

Action Exploratoire (AEx) 2019

Pour toute question, contacter : aex-contact@inria.fr

Soumission à aex-contact@inria.fr

avec en copie REP, DCR, DS et DS adjoint.

Acronyme & nom du projet :

Community Garden Book (Réseaux et communautés agroécologiques)

Porteur : Eric Tannier

Équipe-projet : Beagle

Centre : Grenoble Rhône-Alpes

Résumé (5 lignes au maximum)

Le récent rapport de l'IPBES sur le déclin de la biodiversité plaide pour une généralisation de méthodes agroécologiques, productives, respectueuses de la biodiversité et de l'environnement, orientées vers la recherche-action participative. Cette action exploratoire est une proposition de développer des outils issus de la science ouverte, de la science de l'évolution et de l'algorithmique pour la co-construction et l'utilisation d'un réseau agroécologique d'interactions entre groupes, espèces, variétés présentes dans les champs et les jardins.

1 Description du projet

Contexte

La pratique de l'agroécologie est située à l'interface entre l'agronomie, l'écologie et les sciences sociales. Elle promeut la polyculture, en se basant sur la compréhension et la valorisation des interactions entre les espèces présentes dans les espaces cultivés, plantes, animaux, champignons, microbes, ainsi que sur la co-construction des savoirs avec les acteurs impliqués, chercheurs, étudiants, agriculteurs, jardiniers.

Les relations trophiques, le mutualisme, la concurrence pour l'eau, la lumière et l'espace ne sont que quelques exemples des interactions possibles dans les écosystèmes naturels et qui sont partiellement documentées, testées et utilisées en agroécologie. Ces interactions peuvent être fortuites ou

construites par des processus évolutifs, selon des principes et une chronologie peu étudiées. Beaucoup de relations sont connues des agriculteurs et des jardiniers, professionnels ou amateurs, sans que la recherche scientifique, majoritairement dévolue à la monoculture, s'en soit jamais emparée.

Pour déployer la pratique de l'agroécologie à grande échelle, les scientifiques, agriculteurs et jardiniers doivent construire ensemble un système de partage large de données, ainsi que des outils permettant d'enrichir ces données, de les expérimenter et les valider sur des parcelles cultivées. Cette action exploratoire propose de construire des outils qui le permettront, utilisant le pouvoir prédictif des approches évolutives, l'algorithmique de la planification, et les principes de la science ouverte.

Proposition

L'objet central de ce projet est un réseau d'interactions entre espèces, variétés ou familles d'organismes présents dans les espaces cultivés. Ce réseau sera construit à partir d'un prototype développé au Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive de Lyon (LBBE, www.monpotager.org), contenant quelques centaines d'interactions. Il sera rendu évolutif, renseigné de façon participative par différents acteurs, scientifiques, jardiniers amateurs ou professionnels, naturalistes. Tous les organismes y seront classés selon des principes évolutifs (ce sont les noeuds d'un arbre phylogénétique), et reliés par des interactions de types différents (attire, repousse, mange, favorise, en compétition...). Tous les éléments et leurs labels sont référencés par la provenance de l'information (littérature scientifique ou jardinière, connaissances d'amateurs ou de professionnels). Comptant sur la coopération de partenaires informaticiens, biologistes, agronomes, jardiniers, je propose la construction de trois outils numériques permettant d'enrichir automatiquement et d'utiliser ce réseau pour le l'analyse, l'évaluation, le design et le déploiement de polycultures dans les jardins et les champs.

1. Interface participative. Les données d'interactions seront partagées de façon ouverte, en lecture et en écriture, pour recueillir cette connaissance hétérogène venant de différents acteurs dans une base de données unique. Ce projet consiste donc à développer une interface en ligne, et une application mobile, pour lire et modifier ce réseau le plus simplement possible. Il sera possible pour chaque utilisateur (scientifique, jardinier, agriculteur...) d'ajouter des espèces ou variétés, de modifier ou ajouter des interactions, et d'évaluer les interactions présentes par une note en fonction de son expérience personnelle en jardin. Cette partie est principalement du développement.

2. Prédiction évolutives. L'approche évolutive consiste à modéliser et reconstruire l'histoire des caractères et des interactions présentes dans la base, et en utilisant cette histoire prédire automatiquement des associations non encore décrites, mais probables selon le modèle. Ceci aura le triple avantage de i) dynamiser la construction de la base en propageant des annotations à des espèces évolutivement proches afin d'aller au-delà des quelques espèces communes des jardins ; ii) fournir une mesure de diversité phylogénétique qui pourra être utilisée pour caractériser un design permacole ; iii) identifier les processus biologiques qui gouvernent l'établissement de réseaux écologiques. Ce travail sera réalisé principalement au LBBE. Il consistera à renseigner la phylogénie des espèces dans la base, à définir des modèles d'évolution pour les interactions. La principale difficulté sera de concevoir des algorithmes qui feront des prédictions fiables. La fiabilité sera d'abord testée avec des données existantes, puis *in fine* par des tests en champ chez nos partenaires agronomes à Montpellier au cours de stages d'étudiants à Supagro.

3. Outil de composition d'une parcelle. Une fois que les données sont disponibles, elles seront d'autant plus opérationnelles qu'il sera possible d'en extraire des principes directement utilisables en jardin ou en champ. Pour ce faire, nous proposerons un outil de design de parcelle qui consistera, à partir d'un ensemble d'espèces de plantes à cultiver ou d'auxiliaires à attirer, à proposer un plan de culture qui active les interactions favorables présentes dans la base et minimise les indésirables. Il s'agit d'un problème de recherche en algorithmique, proche des problèmes d'assignation quadratique, utilisés par exemple dans le design de circuits intégrés. Il faudra bien définir toutes les contraintes et les fonctions objectifs avec les biologistes, puis construire un solveur efficace de ce problème complexe.

État de l'art

Agroécologie. La littérature en agroécologie, ainsi que le savoir empirique des paysans et jardiniers, atteste que la structure, la dynamique et la performance des écosystèmes agroécologiques dépendent des interactions écologiques entre les individus des populations, entre les espèces, entre et au sein des communautés et des groupes fonctionnels, et entre les champs cultivés et les autres habitats naturels et semi-naturels du paysage agricole (Bohan et al, Networking agroecology : integrating the diversity of agroecosystem interactions, 2013). Mais ces savoirs éparses ont besoin d'être rassemblés, confrontés les uns aux autres, et structurés.

Réseaux écologiques. De façon générale dans les systèmes naturels, les espèces sont liées par une multitude d'interactions de types différents. La plupart des études se concentrent sur un seul type d'interaction, par ex. trophique ou mutualiste mais une science des réseaux écologiques, utilisant la théorie des graphes, pourra inspirer certaines direction de cette action (Pocock, et al, The robustness and restoration of a network of ecological networks). En particulier des indices existent sur les liens entre la structure du réseau et sa robustesse ou sa résilience.

Évolution des réseaux. L'équipe "Le Cocon" du LBBE, partenaire de ce projet, a une expertise forte dans le développement de méthodes pour la phylogénie et la co-évolution à plusieurs échelles.

Science ouverte. Des outils de gestion ouverte de bases de données structurées existent, tels que OpenStreetMap ou Wikidata. Nous entendons nous en inspirer pour la gestion de l'enrichissement de la base, la gestion des conflits et des problèmes de vandalisme.

Permaculture. "Grow it yourself permaculture" est une application commerciale dont le contenu et le fonctionnement sont similaires à notre projet de base de données participative. Elle contient des interactions entre espèces et s'enrichit de manière participative. Nous comptons nous inspirer de son aspect ludique, tout en faisant de ce rassemblement de données un programme de recherche pour l'agroécologie, ouvert à tous.

Informatique. Le besoin d'études computationnelles en agroécologie est reconnu dans la communauté universitaire (Raghavan et al, Computational Agroecology : Sustainable Food Ecosystem Design, 2016). Une ébauche de suite logicielle sur la polyculture, dont le développement est aujourd'hui en pause, a fait l'objet d'une thèse de l'université du Connecticut (<http://perennialpolycultures>).

ics.uci.edu/). Mais l'algorithmique de la conception permacole est presque inexistante. La proximité de certains aspects de la conception permacole avec des problèmes combinatoires classiques a déjà été observée mais pas exploitée. Cette exploitation est un des éléments clefs de l'action exploratoire.

Inria. L'action exploratoire Inria SR4SG acceptée en avril 2019 portée par Odalric-Ambrym Maillard vise à fournir des recommandations aux jardiniers sur leurs pratiques. Elle promeut des approches d'apprentissage séquentiel en analysant des données remplies de manière participative. Si la dimension agroécologique, les interactions entre espèces et les aspects évolutifs, centraux ici, n'apparaissent pas dans cette action (sauf par une mention du présent projet), nous pourrions à partir des points communs animer une communauté autour de l'agronomie participative.

Partenaires

Ce projet exploratoire contient des aspects algorithmiques (planification de cultures), évolutionnaires (inférence d'associations), jardiniers, touchant à la science ouverte et participative, qui correspondent au cursus du porteur de projet membre de l'équipe Inria de biologie Computationnelle Beagle : post-doctorat en 2002 sur l'assignation d'éléments dans les circuits intégrés, recherche depuis 2003 en bioinformatique de l'évolution, membre du comité pour la science ouverte, de la boutique des sciences, responsable d'un jardin partagé urbain depuis 2018.

Les aspects évolutionnaires et les aspects de co-construction des savoirs seront menés dans l'équipe "Le Cocon" du Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive de Lyon, une toute nouvelle équipe de biologie évolutive (née en janvier 2019), spécialisée dans l'évolution des interactions, dont le nom reflète également sa position de laboratoire prospectif sur la co-construction citoyenne des savoirs. Annabelle Haudry, Vincent Daubin, Bastien Boussau, Damien de Vienne, Thibault Latrille sont participants. Eric Tannier le porteur de ce projet est aussi membre de cette équipe.

Les aspects agronomiques et agroécologiques seront menés en partenariat avec des enseignantes chercheuses de SupAgro à Montpellier (Elena Kazakou, Elsa Balini et Marie-Stéphane Tixier ont accepté de participer à ce projet, et d'impliquer des étudiants en agronomie, habituellement très demandeurs de dimensions permacoles et participatives dans leurs études). Une implication concrète pourra être des stages d'étudiants pour valider en serre ou en jardin des prédictions évolutives d'interactions.

Un conseil en permaculture nous sera fourni par Baptiste Pasteur, ingénieur entrepreneur permacole qui a accepté de participer à ce projet. Il pourra conseiller la modélisation pour l'algorithmique du design de parcelles. Les outils pourront en outre être testés sur des parcelles dans un réseau de jardins et de jardiniers volontaires. Nous avons déjà l'accord ou suscité l'intérêt de jardins communautaires, la Ferme de la Croix-Rousse, la ferme de la Source Dorée ou certains jardins partagés urbains à Lyon pour participer à ce projet.

Finalement nous allons mener ce projet avec des fablabs associés à des jardins expérimentaux, comme à SupAgro Montpellier, ou à la Myne à Villeurbanne. Ces associations nous seront également d'un grand secours pour leur habitude de pratiquer, par essence, la co-construction des savoirs.

2 Ressources demandées

Durée de l'action exploratoire : 48 mois. **Coût total :** 179ke.

18 mois post-doc (75ke) Il fournira l'essentiel du travail de recherche permettant de prédire des interactions (pour in fine alimenter la base de données) par des moyens expérimentaux (ce qui nécessite de développer une algorithmique du design permacole) et évolutionnaires (méthodologie en évolution). Un profil informaticien, familier des processus stochastiques et algorithmes combinatoires, motivé par la biologie et l'agro-écologie, sera recherché.

Stage étudiant. (3ke) Un étudiant de master en agroécologie aura pour tâche d'établir des protocoles pour tester des interactions dans les champs.

Prestations. (5ke) Une formation des acteurs de terrain et l'animation d'un réseau de jardiniers et agriculteurs sera assurée par une société de conseil en permaculture.

Fonctionnement (20ke) pour l'animation du consortium : réunions interdisciplinaires, formations, visite des partenaires académiques, industriels, jardiniers amateurs ou professionnels.

18 mois ingénieur (75ke) pour la programmation d'une application utilisable par les jardiniers pour lire et écrire sur la base de données, comprenant l'application de placement des éléments. Développeur.

3 En quoi le projet est-il exploratoire ?

Ce projet, s'il s'appuie sur les compétences solides et l'expérience des acteurs acquise dans leurs disciplines, explore plusieurs pistes qui sont nouvelles pour le porteur, inexistantes dans l'équipe Beagle, et très rares à l'Inria. Notons dans ce sens que l'application `monpotager.org` est un élément extérieur existant sur lequel une partie du projet compte s'appuyer, mais n'est pas un élément du projet, qui lui, est entièrement inédit et exploratoire.

L'algorithmique pour le design permacole est quasiment inexplorée jusqu'à présent, et cette action exploratoire va contribuer à en poser les bases, ce qui peut diversifier le champ de l'agriculture numérique et y impliquer l'Inria de façon plus forte.

Plus généralement nous abordons dans ce projet la science participative, la recherche-action, l'agroécologie, l'implication dans la construction de données ouvertes co-construites, ce qui est aussi exploratoire à la fois pour le porteur, son équipe et l'institut. Ce projet est en outre un moyen d'aborder les grands défis environnementaux de notre siècle.

En outre, le projet ouvre de nombreuses possibilités de recherche (que nous n'incluons pas dans la présente action mais que nous envisageons à plus long terme). En sciences humaines par exemple, car la constitution d'un savoir en polyculture peut se faire par l'interrogation des porteurs de ce savoir, ce qui constitue une démarche socio-historique. L'objet à construire pose en outre des questions épistémologiques importantes. En quoi la méthode de co-construction est-elle scientifique ? reproductible ? Comment étudier la convergence d'une connaissance ouverte ? En ceci aussi le projet est exploratoire : la construction même de l'objet est un processus intéressant à observer.

4 Quelle suite est envisagée ?

Nous comptons élargir le consortium, d'abord en intéressant un plus grand nombre d'agronomes, puis des sociologues et historiens, afin d'explorer la faisabilité et l'intérêt des questions sociologiques, historiques et épistémologiques posées. Nous comptons aussi par la suite élargir les moyens d'enrichir la base de donnée, par des expérimentations systématiques en champ, et l'interrogation des acteurs.

Ce projet pourra en outre aboutir à des recherches actions en vue de freiner l'effondrement de la biodiversité et le réchauffement climatique. En effet, l'agriculture d'aujourd'hui, par l'utilisation des

machines et des produits chimiques, est consommatrice d'énergies fossiles, et par la systématisation des remembrements et l'exploitation des sols, provoque la destruction des niches écologiques de nombreuses espèces. Réfléchir et expérimenter sur et avec d'autres pratiques peut aboutir à des solutions aussi efficaces en rendement et plus respectueuses de l'environnement. Plus précisément pour ce projet, connaître les interactions peut favoriser de façon ciblée le retour de certaines populations d'animaux en danger d'extinction, attirés par certaines cultures.

Finalement ce projet pourra participer à une animation dans l'institut autour de l'agroécologie, de la biodiversité et de la responsabilité environnementale, en collaboration avec des initiatives complémentaires.