communautés et entre espèces et milieux ;
- Diversité, fonctionnement et dynamique des écosystèmes dans des environnements changeants.

Compte-tenu du rôle joué par l'homme dans la biosphère et son rôle dans les changements en cours, il convient de considérer particulièrement pour ces trois défis les interactions Homme-nature. Par leurs richesses et rôles dans la régulation de la biosphère, les

²⁰ On retient ici la nomenclature proposée par le CCRRDT : forces = forces considérables sur un domaine ; émergences = équipes / laboratoires œuvrant sur des questions en émergence ; pépites = équipes de notoriété très élevée sur des thèmes plus isolés.

biodiversités tropicale et méditerranéenne doivent aussi faire l'objet d'une attention particulière.

Cela pose des questions particulières sur les thèmes et aspects (fondamentaux) critiques suivants :

- Analyser les bases génomique / épi génomique de l'adaptation ;
- Comprendre la dynamique et le fonctionnement temporel de la biodiversité, en particulier les points de rupture, les espèces en croissance / décroissance rapide (par ex., invasives / « pestes » ou menacées) ;
- Analyser des interactions particulières, en particulier microbiote / hôte et pathogènes émergents ;
- Mettre le focus sur l'EE de milieux d'intérêt en région dans un contexte de changements globaux, incluant la démographie humaine (par ex., marin, urbain / péri-urbain, montagnard ...) ;
- Analyser les milieux d'interface (par ex., aquatique / terrestre, agricole / non-agricole) et des espèces / communautés d'intérêt (par ex., pollinisateurs, forêts, stocks de poissons, endémiques, vecteurs de maladies ...) ;
- Etudier la réponse de la biodiversité aux polluants *sensu lato* (chimiques, lumineux, sonores...) générés par les activités humaines ;
- Développer une EE intégrant écologie et évolution, et interdisciplinaire (en particulier, avec les sciences humaines et sociales) ;
- Développer une EE prédictive permettant la scénarisation et la projection de futurs possibles.

3.2. De la recherche à l'action

Comprendre l'action des changements globaux et l'impact des activités humaines sur la biodiversité et l'environnement est un objectif nécessaire, mais non suffisant. Il est important que cet objectif s'accompagne d'une capacité d'actions pour prévenir, réduire ou s'adapter à cet impact. En d'autres termes, il s'agit de développer une ingénierie de l'environnement, du constat à l'action, qui soit anticipative et interdisciplinaire. Elle pourra éclairer / modifier les politiques publiques et les décideurs (et ce qui en découle pour le secteur privé), mais aussi les citoyens et les sociétés. Cette mobilisation paraît indispensable pour notre futur, pour notre qualité de vie, voire pour notre existence, en tant qu'humains.

De multiples modalités d'actions et de travaux sont possibles dans ce cadre général, incluant :

- l'expertise individuelle ou collective (par ex., conseils scientifiques d'espaces protégés) ;
- la participation à des actions des pouvoirs publics type trame verte et bleue, agro-écologie, tourisme vert, planification territoriale ou démoustication ... ;
- la création ou l'accompagnement d'associations, bureaux d'études ou entreprises ;
- la participation à des projets de recherche avec des partenaires non-académiques concernés par les thèmes du GTEE, pouvant aller jusqu'à la création de prototypes (objets, molécules, logiciels...), voire au dépôt de brevets.

Si la communauté du GTEE est active sur ces domaines (probablement moins sur le dernier aspect), il paraît nécessaire de développer des outils et des moyens pour aller beaucoup plus loin. En effet, comme mentionné plus haut, le type d'innovations que peut proposer la communauté du GTEE pour faire face à des défis majeurs est peu ou pas soutenu dans la logique actuelle du soutien à l'innovation. L'enjeu est donc de favoriser l'expertise en général, et de permettre un partenariat entre la recherche et des acteurs à moyens financiers

limités. Par exemple, les dispositifs actuels de la région (Annexe 4) ne sont pas favorables à des travaux avec les petites entreprises, associations ou structures de gestion de la biodiversité. Nous proposons donc de les modifier pour fluidifier ces travaux en collaboration, et développer un écosystème en région Occitanie sur ces thèmes. Cet enjeu nous semble parfaitement en phase avec l'ambition de la région sur les questions de biodiversité et de transition écologique en général.

Les secteurs d'intervention sont nombreux, tant l'ampleur et la rapidité des changements globaux sont importants, et les enjeux socio-économiques à l'échelle régionale sont directs, multifacettes, entrecroisés et complexes. On peut retenir plusieurs entrées de recherche fondamentale et quelques exemples d'enjeux socio-économiques forts (séparés ci-dessous par une flèche rouge) :

- Gestion de la biodiversité (du sauvage au cultivé, en passant par l'urbain) => activités touristiques et de loisirs, services écologiques / écosystémiques (eau, ...), zones de protection ou de gestion spécifique ;
- Gestion des risques environnementaux (changement climatique, événements extrêmes, espèces invasives, santé ...) => aménagement de l'espace *sensu lato*, tourisme et loisirs, situations de crise ;
- Gestion des territoires (incluant zones urbaines, chantiers d'aménagement pour le transport, l'énergie ou l'extraction de ressources, projets agricoles ou industriels, reforestation => aménagement de l'espace *sensu lato*, tourisme et loisirs, services écologiques / écosystémiques ;
- Gestion sociétale (doit intervenir dans tout projet où des enjeux de santé et de développement entre en interaction avec des problèmes de protection et de services écologiques) => gestion démocratique et citoyenneté.

3.3. Transmission et apprentissage

Assurer les liens entre recherche en EE et sociétés nécessite un processus de transmission de savoirs et de savoir-faire, en particulier auprès des jeunes générations, que ce soit régionalement, nationalement ou internationalement – la communauté du GTEE joue à cet égard un rôle particulier vis-à-vis des pays émergents, méditerranéens et tropicaux. La formation est un des rôles classiques de l'enseignement supérieur ou de la formation permanente. Il existe bien entendu des formations aux métiers de l'environnement dans les cursus universitaires ou des grandes écoles, formations qui évoluent constamment pour transférer les outils et modes de pensée les plus récents (par ex., ADN environnemental, capteurs, logiciels).

Le premier défi est de permettre à ces formations de poursuivre leurs investissements, et de le faire en lien avec les partenaires non-académiques. Nous proposons en 4.1. (Voir aussi Annexe 4) des pistes pour ce faire. **Un défi peut-être plus important** est d'aller vers des formations plus interdisciplinaires de façon à prendre en compte les questions de biodiversité dans une perspective globale, incluant explicitement les relations Homme / milieux. Cela signifie de favoriser des formations groupant des enseignants de différentes disciplines (par ex., écologie, sciences humaines et sociales, numérique ...). La création d'instituts de convergence multidisciplinaires, liant recherche et formation, serait une solution. Par ailleurs, il paraît nécessaire de favoriser les initiatives permettant de rassembler chercheurs, étudiants et acteurs socio-économiques, dans la lignée d'actions existantes tels que le salon de l'écologie (organisé annuellement à Montpellier par le master IEGB) ou des salons technologiques organisées par les plates-formes de la recherche (par ex., salon du Resem).

La dissémination des savoirs dépasse bien entendu l'univers de l'enseignement supérieur. En une période de remise en cause de la science (et de « fake science ») et d'alimentation du doute au plus haut niveau politique mondial sur des processus aussi bien documentés que le changement climatique, il importe de pouvoir éclairer le débat public. La communauté GTEE est fort active sur ces sujets. Lui donner des outils supplémentaires devrait permettre de :

- Pouvoir disséminer des savoirs validés par les méthodes de la science auprès de divers publics via les divers médias, des conférences dans tous les lieux possibles, en s'appuyant sur des acteurs régionaux tels que les universités du temps libre ou Muséums, mais aussi des manifestations artistiques ou citoyennes ;
- Mettre en place des programmes de sciences participatives – sur cette nouvelle manière d'envisager l'acquisition de données et de savoirs, la communauté du GTEE est bien placée, via la mise en place de programmes de sciences participatives.

3.4. Approches et méthodologies

Que ce soit pour des recherches fondamentales (3.1) ou appliquées (en partenariat ; 3.2), on peut mettre en avant des méthodologies, des « manière de faire » ou des approches générales qui doivent être au cœur des actions de recherche à soutenir :

- Elles doivent être fondées sur des approches disciplinaires fortes, ce qui est à n'en pas douter une caractéristique majeure de la communauté EE. Cela suppose la capacité à développer les concepts / idées émergentes en EE (par ex., épi génomique, médecine Darwinienne, ...) ;
- L'inter/multidisciplinarité ne sont pas moins importantes, comme mentionné plus haut, pour aborder des questions intrinsèquement entre Homme et Nature. La communauté est fermement engagée dans cette voie, comme l'est aussi la région Occitanie avec la chaire UNESCO Edgar Morin ;
- Les apports techn(olog)iques les plus récents (par ex., sciences en « omiques » incluant ADN environnemental, biologie des systèmes, robotiques et capteurs, biotechnologies, solutions issues de la nature ...), en particulier dans le cadre des plates-formes technologiques labellisées par la région Occitanie ;
- Les sciences du numérique jouent un rôle particulier dans un contexte d'inflation des données disponibles (« big data ») et de sciences en EE qui font lourdement appel à la modélisation. Il apparaît nécessaire de soutenir cet aspect, parfois assez théorique, et ce sur l'ensemble du cycle de vie des données (création, analyse, fouille, archivage ...) ;
- Les approches prédictives et de scénarisation de l'environnement et de la biodiversité doivent être soutenues de façon à pouvoir produire des scénarios pour le futur, tout en fournissant aux décideurs les outils pour se saisir de ces scénarios, et en comprendre les forces et limites.

C'est sur cette base qu'il sera possible de développer des solutions et des actions, des méthodes de gestion et de restauration de la biodiversité et des écosystèmes, incluant des approches agro-écologiques, de gestion « environnementale » de la santé et d'exploitation raisonnable des ressources biologiques.

4. Propositions d'actions de la communauté EE

La région Occitanie a édité un livret intitulé « Enseignement Supérieur Recherche et Innovation – Livret de présentation des dispositifs régionaux » (<https://www.laregion.fr/Livret-de-presentations-des-dispositifs-regionaux-sur-l>) qui recense l'ensemble de ses dispositifs permettant de soutenir l'ESR, hors des actions menées dans le CPER (Contrat de Projet Etat-Région). Ces dispositifs permettent de financer par exemple le salaire de doctorants, des projets de recherche, des plates-formes technologiques ou des actions de partage des savoirs (par ex., colloques). La liste en est fournie en Annexe 3. Plusieurs points critiques pour la communauté GTEE :

- l'absence de certains dispositifs de soutien, par exemple le financement de post-doctorants ;
- l'emphase sur l'innovation et le transfert (donc sur des TRL élevés) dans une vision très économique (voir 2.3) ne lui permet pas de postuler, car ses partenaires non académiques ne se situent pas nécessairement dans une logique strictement économique et/ou ne sont pas en mesure d'apporter des moyens financiers complémentaires au niveau attendu (par ex., demi-allocation de recherche) ;
- le soutien en formation ne concerne que les villes d'équilibre, et donc pas les grands sites universitaires où il serait pertinent de renforcer ce soutien en EE.

La proposition du GTEE est donc double : (i) modifier des dispositifs actuels pour permettre à la communauté GTEE de postuler sur l'ensemble des dispositifs, de façon à stimuler l'innovation et la maturation de projets, et (ii) proposer des dispositifs de soutien non représentés actuellement dans le livret. Ces propositions sont déclinées brièvement ci-dessous et présentées pour les nouveaux dispositifs proposés en Annexe 5.

4.1. Modifier le dispositif actuel

Recherche

- Elargir le soutien actuel, actuellement uniquement prévu en lien avec des entreprises privées, vers d'autres acteurs socio-économiques (associations, citoyens, institutions ou collectivités travaillant sur les questions environnementales, parcs nationaux...). Les fiches-actions doivent être modifiées en ce sens ;
- Financer des thèses à 50%, comme dans le dispositif actuel, mais à niveau TRL 1-2 et financer des thèses jusqu'à 100% pour permettre aux acteurs socio-économiques mentionnés dans le point précédent d'être éligibles. Ces acteurs doivent en contrepartie intervenir dans le cadre de la thèse par divers apports, par exemple du temps-agent, des données, un environnement de travail (de terrain) ... ;

4.2. De nouvelles propositions (fiches en Annexe 5)

Recherche

- Allocations de recherche postdoctorales (24 mois) ;
- Soutien en ressources humaines aux plates-formes technologiques d'intérêt collectif (contrat à durée déterminée de 36 mois pour ingénieurs et techniciens) ;
- Attractivité internationale par l'accueil d'équipes de haut niveau / chaires d'excellence ;
- Création d'institut(s) de convergence entre EE et sciences humaines et sociales.

Formation

- Accompagnement de nouvelles formations universitaires de niveau Master, dans le domaine de l'ingénierie écologique, en particulier sous forme de l'apprentissage ;
- Soutien au développement d'écoles thématiques, d'écoles de terrain ou sur plates-formes technologiques labellisées Région.

Annexes

Annexe 1 - Membres experts et directeurs d'unités

Cette annexe inclut les personnes (membres experts) ayant participé aux discussions initiales (printemps 2019) qui ont conduit à la rédaction du présent rapport et les directeurs des unités considérées dans ce rapport (voir Tableau 1) qui ont fourni des informations concernant leur unité. Certaines personnes apparaissent dans les deux listes.

Membres experts

Jean-Pierre AMIGUES - Toulouse School of Economics, Toulouse ; jean-pierre.amigues@tse-fr.eu ; 05 61 12 85 89
 Aurélien BESNARD - Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (Cefe), Montpellier ; aurelien.besnard@cefe.cnrs.fr ; 04 67 61 34 34
 Carine BROUAT - Centre de Biologie pour la Gestion des Populations, Montpellier ; Carine.brouat@ird.fr ; 04 99 62 33 09
 Jérôme CHAVE – Directeur du Labex Ceba / Evolution et Diversité Biologique (EDB), Toulouse ; jerome.chave@univ-tlse3.fr ; 05 61 55 73 84
 Eric GARNIER - Directeur du Labex Cemeb / Cefe, Montpellier ; eric.garnier@cefe.cnrs.fr ; 04 67 61 32 42
 Jean-Louis HEMPTINNE – Directeur UMR EDB, Toulouse ; jean-louis.hemptinne@univ-tlse3.fr ; 05 61 55 65 85
 Philippe LEBARON - Biodiversité et Biotechnologies Microbiennes, Banyuls ; lebaron@obs-banyuls.fr ; 04 68 88 73 63
 Michel LOREAU – Directeur UMR Station d'Ecologie Théorique et Expérimentale, Moulis ; michel.loreau@sete.cnrs.fr ; 05 61 04 05 78
 Agnès MIGNOT – Directrice UMR Institut des Sciences de l'Evolution, Montpellier ; agnes.mignot@univ-montp2.fr ; 04 67 14 39 74
 Guillaume MITTA – Directeur UMR Laboratoire Interactions Hôtes-Parasites-Environnements, Perpignan / Montpellier ; mitta@univ-perp.fr ; 04 68 66 21 85
 Thierry OBERDORFF – EDB, Toulouse ; thierry.oberdorff@ird.fr ; 05 61 55 62 59
 Dominique ROBY – Co-directrice du Labex Tulip / Laboratoire des Interactions Plantes-Microorganismes (LIPM), Toulouse ; dominique.robby@inra.fr ; 05 61 28 50 55
 Fabrice ROUX – LIPM, Toulouse ; fabrice.roux@inra.fr ; 05 61 28 55 57
 Frédéric SIMARD – Directeur UMR Maladies Infectieuses et Vecteurs : Ecologie, Génétique, Evolution et Contrôle, Montpellier ; frederic.simard@ird.fr ; 04 67 41 61 00
 Flavie VANLERBERGHE – Directrice UMR CBGP, Montpellier ; flavie.vanlerberghe@supagro.inra.fr ; 04 99 62 33 08
 Renaud VITALIS – CBGP, Montpellier ; vitalis@supagro.inra.fr ; 04 99 62 33 42

Directeurs d'unités de recherche (ordre du Tableau 1)

Banyuls

LBBM - Marcelino SUZUKI ; suzuki@obs-banyuls.fr ; 04 30 19 24 01
 Lecob - Katell GUIZIEN ; katell.guizien@obs-banyuls.fr ; 04 68 88 73 19
 LGDP - Jean-Marc DERAGON ; jean-marc.deragon@univ-perp.fr ; 04 68 66 22 24
 Lomic - Fabien JOUX ; joux@obs-banyuls.fr ; 04 68 88 73 42

Montpellier

Amap - Thierry FOURCAUD ; diramap@cirad.fr ; 04 67 61 58 35

CBGP - Flavie VANLERBERGHE ; dircbgp@supagro.inra.fr ; 04 99 62 33 08
 CEE-M - Brice MAGDALOU ; brice.magdalou@umontpellier.fr ; 04 34 43 25 16
 Cefe - Marie-Laure NAVAS ; direction@cefe.cnrs.fr ; 04 67 61 34 34
 Eco&Sols - Laurent COURNAC ; laurent.cournac@ird.fr ; 04 99 61 24 96
 Ecotron - Alex MILCU ; alex.milcu@ecotron.cnrs.fr ; 04 34 35 98 94
 Isem - Agnès MIGNOT ; isem-direction@umontpellier.fr ; 04 67 14 39 74
 Marbec - Laurent DAGORN ; marbec-dir@listes.ird.fr ; 04 67 14 93 97
 Mivegec - Frédéric SIMARD ; frederic.simard@ird.fr ; 04 67 41 61 00

Narbonne

LBE - Nicolas BERNET ; nicolas.bernet@inra.fr ; 04 68 42 51 74

Perpignan

Criobe - Annaïg LE GUEN ; Annaig.LEGUEN@cnrs.fr ; 04 30 19 23 24
 IHPE - Guillaume MITTA ; mitta@univ-perp.fr ; 04 68 66 21 85

Toulouse

Agir - Jacques-Eric BERGEZ ; jacques-eric.bergez@inra.fr ; 05 61 28 50 37
 EDB - Jean-Louis HEMPTINNE ; jean-louis.hemptinne@univ-tlse3.fr ; 05 61 55 65 85
 Dynafor - Clélia SIRAMI ; clelia.sirami@inra.fr ; 05 61 28 53 51
 Ecolab - Franck GILBERT ; franck.gilbert@univ-tlse3.fr ; 05 61 55 89 07
 LIPM - Claude BRUAND ; claud.bruand@toulouse.inra.fr ; 05 61 28 55 05
 LRSV - Bernard DUMAS ; dumas@lrsv.ups-tlse.fr ; 05 34 32 38 03
 SETE – Michel LOREAU ; michel.loreau@sete.cnrs.fr ; 05 61 04 05 78

Annexe 2 – Liste de publications

Nous fournissons une liste d'une vingtaine de publications publiées par la communauté EE depuis 2014, dans les revues Science, Nature et PNAS qui sont les revues les plus prestigieuses dans le monde de la recherche sur les environ 20 publiés chaque année. Ces publications ont été choisies pour couvrir le spectre de recherches de cette communauté.

- Chew et al. 2014. Multiscale digital *Arabidopsis* predicts individual organ and whole-organism growth. PNAS 111: E4127-E4136.
- Chu et al. 2018. MERS coronaviruses from camels in Africa exhibit region-dependent genetic diversity. PNAS 115: 3144-3149.
- Danchin et al. 2018. Cultural flies: conformist social learning in fruit flies predicts long-lasting mate-choice traditions. Science 362 : 1025-1030.
- Duffy et al. 2019. Strengthened scientific support for the endangerment finding for atmospheric greenhouse gases. Science 363 - DOI: 10.1126/science.aat5982.
- Edelmann et al. Sous presse. Genomic architecture and introgression shape a butterfly radiation. Science - <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/466292v1>.
- Graham et al. 2015. Predicting climate-driven regime shifts versus rebound potential in coral reefs. Nature 518: 94-97.
- Hatton et al. 2015. The predator-prey power law: Biomass scaling across terrestrial and aquatic biomes. Science 349 - DOI: 10.1126/science.aac6284
- Hochberg et al. 2015. Assessing resistance to new antibiotics. Nature 519: 158-158.
- Isbell et al. 2015. Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. Nature 526 : 574–577.
- Isbell et al. 2017 Linking the influence and dependence of people on biodiversity across scales. Nature 546 : 65-72.
- Karp et al. 2019. Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. PNAS 115: E7863–E7870.
- Lauressergues et al. 2015. Primary transcripts of microRNAs encode regulatory peptides. Nature 520: 90-93.
- Mbengue et al. 2015. A molecular mechanism of artemisinin resistance in *Plasmodium falciparum* malaria. Nature 520: 683-687.
- Parmesan et al. 2018 Model vs. experiment to predict crop losses. Science 362- DOI: 10.1126/science.aav4827.
- Pennekamp et al. 2018 Biodiversity increases and decreases ecosystem stability. Nature 563 : 109-112.
- Perry et al. 2018. Loss of coral reef growth capacity to track future increases in sea level. Nature 558: 396-400.
- Peyraud et al. 2019. Intercellular cooperation in a fungal plant pathogen facilitates host colonization. PNAS 116: 3193-3201.
- Queiroz et al. 2019 Global spatial risk assessment of sharks under the footprint of fisheries. Nature 572 : 461-466.
- Renard & Tilman 2019 National food production stabilized by crop diversity. Nature 571 : 257-260.
- Roy et al. 2016. Elevated CO₂ maintains grassland net carbon uptake under a future heat and drought extreme. PNAS 113: 6224-6229.
- Rutledge et al. 2017. *Plasmodium malariae* and *P. ovale* genomes provide insights into malaria parasite evolution. Nature 542: 101-104.
- Singer & Parmesan 2018. Lethal trap created by adaptive evolutionary response to an exotic resource. Nature 557 : 238–241.

- Sabo et al. 2017. Designing river flows to improve food security futures in the Lower Mekong Basin. *Science* 358 - DOI: 10.1126/science.aao1053.
- Schwitzer et al. 2014. Protecting lemurs: ecotourism response. *Science* 344: 358–60.
- Xia et al. 2015. Joint control of terrestrial gross primary productivity by plant phenology and physiology. *PNAS* 112: 2788-2793.

Annexe 3 – Ecologie environnementale et transferts socio-économiques²¹

Nous détaillons ici, sans viser l'exhaustivité, les secteurs et thématiques sur lesquels la communauté du GTEE intervient, ou peut intervenir, avec des forces scientifiques conséquentes, pour ce qui concerne les transferts de la recherche vers l'économie et la société. De nombreux partenariats avec les secteurs publics et privés ont été tissés (voir Encadré 2 du texte principal).

Gestion de la biodiversité

Un grand nombre de programmes recherche / gestion ont été / sont développés sur les questions de conservation et de gestion dynamique des espèces, des milieux et des espaces dont certains sont emblématiques (par ex., vautours de la Jonte, thon rouge en Méditerranée), en lien avec des questionnements nouveaux (par ex., éoliennes et biodiversité, expansion de la grande faune de cervidés ou de prédateurs, pollution par les plastiques). Cela inclut assez naturellement le lien entre zones « sauvages » et moins sauvages (par ex., espaces agricoles et urbains, zones de pêche) et la question de la restauration des continuités écologiques entre zones sauvages. Plus récemment, des programmes d'écologie urbaine ont été mis en place (par ex., oiseaux, plantes, insectes pollinisateurs) pour comprendre les stress environnementaux (par ex., pollution chimique, bruit, luminosité) et ramener la biodiversité vers la ville.

La gestion de la biodiversité passe aussi par le développement de l'agro-écologie qui vise à sortir d'un modèle à forts intrants chimiques et mécaniques et faible biodiversité (par ex., élimination des compétiteurs, sols pauvres en espèces) pour retrouver une « naturalité » par des méthodes de culture favorisant la biodiversité, tout en maintenant des rendements de haut niveau et en luttant plus efficacement contre les « ennemis des cultures » (voir par ex. plans Ecophyto). Cela suppose des procédés de culture innovants visant à une faible utilisation d'intrants dans une autre vision de la biodiversité, en s'inspirant de l'écologie et de l'évolution des espèces. Cela amène aussi des programmes de recherche plus biotechnologiques visant à par exemple mieux utiliser les « déchets », accroître la fraction utile solaire ou favoriser l'hydrodynamisme des sols. A noter que cet état d'esprit s'applique aussi aux pêches et aux milieux urbains / industriels, et à la médecine – dans ce cas, il s'agit de gérer les populations de pathogènes qui touchent la biodiversité (incluant l'homme) par une approche d'EcoHealth et de médecine darwinienne.

Gestion des risques environnementaux

La communauté du GTEE s'intéresse essentiellement aux risques environnementaux, en particulier les changements globaux (détaillés en Introduction), mais aussi à des risques plus « classiques » qui peuvent être amplifiés par les changements globaux – on peut penser aux inondations, à la montée marine et actions sur le trait de côte, aux pollutions aquatiques ou aux feux. De façon plus générale, l'ensemble des activités humaines amène de nouveaux risques parce qu'elles impactent les territoires et les espaces ; citons, pour exemples significatifs pour la communauté du GTEE, les champs d'éoliennes, les grands chantiers d'aménagement tels que routes (linéaires en général), carrières, espaces urbains, et grands projets agricoles, forestiers ou industriels. Les risques concernent la biodiversité (voir ci-dessus), mais aussi assez directement les sociétés humaines (par ex., santé, fonctionnement, processus de décision). La meilleure gestion est bien entendu d'éviter le risque (difficile pour

²¹ Voir le document « Synthèse perspectives Mermed 2014 et Inee 2017 » rédigé par E. Fouilland (UMR Marbec, Montpellier) pour une présentation détaillée.

le changement climatique !), de le réduire, et au pire de le compenser (séquence ERC). La recherche en EE, forte en ce domaine, apporte des solutions, dans une approche interdisciplinaire, via les méthodologies d'étude d'impact, le suivi de la biodiversité, et la modélisation / la scénarisation des futurs.

Les solutions inspirées de la nature

Les recherches en EE sont porteuses d'innovations en se basant sur des solutions qui sont inspirées par la nature, dans une vision écologique et évolutive. On a déjà abordé dans les sections ci-dessus l'importance de l'ingénierie écologique, notamment de la restauration écologique. De nombreuses technologies issues de l'environnement entrent dans ce cadre, ou en sont proches. On peut citer pour des activités en cours en EE des développements éco-techniques par exemple pour la prévention des crues ou de ruissellement des eaux pluviales, des procédés de culture marine / algale innovants (via la réutilisation des déchets), le développement de traceurs biologiques (suivi des nappes, utilisation d'organismes sentinelles pour prévenir ou les feux de forêts), la bioremédiation ou les biocapteurs. Le biomimétisme (voir <http://ceebios.com/>) est un secteur lui-aussi porteur de nombreuses innovations avec des utilisations dans des secteurs industriels – il reste encore peu développé dans la communauté EE.

La gestion de la biodiversité par une approche éco-évolutive (voir ci-dessus) est de fait une « solution inspirée de la nature ». En effet, il s'agit de retrouver des dynamiques plus naturelles où des espèces vont se contrôler mutuellement dans des écosystèmes complexes – une vision typiquement d'EcoHealth ou d'agro-écologie pour lutter contre des épidémies, des flambées parasitaires ou de vecteurs de parasitoses par des approches les plus naturelles (ou les moins « chimie de synthèse ») possibles.

Outils technologiques

La communauté du GTEE développe des outils novateurs pour mener ses travaux, outils qui peuvent venir d'autres champs de recherche et être modifiés ou qui peuvent être créés *de novo* pour répondre à un besoin. Ces outils peuvent ensuite être transférés et donner lieu à une valorisation socio-économique (environ 20 logiciels produits par an, ainsi que 5 brevets déposés). On peut citer les procédés techniques innovants d'acquisition de données telles que des installations fixes (par ex., télédétection, capteurs divers, lidar), embarqués (c'est le champ du « bio-logging » avec des capteurs miniaturisés et embarqués sur des animaux) ou mobiles (par ex., drones, ROV). Les outils de la biologie moléculaire et de la chimie ont été aussi largement utilisés et détournés pour l'EE – des champs prometteurs sont tout ce qui relève de l'étude de l'ADN dans l'environnement, de plus en plus utilisé pour les suivis de biodiversité, et le microbiome. En aval, la communauté EE a aussi développé des méthodes de traitement des données basées sur une forte utilisation des mathématiques et de l'informatique (par ex., intelligence artificielle).

Annexe 4 – Dispositifs de la région Occitanie visant à soutenir l’ESR

La région Occitanie a édité en 2018 un livret intitulé « Enseignement Supérieur Recherche et Innovation – Livret de présentation des dispositifs régionaux » (<https://www.laregion.fr/Livret-de-presentations-des-dispositifs-regionaux-sur-l>). Ce livret n’inclut pas les interventions dans le cadre du CPER. A noter que le soutien à la recherche met l’emphase sur la valorisation de la recherche en lien avec le monde économique, ce qui est peu propice à soutenir des actions de la communauté GTEE.

1. SOUTENIR LES SITES D’ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR D’OCCITANIE / PYRÉNÉES-MÉDITERRANÉE

- Accompagnement des formations d’enseignement supérieur dans les villes universitaires d’équilibre
- Soutien à la promotion des Sections de Techniciens Supérieurs (STS) sur les villes universitaires d’équilibre
- Accompagnement des projets pédagogiques innovants des IUT de la région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée

2. SOUTENIR LA RECHERCHE, LE RESSOURCEMENT SCIENTIFIQUE, L’INNOVATION

- Allocations de recherche doctorales
- Appel à projets Recherche et société(s)
- Plateformes régionales de recherche et d’innovation
- Soutien au transfert technologique de proximité
- Renforcement de projets européens de recherche avec les entreprises (REPERE)
- Recherche et valorisation économique (REVE)
- Partenariat impliquant laboratoires et entreprises (soutien à allocations Cifre)
- Prime aux recherches innovantes menées avec les entreprises (PRIME)
- Soutien à la maturation
- Groupement pour la recherche appliquée innovante avec les entreprises (GRAINE)

3. PARTAGER LES SAVOIRS

- Appel à projets Manifestations scientifiques
- Soutien à la fête de la science
- Appel à projets d’animation de la Culture Scientifique et Industrielle

Annexe 5 – Fiches pour les nouveaux dispositifs proposés par le GTEE pour soutenir l'ESR

Nous rappelons ci-dessous les nouvelles propositions faites par le GTEE, c'est-à-dire non incluses dans les dispositifs actuels mentionnés en Annexe 4. Ces propositions sont déclinées sous forme de fiches-action en suivant le format général du livret de la région Occitanie mentionné en Annexe 4. Nous décrivons dans le texte principal des propositions qui supposent d'élargir les dispositifs actuels.

Recherche

- Allocations de recherche postdoctorales (24 mois) ;
- Soutien en ressources humaines aux plates-formes technologiques d'intérêt collectif (contrat à durée déterminée de 36 mois pour ingénieurs et techniciens) ;
- Attractivité internationale par l'accueil d'équipes de haut niveau / chaires d'excellence
- Création d'institut(s) de convergence entre sciences de l'environnement / écologie et SHS.

Formation

- Accompagnement de nouvelles formations universitaires de niveau Master, dans le domaine de l'ingénierie écologique, en particulier sous forme de l'apprentissage
- Soutien au développement d'écoles thématiques, d'écoles de terrain ou sur plates-formes technologiques labellisées Région

Allocations de recherche postdoctorales

Objectifs	- Soutenir le développement du potentiel de recherche pour placer la région au meilleur niveau mondial sur des thèmes émergents - Mobiliser des compétences scientifiques de haut niveau par le recrutement de post-doctorants et constituer un vivier de jeunes scientifiques - Assurer le renouvellement des chercheurs et enseignants-chercheurs - Favoriser le développement de compétences et la dynamique d'innovation au sein des laboratoires
Bénéficiaires	Laboratoires de recherche, établissements publics d'enseignement supérieur et/ou de recherche situés en région
Cadre d'intervention	Appel à projet annuel, ouvert l'année précédant le recrutement des post-doctorants. Procédure dématérialisée
Aides	Aide région : taux 100 % du salaire du post-doctorant pour 2 ans (120 K€ euros maximum) et financement d'un budget de fonctionnement (40 K€)
Critères	<i>Eligibilité</i> Réalisation d'un projet de recherche de 2 ans dans une unité de recherche régionale Validation par la tutelle de l'unité du périmètre scientifique du projet Possibilité d'ajouter critère d'âge ou temps après thèse (< 5 ans, par exemple) pour les candidats.es. <i>Sélection</i> Recherche fondamentale ($TRL \geq 1$) dans une des thématiques prioritaires (cf annexe...) Interclassement par les universités / établissements de recherche

Soutien en ressources humaines aux plates-formes technologiques d'intérêt collectif

Objectifs	- Soutenir le développement du potentiel de recherche via les plateformes technologiques - Lever les verrous technologiques et scientifiques dans les thématiques prioritaires régionales - Mobiliser des compétences scientifiques de haut niveau pour appuyer l'activité des plateformes mutualisées - Favoriser la création de postes à fort potentiel - Accroître les programmes de R&D entre plateformes de recherche et entreprises régionales
Bénéficiaires	Plates-formes de recherche d'intérêt collectif, reconnues par la région, et gérées par des établissements publics d'enseignement supérieur et/ou de recherche situés en région
Cadre d'intervention	Appel à projet annuel, ouvert l'année précédant le recrutement des personnels. Procédure dématérialisée
Aides	Aide région : 100 % du salaire pour un contrat à durée déterminée de 36 mois pour ingénieurs et techniciens (35 à 50 K€ / an)
Critères	<i>Eligibilité</i> Demande formulée par une plateforme technologique mutualisée et affiliée à une structure reconnue par la région Existence de la plateforme depuis au moins 5 ans Intégration de la plateforme aux réseaux / structures collectives régionales <i>Sélection</i> Apport technologique novateur et nécessité du recrutement Degré d'ouverture et de mutualisation de la plateforme à sa communauté scientifique et au secteur non-académique Interclassement par les universités / établissements de recherche

Attractivité internationale : accueil d'équipes de haut niveau / chaires d'excellence académique

Objectifs	- Soutenir le développement de projets de recherche au meilleur niveau international - Renforcer le rayonnement international de la communauté - Favoriser le développement de partenariats à l'international
Bénéficiaires	Laboratoires de recherche, établissements publics d'enseignement supérieur et/ou de recherche situés en région
Cadre d'intervention	Appel à projet annuel, ouvert l'année précédant le recrutement des personnels. Procédure dématérialisée
Aides	Aide région : 400 K€ / an pdt 3 ans Le soutien couvre les salaires (PI et équipe) et frais de recherche (hors équipements moyens / lourds) allant jusqu'à la dissémination des résultats
Critères	<i>Eligibilité</i> Chercheur.se ou enseignant.e-chercheur.se reconnu.e internationalement, justifiant d'une période d'activité scientifique et d'encadrement significative S'engage à séjourner sur le lieu d'accueil pour une durée minimale de 18 mois cumulés (fractionnable) sur une période de 3 ans <i>Sélection</i> Excellence scientifique du projet proposé et reconnaissance internationale du candidat.e Retombées en termes de ressourcement scientifique et de visibilité Adéquation avec les priorités régionales en recherche Interclassement par les universités / établissements de recherche

Création d'institut(s) de convergence entre Ecologie environnementale (EE) et sciences humaines et sociales (SHS)

Objectifs	- Développer des recherches interdisciplinaires au meilleur niveau international en regroupant des expertises autour des défis régionaux en EE - Développer des collaborations entre EE et SHS - Mettre en place des formations de haut niveau en Master / Doctorat et continues pour former des personnels à l'interface dans le cadre d'une politique ambitieuse de gestion en EE
Bénéficiaires	Laboratoires de recherche, établissements publics d'enseignement supérieur et/ou de recherche situés en région
Cadre d'intervention	Appel à projet tous les deux ans, ouvert l'année précédant le recrutement des personnels. Procédure dématérialisée
Aides	Aide région : 300 K€ / an pdt 3 ans Le soutien couvre les salaires (PI et équipe), frais de recherche (hors équipements moyens / lourds) et frais de création de formation
Critères	<i>Eligibilité</i> Projet interdisciplinaire de haut niveau international impliquant plusieurs équipes en EE et SHS <i>Sélection</i> Excellence et interdisciplinarité du projet pour recherche et formation Qualité de la gouvernance et reconnaissance internationale du porteur.se du projet Adéquation avec les priorités régionales en recherche Interclassement par les universités / établissements de recherche

Accompagnement de nouvelles formations universitaires de niveau Master en Ecologie environnementale (EE)

Objectifs	- Créer des formations d'excellence en EE de niveau Master (format classique ou par apprentissage) - Renforcer la dynamique entre enseignement supérieur et recherche - Concourir au rayonnement international de la région via des partenariats internationaux - Mettre en œuvre des dispositifs pédagogiques expérimentaux et novateurs - Soutenir le développement de partenariats avec les entreprises du territoire en ingénierie écologique (au sens large)
Bénéficiaires	Laboratoires de recherche, établissements publics ou privés chargés de mission de service public d'enseignement supérieur et/ou de recherche situés en région
Cadre d'intervention	Appel à projet tous les deux ans, ouvert au moins un an avant la mise en place de la formation
Aides	200 K€ maximum / projet soutenu versés sur 4 ans. Apport maximum de la région 70%. Le soutien couvre fonctionnement, salaires et petits équipements (< 4000 €)
Critères	<i>Eligibilité</i> Formation de haut niveau portée par un établissement d'enseignement supérieur Ouverture à l'international et thèmes en écologie environnementale Innovation pédagogique <i>Sélection</i> Excellence de la formation Adéquation avec les priorités régionales sur le domaine Interclassement par les universités / établissements de recherche

Soutien au développement d'écoles thématiques, de terrain ou sur plates-formes technologiques

Objectifs	- Favoriser la diffusion de savoirs au meilleur niveau international sur des thématiques en écologie environnementale - Favoriser l'émergence de nouvelles thématiques / techniques et l'interdisciplinarité - S'appuyer sur les terrains et plates-formes de recherche en EE reconnus / labellisés par la région (incluant à l'international)
Bénéficiaires	Laboratoires de recherche, établissements publics ou privés chargés de mission de service public d'enseignement supérieur et/ou de recherche situés en région
Cadre d'intervention	Appel à projet annuel, ouvert au moins un an avant la mise en place de la formation
Aides	20 K€ maximum / projet. Co-financement souhaité Le soutien couvre les frais d'organisation
Critères	<i>Eligibilité</i> Formation de haut niveau portée par un établissement d'enseignement supérieur ou un organisme de recherche Ouverture à l'international et thèmes en écologie environnementale Dimension interdisciplinaire et capacité du projet à favoriser les décloisonnements <i>Sélection</i> Excellence de la formation Adéquation avec les priorités régionales sur le domaine et pertinence scientifique Interclassement par les universités / établissements de recherche