

ARD CVL

Programme SyCoMore

Vers une Sylviculture de précision et connectée en région Centre Val de Loire



Table des matières

Document stratégique du programme SyCoMore.....	6
La forêt un atout majeur de la région Centre – Val de Loire.....	6
Adapter durablement les forêts aux changements climatiques	7
Anticiper les conséquences des changements climatiques sur la forêt.....	7
Vers une sylviculture de précision et connectée : le programme SyCoMore	8
Une ambition portée par trois projets de recherche partenariale	9
Renforcer la dynamique partenariale nationale et internationale	10
Budget prévisionnel du programme SyCoMore	13
Gouvernance et animation du programme SyCoMore.....	15
Liste des partenaires	15
Objectifs de l'action transversale Gouvernance et animation	15
Sous-actions de l'action transversale Gouvernance et animation.....	16
Calendrier prévisionnel	18
Moyens mobilisés.....	18
Valorisation socio-économique de la recherche du programme SyCoMore.....	20
Liste des partenaires	20
Objectifs de l'action transversale Valorisation socio-économique	20
Sous-actions de l'action transversale Valorisation socio-économique.....	20
Sous-action 1 - Suivi des actions de recherche	20
Sous-action 2 - Communication socio-économique et générale	21
Sous-action 3 – Transferts des outils de diagnostics sylvo-climatiques aux propriétaires et gestionnaires forestiers régionaux.....	23
Sous-action 4 – Développement de logiciels de conseil sylvicole permettant d'adapter les conseils en temps réel.....	23
Calendrier prévisionnel	24
Moyens mobilisés.....	24
Dynamique partenariale nationale et internationale du programme SyCoMore	27
Liste des partenaires	27
Objectifs de l'action transversale Dynamique partenariale nationale et internationale	27
Sous-actions de l'action transversale Dynamique partenariale nationale et internationale	28
Sous-action 1 - Développement international à l'étranger (mise en réseau internationale, constitution de nouveaux réseaux)	29

Sous-action 2 - Développement international en France (mise en réseau internationale).....	29
Sous-action 3 - LE STUDIUM CONSORTIUM (constitution et réunion de réseaux internationaux pour la réponse à des appels à projets)	30
Sous-action 4 - LE STUDIUM RESEARCH FELLOWSHIP (transfert de compétences et collaborations internationales)	30
Sous-action 5 - LE STUDIUM International Conference/Workshop : (transfert de connaissance, mise en réseau internationale, constitution de réseaux, valorisation).....	31
Sous-action 7 - Experts Days (transfert de connaissance et mise en réseau internationale)	31
Moyens mobilisés	32
Calendrier prévisionnel	33
Diffusion de la Culture Scientifique, Technique et Industrielle (CSTI) du programme SyCoMore	35
Liste des partenaires	35
Objectifs de l'action transversale Diffusion de la Culture Scientifique, Technique et Industrielle...	35
Sous-actions de l'action transversale Diffusion de la Culture Scientifique, Technique et Industrielle	36
Sous-Action 1 - Création et production d'outils de médiation.....	36
Sous-Action 2 - Mise en place d'évènements spécifiques ou intégrés dans des évènements récurrents de culture scientifique	37
Moyens mobilisés	38
Calendrier prévisionnel	38
Soutenir l'attractivité de l'offre de formation en agrobiosciences en région Centre Val de Loire	40
Liste des partenaires	40
Objectifs de l'action transversale Soutenir l'offre régionale de formation sylvicole.....	40
Animation	43
Sous-actions de l'action transversale Soutenir l'offre régionale de formation en agrobiosciences. 43	
Sous-action 1 - Evaluation et appréciation de l'existant sous forme de diagnostic.....	43
Sous-action 2 - Sonder auprès des professionnels et des établissements secondaires sur les passerelles existantes dans les formations et leurs attentes.....	43
Sous-action 3 - Echanges et concertations sur la restitution des études et les maquettes.....	44
Sous-action 4 - Soutien à la conception de nouvelles maquettes.....	44
Sous-action 5 - Imaginer des ponts entre les différentes formations de la nouvelle offre	44
Sous-action 5 - Mettre en lumière la nouvelle offre et sa cohérence pour maximiser les retombées pour les acteurs et filières concernées notamment les acteurs forestiers	45
Calendrier prévisionnel	45

1 - Evaluation et appréciation de l'existant sous forme de diagnostic	45
Moyens mobilisés	45
Evaluer et anticiper les dépérissements pour CONserver une gestion durable et multiFonctionnelle de la foRÊT (RECONFORT)	48
Résumé	49
Contexte scientifique	49
Objectifs	51
Action 1 - Détection et cartographie des dépérissements forestiers	52
Objectifs de l'action 1	52
Déroulé des tâches	52
Moyens mis en œuvre	55
Calendrier prévisionnel	55
Résultats et retombées attendus à l'issue du projet	56
Action 2 - Modélisation de la croissance et des processus liés au dépérissement	56
Objectifs de l'action 2	56
Déroulé des tâches	56
Impacts sur le tissu économique et scientifique et sur l'environnement	58
Gestion de la propriété intellectuelle	58
Renouveler les forêts de la région pour les rendre plus résilientes face aux changements climatiques (RENOUV)	71
Résumé	72
Contexte général	73
Objectifs généraux du projet	75
Action 1 - <i>Techniques de renouvellement et identification des facteurs de blocage</i>	76
Contexte	76
Bilan des itinéraires techniques existants de renouvellement forestier	77
Expérimentations pour étudier les facteurs de blocage	77
Science participative sur le renouvellement	78
Livrables	78
Action 2 - <i>Outils de diagnostic et d'aide à la décision</i>	78
Contexte	78
Développement d'outils de diagnostic et d'indicateurs	79
Identifier les leviers en utilisant des modèles	79
Adapter la gestion via des outils d'aide à la décision et à la concertation	79

Livrables.....	80
Calendrier du programme	80
Moyens mis en œuvre.....	81
Retombées (actions 1 et 2).....	84
Exploitation des résultats	84
Quelles ressources génétiques forestières pour le futur face au changement climatique ? (GenForFutur)	93
Résumé	94
Contexte général :	94
Contexte scientifique	95
Objectifs généraux du projet.....	95
Action 1- Cartographie des ressources génétiques présentes dans la région Centre Val de Loire et de leurs vulnérabilités	96
Objectifs.....	96
Tâche 1.1 - Enquête sur les introductions passées de matériel non autochtone	96
Tâche 1.2 - Caractériser les compatibilités climatiques des essences majeures de la région Centre-Val de Loire à différentes échelles temporelles et avec différents scénarios avec le modèle IKS.....	98
Action 2- Caractérisation des ressources génétiques	100
Objectifs.....	100
Tâche 2.1 - Rechercher les origines pour les espèces introduites majeures, cas du pin sylvestre	100
Tâche 2.2 - Évaluation de tests de provenances de chêne sessile et de pin sylvestre.....	102
Tâche 2.3 - Caractériser les différents peuplements "sélectionnés" de chêne sessile et pin sylvestre recommandés pour la région Centre-Val de Loire	105
Tâche 2.4 - Evaluer la diversité spécifique au sein du genre <i>Quercus</i>	107
Action 3- Vision de la filière forêt-bois et du grand public sur l'impact du changement climatique sur nos forêts.....	109
Objectifs.....	109
Déroulé des tâches	109
Moyens mis en œuvre	110
Calendrier prévisionnel	110
Résultats et retombées attendus à l'issue du projet	110
Références bibliographiques.....	116
Annexe – Profil Animateur-trice du programme SyCoMore.....	121

Document stratégique du programme SyCoMore

La forêt un atout majeur de la région Centre – Val de Loire

La région Centre-Val de Loire se hisse à la 6^{ème} place des régions les plus boisées de France, avec 955 000 hectares de forêts de production (hors bosquet et avec peupleraies), ce qui représente un taux de boisement régional de 24% (jusqu'à 35% dans le Loir-et-Cher) (données IGN 2018). Les forêts du Centre-Val de Loire constituent de véritables poumons verts pour les populations urbaines et rurales. Ainsi, promeneurs, randonneurs ou cyclistes peuvent bénéficier de sentiers adaptés à leurs activités. Les forêts de la région sont également renommées pour les activités cynégétiques qui y sont pratiquées. Elles contribuent à préserver la qualité de l'eau du fait du pouvoir d'épuration de leurs sols, des faibles quantités de fertilisants et de phytosanitaires qui y sont utilisés. Elles limitent également l'érosion des sols vers les cours d'eau et les eaux souterraines. Enfin, les forêts jouent un rôle de régulation dans la lutte contre les inondations. Riches d'espèces diverses et variées, les grandes zones forestières peu fragmentées, comme la forêt d'Orléans ou la Sologne par exemple, présentent une grande diversité faunistique. Parmi les espèces remarquables de ces massifs forestiers, citons le Balbuzard pêcheur, l'Aigle botté, la Cigogne noire et le Chat sauvage ; plus largement, c'est une grande part de la biodiversité régionale, faune et flore, qui dépend des forêts.

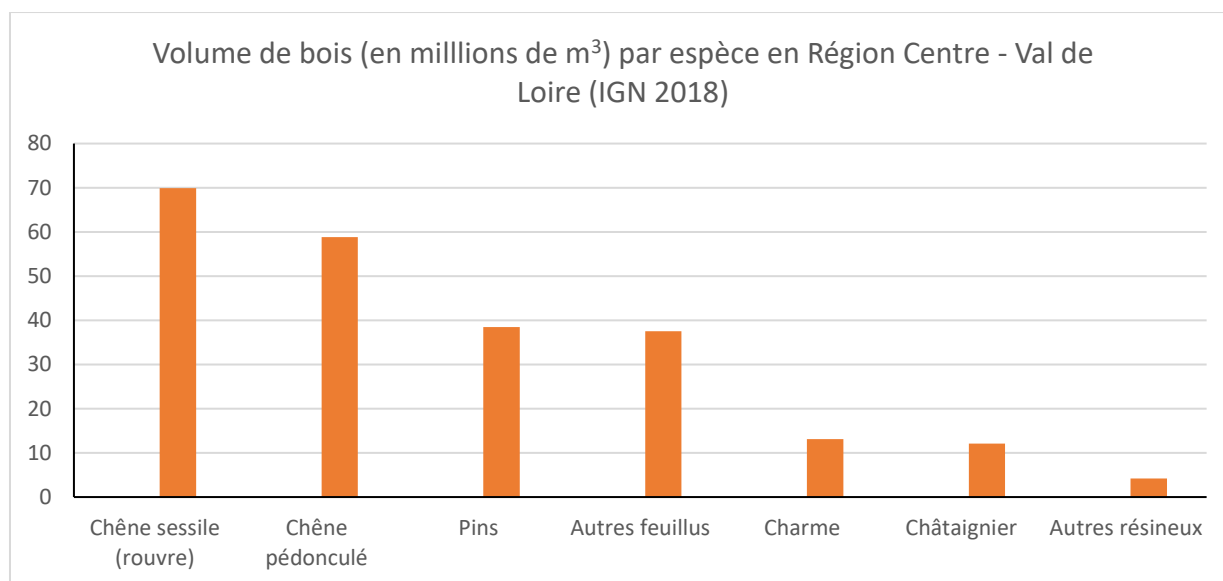
La forêt joue un rôle majeur dans le stockage de carbone, non seulement dans le bois mais aussi dans les sols. L'utilisation accrue de produits biosourcés, dans le cadre d'une gestion forestière durable devrait également amplifier le rôle de la forêt et de la filière bois régionale dans la transition vers une économie décarbonée et la lutte contre le changement climatique. Le contrat Cap Filière Forêt-Bois (2019) passé entre la région et les acteurs de la filière forêt bois et le PRFB (2019-2029) visent ainsi à « récolter plus de bois pour stocker durablement le CO₂ dans la construction et limiter les risques biotiques et climatiques ». Le bois énergie produit dans le cadre d'une gestion forestière durable constitue une source d'énergie renouvelable, s'inscrivant pleinement dans les objectifs de transition énergétique de la nation.

La filière forêt-bois régionale stimule le développement économique local. Forte de 15 500 emplois directs et indirects pour 2 651 entreprises, elle représente 2 % des effectifs salariés de la région (à comparer aux 3,3% pour le secteur agricole, Agreste 2016). Le chiffre d'affaires annuel s'élève à 390 millions d'euros (PRFB 2019). Près de 40% de la forêt régionale est aujourd'hui certifiées PEFC¹. De la coupe des bois à la mise sur le marché et au produit bois

¹ Programme de reconnaissance des certifications forestières

transformé, cette certification garantit une gestion durable des forêts respectueuse de l'environnement, qui tient compte des enjeux économiques et sociaux.

Les forêts de la région abritent aujourd'hui 234,2 millions de m³ de bois sur pied. Ce volume a augmenté de 61% depuis 1987. Les feuillus constituent 82% du volume sur pied. Les chênes sessiles et pédonculés en sont les principales essences. Les pins représentent 90% du stock sur pied en résineux.



La région se positionne au 3^{ème} rang national des producteurs de chênes avec 13 % de la récolte française. En moyenne, 80% du bois d'œuvre de chênes et d'autres feuillus est utilisé dans le secteur du bois de construction et d'aménagement. Pour les résineux comme les pins sylvestre et Laricio, cette part se situe aux alentours de 60% pour le bois d'œuvre, les 40% restants des sciages étant transformés en coffrage et palettes (PRFB 2019). Les chênes de forêts de Blois, d'Orléans, de Saint-Palais ou encore de Châteauroux bénéficient notamment du marché porteur de la tonnellerie depuis quelques années.

Adapter durablement les forêts aux changements climatiques

Anticiper les conséquences des changements climatiques sur la forêt

Si la Région ne connaît pas aujourd'hui de crise sanitaire majeure, les scientifiques et les gestionnaires forestiers attirent l'attention sur l'impact des changements climatiques sur les trois essences phares de la région (chênes sessile et pédonculé, pin sylvestre représentant les $\frac{3}{4}$ du volume de bois aujourd'hui). Face aux épisodes successifs de sécheresse et de canicule, des dépérissements de chênes (surtout pédonculés mais aussi sessiles en 2019 et 2020) comme en forêt de Vierzon et de pins sylvestres (comme en Brenne en 2019 et dans toute la région en 2020) ont été récemment observés. Des travaux de modélisation suggèrent que ces essences pourraient ne plus trouver de conditions favorables à leur croissance en région

Centre-Val de Loire avant la fin du siècle à cause des changements climatiques (Cheaiba et al 2012).

Pour pérenniser la compétitivité de la filière forestière, les forestiers doivent repenser leurs pratiques pour que les forêts d'aujourd'hui et celles de demain puissent faire face aux aléas climatiques et biotiques qui s'annoncent : cette évolution indispensable est au cœur du plan régional forêt-bois 2019-2029 (PRFB 2019). La recherche a un rôle majeur à jouer aux côtés des acteurs de la filière forêt-bois pour penser la sylviculture de demain, en résonnance avec les aspirations de la société. Il s'agit de prévenir les dépérissements forestiers, en couplant observations de terrains et télédétection bénéficiant des nouvelles opportunités qu'offrent les technologies modernes (capteurs connectés, applications pour smartphone, données satellites). Il faut aussi imaginer, évaluer et recommander de nouvelles pratiques de gestion, en particulier au moment clé du renouvellement des peuplements, toujours dans le souci de la multifonctionnalité des forêts : une forêt en bonne santé, correctement renouvelée, et riche en bois de qualité et en biodiversité pour les générations futures. Le PRFB (2019-2029) recommande ainsi une diversification des essences et des sylvicultures.

Vers une sylviculture de précision et connectée : le programme SyCoMore

Le projet Ambition Recherche Développement Centre-Val de Loire (ARD CVL) SyCoMore (Sylviculture de précision et connectée) s'inscrit pleinement dans les objectifs du PRFB 2019-2029 et regroupe l'ensemble des partenaires régionaux étudiant les arbres, la forêt et les insectes ravageurs, que ce soit dans les domaines académique (CNRS, INRAE, INSA Centre Val de Loire, Université d'Orléans, Université de Tours) ou socio-économique (Fibois, CNPF-IDF, ONF, UNISYLVA, Dream, VEGEPOLYS VALLEY, AgreenTechValley, CybeleTech). Le Studium et Centre Sciences sont également partenaires de ce projet. Il est construit en lien étroit avec les RTR MiDi et Entomocentre, en cohérence avec la demande de projet CPER ValoPat. Il s'articulera avec les autres ARD et l'étude menée par le bureau d'études Maîtres du Rêve sur le développement du domaine des Barres.

Ses **objectifs stratégiques** sont les suivants :

- Structurer un pôle académique sur la forêt de portée nationale et internationale autour de la notion de la durabilité de la production forestière dans le contexte des changements climatiques,
- Renforcer les synergies entre les acteurs académiques et non-académiques de la région autour de ce même objectif et du développement économique régional,
- Consolider les enseignements et formations en région sur la filière forêt-bois et plus largement sur les agrobiosciences.

Ses **objectifs opérationnels** consistent à :

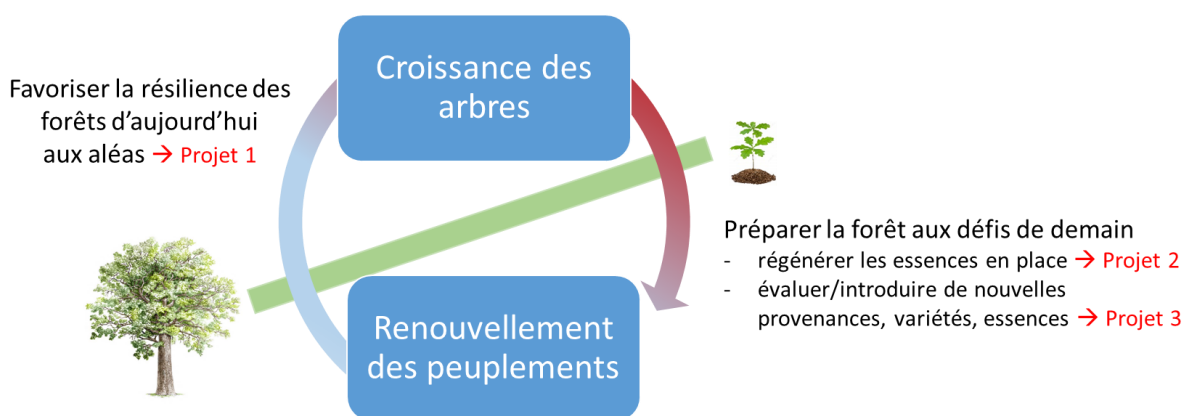
- Développer des technologies (applications pour smartphone à destination des professionnels et du public) et mettre en place des suivis participatifs pour caractériser et suivre l'état et la dynamique des écosystèmes forestiers,

- Suivre, gérer et prévenir les dépérissements des principales essences de la région Centre-Val de Loire et contribuer à leur mise sur le marché,
- Développer des méthodes et des outils d'aide à la décision et des savoir-faire pour une sylviculture de précision et connectée, multiparamétrique (économiquement, écologiquement et socialement) tant au niveau régional que national et européen.

Durant les trois années du programme, les recherches se focaliseront sur les chênes et les pins, principales essences d'intérêt économique. Durant cette phase, le programme soutiendra cependant les projets régionaux ou nationaux portant sur d'autres essences présentes en région, en particulier celles des forêts alluviales emblématiques de la Loire et ses affluents.

Une ambition portée par trois projets de recherche partenariale

Le cycle sylvicole peut être schématiquement décomposé en deux phases, une phase de croissance des arbres jusqu'à leur récolte et l'autre de renouvellement par régénération naturelle ou par plantation. Chacune de ces phases présente des enjeux différents. Le changement climatique impose de reconsidérer les pratiques sylvicoles actuelles de ces deux phases pour renforcer l'excellence de la filière forestière régionale. En conséquence, trois projets de recherche partenariale ont été définis. Ils permettront de prévenir les risques de dépérissement des peuplements forestiers actuels, de mieux caractériser les ressources disponibles, de choisir celles les mieux adaptées à court et long terme et de déterminer les meilleures stratégies de renouvellement.



Fiche projet 1 – Prévenir et gérer les dépérissements forestiers

- Détecter et cartographier les dépérissements forestiers
- Modéliser la croissance des arbres et les processus liés au dépérissement

Fiche projet 2 – Renouveler les forêts de la région pour les rendre plus résilientes face aux changements climatiques

- Proposer et évaluer les techniques de renouvellement innovantes
- Créer des outils innovants de diagnostic et de suivi du renouvellement

Fiche projet 3 – Quelles ressources génétiques forestières pour le futur et leur résilience face au changement climatique ?

- Caractériser les ressources génétiques de la région Centre-Val de Loire
- Etudier les représentations et perceptions sociales sur la question des nouvelles provenances, variétés et essences

Renforcer la dynamique partenariale nationale et internationale

Le programme SyCoMore regroupe l'intégralité des laboratoires et unités dont les effectifs travaillent en totalité ou pour partie sur la forêt (INRAE : EFNO, BioForA, URZF, GBFor, Sols, Infosol ; Université d'Orléans : LBLGC ; Université de Tours-CNRS : IRBI, CITERES ; INSA CVDL). Avec plus de 250 chercheurs du domaine public, ces forces représentent le second pôle d'excellence sur la forêt de France et le premier en matière d'entomologie. Le collectif gère un portefeuille d'une dizaine de projets européens (Topwood, GenTree, B4EST, SAMFIX, HOMED, EPITREE, CLIMTREE, InsectDoctors, Mira, HOMED, Post-doc Marie Curie...) et d'autres sont en cours d'évaluation ou de montage (DECLINE, FORTOP,...). Les unités INRAE d'Ardon comptent deux laboratoires internationaux associés (LIA) avec l'Amérique du sud (Forestia) et la Chine (Ifope).

Ces unités assurent un continuum d'une recherche cognitive à une recherche opérationnelle, y compris des missions de service public, dans le domaine des ressources génétiques et de la gestion multifonctionnelle et durable des écosystèmes forestiers. Leurs recherches portent aussi sur la valorisation et la conservation des ressources génétiques forestières en vue d'une production durable de bois dans un contexte climatique changeant. A partir d'expérimentations développées sur l'ensemble du territoire français et à l'international, ces recherches concernent aussi la réponse des insectes forestiers aux changements d'origine anthropique et ses conséquences sanitaires pour les arbres, les animaux et l'homme. A partir d'observations et d'expérimentations, ces unités étudient enfin l'influence des pratiques sylvicoles, du changement climatique et des ongulés sauvages sur le fonctionnement et la biodiversité des forêts.

Les recherches de ce pôle bénéficient d'un important dispositif expérimental sur 60 hectares de pépinières dont 2 000 m² de serres. S'y ajoutent plus de 1 000 hectares de parcelles expérimentales dont le dispositif OPTMix labellisé AnaEE, réseau de 40 hectares de parcelles expérimentales fortement instrumentées en forêt d'Orléans. L'ensemble de ces dispositifs permet la création, la caractérisation, la conservation et la valorisation des ressources génétiques forestières. L'insertion de ces dernières dans le pilier « Arbres forestiers tempérés » de l'infrastructure « Ressources agronomiques pour la recherche » (RARE) financée par les investissements d'avenir, ainsi que celle des dispositifs expérimentaux INRAE dans les infrastructures In-Sylva et AnaEE figurant dans la feuille de route nationale du ministère de

l'enseignement supérieur et de la recherche sont des atouts complémentaires pour affirmer le rôle de ce pôle aux niveaux européen et international.

Ce projet permettra de renforcer un partenariat entre équipes académiques et partenaires socio-économiques déjà existant par la mise en place d'actions communes, la réflexion sur la définition d'objectifs stratégiques partagés et une recherche volontariste de nouveaux partenaires menée avec l'appui des partenaires du projet, en particulier les deux pôles de compétitivité Dream et VEGEPOLYS VALLEY, l'interprofession régionale Fibois Centre Val de Loire et d'AgreenTech Valley. Notons également que les actions communes avec l'ONF, le CNPF-IDF autour des ressources génétiques s'inscrivent dans une réflexion entamée depuis plusieurs années qui s'est notamment traduit par la création d'une UMR INRAE-ONF et que ce projet permettra d'élargir et de renforcer au CNPF-IDF et à la coopérative UNISYLVA. Les travaux qui seront menés dans le projet sur la caractérisation à grande échelle des dépérissements en région seront intégrés dans une application développée par la PME CybeleTech.

L'adaptation des forêts aux changements climatiques est une problématique majeure en France comme ailleurs dans le monde - les semis et plants d'aujourd'hui devront faire face à des décennies d'aléas avant d'être récoltés. Les équipes de recherche en région travaillent sur ces problématiques depuis parfois plusieurs décennies mais ce programme SyCoMore renforcera leur compétitivité en abordant la problématique de l'adaptation dans son ensemble, en rapprochant les acteurs académiques et non-académiques.

Par le portage de projets européens, l'organisation régulière de colloques internationaux, l'accueil de chercheurs étrangers de haut niveau grâce à l'agence régionale Le Studium et l'organisation d'un consortium scientifique, par une promotion systématique de l'intérêt des recherches menées en région Centre-Val de Loire, ce projet renforcera le partenariat international de ce pôle de recherche avec les objectifs suivants :

- développer des collaborations internationales grâce à la création d'espaces de rencontres, d'échanges et de travail,
- favoriser le dépôt de projets européens impliquant des équipes de recherche régionales,
- rapprocher la région Centre-Val de Loire des régions européennes les plus pertinentes en termes de potentiel de collaborations académique et socio-économiques,
- renforcer le capital humain en région par l'accueil de chercheurs internationaux de haut niveau, développer et mettre en valeur leurs travaux à travers différents supports (fellowships, consortia, conférence, workshop, thursdays...).

• **ANNEXE : Budget prévisionnel du projet (partenaires académiques seulement) :**

	Montants annuels engagés (k€)				Total	Recettes (k€)			
	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)		ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Postes de dépenses									
Investissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-					0				
Personnel permanents	30	37	9.75	5.25	59.5	0	50.5	32	82.5
Frédéric Archaux (INRAE, 3% ETP, 1 mois)	5	5	2	1	13	0	13	0	13
Aurélien Lepennetier (VEGEPOLYS, 4,5% ETP, 45 jours)	8	10	5	2	2	0	0	25	25
Stéphanie Bankhead (LBLGC, 18% ETP, 1 mois)	3	4	0.25	0.25	7.5	0	7.5	0	7.5
Elisabeth Huguet (IRBI, 3% ETP, 1 mois)	4	5	0.5	0.5	10	0	10	0	10
Emmanuelle Thill (EPL Loiret, 3% ETP, 1 mois)	4	5	0.5	0.5	10	0	10	0	10
XXXX (Ing-e de Recherche en cours de recrutement, EPL Loiret, 3% ETP, 1 mois)	2	3	1	0.5	7	0	0	7	7
Stéphanie Wurpillot (IGN, 3% ETP, 1 mois)	4	5	0.5	0.5	10	0	10	0	10
Personnel non permanent	15	20	5	5	45	45	0	0	45
XXXX (Ingénieur-e de Recherche, INRAE, 25% ETP, 9 mois)	15	20	5	5	45	45	0	0	45
Fonctionnement	1	24	1	1	22	26	0	0	26
Stage Ingénierie des formations (6 mois)	0	3.5	0	0	0	3.5	0	0	4
Supports concertation et visibilité des formations	0	20	0	0	20	20	0	0	20
Missions	0.5	0.5	0.5	0.5	2	2	0	0	2
TOTAL	46	81	15	11	127	71	51	32	153

Budget prévisionnel du programme SyCoMore

Répartition du budget par opération

Opération	Total subvention ARD (k€)	Total fonds propres (k€)	Total autres (k€)	Total
Action - Gouvernance	56	76	0	132
Action - Valorisation socio-économique	45	167	268	480
Action - Dynamique partenariale	435	38	0	473
Action - Culture scientifique et technique	87	40	4	131
Action - Formation	70.5	51	32	152
Projet_RECONFORT	445	196	0	641
Projet_RENOUV	603	496	26	1125
Projet_GENFORFUTUR	346	346	0	692
Ensemble du programme	2088	1410	330	3828

Répartition du budget par nature de dépense et type d'opération

Opérations	Total subvention ARD (k€)	Total fonds propres (k€)	Total autres (k€)	Total
Actions	694	372	304	1370
Fonctionnement	515.5	0	80	596
Personnel non permanent (3 ETP)	178	0	0	178
Personnel permanents (6 ETP)	0	372	224	595
Projets	1394	1038	26	2458
Fonctionnement	625	5	16	671
Investissement	50	0	10	35
Personnel non permanent (17 ETP)	719	0	0	719
Personnel permanents (13 ETP)	0	1033	0	1033
Ensemble du programme	2088	1410	330	3828

Répartition du budget par partenaire du programme

Opérations	Total subvention ARD (k€)	Total fonds propres (k€)	Total autres (k€)	Total
Partenaires académiques	1630	1191	106	2927
INRAE	1113	1067	106	2286
<i>BioForA</i>	148	264	0	412
<i>EFNO</i>	914	753	96	1763
<i>GBFor</i>	4	10	0	14
<i>Infosol</i>	47	40	10	97
INSA CVL	55	37	0	92
Université d'Orléans (LBLGC)	462	77	0	539
Université de Tours (IRBI)	0	10	0	10
Partenaires socio-économiques	458	175	217	850
AgreenTech Valley	0	2	0	2
Centre Sciences	67	0	0	67
CNPF - IDF	0	0	14	14
CRPF Centre – IDF	0	0	32	32
CybeleTech	0	2	0	2
DREAM	0	2	0	2
DSF	0	2	0	2
Fibois Centre Val de Loire	0	144	144	288
ONF	0	19	2	21
Le Studium	391	0	0	391
UNISYLVA	0	2	0	2
VEGEPOLYS VALLEY	0	2	25	27
Autres structures associées	0	44	7	51
INRAE Unité Biogeco (Bordeaux)	0	6	0	6
INRAE Unité LESSEM (Grenoble)	0	3.5	0	4
INRAE Unité PIAF (Clermont-Fd)	0	14.5	0	14
EPL_LOIRET	0	10	7	16
IGN	0	10	0	10
Ensemble du programme	2088	1410	330	3828

FICHE ACTION TRANSVERSALE - ARD CVL PROGRAMME SyCoMore

Gouvernance et animation du programme SyCoMore

Liste des partenaires

Partenaires académiques

- CNRS (Comité d'orientation stratégique)
- INRAE (Conseil scientifique, Comité d'orientation stratégique, Comité de pilotage ; animation de l'action)
- INSA CVDL (Comité d'orientation stratégique)
- Université d'Orléans (Comité de pilotage, Comité d'orientation stratégique)
- Université de Tours (Comité de pilotage)

Partenaires socio-économiques

- AgreenTech Valley (Comité d'orientation stratégique)
- Fibois (Comité de pilotage, Comité d'orientation stratégique)
- Centre Sciences (Comité de pilotage, Comité d'orientation stratégique)
- CNPF-IDF (Comité d'orientation stratégique)
- Département Santé des Forêts, DRAAF (Comité d'orientation stratégique)
- DREAM (Comité d'orientation stratégique)
- ONF (Comité d'orientation stratégique)
- Studium (Comité de pilotage, Comité d'orientation stratégique)
- UNISYLVA (Comité d'orientation stratégique)
- VEGEPOLYS VALLEY (Comité d'orientation stratégique)

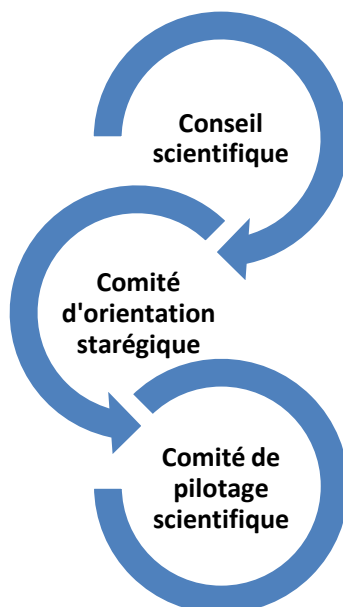
Objectifs de l'action transversale Gouvernance et animation

Cette action a les objectifs suivants :

- Garantir la qualité des échanges entre partenaires pour permettre la pleine efficacité du projet, en particulier en permettant de faire circuler rapidement les résultats des actions entreprises dans les fiches projets pour faciliter leur transfert et/ou permettre d'éventuelles inflexions et/ou développement de nouvelles actions et/ou collaborations.
- Dresser des bilans réguliers de l'avancée du programme pour faire évoluer si nécessaire le contenu des actions et identifier des solutions à d'éventuelles difficultés.
- Intégrer dans les réflexions les évolutions les plus marquantes, qu'elles soient scientifiques, technologiques ou économiques.

Sous-actions de l'action transversale Gouvernance et animation

La gouvernance du Programme est assurée par trois instances, le comité de pilotage scientifique (Copil), le comité d'orientation stratégique (COS) et le conseil scientifique (CS).



Le comité d'orientation stratégique (COS) est composé des représentants des partenaires académiques et socio-économiques du projet, ainsi que du conseil régional et du DRRT. En fonction de l'ordre du jour, il peut inviter d'autres acteurs tels que des structures locales d'innovation et de transfert technologique, d'autres pôles de compétitivité, des laboratoires hors Région Centre-Val de Loire. Ces invités ont une voix consultative.

Présidé par le porteur-coordonateur assisté par l'animateur, le COS se réunit au moins une fois au démarrage du programme et six mois plus tard puis au minimum une fois par an.

Il prend connaissance des analyses et propositions du conseil scientifique et en déduit les actions à poursuivre, arrêter ou infléchir. Il veille à la cohérence des financements au regard des objectifs fixés.

Le COS prend ses décisions à la majorité. En cas de désaccord, un consensus sera recherché pour permettre le bon déroulement du Programme. Les avis de ce comité sont transmis au comité de pilotage et au conseil scientifique.

Le conseil scientifique (CS) est une instance de proposition. Il est composé d'experts proposés par chacun des partenaires du projet (1 par partenaire) et d'un représentant de l'Agence Régionale de la Biodiversité. Présidé par le porteur-coordonateur assisté par l'animateur, il se réunit au moins une fois par an dont une première fois au démarrage du projet.

Son rôle est le suivant :

- Analyser les avancées du projet, sur présentation du bilan réalisé chaque année par le comité de pilotage.
- Porter à la connaissance du comité d'orientation stratégique les évolutions les plus marquantes concernant :
 - les enjeux de la filière sylvicole,
 - les nouvelles possibilités et modalités de phénotypage et de connexion,
 - les expertises existantes ou pouvant être développées au sein des établissements partenaires.
- Proposer, au vu du bilan de ces évolutions :
 - des inflexions de certains axes,
 - de nouvelles collaborations,
 - des axes ou projets à développer. Dans ce cadre, il a le rôle de proposer la « labellisation » de projets de recherche relevant des thématiques de ce projet d'ARD et répondant à d'autres types de financements, au premier lieu desquels les Appel à Projets Recherche de la région, FUI, ANR, H2020, etc.

Le porteur-coordonateur établit un compte-rendu des réflexions du CS et le transmet au comité de pilotage.

Le comité de pilotage scientifique (COPIL) regroupe l'ensemble des responsables de fiches actions et projets, l'animateur-trice du projet et son porteur ; il est présidé par le porteur-coordonateur. Il se réunit au moins deux fois par an.

En amont de la réunion du conseil scientifique, il établit un état d'avancement de chaque projet et actions transversales. Pour cela, chaque responsable présente un premier bilan :

- Principaux résultats,
- Suivi du calendrier,
- Eventuelles difficultés rencontrées et possibilités de solutions,
- Possibilités d'évolution marquante (au vu d'une analyse SWOT).

Le porteur rédige à partir de ces présentations et des discussions du groupe un bilan d'avancement transmis au conseil scientifique puis au comité d'orientation stratégique. Après la réunion du comité d'orientation stratégique, une seconde réunion du COPIL peut être organisée pour mettre en route les conclusions du comité.

Calendrier prévisionnel

Instance	2021 2 nd sem	2022 1 ^{er} sem	2022 2 nd sem	2023 1 ^{er} sem	2023 2 nd sem	2024 1 ^{er} sem
COPIL						
COS						
CS						

Moyens mobilisés

- Réunions (au moins 13 sur la durée du projet)
- CDD ingénieur d'étude (animateur-trice du projet, 10 mois sur la durée du projet)

• **ANNEXE : Budget prévisionnel du projet (partenaires académiques seulement) :**

	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
Postes de dépenses	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Investissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnel permanents	13	25	25	13	76	0	76	0	76
Frédéric Archaux (INRAE, 17% ETP, 6 mois)	13	25	25	13	76	0	76	0	76
Personnel non permanent	8	16	17	8	49	49	0	0	49
XXXX (Ingénieur-e de Recherche, INRAE, 28% ETP, 10 mois)	8	16	17	8	49	49	0	0	49
Fonctionnement	1	2	2	2	7	7	0	0	7
Missions	1	2	2	2	7	7	0	0	7
TOTAL	22	43	44	23	132	56	76	0	132

FICHE ACTION TRANSVERSALE - ARD CVL PROGRAMME SyCoMore

Valorisation socio-économique de la recherche du programme SyCoMore

Liste des partenaires

Partenaires académiques

- Tous

Partenaires socio-économiques

- FIBOIS (animation de l'action)
- CNPF-IDF
- DREAM
- AgreenTech Valley
- VEGEPOLYS VALLEY

Objectifs de l'action transversale Valorisation socio-économique

L'objectif de cette action transversale est la valorisation socio-économique des actions de recherche menées dans le cadre du programme SyCoMore.

Sous-actions de l'action transversale Valorisation socio-économique

Sous-action 1 - Suivi des actions de recherche

Participation aux réunions des 4 fiches projets de recherche pour accélérer la valorisation socio-économique de la recherche

- Fibois : 3 projets de recherche x 11jours/an x 3 ans = 132 jours (montant demandé 25 k€ pris en charge par le CAP Filière Forêt-Bois et le FEDER)
- ONF : 32 jours (incluant participation aux fiches actions gouvernance 6 jours, formation 3 jours, DCSTI 2 jours ; coût 23 k€, montant demandé 10 k€ pris en charge par le CAP Filière et le FEDER)
- DREAM : Dans le cadre des missions générales des pôles et des fonctions d'animation de réseaux, le Pôle DREAM Eau & Milieux, membre fondateur du Pôle de compétitivité de la filière de l'eau, France Water Team (FWT), portera à connaissance de ses adhérents les objectifs et les développements engagés dans le cadre du projet SyCoMore via les actions et les moyens de communication (site web ,réseaux sociaux, DREAM cafés, newsletter, animations techniques ...). En cas de manifestations d'intérêts d'adhérents, en particuliers des acteurs économiques qui pourraient

développer des services fondés à partir des résultats du projet SyCoMore, DREAM les mettra en relation avec le consortium du projet. Si DREAM devait s'engager dans une action spécifique d'intérêt, elle fera l'objet d'une prestation financée par le consortium SyCoMore. DREAM ne sollicite pas de financement pour son implication dans SyCoMore.

- **VEGEPOLYS VALLEY** : Le pôle de compétitivité rassemble des entreprises, des centres de recherche et de formation du domaine du végétal autour de projets innovants pour renforcer la compétitivité des entreprises. VEGEPOLYS VALLEY implanté sur 4 régions (Bretagne, Pays de la Loire, Centre Val de Loire, Auvergne Rhône Alpes). Le pôle travaille pour les filières de production végétale (semences et plants, grandes cultures, maraichage & arboriculture, horticulture ornementale, viticulture & cidriculture, plantes aromatiques ou médicinales et algues). Le pôle a souhaité être partenaire de l'ARD CVL SyCoMore pour soutenir le dynamisme de la recherche régionale et il est convaincu que le croisement entre les filières est un levier majeur pour stimuler l'innovation. Le pôle ne demande pas de financement dans cet ARD. Les thématiques suivantes seront d'intérêt pour le pôle : (1) association arbre et culture (agroforesterie), (2) valorisation de molécules issues du bois pour des applications en Santé des Plantes ainsi qu'en alimentation (humaine et animale) et (3) nutrition-santé numérique, si les technologies envisagées peuvent être mutualisées et/ou transférées aux productions végétales. En fonction de l'action, et de si celle-ci est d'intérêt pour les productions végétales agricoles, VEGEPOLYS VALLEY pourra être partenaire de cette dernière, prenant à sa charge une partie de l'action. Partant du principe que l'ARD mobilisera les expertises liées aux enjeux sylvicoles et VEGEPOLYS VALLEY celles liées aux productions végétales agricoles, soient des expertises complémentaires et issues de réseaux distincts, le frais du pôle pour cette action seront inscrits dans son programme annuel d'actions et non dans celui de l'ARD. De plus, DREAM et VEGEPOLYS VALLEY ont une convention leur permettant d'agir en synergie sur plusieurs sujets de convergences. VEGEPOLYS VALLEY sera également impliqué dans l'action sur l'offre de formation régionale en agrobiosciences.
- **AgreenTech Valley** est un cluster basé à Orléans, dédié aux technologies numériques pour le végétal (grandes cultures, cultures spécialisées, forêt) et dont l'objectif est de valoriser le potentiel des technologies numériques dans la conduite des cultures et des productions végétales, au service d'une agriculture durable, résiliente et de qualité. AgreenTech ne sollicite pas de financement.

Sous-action 2 - Communication socio-économique et générale

- Création et maintenance d'un site internet

Un site internet sera créé pour informer les acteurs socio-économiques de la filière forêt bois. Il contribuera aussi à la diffusion des résultats auprès du grand public (lien avec la fiche Action Transversale « diffusion de la CSTI »).

Dans le cadre de cette action sont prévus :

- Création du site
 - Présentation du contexte de la filière forêt bois, des enjeux climatiques environnementaux, sociaux et économiques de la sylviculture,
 - Apports attendus de la sylviculture connectée
 - Présentation du projet ARD SyCoMore, des 4 grandes thématiques de recherche
 - Actualisation, information sur les événements à venir, comptes rendus, actualités, partenariats...
- Information des entreprises sur les actualités de SyCoMore via les réseaux sociaux
 - Conception et édition de documents à destination des gestionnaires forestiers et des décideurs : 2 plaquettes de présentation, 5 roll'ups (présentation, enjeux scientifiques, enjeux forestiers, enjeux sociétaux, résultats)
 - Rédaction de 6 articles dans revues professionnelles (Bois International, Bois Mag, Notre Forêt, Forêts de France, ...) liés au programme SyCoMore
 - Organisation d'un colloque international de restitution

La particularité de ce colloque de restitution sera d'associer la recherche et les acteurs socio-économiques de différents pays au travers des partenariats internationaux qui auront été établis pour faire le point des dernières initiatives internationales sur la sylviculture de précision et connectée. Fibois se chargera de l'organisation générale et de la logistique de l'évènement avec le Studium.

Sous-action 3 – Transferts des outils de diagnostics sylvo-climatiques aux propriétaires et gestionnaires forestiers régionaux

Le CNPF-IDF organisera des tests, l'amélioration et le transfert des outils de diagnostics sylvo-climatiques en cours de construction et de déploiement aux plans régional et national (typologie des peuplements feuillus, Bioclimsol, ARCHI, Pré-stations NO, Guide des habitats de la région Centre, DiagRégé du CRPF bourgogne, IKSMap, Caravaniks).

Ces outils sont destinés à diagnostiquer les peuplements en place (avenir de l'espèce, structure du peuplement, risque de dépérissement) et orienter vers les modes de sylviculture et de renouvellement, en prenant en compte le changement climatique, les risques phytosanitaires et le niveau des populations d'ongulés. Cette partie outil sera traitée par le CRPF et prise en charge dans le cadre de la fiche « valorisation socio-économique de la recherche.

Cette sous-action intégrera notamment les tâches suivantes (pour une demande de financement totale de 40 k€ pris en charge par le CAP Filière Forêt-Bois et le FEDER) :

- Ingénierie de conception (adaptation des outils Bioclimsol, DiagArchi, Pré-station NO aux contextes de la région ; 12 jours),
- Ingénierie de formation (préparation et animation de stage "formateurs" aux outils Bioclimsol, Archi chêne, Archi Pin sylvestre et Pré-station NO 24 jours)
- Animation de groupes formation-action pour tests des outils à destination des 7 centres d'études techniques et économiques forestières (CETEF, 84 jours)
- Portage du Guide des habitats région centre (prestataire informatique externe)

Sous-action 4 – Développement de logiciels de conseil sylvicole permettant d'adapter les conseils en temps réel

CybeleTech dispose d'une forte expérience de collaboration avec les acteurs de la filière agricole, ainsi que de collaborations naissantes avec la filière sylvicole. Ces collaborations ont mené à la mise en place de plusieurs logiciels de suivi des pratiques et de conseil afin d'aider à optimiser les conduites mises en place, logiciels dédiés à l'ensemble des acteurs de la filière, depuis l'exploitant jusqu'à la coopérative et conçus pour faciliter l'interaction entre ces acteurs.

Fort de son expérience et au vu des démarches qu'il est prévu de mettre en place dans le cadre de l'ARD SyCoMore, CybeleTech propose ses services réalisation de deux ou un (2 en 1) logiciels de conseil pour exploiter les résultats de l'ARD pour les points suivants :

Les projets RECONFORT et RENOUV semblent très prometteurs en matière de débouchés immédiatement applicables à la filière. Il s'agira :

- d'un outil de cartographie annuelle des dépérissements, voire de détection précoce, et éventuellement de conseil sur la conduite à tenir pour en atténuer l'impact (en fonction des résultats du projet RECONFORT)

- d'un outil de conseil pour décider de l'année de coupe en fonction de la conduite sylvicole menée et des conditions climatiques de l'année en cours, ceci afin de favoriser la régénération des peuplements (en fonction des résultats du projet RENOUV)

S'il s'avère que le projet GENFORFUTUR est également en mesure de produire des résultats directement exploitables, alors il pourra être intégré de manière adéquate dans ce projet

Ces logiciels seront des applications web disposant d'un mode hors ligne pour consultation / saisie terrain, et seront conçus de manière à ce que les données saisies puissent être utilisées a posteriori pour enrichir les modèles (avec le consentement des utilisateurs), de sorte à créer un cercle vertueux où l'utilisation des modèles améliore la pratique, et la pratique améliore les modèles.

Les spécifications détaillées seront à discuter avec les représentants de la filière afin de répondre précisément aux besoins des acteurs de terrains

Budget : 80 k€ qui sera pris en charge à travers une convention avec le CAP RDI, comprenant, à l'issue du projet SyCoMore, un 1 an de maintenance et d'opération du système par CybeleTech avec accès gratuit pour tous les acteurs de la filière sylvicole. Un modèle de financement pérenne sera mis en place à l'issue de cette période.

Calendrier prévisionnel

Action	2021	2022	2022	2023	2023	2024
	2 nd sem	1 ^{er} sem	2 nd sem	1 ^{er} sem	2 nd sem	1 ^{er} sem
1-Suivi des actions de recherche						
2-Communication site internet et réseaux sociaux						
2-Edition de documents						
2-Articles revues professionnelles						
2-Réunions d’information						
2-Colloque international						
3-Transfert des outils de diagnostics sylvo-climatiques						
4-Développement logiciel						

Moyens mobilisés

L'animateur-trice recruté-e pour le programme dédiera 3,5 mois de son activité sur les trois ans du projet pour accompagner la valorisation socio-économique.

• **ANNEXE : Budget prévisionnel du projet (partenaires académiques seulement) :**

	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
Postes de dépenses	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Investissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(détailler les principaux postes de dépenses)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Personnel permanents	65	118	115	57	355	0	167	188	355
Frédéric Archaux (INRAE, 3% ETP, 1 mois)	3	4	4	2	13	0	13	0	13
Eric de La Rochère (Fibois, 10% ETP, 3,5 mois)	11	22	22	11	66	0	33	33	66
Valentine Matic (Fibois, 50% ETP, 18 mois)	18,5	37	37	18,5	111	0	55,5	55,5	111
XXXX (Fibois, 50% ETP, 18 mois)	18,5	37	37	18,5	111	0	55,5	55,5	111
Alain Colinot (CRPF, 1% ETP, 1 semaine)	0,25	0,25	0,25	1,25	2	0	0	2	2
Jérôme Rosa (CRPF, 5% ETP, 1,5 mois)	4,5	6,5	1	1	13	0	0	13	13
Techniciens de secteurs (CRPF, 1,5 mois)	2,5	5	7,5	0	15	0	0	15	15
Simon Perrin (CNPFF-IDF, 1,5% ETP, 2 semaines)	0,5	1	2	0,5	4	0	0	4	4
Eric Sevrin (CNPFF-IDF, 1% ETP, 2 jours)	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0	0	1	1
Jean Lemaire (CNPFF-IDF, 1% ETP, 3 jours)	2	0	0	0	2	0	0	2	2
Alain Posty (CNPFF-IDF, 1,5% ETP, 2 semaines)	1	2	1	1	5	0	0	5	5
Jordan Bello (ONF) 1% ETP, 1 semaine	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	0	2	2
Emmanuel Cacot (Unisylva 1% ETP, 1 sem)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	2	0	2
Marion Delpy (VEGEPOLYS Valley 1% ETP, 1 sem)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	2	0	2
Sylvain Chamaillard (Dream) 1% ETP, 1 sem)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	2	0	2
Nicolas Maniez (AgreenTech Valley 1% ETP, 1 sem)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	2	0	2
Benjamin Faivre-Vuillin (Cybeletech 1% ETP, 1 sem)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	2	0	2
Personnel non permanent	3	7	7	3	20	20	0	0	20
XXXX (Ing.-e de Recherche, INRAE, 11% ETP, 3,5 mois)	3	7	7	3	20	20	0	0	20

(suite)	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Fonctionnement	12	3	0	90	105	25	25	80	80
Prestation création et maintenance du site web	12	0	0	0	12	12	12	0	0
Prestation production de documents	0	3	0	0	3	3	3	0	0
Prestation création d'un logiciel de conseil	0	0	0	80	80	0	0	80	80
Prestation organisation colloque	0	0	0	10	10	10	10	0	0
TOTAL	80	128	122	150	480	45	192	268	455

FICHE ACTION TRANSVERSALE - ARD CVL SyCoMore

Dynamique partenariale nationale et internationale du programme SyCoMore

Liste des partenaires

Partenaires académiques

- CNRS
- INRAE
- INSA CVDL
- Université d'Orléans
- Université de Tours

Partenaires socio-économiques

- Le Studium
- Pôles et clusters en région (DREAM, VEGEPOLYS, AgreenTech Valley, Fibois)
- Dev'Up, réseau Enterprise Europe Network
- Bureau Europe Région Centre-Val de Loire
- Cellule mutualisée Europe Recherche (CMER) & Réseau Euclide

Objectifs de l'action transversale Dynamique partenariale nationale et internationale

Les actions poursuivent les objectifs suivants :

- Développer des collaborations internationales grâce à la création d'espaces de rencontres, d'échanges et de travail,
- Favoriser le dépôt de projets européens impliquant des équipes de recherche régionales,
- Rapprocher la région Centre-Val de Loire des régions européennes les plus pertinentes en termes de potentiel de collaborations académique et socio-économique,
- Renforcer le capital humain en région par l'accueil de chercheurs internationaux de haut niveau, développer et mettre en valeurs leurs travaux à travers différents supports (fellowships, consortia, conférence, workshop,...),
- Et d'une façon générale valoriser, développer et structurer l'écosystème Recherche & Innovation en matière de sylviculture en région Centre-Val de Loire.

Le programme réalisera une analyse stratégique durant les trois premiers mois. Il s'agira d'établir un état des lieux précis du positionnement du programme SyCoMore sur le suivi du dépérissement forestier et de l'adaptation des forêts au changement climatique par rapport

aux programmes, pôles et laboratoires compétiteurs et/ou partenaires potentiels en France et à l'étranger. Cet état des lieux sera conduit de manière systématique auprès de tous les partenaires du programme (si nécessaire jusqu'au niveau des équipes des laboratoires) et sera élargi à toute thématique portée par les partenaires du projet et présentant un intérêt stratégique en termes de collaborations nationales et internationales. Ce diagnostic, qui inclura une analyse qualitative des principaux partenariats identifiés, permettra de déterminer les opportunités de mise en place ou de renforcement de partenariats. L'étape suivante consistera à définir des priorités en termes de thématiques, de partenaires et de dispositifs de financement et le plan d'actions pour atteindre les objectifs prioritaires (qui seront autant d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs). La stratégie ainsi définie précisera les moyens nécessaires à articuler, en distinguant ceux qui sont déjà existants (CMER, Studium, représentations à Bruxelles, etc.).

La procédure présentée au-dessus sera animée par l'animateur-trice du projet (10 mois sur la durée du projet). Le profil recherché, ingénieur-e de recherche disposant d'une solide expérience scientifique internationale, permettra :

- de bien comprendre les contraintes et les attendus du montage de projets, les enjeux scientifiques portés par SyCoMore et les partenaires associés
- de conduire un état des lieux basé sur une analyse exhaustive de la littérature scientifique,
- et de pouvoir définir des stratégies réalistes et ambitieuses en matière de dynamique partenariale.

Différentes (sous)actions pourront être mobilisées en fonction de l'analyse stratégique menée en début de projet. La stratégie de dynamique partenariale sera actualisée tout au long du projet au sein des instances du programme.

Sous-actions de l'action transversale Dynamique partenariale nationale et internationale

Pour répondre à ces objectifs ambitieux, Le Studium propose 6 sous-actions présentées ci-dessous. Les sous-actions 1 et 2 répondent à une stratégie de développement international du Programme ARD CVL SyCoMore dans son ensemble, tandis que les sous-actions 3 à 6 visent à appuyer l'ouverture internationale des projets de recherche financés par le programme. Ces outils qui ont vocation à alimenter le plan d'action de la stratégie définie préalablement. Les indicateurs présentés à ce stade sont donc indicatifs et dépendront du plan d'action validé.

Le choix entre ces différentes actions sera fait par le comité de pilotage du projet en fonction des priorités scientifiques et stratégiques, d'éventuelles opportunités comme le lancement de projets européens et des moyens disponibles.

Sous-action 1 - Développement international à l'étranger (mise en réseau internationale, constitution de nouveaux réseaux)

Cette action aura pour objectif principal la recherche de nouveaux contacts, l'identification de régions européennes potentiellement partenaires, de laboratoires académiques et privés dans le secteur de la sylviculture connectée. Elle prévoit l'organisation de missions d'exploration permettant l'identification des partenaires, la mise en réseau et la facilitation d'interactions scientifiques entre acteurs régionaux et partenaires internationaux.

Le Studium, en concertation avec les partenaires de la fiche partenariale, entreprendra ces missions exploratoires dans plusieurs régions européennes et invitera les partenaires régionaux à des mises en relation ciblées (échanges, visites, présentations...).

L'identification d'expertises complémentaires peut mener à des collaborations durables et des partenariats stratégiques pour le montage de projets européens. Par ailleurs, le rapprochement avec d'autres régions européennes permettrait le montage d'un projet Interreg Europe pour partager les challenges et succès rencontrés dans la structuration de leur écosystème.

Partenaire en charge de l'action : Le Studium

Indicateurs : Organisation de 6 visites d'exploration en Europe et rapprochements effectifs avec de nouveaux partenaires

Sous-action 2 - Développement international en France (mise en réseau internationale)

Cette action prévoit l'accueil de délégations scientifiques internationales de chercheurs et/ou d'industriels en région Centre-Val de Loire pendant une semaine et la mobilisation des acteurs de la recherche en sylviculture en région. La mise en contact et les interactions avec les acteurs régionaux correspondants se fera par l'organisation de journées de présentations des activités de recherche, de visites de laboratoires et d'entreprises, de journées de rendez-vous face à face. Elles permettront l'identification d'intérêts mutuels entre visiteurs et laboratoires régionaux. Cette sous-action peut faire suite à la sous-action 1 et permet la mise en relation d'expertises complémentaires pouvant mener à des collaborations durables. Cette sous-action pourrait être organisée en amont à des événements organisés par les clusters et pôles en région mais également ceux organisés dans le cadre des RTR MiDi et EntomoCentre.

Le Studium et les différents pôles et clusters partageront leurs programmes et contacts afin d'optimiser la programmation des présentations et visites. Le Studium prendra en charge la gestion de l'agenda pour la partie académique et les clusters et Dev'Up pour les entreprises. Le Studium coordonnera l'organisation de l'ensemble des différentes rencontres.

Partenaires en charge de l'action : Le Studium, pôles et clusters en région, Dev'Up

Indicateurs : accueil de deux délégations étrangères pendant la durée du programme.

Sous-action 3 - LE STUDIUM CONSORTIUM (constitution et réunion de réseaux internationaux pour la réponse à des appels à projets)

Pour les projets financés dans le cadre du Programme ARD CVL SyCoMore qui le souhaitent, Le Studium prendra en charge la gestion d'un Le Studium Consortium qui permet à une équipe de recherche en région d'inviter 5 collègues internationaux pour des réunions d'une semaine entière de brainstorming tous les 6 mois pendant deux ans. Ces réunions de travail ont pour objectif principal de monter des projets collaboratifs internationaux de type Horizon Europe.

Une fois le Consortium constitué, et l'Appel à Projets identifié, Le Studium prendra en charge l'invitation et l'accueil de 4 ou 5 collègues internationaux pendant une semaine entière, en incluant un partenaire privé. Ce format de réunion permet aux partenaires en accord sur un cadre général de ce futur projet de définir ensemble et précisément les différents "workpackages", de se répartir les tâches pour la rédaction, voire d'en commencer la rédaction.

Ces réunions en petit comité permettent de mobiliser pleinement tous les partenaires et de réaliser en une semaine ce qui mettrait plusieurs semaines par échanges de mails. Une ou plusieurs réunions pourront être organisées selon l'avancement du projet de soumission par exemple en amont d'un appel à projet international.

Partenaire en charge de l'action : Le Studium

Indicateurs : organisation d'au moins 6 réunions de consortium et dépôts de projets européens effectifs.

Sous-action 4 - LE STUDIUM RESEARCH FELLOWSHIP (transfert de compétences et collaborations internationales)

Selon l'intérêt des équipes concertées, Le Studium pourra mettre en place cette sous-action pour le recrutement d'un chercheur international expérimenté dont l'expertise, l'expérience et le réseau serviront le laboratoire hôte et le Programme ARD CVL SyCoMore dans son ensemble.

Cette sous-action est la mise en place et le suivi d'une résidence de 12 mois dans le laboratoire d'un projet financé du programme. Il s'agit d'une résidence de 12 mois consécutifs ou répartis sur 4 ans, à raison de 1, 2, 3 ou 4 séjours de plusieurs mois consécutifs. Le chercheur sélectionné bénéficie d'un salaire, d'un logement tout équipé et d'une assistance administrative pour lui et sa famille avant, pendant et après la durée de son séjour et d'une intégration dans la communauté scientifique régionale.

Un appel à candidatures d'après un profil et une thématique définis permet d'attirer et de sélectionner un chercheur international expérimenté répondant pleinement aux besoins formulés par l'équipe d'accueil en région.

Les profils sont évalués par des pairs et le Conseil Scientifique du Studium qui donne ses recommandations. L'avis du porteur du projet SyCoMore sera également pris en compte. L'évaluation s'appuiera principalement sur la plus-value scientifique et/ou stratégique des chercheurs internationaux candidats.

Partenaire en charge de l'action : Le Studium

Indicateur : recrutement d'un chercheur expérimenté pour une durée consécutive de 12 mois.

Sous-action 5 - LE STUDIUM International Conference/Workshop : (transfert de connaissance, mise en réseau internationale, constitution de réseaux, valorisation)

Le Studium mettra en place cette sous-action pour la conception et l'organisation d'une ou plusieurs Le Studium Conferences/Workshop internationaux de deux ou trois jours. Ce format prévoit l'invitation d'une douzaine d'orateurs internationaux et d'un appel à communications pour compléter le programme. Il permet de consolider des collaborations scientifiques internationales existantes, de nouer de nouvelles relations scientifiques, de valoriser les travaux de recherche des laboratoires régionaux et de mettre en lumière l'écosystème scientifique en sylviculture dans la région Centre-Val de Loire. Il peut mener à la formation d'un consortium.

Dans le cadre de ces Conférences/Workshops, Le Studium prévoit l'organisation d'une conférence grand-public de vulgarisation scientifique sur une thématique en lien avec l'événement international. Cette conférence a lieu en soirée et est ouverte au public. Elle fait l'objet d'une communication dédiée.

Partenaires en charge de l'action : Le Studium, Fibois

Indicateur : organisation d'une conférence internationale majeure en fin de programme et de sept workshops internationaux dans la durée du programme

Sous-action 7 - Experts Days (transfert de connaissance et mise en réseau internationale)

Cette sous-action consiste en l'invitation et l'accueil d'un chercheur/expert internationalement reconnu sur un sujet très précis pendant 8 à 15 jours.

Elle implique la conception et le montage d'un programme complet incluant une série de rencontres en région Centre-Val de Loire.

Le format Experts Days permet l'organisation d'une présentation scientifique ouverte à la communauté scientifique en région, de visites de laboratoires académiques, des rendez-vous avec des entreprises, des interventions auprès des étudiants en Master et doctorants sur une demi-journée.

Partenaire en charge de l'action : Le Studium

Indicateurs : organisation de 15 experts days et de leurs programmes de visites associées.

Moyens mobilisés

Sous action	Partenaires	Moyens
1. Développement des contacts internationaux à l'étranger	Le Studium DEV'UP	Déplacements à l'étranger Mise au point d'un programme de visites et rendez-vous ciblés Réseaux INRAE, Studium, DREAM, VEGEPOLYS VALLEY, AgreenTech Valley, Fibois CVDL, RTR Midi 2 & EntomoCentre
2. Accueil de délégations étrangères	Le Studium Pôles & RTR DEV'UP-EEN Laboratoires	Mise au point d'un programme de visites et rendez-vous ciblés Mobilisation des partenaires académiques et industriels Accueil, Logistique événementielle
3. Consortium	Le Studium	Mise au point d'un programme d'accueil et de travail Logistique événementielle
4. Fellowships	Le Studium Laboratoire d'accueil	Procédure de recrutement et sélection Conseil Scientifique Studium, Logement, Convention mise à disposition
5. Workshops/Conférence Internationale SyCoMore en région Centre-Val de Loire	Le Studium Laboratoires	Réservation d'un lieu et logistique événementielle Plateforme/site du Studium, Edition de supports Mobilisation des réseaux Studium et partenaires
6. Experts Days	Le Studium Pôles & RTR DEV'UP-EEN Laboratoires	Mise au point d'un programme d'accueil, de visites et de travail Logistique événementielle

Le personnel du Studium dans son ensemble (5 salariés) sera amené à travailler sur la gestion et les actions et missions proposées durant le déroulement du Programme SyCoMore. Le recrutement d'un assistant chargé de suivi de projets scientifiques (stagiaire, alternance ou salariat) est prévu en cours de programme.

Calendrier prévisionnel

Action	2020 2 nd sem	2021 1 ^{er} sem	2021 2 nd sem	2022 1 ^{er} sem	2022 2 nd sem	2023 1 ^{er} sem
Développement des contacts internationaux à l'étranger						
Accueil de délégations étrangères						
Consortium						
Fellowships						
Workshops/Conférence Internationale SyCoMore en région Centre-Val de Loire						
Experts Days						

• **ANNEXE : Budget prévisionnel du projet (partenaires académiques seulement) :**

	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
Postes de dépenses	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Investissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnel permanents	6	13	13	6	38	0	38	0	38
Frédéric Archaux (INRAE, 8% ETP, 3 mois)	6	13	13	6	38	0	38	0	38
Personnel non permanent	8	14	14	8	44	44	0	0	44
XXXX (Ingénieur-e de Recherche, INRAE, 28% ETP, 10 mois)	8	14	14	8	44	44	0	0	44
Fonctionnement	1	155	155	78	389	389	0	0	389
Missions	1	2	2	1	6	6	0	0	6
Fellowship	0	50	50	23	123	123	0	0	123
Consortia	0	16	16	10	42	42	0	0	42
Conférence	0	8	8	4	20	20	0	0	20
Workshop	0	34	34	16	84	84	0	0	84
Mission exploration	0	12	12	6	30	30	0	0	30
Accueil délégation	0	3	3	1	7	7	0	0	7
Experts Days	0	30	30	17	77	77	0	0	77
TOTAL	15	182	182	92	471	433	38	0	471

FICHE ACTION TRANSVERSALE - ARD CVL PROGRAMME SyCoMore

Diffusion de la Culture Scientifique, Technique et Industrielle (CSTI) du programme SyCoMore

Liste des partenaires

Partenaires académiques

- Tous

Partenaires socio-académiques

- Centre•Sciences
- Agence Régionale de la Biodiversité
- MOBE
- FRMJC pour son réseau en milieu rural auprès des collectivités
- Réseau Graine
- APBG / Rectorat
- Associations, musées, communautés de communes, ...

Objectifs de l'action transversale Diffusion de la Culture Scientifique, Technique et Industrielle

Le programme ARD SYCOMORE souhaite créer des outils pédagogiques sur cette thématique « Gestion des forêts et adaptation au changement climatique » et compléter les outils existants. Ces outils conçus par les différents partenaires seront valorisés en région Centre-Val de Loire dans la mise en place d'événements spécifiques et d'événements récurrents de culture scientifique.

Les publics visés au travers des événements et rendez-vous s'appuieront sur des actions sciences participatives pour sensibiliser et rendre le citoyen plus acteur, informé et responsable. Différents publics seraient visés :

- publics ruraux, élus, acteurs locaux, proches de massifs forestiers intéressés par l'observation du dépérissement des arbres, la gestion forestière
- publics urbains pour des rendez-vous science et citoyen sur la gestion des forêts
- publics scolaires (en particulier en contexte rural) pour une sensibilisation aux conséquences du changement climatique sur les forêts
- enseignants de SVT via l'APBG

Cette action sera pilotée par Centre-Sciences ; l'animateur-trice du projet contribuera également à l'action à hauteur de 3,5 mois sur la durée du programme. La demande de financement ne porte que sur des actions supplémentaires non déjà couvertes par la Région. Une attention particulière sera portée à ce certaines des actions participent au développement socio-économique du domaine des Barres.

Sous-actions de l'action transversale Diffusion de la Culture Scientifique, Technique et Industrielle

Sous-Action 1 - Création et production d'outils de médiation

Des modules pédagogiques seront réalisés et y intégreront des éléments d'expositions et des dispositifs expérimentaux (kits) participatifs sur :

- 1 – Moyens technologiques utilisés pour le suivi du dépérissement des arbres (matériel pédagogique : images satellites, traitement du signal en indices de végétation, principes du radar et du lidar, principe de vérification terrain...)
- 2 – Prévision de la croissance et de l'état sanitaire des forêts (notions abordées : qu'est-ce qu'un modèle ?, différents types de modèles, prise de donnée, notion d'incertitudes/compétition pour les ressources lumière, nutriment, eau)
- 3 – Rôle du climat et du sol sur la croissance des semis (kit consommable à destination des classes primaires, avec flyer présentant une expérience à réaliser en soumettant des graines d'une ou plusieurs essences de la région, à des conditions de lumière et de sol variés et en mesurant la survie et la croissance avec un « carnet de santé des semis »)
- 4 – Les ennemis des arbres (notion abordées : insectes forestiers ravageurs avec l'exemple de la processionnaire du pin avec réutilisation d'un film, équilibre sylvo-cynégétique avec jeux adaptés de la fiche projet Renouv)
- 5 - Adaptation des forêts au changement climatique (exposition réalisée dans le cadre de EMPIR, présentation des métiers de la forêt, expériences sur les ressources génétiques forestières)
- 6 – Biodiversité des forêts, sylviculture et changement climatique (notion : panorama, espèces emblématiques de la région ; réutilisation/amélioration d'outils existants)

Chaque module sera composé d'un élément d'exposition permanent (panneaux expositions, motion design, vidéos, films, maquette, application touristique, patrimoniale, scientifique...) et sera complété par des dispositifs expérimentaux. Ces modules seront pensés en associant dès le départ de leur conception l'ensemble des partenaires. L'accent sera mis sur la réutilisation, l'écoconception, la modularité des supports produits, sans s'interdire des kits consommables s'ils ont une vertu pédagogique forte.

Sous-Action 2 - Mise en place d'évènements spécifiques ou intégrés dans des évènements récurrents de culture scientifique

Ces 6 modules d'exposition pourront faire l'objet d'une présentation complète ou séparée selon le lieu, les publics visés et le type de l'évènement. Il est prévu d'organiser 6 évènements (un par département sur la durée du projet) dans des lieux adaptés au public visé comme par exemple :

- un musée au MOBE à Orléans
- un musée Maison de la Forêt à Paucourt
- une bibliothèque
- une salle des fêtes
- Château
- ...

Ces évènements pourront être complétés par :

- Rencontres sciences et citoyens : conférences en milieu rural,
- Projection de films puis débats dans des cinémas (Cinéma le Balzac à Château-Renault (37) collégiens en journée et grand public en soirée et autres salles associatives dans la région ; ciné-off : camion cinéma itinérant en milieu rural ; suggestions de films : <https://www.forestopic.com/fr/agora/points-vue/821-film-temps-forets-forestiers-ecolos> <https://www.acropro.ch/connaître-la-chenille-processionnaire-du-pin.html> Le génie des arbres (coprod Inra France 5) : <https://mycor.nancy.inra.fr/ARBRE/?p=11335>)
- Visites de sites,
- Balades scientifiques en forêt
- Conférences et visites pour des enseignants de SVT via l'APBG
- Conférences mardis de la science
- Articles sur Echosciences-Centre-Val de Loire.

Ces outils seront également utilisés lors d'évènements récurrents comme :

- la Fête de la Science
- la Fête de la nature ou la semaine du développement durable
- les journées de l'environnement
- les journées de formation enseignant
- les journées de l'arbre (Arboretum national des Barres)
- Fascination of plants Day (<https://plantday18may.org/>)

Tous ces évènements seront co-construits avec les scientifiques du projet, les partenaires non académiques et les acteurs locaux identifiés dans un objectif de co-construction et valoriser ainsi les initiatives locales, le patrimoine et les ressources dont ils disposent. Cela donne une dimension d'échanges et d'incitation à la mise en place d'évènements de culture scientifique.

Moyens mobilisés

- Appui par l'animateur-trice du programme : 20 k€
- Sous-Action 1 - Création et production d'outils de médiation : 54 k€
- Sous-Action 2 - Mise en place d'évènements spécifiques ou intégrés dans des évènements récurrents de culture scientifique : 13 k€

Calendrier prévisionnel

Action	2021 2 nd sem	2022 1 ^{er} sem	2022 2 nd sem	2023 1 ^{er} sem	2023 2 nd sem	2024 1 ^{er} sem
Outils de médiation						
Evènements de culture scientifique						
Valorisation et Communication						

• **ANNEXE : Budget prévisionnel du projet (partenaires académiques seulement) :**

	Montants annuels engagés (k€)						Recettes (k€)		
Postes de dépenses	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Investissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnel permanents	8.1	12.45	13.45	10.1	44.1	0	40.1	4	44.1
Frédéric Archaux (INRAE, 3% ETP, 1 mois)	3	3	4	3	13	0	13	0	13
Sonia Launay (INRAE, 3% ETP, 1 mois)	1	2	2	1	6	0	6	0	6
Cécile Vincent-Barbaroux (LBLGC, 3% ETP, 1 mois)	1.1	2.2	2.2	1.1	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6
Anders Mârell (INRAE, 3% ETP, 1 mois)	1.0	2.0	2.0	2.0	7.0	0.0	7.0	0.0	7.0
Yves Rousselle (INRAE-ONF, 3% ETP, 1 mois)	1.3	2.5	2.5	1.3	7.5	0.0	7.5	0.0	7.5
Alain Colinot (CRPF, 1% ETP, 1 semaine)	0.3	0.3	0.3	1.3	2.0	0.0	0.0	2.0	2.0
Eric Sevrin (CNPf-IDF, 1% ETP, 1 semaine)	0.5	0.5	0.5	0.5	2.0	0.0	0.0	2.0	2.0
Personnel non permanent	3	7	7	3	20	20	0	0	20
XXXX (Ingénieur-e de Recherche, INRAE, 11% ETP, 3,5 mois)	3	7	7	3	20	20	0	0	20
Fonctionnement	11	21	23	12	67	67	0	0	67
Coordination et communication	1	1.5	1.5	1	5	5	0	0	5
Création des outils	9	18	18	9	54	54	0	0	54
Mise en place des 6 événements	0	0	2	1	3	3	0	0	3
Communication	0.5	1	1	0.5	3	3	0	0	3
Missions	0.5	0.5	0.5	0.5	2	2	0	0	2
TOTAL	22.1	40.45	43.45	25.1	131.1	87	40.1	4	131.1

FICHE ACTION TRANSVERSALE - ARD CVL PROGRAMME SyCoMore

Soutenir l'attractivité de l'offre de formation en agrobiosciences en région Centre Val de Loire

Liste des partenaires

Partenaires académiques

- Université d'Orléans
- Université de Tours
- EPLEFPA du Loiret
- MFR de Loches
- IGN
- INSA CVDL
- CNRS
- INRAE

Partenaires socio-économiques

- Fibois CVDL
- AgreenTech Valley
- CNPF-IDF
- DREAM
- ONF
- UNISYLVA
- VEGEPOLYS VALLEY

+ *ouvertures aux acteurs socio-économiques des autres branches des agrobiosciences*

Objectifs de l'action transversale Soutenir l'offre régionale de formation sylvicole

Face aux enjeux de la transition écologique, la formation de demain doit trouver un équilibre entre réponses aux besoins des filières et décloisonnement des filières pour aborder les problématiques de façon globale. Par exemple, dans le concept One Health (une seule santé), la gestion de la santé est une approche globale faisant ainsi appel à des expertises de santé humaine, de santé animale (domestique, d'élevage et sauvage), de santé des plantes (cultivées, forestières et sauvages) et santé de l'environnement.

La réflexion de l'offre de formation à la seule échelle de la forêt paraît donc limitante et sous valorisant le potentiel Centre-Val de Loire. Nous proposons donc dans cette action de s'intéresser à l'ensemble du potentiel compris dans les agrobiosciences, avec la filière forêt comme moteur de cette nouvelle dynamique. Ceci permettra des interactions avec les autres ARD et RTR.

Pourquoi l'échelle des agrobiosciences ?

Les agrobiosciences concernent l'ensemble des sciences et techniques en lien avec l'agriculture au sens large : productions tant végétales qu'animales, alimentation, biotransformation, territoires et forêt, environnement et gestion des ressources naturelles, mais aussi santé. Ce niveau de réflexion permet ainsi d'intégrer pleinement les approches comme l'agroécologie, One Health, l'adaptation des systèmes agricoles et forestiers au changement climatique. En 2019, lors d'ateliers régionaux avec les professionnels pour la construction d'une nouvelle mesure SRI-SI, plusieurs acteurs ont soulevé comme faiblesse l'absence en région d'une école supérieure d'agronomie/forestière/vétérinaire et ainsi de ne pas pouvoir bénéficier de collaborations utiles pour leur transition agroécologique.

Une rapide cartographie des formations supérieures en agrobiosciences présentes en Centre-Val de Loire montre une réelle offre d'intérêt (page suivante). D'ailleurs, les deux universités basées en région ont signé en 2019 une convention avec Agreenium-Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France du fait de leurs forces sur ces thématiques et de leurs collaborations avec le centre INRAE Val de Loire. Ces expertises mériteraient d'être mieux mises en valeur et mieux coordonnées pour favoriser les synergies avec les acteurs socio-économiques. Le travail a été amorcé par l'INRAE Val de Loire et VEGEPOLYS VALLEY dans le cadre d'une coalition de la COP régionale. Il a permis de mettre les différents acteurs autour de la table et partager collectivement cet enjeu. Il a également donné lieu à la mise en place d'une nouvelle mesure dans la SRI-SI concernant la collaboration public-privé pour la transition agroécologique ; mesure co-pilotée par Catherine BEAUMONT, INRAE Val de Loire et Aurélien LEPENNETIER, VEGEPOLYS VALLEY.

L'action proposée ici se veut une réponse opérationnelle aux objectifs de cette mesure en s'intéressant au volet de la formation. Elle a donc pour objectif de faciliter la mise en cohérence les formations dans le cadre de la nouvelle offre et montrer cette initiative à l'échelle nationale voire européenne. L'ARD contribuera à renforcer la visibilité nationale de cette offre de formation en renforçant les synergies entre ces formations, les partenaires, en particulier académiques et socio-économiques.

Niveau Bac+2/Bac+3 (IUT, Licences)

(1) Gestion durable des écosystèmes, des paysages et des territoires	(3) Développement et durabilité des systèmes d'élevage	(5) Innovation et management des bioprocédés pour l'agroalimentaire	(7) Biotechnologies	(9) Commercialisation, gestion et management des entreprises en agrobiosciences
D.U.T Génie biologique OPTION Génie de l'Environnement Université de Tours	L.P. Productions animales PARCOURS Développement et valorisation des produits de l'élevage Université de Tours	L.P. Industries agro-alimentaires : gestion, production et valorisation PARCOURS Méthodes et techniques en analyse sensorielle Université de Tours	L.P. Bio Industries et Biotechnologies PARCOURS Contrôle Qualité en Biotechnologies Université de Tours	D.U.T Techniques de commercialisation orientation agro-alimentaire Université de Tours
L.P. Métier de la protection et de la gestion de l'environnement PARCOURS Gestion de l'Eau et Développement de ses Territoires Université d'Orléans	(4) Sciences vétérinaires et one health		(8) Chimie, production, caractérisation et qualité des bioactifs	L.P. Commercialisation des produits alimentaires PARCOURS Commercialisation des vins Université de Tours
L.P. Déchets et économie circulaire Université de Tours	L.P. Biologie analytique et expérimentale PARCOURS Santé humaine et animale Université de Tours		D.U.T Génie biologique OPTION Analyses biologiques et biochimiques Université de Tours	L.P. Gestion des Organisations Agricoles et Agroalimentaires Université d'Orléans
			D.U.T Chimie OPTION Chimie Analytique et de Synthèse Université d'Orléans	
			L.P. Chimie Analytique, Contrôle, Qualité, Environnement Université d'Orléans	D.U. Gestion et management des entreprises vitivinicoles Université de Tours
			L.P. Chimie : Formulation Université d'Orléans	

Légende :

- Diplômes Universitaires de Technologie - DUT (BAC+2)
- Licence Professionnelle - LP en apprentissage (BAC+3)
- Diplômes Universitaires - DU

Niveau Bac+5 (Master, Ingénieur)

(1) Gestion durable des écosystèmes, des paysages et des territoires	(2) Gestion, production et valorisation de la biodiversité et des ressources végétales	(3) Développement et durabilité des systèmes d'élevage	(5) Innovation et management des bioprocédés pour l'agroalimentaire	(7) Biotechnologies	(9) Commercialisation et management des entreprises en agrobiosciences
MASTER Sciences de l'eau PARCOURS Hydrosystèmes et bassins versants Université de Tours	MASTER Agrosociétés, Environnement, Territoires, Paysage, Forêt PARCOURS Forêt et Mobilisation des Bois Université d'Orléans	MASTER Biologie, agrosociétés PARCOURS Durabilité et qualité dans les filières de productions animales Université de Tours	MASTER Biologie, agrosociétés PARCOURS Sensoriel et innovation Université de Tours	MASTER Sciences du vivant PARCOURS Biotechnologies et droit Université de Tours	MASTER Sciences du Vivant - PARCOURS Management des Entreprises de la Santé, de la Cosmétique et de l'Agro-Alimentaire Université d'Orléans
MASTER Géographie, aménagement, environnement et développement PARCOURS Environnement, territoire, paysage Université de Tours	MASTER Agrosociétés, Environnement, Territoires, Paysage, Forêt PARCOURS Biologie Intégrative et Changement Globaux Université d'Orléans	(4) Sciences vétérinaires et one health	MASTER Sciences du vivant PARCOURS Management des bioproductions Université de Tours	MASTER Sciences du Vivant PARCOURS Biotechnologie, Biologie Moléculaire et Cellulaire Université d'Orléans	
MASTER Sciences de la Terre et des Planètes – Environnement PARCOURS Géochimie et Géomatique de l'Environnement Université d'Orléans	MASTER Biodiversité, écologie et évolution PARCOURS Plantes et société : culture durable, paysage et phytovvalorisation Université de Tours	MASTER Biologie-Santé PARCOURS Biologie de la reproduction Université de Tours	INGENIEUR Génie Industrie pour la cosmétique, la pharmacie et l'agro-alimentaire Polytech Orléans	(8) Chimie, production, caractérisation et qualité des bioactifs	
INGENIEUR Génie de l'Aménagement et de l'Environnement Polytech Tours	MASTER Biodiversité, Ecologie, Evolution PARCOURS Ecologie évolutive et comportementale Université de Tours	MASTER Sciences du vivant PARCOURS Infectious Diseases and One Health Université de Tours	(6) Cultures et patrimoines de l'alimentation	MASTER Chimie moléculaire - PARCOURS Stratégie et Qualité en Chimie Analytique Université d'Orléans	
INGENIEUR Paysagiste INSA Centre-Val de Loire		MASTER Sciences du vivant PARCOURS Infectiologie cellulaire et moléculaire Université de Tours	MASTER Histoire, civilisations, patrimoine PARCOURS Cultures et patrimoines de l'alimentation Université de Tours	MASTER Chimie moléculaire - PARCOURS Bioactifs et Cosmétique Université d'Orléans	

Légende :

- Diplômes universitaires
- Diplômes d'ingénieurs
- Diplômes disponibles en apprentissage

Animation

Il sera mis en place un triptyque alloué à l'animation :

- (1) une personne issue de la recherche (l'animateur de SYCOMORE - INRAE),
- (2) une personne issue de la formation académique (l'ingénieur.e recruté.e au Lycée des Barres – voir comment le/la mobiliser là-dessus)
- (3) une personne issue du pôle VEGEPOLYS VALLEY (Aurélien LEPENNETIER).

Ce triptyque travaillera en étroite concertation avec les responsables de formation dans les Universités pour prendre connaissance du contenu des maquettes existantes.

Les diplômes universitaires (DU) à destination des acteurs professionnels seront aussi dans le scope de cette action.

Sous-actions de l'action transversale Soutenir l'offre régionale de formation en agrobiosciences

Sous-action 1 - Evaluation et appréciation de l'existant sous forme de diagnostic

-
- Finaliser les cartographies des formations actuelles en région
- Identifier les manques, les doublons dans ces cartographies
- Identifier les formations « concurrentes » ou les initiatives similaires dans les autres régions – VEGEPOLYS VALLEY animant au sein de son réseau une commission emploi-formation pourra nourrir ce volet
- Livrable : un diagnostic factuel de l'offre de formation actuelle et de ces concurrences dans les autres régions

Sous-action 2 - Sonder auprès des professionnels et des établissements secondaires sur les passerelles existantes dans les formations et leurs attentes

- Sur la base du diagnostic interroger la filière socio-économique sur l'intérêt des formations actuelles
- Sur la base du diagnostic interroger les établissements de l'enseignement secondaire sur l'intérêt les ponts possibles et les manques pour faire les passerelles avec ces formations supérieures
- Sonder les acteurs socio-économiques sur leurs besoins en terme de compétences pour leurs futurs collaborateurs face à l'évolution de leur métier et aux enjeux auxquels ils sont confrontés
- Sonder les établissements de l'enseignement secondaire sur leurs attentes en terme de synergie en région avec l'enseignement supérieur.
- Livrable : une analyse des forces et faiblesses des formations actuelles et identification des thématiques pour la nouvelle offre

Sous-action 3 - Echanges et concertations partagés sur la restitution des études et les maquettes élaborées

- Réunir les responsables de formation pour partager et échanger sur les avancements et les résultats des 2 premières sous-actions
- Inviter des acteurs socio-économiques pertinents pour nourrir ces échanges
- Etablir un cadre d'échange permettant de trouver une synergie positive entre les responsables de formations et identifier à la fois des enseignements convergents et différenciant pour garantir une offre complémentaire à l'échelle régionale
- Livrable : compte-rendu des échanges

Sous-action 4 - Soutien à la conception de nouvelles maquettes (avis, confrontation, orientation)

- Créer une cellule neutre et d'expertise (le triptyque d'animateurs + autres partenaires pôles-clusters selon les thématiques) pouvant exprimer un avis sur les projets de maquette de formation. Cellule qui pourra être mobilisée par les responsables de formation pour les aider à avoir une meilleure connaissance des enjeux socio-économiques en agrobiosciences, et ainsi nourrir leurs réflexions sur l'évolution potentielle du contenu des maquettes d'enseignements. La cellule sera garante du diagnostic posé dans les sous-action 1 et 2 et partager dans la sous-action 3.
- Mettre en relation les responsables de formation avec des acteurs socio-économiques pour leur permettre d'échanger sur les diverses propositions et pour identifier de potentiels intervenants professionnels dans les formations de nouvelle offre
- Livrable : processus garant d'un équilibre entre avancée des maquettes par formation et cohérence globale dans la nouvelle offre régionale (éviter les manques et les doublons pouvant engendrés des disparitions).

Sous-action 5 - Imaginer des ponts entre les différentes formations de la nouvelle offre

- Proposer un stage en ingénierie de formation qui tentera d'identifier des points entre les formations envisagées : projets étudiants croisés, formations communes (Modules en ligne), actions emplois partagées (forum recruteur, découverte métiers...)
- Encadrement du stage par le triptyque animateur et mobilisant les correspondants formations dans les Universités
- Partager les résultats de l'étude avec les responsables de formation (même modalité que la sous-action 3)
- Valider collectivement les ponts possibles entre les formations pour alimenter les maquettes de formation de chacun
- Livrable : un scénario de synergies communes entre les formations

Sous-action 6 - Mettre en lumière la nouvelle offre et sa cohérence pour maximiser les retombées pour les acteurs et filières concernées notamment les acteurs forestiers

- Construire un site internet mettant en avant la synergie engagée et l'offre de formations actuelle et à venir
- Communiquer auprès des acteurs socio-économiques de la région sur cette offre de formations
- Faire connaître, à travers des interventions, communications, salon..., cette nouvelle offre en Centre-Val de Loire au niveau national
- Se rapprocher des structures d'accompagnement à l'emploi (APEC, APECITA...) pour qu'ils identifient mieux cette offre et ainsi la valoriser auprès de leurs commanditaires recruteurs (faciliter l'embauche des étudiants qui sortiront de ces formations).
- Livrable : site valorisant l'ensemble de l'offre de formation en agrobiosciences en Centre-Val de Loire, présentant les spécificités et les synergies dans le but d'attirer des talents et permettre aux acteurs socio-économiques de s'approprier cette ressource régionale.

Calendrier prévisionnel

Sous-action	2021 2 sem	2022 1 ^{er} sem	2022 2 sem	2023 1 ^{er} sem	2023 2 nd sem	2024 1 ^{er} sem
1 - Evaluation et appréciation de l'existant sous forme de diagnostic						
2 - Sonder auprès des professionnels et des établissements secondaires sur les passerelles existantes dans les formations et leurs attentes						
3 - Echanges et concertations partagés sur la restitution des études et les maquettes élaborées						
4 - Soutien à la réflexion sur la conception de nouvelles maquettes (avis, échanges)						
5 - Imaginer des ponts entre les différentes formations de la nouvelle offre (mission envisagée du stagiaire)						
6 - Mettre en lumière la nouvelle offre et sa cohérence pour maximiser les retombées pour les acteurs et filières concernées notamment les acteurs forestiers.						

Moyens mobilisés

- Temps des animateurs
- Temps des responsables de formation



- Réunions d'animation + Outils d'animations
- Mise en relation avec des acteurs socio-économiques
- Stagiaire + encadrement
- Outils de communication
- Frais de mission

• **ANNEXE : Budget prévisionnel du projet (partenaires académiques seulement) :**

	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
Postes de dépenses	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Investissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-					0				
Personnel permanents	30	37	9.75	5.25	59.5	0	50.5	32	82.5
Frédéric Archaux (INRAE, 3% ETP, 1 mois)	5	5	2	1	13	0	13	0	13
Aurélien Lepennetier (VEGEPOLYS, 4,5% ETP, 45 jours)	8	10	5	2	2	0	0	25	25
Stéphanie Bankhead (LBLGC, 18% ETP, 1 mois)	3	4	0.25	0.25	7.5	0	7.5	0	7.5
Elisabeth Hugué (IRBI, 3% ETP, 1 mois)	4	5	0.5	0.5	10	0	10	0	10
Emmanuelle Thill (EPL Loiret, 3% ETP, 1 mois)	4	5	0.5	0.5	10	0	10	0	10
XXXX (Ing-e en cours de recrut., EPL Loiret, 3% ETP, 1 mois)	2	3	1	0.5	7	0	0	7	7
Stéphanie Wurpillot (IGN, 3% ETP, 1 mois)	4	5	0.5	0.5	10	0	10	0	10
Personnel non permanent	15	20	5	5	45	45	0	0	45
XXXX (Ingénieur-e de Recherche, INRAE, 25% ETP, 9 mois)	15	20	5	5	45	45	0	0	45
Fonctionnement	1	24	1	1	22	26	0	0	26
Stage Ingénierie des formations (6 mois)	0	3.5	0	0	0	3.5	0	0	4
Supports concertation et visibilité des formations	0	20	0	0	20	20	0	0	20
Missions	0.5	0.5	0.5	0.5	2	2	0	0	2
TOTAL	46	81	15	11	127	71	51	32	153

FICHE PROJET DE RECHERCHE PARTENARIAL - ARD CVL SyCoMore

Evaluer et anticiper les dépérissements pour CONserver une gestion durable et multiFonctionnelle de la foRêt (RECONFORT)

Nom des responsables scientifiques : Cécile Vincent-Barbaroux

Etablissement, unité de recherche du responsable : LBLGC – Université d'Orléans

Autres acteurs académiques concernés ou impliqués dans le projet :

INRAE – EFNO, (hors région) INRAE BIOGECO (Bordeau), INRAE LESSEM (Grenoble),
CESBIO (Toulouse)

Acteurs non académiques

Fibois, CNPF-IDF, DSF, IGN, ONF, UNISYLVA, CybeleTech

Positionnement du projet par rapport aux axes scientifiques et par rapport aux autres projets du programme :

En se focalisant sur l'étude des peuplements en place avant récolte, elle s'inscrit en amont des fiches projets RENOUV et GENFORFUTUR qui se focalisent sur la forêt de demain.

Domaines de spécialisation (DPS) concernés par le projet :

- DPS 1 - Ingénierie et métrologie environnementales pour les activités fortement consommatrices de ressources naturelles
- DPS 5 - TIC et services pour le tourisme patrimonial

Résumé

Les changements globaux exposent actuellement les écosystèmes forestiers à des contraintes environnementales nouvelles ou d'une ampleur exceptionnelle. Ces contraintes, qui devraient s'accroître encore dans les décennies à venir, réduisent la vigueur de diverses essences de la Région Centre-Val de Loire, à diverses échelles, de l'arbre, aux peuplements et massifs forestiers et aboutissant à l'extrême au dépérissement des arbres. Cette perte de vigueur risque de compromettre les potentialités multifonctionnelles des forêts et leurs services écosystémiques associés. Le projet RECONFORT propose de développer des approches et des outils permettant de mieux évaluer les dépérissements et la production des peuplements forestiers afin de mieux appréhender leurs conséquences sur la filière bois en Région. L'objectif *in fine* est de permettre une meilleure gestion de ces crises sanitaires. Plus spécifiquement, le projet propose (i) de développer des outils permettant de détecter rapidement et de quantifier finement les dépérissements en Région, et (ii) d'adapter des modèles de croissance aux conditions climatiques à venir afin de proposer des itinéraires sylvicoles en adéquation avec les nouvelles conditions environnementales.

Contexte scientifique

Les dépérissements forestiers résultent d'une perte de vigueur progressive de peuplements, voire de massifs forestiers entiers, sous l'action souvent complexe de plusieurs facteurs environnementaux (Manion 1981). Ces facteurs agissent de manière successive ou concomitante et incluent généralement des facteurs prédisposant (par exemple, les caractéristiques pédologiques des stations, les espèces et/ou l'origine génétique considérées), des facteurs déclenchants (par exemple, des événements de sécheresse et canicule sévères ou répétés, des défoliations successives suite à des attaques de phytophages) induisant une perte de vigueur des peuplements, et enfin des facteurs aggravants (par exemple, des ravageurs cambioxyphages ou des pathogènes racinaires opportunistes) contribuant à la mort des arbres affaiblis (Manion 1981 ; Sallé et al 2014). Ces dépérissements peuvent aboutir à des mortalités importantes, s'étalant sur plusieurs années, et concernent de nombreuses essences forestières. Bien que connus de longue date, ces phénomènes se manifestent actuellement avec une intensité et une ampleur sans précédents (Allen et al. 2010 ; Anderegg et al. 2016).

Les changements globaux en cours entraînent des modifications importantes des écosystèmes forestiers en termes de biotope et de communautés pouvant affecter leur durabilité ainsi que la qualité et la multifonctionnalité des services qu'ils assurent. En plus d'une hausse globale

de la température, les scénarios de changement climatique prédisent en Europe une augmentation de la fréquence et de l'intensité d'événements climatiques extrêmes comme les tempêtes, les canicules ou les sécheresses (IPCC 2018). Par conséquent une hausse significative de la sévérité et de l'ampleur des dégâts en forêts tempérées est attendue, suite à l'affaiblissement général des massifs forestiers (Allen et al 2010 ; Lindner et al 2010 ; Taccoen et al 2019). Outre ces impacts directs sur la santé des arbres, les changements climatiques peuvent aussi fortement affecter de manière indirecte les peuplements en favorisant le développement ou l'agressivité de pathogènes et de ravageurs forestiers (Ramsfield et al 2016 ; Seidl et al 2017). Enfin, dans le cadre des changements globaux, les écosystèmes forestiers sont aussi exposés de manière accrue aux invasions biologiques, notamment de pathogènes et ravageurs forestiers (Liebhold et al 2017).

Un affaiblissement généralisé des peuplements est observable depuis plusieurs années dans les écosystèmes forestiers Méditerranéens (Carnicer et al 2011), et est devenu perceptible récemment dans les forêts de la Région Centre-Val de Loire dans des peuplements de plusieurs essences d'importance (DSF 2018). Ces signaux d'alerte présument une ampleur similaire à la crise sanitaire émergente sur les chênaies publiques de l'Allier (ONF comm. pers.). En effet, les chênes et les pins commencent à subir les contrecoups des sécheresses et canicules successives des dernières années (DSF 2018, CNPF-IDF comm. pers.) tandis que les châtaigniers subissent un déclin marqué suite à la conjonction entre une recrudescence d'attaques racinaires de *Phytophthora* et des contraintes hydriques estivales sévères (Robin & Gaudry 2019).

Compte-tenu de l'ampleur des changements annoncés, les enjeux de gestion associés aux dépérissements sont extrêmement importants. Une première étape dans la gestion de ces crises est de pouvoir rapidement les détecter et quantifier leur intensité et leur ampleur spatiale. La détection et quantification des dépérissements est actuellement principalement réalisée au travers de relevés de terrain. Une bonne caractérisation à l'échelle d'un massif nécessite la mobilisation d'une quantité importante de personnel et/ou un temps consacré aux relevés important. Une alternative économe en temps et en personnel, et permettant d'avoir une information à grande échelle et précise serait l'emploi de l'imagerie satellite. Différentes méthodes cartographiques basées sur l'analyse d'images satellites à différentes résolutions spatiale et temporelle se sont avérées suffisamment robustes pour réaliser une extrapolation spatiale des niveaux de défoliations de massifs de chênes (Belouard et al. 2018) et de conifères (Lambert et al. 2013). De même l'utilisation d'images Sentinel 2 a également permis une bonne restitution du niveau de dépérissement des chênes sessiles et pédonculés du massif forestier de Vierzon (Champeau 2018, rapport de Master 1). Plus récemment le stage d'ingénieur d'Aurore Alarcon (2020) a permis un travail collaboratif Université d'Orléans-DSF-ONF-CESBIO pour explorer le potentiel des images satellitaires Sentinel 1 et 2 sur le dépérissement des chênes en région Centre Val de Loire.



Objectifs

Le projet est programmé sur 36 mois et comprend quatre objectifs :

- le développement d'outils permettant de détecter rapidement et de quantifier finement les dépérissements sur différentes essences clés de la Région Centre Val de Loire,
- adapter des modèles de croissance aux conditions climatiques à venir afin de proposer des itinéraires sylvicoles en adéquation avec les nouvelles conditions environnementales en Région Centre Val de Loire.

Action 1 - Détection et cartographie des dépérissements forestiers

Responsables scientifiques : Cécile Vincent-Barbaroux (LBLGC) et Hilaire Martin (INRAE EFNO)

Equipes de recherche impliquées : LBLGC, INRAE (EFNO), (hors région) INRAE BIOGECO (Bordeau), INRAE LESSEM (Grenoble), CESBIO (Toulouse)

Partenaires associés et/ou concernées : DSF, ONF (RDI et Agence VDL), CNPF-IDF, IGN-IFN, UNISYLVA, CybeleTech, experts académiques hors région (INRAE DYNAFOR (Toulouse), IGN (Nancy))

Objectifs de l'action 1

- Détecter précocement les dépérissements par imagerie satellite et quantifier leur ampleur spatiale.
- Avertir les gestionnaires/propriétaires forestiers du niveau et du risque local de dépérissement, essence par essence, et les décideurs et autorités locales afin de prendre des décisions politiques en cas de dépérissements de grande ampleur

Déroulé des tâches

Tâche 1.1 - Valider le pouvoir prédictif de la télédétection pour caractériser le niveau de dépérissement des peuplements feuillus et résineux en croisant observations de terrain et données aéroportées.

Objectifs

Cette tâche sera orientée sur deux espèces cibles de la Région Centre Val de Loire, les chênes (sessile et pédonculé) et le pin sylvestre pour lesquelles le maximum d'observations existe en Région.

Dans cette partie du projet, l'objectif sera de comparer ces différentes méthodes en testant leur pouvoir prédictif sur des forêts pour lesquelles aucune observation de terrain n'est disponible afin de dégager celle qui permettrait d'avoir la meilleure précision pour un moindre coût opératoire. Dans un premier temps, toutes les sources d'images satellites multispectrales et radar ainsi que toutes les observations disponibles seront utilisées, en particulier les données du Département de la Santé des Forêts (DSF), celles qui seront récoltées à partir de 2020 par l'Inventaire Forestier National sur les chênes en collaboration avec le DSF, et celles provenant des placettes de suivi du GIS Coopérative des données² (réseaux d'expérimentation sylvicole pour la recherche et le développement, associant INRAE, AgroParisTech, CNPF, FCBA, ONF, CPFA) et des réseaux de suivi des peuplements forestiers d'Irstea dont OPTMix. Ces différents réseaux permettent d'avoir un historique de l'état sanitaire des arbres dans différentes zones de la région Centre-Val de Loire avec certains réseaux peu ou pas atteints par le dépérissement qui pourront alors être utilisés comme référence en termes d'état

² <https://www6.inra.fr/giscoop>

sanitaire de la forêt en région. Ce croisement de données nécessitera de géolocaliser précisément les points de relevés terrain ; cette étape sera également l'occasion de relever des variables environnementales complémentaires permettant de mieux identifier les facteurs prédisposants au risque de dépérissement. Enfin des relevés de terrain supplémentaires pourront être acquis selon les besoins en se concentrant essentiellement sur les chênes et le pin sylvestre.

En parallèle, il devient urgent de développer le pouvoir prédictif de ces méthodes cartographiques sur l'évolution des dépérissements dans les années à venir. En effet, jusqu'à présent, les méthodes employées ne permettaient pas de réaliser une cartographie rétrospective en l'absence de données de référence spécifiques : le modèle de classification obtenu à partir des données de référence d'une année s'appliquant difficilement aux images d'une autre année (Townsend et al. 2012, Belouard 2018). Un effort particulier sera initié en ce sens dans le projet en se focalisant sur les chênaies afin de développer un modèle cartographique robuste même sur les zones où les données de terrain font défaut, et tenter de dégager un signal temporel des dépérissements afin de proposer des trajectoires d'évolution futures de ces massifs forestiers.

Enfin la détection des arbres est désormais possible par la technique du LiDAR (scanner laser) qui permet d'extraire les caractéristiques individuelles de chaque arbre (hauteur, surface, volume), qu'il soit caché ou non par un autre arbre. Cette approche permettrait dans le cadre de ce projet d'évaluer la ressource forestière impactée par les dépérissements, conjointement avec les méthodes de détection optique et radar. Un transfert vers la filière sera également initié afin de répondre au mieux à leurs attentes.

Méthodologie

Dans cette partie du projet l'objectif serait de comparer différentes méthodes de détection des dépérissements pour dégager celle qui permettrait d'avoir la meilleure précision pour un moindre coût opératoire. Cette tâche se fera en concertation avec des experts en télédétection (INRAE, ONF-RDI, CNPF-IDF, CESBIO et prestataires). Différentes améliorations sont envisagées :

- (i) Tout d'abord au niveau de l'acquisition des données de terrain, il convient d'utiliser des données de référence mieux adaptées aux images satellitaires: les surfaces d'observation devant être cohérentes avec la résolution des images. Ensuite, l'échantillonnage des peuplements observés doit assurer une bonne représentation des diverses situations sylvosanitaires. Il doit bien sûr comporter des peuplements endommagés mais également des peuplements sains afin de disposer de données d'apprentissage contrastées et correspondant à toutes les réalités couvertes par les images, des situations les plus favorables aux situations les plus défavorables. En complément des données du DSF des relevés de terrain seront également envisagés dans cette tâche en collaboration avec le CNPF-IDF et l'ONF.
- (ii) Ensuite, il est envisagé de tester la pertinence de toutes les bandes spectrales des images satellitaires afin de réduire le nombre de bandes significativement impliquées

dans l'identification du phénomène de dépérissement. D'autres prédictors seront également testés dans le cas précis des dépérissements. Ainsi, Townsend et al. (2012), Hawryło et al. (2018) retiennent d'autres indices de végétation dont certains utilisent les bandes du moyen infrarouge et les bandes de la transition rouge-proche infrarouge (*red edge*). De leur côté, Lambert et al. (2013) utilisent un indicateur de type *greenness* basé sur la série chronologique de l'indice de végétation NDVI pour caractériser la phénologie des peuplements forestiers et ses anomalies. L'apport de l'imagerie radar sera également testée.

- (iii) L'utilisation de séries d'images satellitaires à haute résolution temporelle comme les images Sentinel 2, sera également développée sur l'année entière et nécessitera l'utilisation d'une chaîne de traitement automatisée en exploitant le cluster du CNES et/ou la chaîne iota2 développée par le CESBIO³. Ces supports de calculs permettront d'automatiser la détection des dépérissements forestiers en réalisant de manière automatisée les étapes de prétraitement des données satellitaires ainsi que la partie apprentissage, classification, et validation.
- (iv) Les séries temporelles longues d'images satellitaires comme celles proposées par le satellite Landsat seront utilisées pour détecter un signal temporel d'évolution du dépérissement en se basant sur les données rétrospectives de terrain ; si un signal suffisamment pertinent est détecté, il pourra à terme être utilisé dans un but de prédiction des dépérissements futurs.
- (v) L'acquisition de données LIDAR sur le massif de Lorris permettra d'estimer les quantités de volume de bois impactées par le dépérissement.
- (vi) Enfin nous prévoyons une phase test des résultats obtenus par télédétection auprès d'un groupe de professionnel via une solution simple d'évaluation permettant la remontée d'information sur la viabilité de ces résultats. Il sera également prévu d'évaluer une action de transfert auprès des gestionnaires par la réalisation d'un cahier des besoins et des charges pour analyser la mise à disposition des données issues de la télédétection.

Tâche 1.2 - Spatialiser le degré de dépérissement des différentes essences en région Centre Val de Loire

Objectifs

Les dépérissements concernent plusieurs essences en Région Centre-Val de Loire. L'objectif ici est de pouvoir adapter les modèles développés sur les chênes et le pin sylvestre à d'autres essences d'intérêt pour la Région. Afin de disposer d'un nombre suffisant d'observations de terrain pour valider les modèles, une application sur smartphone associée à des protocoles de terrain simplifiés sera développée à destination des gestionnaires/propriétaires forestiers pour localiser les arbres plus ou moins dépérissants (en lien avec l'application prévue dans la fiche projet « Quelles ressources génétiques forestières pour le futur et leur résilience face au changement climatique ? »). Il s'agira à la fois de faire remonter l'état des peuplements mais aussi d'aider les gestionnaires à adapter au besoin leurs opérations. Plusieurs options

³ Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère (CNRS) : <https://www.cesbio.cnrs.fr/>

sont possibles, soit en utilisant des applications existantes comme FORECCAsT by BioClimSol et DiagARCHI développées par le CNPF-IDF ou Ephytia par le centre INRAE de Bordeaux, soit en en proposant de nouvelles. Une réflexion quant au stockage et à la valorisation scientifique de ces données sera également développée. A plus long terme, il pourra être nécessaire de régionaliser les outils existants et/ou d'étendre ces outils à d'autres essences (par exemple le frêne à l'instar de ce qui a été fait dans l'Est de la France dans le projet Chalfrax) ou encore d'intégrer de nouveaux modules.

Methodologie

Afin de spatialiser le degré de dépérissement des différentes essences en région Centre-Val de Loire (*i.e.* les chênes sessiles et pédonculés, le châtaignier, le pin sylvestre, le douglas, le pin laricio), la (ou les) méthode(s) développée(s) dans la tâche 1.1 serai(en)t appliquée(s) pour chaque espèce cible sur la base de données participatives récoltées sur le terrain. Pour cette partie du projet l'accent serait mis sur le transfert d'outils connectés comme diagARCHI auprès d'un réseau de référents régionaux chargés de déployer son utilisation sur les chênes, le pin sylvestre et le douglas, auprès des gestionnaires et propriétaires forestiers de la région.

Moyens mis en œuvre

- Implication de chercheurs et ingénieurs permanent
- Recrutement de CDD et Master 2, 1 post doc sur 2 ans
- Equipement : achat de GPS de précision et matériel informatique
- Fonctionnement : missions, consommables (disques durs externes et serveur) prestations de service pour l'acquisition de données terrain par le CNPF-IDF, l'ONF, Unisylva et analyses et avis d'expert sur les résultats obtenus.

Calendrier prévisionnel

- Livrables année 1 :
 - état des lieux des différentes méthodes cartographiques actuelles, analyses bibliographiques
 - Mise au point méthodologique en collaboration avec les experts
- Livrables année 2 :
 - Comparatif des méthodes cartographiques proposées en livrables année 1,
 - Premiers résultats en région Centre-Val de Loire, sur feuillus (chênes essentiellement) et résineux (pins sylvestre essentiellement).
 - Mise en place d'une méthode automatisée
 - Evaluation de la ressource forestière impactée par les dépérissements sur un massif forestier ayant servi de test
- Livrables année 3 :
 - Cartographie des dépérissements sur les différentes essences de la région Centre-Val de Loire

- Transfert d'outils connectés auprès des gestionnaires et propriétaires forestiers
- Bilan des tests de prédiction des dépérissements par analyse du signal de dépérissement passé.
- Publications d'articles de synthèse scientifiques et à destination de la filière.
- Organisation d'un colloque de restitution à l'attention de la filière.

Résultats et retombées attendus à l'issue du projet

- Articles scientifiques
- Articles techniques
- Données cartographiques à intégrer dans l'amélioration de modèles de croissance existants (action 2).
- Evaluation rapide des impacts en cas de crise sanitaire déclarée

Action 2 - Modélisation de la croissance et des processus liés au dépérissement

Responsables scientifiques : Thomas Pérot et Sandrine Perret (INRAE EFNO)

Equipes de recherche impliquées : INRAE EFNO

Partenaires associés et/ou concernés : GIS Coopérative des données, ONF, CNPF-IDF, DSF

Objectifs de l'action 2

- Adapter des modèles de croissance ou dynamique de peuplements aux conditions climatiques à venir,
- Afin de pouvoir proposer des itinéraires sylvicoles en adéquation avec les nouvelles conditions environnementales en Région Centre Val de Loire.

Déroulé des tâches

Objectifs

Les modèles de croissance sont un outil de simulation de croissance de peuplements d'arbres, dont les paramètres sont ajustés à partir d'observations de terrain. Ils permettent en particulier d'explorer différents itinéraires sylvicoles (fréquence et intensité des coupes ou choix des essences par exemple) et identifier parmi eux, ceux qui sont les plus à même de garantir une meilleure production sylvicole ou encore une meilleure résistance/résilience face aux aléas climatiques. Certains modèles de croissance des arbres intègrent des composantes climatiques permettant d'étudier des scénarios climatiques et sylvicoles, mais ceci ne constitue pas la règle générale. Par ailleurs, ces modèles ne simulent pas le possible dépérissement de tout ou partie des peuplements, en dehors généralement de la mortalité engendrée par la compétition intra-spécifique.

Des modèles de croissance des peuplements réguliers monospécifiques de pin sylvestre et pin laricio ont été développés (Pérot et al. 2007, Meredieu 1998) pour simuler la croissance et la production des arbres et peuplements, en fonction de différents itinéraires sylvicoles dont le régime des éclaircies. Ils sont implémentés sous la plateforme de simulation Capsis (Dufour-Kowalski et al 2012) et sont utilisés pour l'élaboration de guides sylvicoles et en appui à la gestion forestière (Chabaud et al. 2009 par exemple). De nombreuses observations et mesures laissent fortement penser que ces modèles deviennent actuellement inadaptés. Les causes sont multiples, contraintes climatiques et émergence de pathogènes divers, mais en tout état de cause les différentes équations des modèles devraient être révisées pour en tenir compte.

Méthodologie

Les modèles de croissance ont un domaine de validité donné, déterminé par les jeux de données ayant servi à leur calibration, qui sont eux-mêmes souvent restreints du fait de la complexité et de la lourdeur de leur acquisition. L'utilisation des modèles en dehors de leur domaine de validité relève de l'extrapolation. Le contexte du changement climatique multiplie cette extrapolation car de nombreux modèles de croissance n'intègrent pas explicitement les caractéristiques environnementales (sol, climat), comme c'est le cas pour les modèles pin sylvestre et pin laricio. Ces modèles nécessitent ainsi d'être actualisés sur la base d'observations plus récentes et perfectionnées, afin de prendre en compte explicitement les conditions de croissance et de rendre compte de l'impact des aléas biotiques ou abiotiques sur la probabilité de dépérissement.

Ce travail nécessite ainsi la mobilisation de jeux de données conséquents et précis. Il utilisera les données et réseaux de dispositifs expérimentaux existants, tel le réseau pin laricio du GIS Coop (Seynave et al. 2018). Des données complémentaires pendant la durée du projet seront collectées et des peuplements supplémentaires pourront être recherchés pour compléter le jeu de données pour permettre la formalisation des nouvelles équations de croissance, leur calibration et validation et leur implémentation informatique dans les modules de simulation sous Capsis.

A plus long terme, il sera envisagé d'améliorer le modèle existant RReShar (Balandier et al. 2013), simulant la dynamique de peuplement irrégulier, de façon à intégrer une composante dépérissement en se basant sur des mesures de croissance d'arbres dans différents états sanitaires (pour estimer le risque de dépérissement/mortalité en lien avec le niveau de croissance). Cette extension permettra à terme de simuler des trajectoires sylvicoles intégrant du dépérissement forestier dans l'optique d'identifier les trajectoires minimisant le risque.

Moyens mis en œuvre

- Implication de chercheurs, ingénieurs et techniciens permanents
- Recrutement d'un post-doc sur 2 ans

- Recrutement d'un CDD technicien sur 3 mois

Calendrier prévisionnel

Livrables année 1: état des lieux sur les données existantes permettant de modifier les modèles de croissance et planification pour l'acquisition de nouvelles données

Livrables année 2 : acquisition de nouvelles données de croissance et ajustement des nouvelles équations dans les modèles permettant de prendre en compte l'effet du climat sur la croissance et le dépérissement

Livrables année 3 : fin de l'ajustement des nouvelles équations dans les modèles et début de l'implémentation dans les modules informatiques sous Capsis

Livrables année 4 : fin de l'implémentation des nouvelles équations et finalisation des modules informatiques sous Capsis (Laricio, Sylvestris et RReShar)

Résultats et retombées

- Articles scientifiques et techniques
- Modules informatiques d'aide à la décision pour la construction d'itinéraires sylvicoles

Impacts sur le tissu économique et scientifique et sur l'environnement

La Région abrite le deuxième plus grand massif forestier de France, la Sologne, et la plus grande forêt domaniale de France métropolitaine, la forêt d'Orléans. Les chênaies et pinèdes constituent ainsi un élément fondamental du paysage régional qui risque de subir dans les années à venir, en réponse aux changements globaux, des transformations profondes. Des dépérissements forestiers affectent déjà de manière plus ou moins marquée plusieurs massifs régionaux (ex. Vierzon et Châteauroux). Plus que jamais tous les acteurs de la filière bois ont besoin d'outils de suivi à large échelle et en fréquence régulière, via la télédétection, pour suivre et anticiper au mieux la gestion des impacts du changement climatique sur la forêt. Ce projet RECONFORT correspond donc à un enjeu économique et culturel territorial majeur; le chêne du bassin ligérien représente un patrimoine et une ressource de haute valeur.

Enfin ce projet permettra de renforcer les liens toujours plus forts entre l'Université d'Orléans et INRAE, et de développer une synergie avec de nombreux partenaires non académiques régionaux. Cette synergie renforcera les compétences en télédétection en région Centre-Val de Loire par la mutualisation des forces vives présentes et s'enrichira de collaborations et d'échanges multiples avec d'autres experts hors Région.

Gestion de la propriété intellectuelle

Chaque partenaire demeurera propriétaire des connaissances scientifiques et techniques, du savoir-faire, des droits et des titres de propriété industrielle en sa possession avant le début du projet. Durant la réalisation du projet, les partenaires s'engagent à respecter une stricte confidentialité et à ne pas divulguer ou communiquer toutes les informations issues des travaux sans un accord préalable des coordinateurs et de l'ensemble du consortium.

Les modalités de protection des résultats du projet seront définies dans un accord de consortium entre les différents partenaires. Celui-ci décrira en outre les modalités de gestion et obligations des partenaires concernant l'exploitation commerciale des résultats détenus en copropriété. La propriété des résultats de l'étude sera définie d'un commun accord.

Les données acquises au cours du projet sont libres d'utilisation par les partenaires dans le cadre du projet. En dehors du cadre du projet, les données seront disponibles pour les partenaires mais leur utilisation nécessitera un droit de regard des autres partenaires du consortium. Dans l'hypothèse d'un accord, l'origine des données et le projet devront être cités.

Signature des responsables scientifiques :

Cécile Vincent-Barbaroux



ANNEXE

Nom du partenaire socio-économique :

CNPF-IDF (établissement à caractère administratif, 45000)

Marché(s) visé(s) :

Anticiper les impacts des dépérissements pour maintenir le bon état multifonctionnel des forêts de la région

Positionnement du projet dans la stratégie du partenaire socio-économique :

- Actions en phase avec les priorités du contrat d'objectifs et de performance (COP) du CNPF ainsi qu'avec les travaux de RDI actuellement en cours à l'IDF.
- Actions en phase avec les priorités du plan régional de la forêt et du bois (PRFB).

Apport du partenaire socio-économique au projet académique :

- Outils de diagnostics sylvo-climatiques en cours de développement et de déploiement. Expertise nationale en matière de changement climatique
- Réseau de correspondants observateurs du DSF (8 techniciens CRPF répartis dans les départements de la région Centre-Val de Loire). Personnels bien formés.
- Expertise sur des projets forestiers en télédétection
- Expertise en stations forestières
- Lien avec les propriétaires forestiers, les centres d'études techniques et économiques forestières (CETEF) et groupements de développement forestiers (GDF), pour la mise en place de références, et les retours d'expériences
- Formations et publications adaptées aux publics des développeurs, de l'administration, des gestionnaires et des propriétaires forestiers

Besoins propres du partenaire socio-économique pour son projet de développement :

- Expertises IDF et CNPF en co-financement
- Prise en charge de stagiaires et CDD

Retombées socio-économiques envisagées à court ou à long terme :

- Approvisionnement régulier des industriels sans « à coups » liés à l'afflux massif de bois en cas de crises sanitaires
- Anticipation des crises sanitaires et mesures préventives associées
- Evaluation rapide des impacts en cas de crise sanitaire déclarée
- Conseils personnalisés et formation des propriétaires adaptée à la santé des forêts



- Information du grand public sur l'action des forestiers en matière de santé des forêts

Signature du partenaire socio-économique :


Claire HUBERT
Directrice générale

ANNEXE

Nom du partenaire socio-économique :

ONF (établissement public à caractère industriel et commercial, 45760)

Marché(s) visé(s) :

Assurer le renouvellement des forêts en tenant compte des contraintes actuelles et futures pour assurer la multifonctionnalité des forêts (rôle économique, environnemental et social)

Positionnement du projet dans la stratégie du partenaire socio-économique :

- Action en phase avec les enjeux du contrat d'objectif et de performance de l'ONF (Axes « Relever le défi du changement climatique et de la préservation de la biodiversité » et « Mieux répondre aux attentes spécifiques de l'Etat et des citoyens »)
- Action en phase avec les priorités du plan régional de la forêt et du bois (PRFB)

Apport du partenaire socio-économique au projet académique :

- Installation et suivi de parcelles expérimentales et de démonstration
- Co-financement de travaux pour l'installation de parcelles expérimentales
- Expertise RDI en télédétection
- Encadrement de stagiaires
- Expertise nationale et régionale sur les itinéraires techniques de renouvellement
- Mise à disposition de bases de données et participation aux échanges sur l'équilibre forêt gibier

Besoins propres du partenaire socio-économique pour son projet de développement :

- Installation et suivi d'essais expérimentaux (temps de personnels et travaux) par les personnels ONF en co-financement
- Financement d'un stage sur le renouvellement en futaie régulière à l'ONF (autofinancement pour l'encadrement)
- Expertise par les personnels ONF en co-financement

Retombées socio-économiques envisagées à court ou à long terme :

- Assurer le renouvellement des forêts de la Région en maximisant la réussite des itinéraires de régénération et en comprenant mieux leurs impacts environnementaux

- Impact sur l'aval de la filière et auprès des pépinières et des entreprises de reboisement
- Mieux comprendre les perceptions et représentations sociales de la forêt pour mieux communiquer sur la gestion multifonctionnelle
- Favoriser l'atteinte de l'équilibre sylvo-cynégétique

Signature du partenaire socio-économique :

Christophe Poupat, Directeur de l'Agence ONF Val de Loire



Le Directeur de l'Agence Val de Loire
Délégué pour la Région Centre Val de Loire

Christophe POUPAT

ANNEXE A REMPLIR PAR CHAQUE PARTENAIRE SOCIO-ECONOMIQUE

Nom du partenaire socio-économique :

Département de la Santé des Forêts (DSF) (Administration, 45100)

Marché(s) visé(s) :

Evaluer et anticiper les impacts des dépérissements pour maintenir le bon état multifonctionnel des forêts de la région

Positionnement du projet dans la stratégie du partenaire socio-économique :

- Les dépérissements constituent un pan important de perturbation des écosystèmes forestiers, cœur de métier du Département de la Santé des forêts.
- Le positionnement temporel du projet consécutivement à deux années climatiques particulièrement impactantes constitue une opportunité unique.

Apport du partenaire socio-économique au projet académique :

- Outils de diagnostics sylvo-climatiques, formation et déploiement. Expertise nationale sur les dépérissements forestiers
- Organisation du réseau de correspondants observateurs du DSF (13 techniciens régulièrement formés)
- Expertise sur des projets forestiers en télédétection
- Gestion des bases de données

Besoins propres du partenaire socio-économique pour son projet de développement :

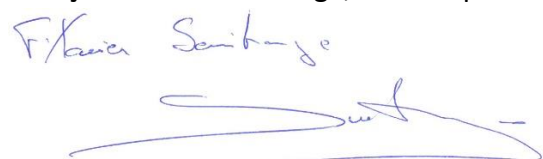
- Aucun

Retombées socio-économiques envisagées à court ou à long terme :

De par leur ampleur, ces questions de dépérissement sont au cœur des préoccupations des gestionnaires mais aussi de l'ensemble des utilisateurs de la forêt. Ce projet améliorera les connaissances et les outils pour fluidifier la gestion des crises actuelles et à venir.

Signature du partenaire socio-économique :

François-Xavier Saintonge, chef de pôle Santé des forêts DSF



ANNEXE A REMPLIR PAR CHAQUE PARTENAIRE SOCIO-ECONOMIQUE

Nom du partenaire socio-économique :

CybeleTech (SAS, 45000)

Marché(s) visé(s) :

Filière sylvicole privée en France et à l'étranger

Positionnement du projet dans la stratégie du partenaire socio-économique :

Action techniquement en phase avec l'expertise de CybeleTech en matière d'imagerie satellite appliquée au végétal et économiquement en phase avec une démarche en cours d'ouverture vers la filière sylvicole.

Ce partenariat permettra à CybeleTech de conforter ses compétences en imagerie sur un thème d'importance directement lié à la sylviculture et d'actualité vis-à-vis du changement climatique. Ces compétences pourront être ultérieurement réutilisées sur des applications commerciales en France et à l'étranger.

La participation à ce projet vise également à renforcer / développer les liens que CybeleTech possède avec les acteurs de la filière sylvicole en région, notamment en exposant CybeleTech au travers des outils finalisés à destination de la filière, afin de favoriser l'émergence d'autres partenariats futurs et de liens commerciaux.

Apport du partenaire socio-économique au projet académique :

CybeleTech amènera au projet ses compétences en matière de traitement de l'imagerie satellite radar et de détection de signal en général et en particulier dans ce type de données. Outre la contribution directe à la détection / cartographie des dépérissements par cette approche, CybeleTech mettra en place un système d'information qui permettra aux partenaires académiques d'accéder aux images satellites qu'elle aura traitées afin de pouvoir en faire usage par eux-mêmes, tester d'autres approches permises par ce type de donnée et développer leurs propres compétences en la matière.

Dans un 2^e temps, CybeleTech amènera ses compétences en matière de développement / déploiement de plateformes logicielles pour l'observation et l'aide à la décision dans les domaines agricoles et sylvicoles. Cette contribution participera à mettre à disposition des acteurs filière des outils finalisés issus des travaux de recherche menés dans le cadre du projet SyCoMore, valorisant ainsi leurs résultats.

Besoins propres du partenaire socio-économique pour son projet de développement :

Cofinancement des personnels affectés au projet de recherche et au développement des outils logiciels pour la filière. Cofinancement des moyens informatiques mis en œuvre pour assurer la délivrance des outils logiciels et de l'imagerie satellite radar et les calculs nécessaires à cela.

Retombées socio-économiques envisagées à court ou à long terme :

- Anticipation des crises sanitaires
- Approvisionnement plus régulier des industriels en limitant les « à coup » liés à l'afflux massif de bois en cas de crises sanitaires. Les méthodes mises en place pourront être dupliquées tant à l'échelle française qu'à celle de nos voisins européens, ce qui est important dans un marché globalisé où les crises sanitaires chez nos voisins ont également des répercussions sur la filière sylvicole française
- En ce qui concerne CybeleTech et son activité en région CVL, développement du pôle sylviculture et recrutement de nouveaux collaborateurs

Signature du partenaire socio-économique :

Marie Joseph LAMBERT, Président CybeleTech



CYBELETECH SAS
Siren: 535136741
Siège social: 1 avenue du Champ de Mars
45100 Orléans
Siège administratif: 2 Rue Chaintron
92120 Montrouge

ANNEXE

Nom du partenaire socio-économique (nom, statut, code postal) :

UNISYLVA (coopérative forestière, siège 87000, agences à Bourges, La Châtre, Blois et Tours)

Marché(s) visé(s) :

Anticiper les dépérissements des forêts gérées par UNISYLVA pour prévenir les crises sanitaires, adapter au mieux les forêts au changement climatique

Positionnement du projet dans la stratégie du partenaire socio-économique :

Les dépérissements massifs d'arbres entraînent une chute des cours du bois du fait de l'afflux très important de bois mis sur le marché et d'une dégradation de leur qualité (voir crise en cours sur l'épicéa attaqué par les scolytes). Cela déstabilise par effet ricochet tous les marchés des bois, ce qui est préjudiciable aux propriétaires forestiers adhérents d'UNISYLVA. De plus, cela complique le renouvellement de ces forêts (perte de revenu limitant le réinvestissement en forêt, surfaces importantes concernées). Pour prévenir cela, il est essentiel de disposer d'outils permettant de détecter et d'anticiper les dépérissements de masse grâce aux outils de télédétection, puis de renouveler les forêts avec des essences et une sylviculture adaptées.

Apport du partenaire socio-économique au projet académique :

- Co-financement de travaux pour l'installation puis le suivi de parcelles expérimentales
- Apport de données de terrain sur les peuplements dépérissant
- Avis d'expert sur les résultats obtenus
- Diffusion des résultats du projet auprès des 12 000 adhérents de la coopérative (réunions d'information, newsletters)

Besoins propres du partenaire socio-économique pour son projet de développement :

- Appui à la mise en place et au suivi de parcelles expérimentales


Retombées socio-économiques envisagées à court ou à long terme :

- Anticipation des crises sanitaires d'origine biotique ou abiotique permettant d'en réduire l'impact socio-économique pour les propriétaires forestiers

- Réduction des risques pour les opérateurs travaillant en forêt (intervention dans les peuplements présentant des risques élevés du fait des branches et arbres secs, cf 5 bûcherons morts en novembre dans le Grand-Est)

Signature du partenaire socio-économique :

Emmanuel Cacot, Directeur technique coopérative UNISYLVA



UNISYLVA
Siège social
31 avenue Baudin
CS30260
87007 LIMOGES Cedex 1
Tél : 05.55.77.00.81
Fax : 05.55.77.52.00
R.C.S. Limoges 059 060 657 - 79 D 78
Siret : 059 060 657
N° appellation : 2607

Emmanuel Cacot
Directeur technique

• **ANNEXE : Budget prévisionnel du projet (partenaires académiques seulement) :**

	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
Postes de dépenses	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Investissement	25	0	0	0	25	25	0	0	25
GPS précision Action 1	15	0	0	0	15	15	0	0	0
Matériel informatique Action 1	10	0	0	0	10	10	0	0	0
Personnel permanents	33	67	68	28	196	0	196	0	196
Cécile Vincent-Barbaroux (Univ Orléans LBLGC, 17% ETP, 6 mois)	6,6	13,2	13,2	6,6	39,6	0	39,6	0	39,6
Hilaire Martin (INRAE EFNO, 17% ETP, 6 mois)	5,8	11,6	11,6	5,8	34,8	0	34,8	0	34,8
Frédéric Archaux (INRAE EFNO, 3% ETP, 1 mois)	3	3	4	3	13	0	13	0	13
Jean-Matthieu MONNET (INRAE EFNO, 1,5% ETP, 0,5 mois)	0	1,8	1,8	0	3,5	0	3,5	0	3,5
Philippe Balandier (INRAE PIAF, 4% ETP, 1,5 mois)	4,8	4,8	4,8	0	14,4	0	14,4	0	14,4
Sandrine Perret (INRAE EFNO, 17%ETP, 6 mois)	5,8	11,6	11,6	5,8	34,8	0	34,8	0	34,8
Thomas Pérot (INRAE EFNO, 17%ETP, 6 mois)	7	14	14	7	42	0	42	0	42
Thierry Belouard (INRAE BIOGECO, 1% ETP, 0,5 mois)	0	3	3	0	6	0	6	0	6
François Xavier Saintonge (DSF, 0,5% ETP, 1 semaine)	0	1	1	0	2	0	2	0	2
Anne Jolly (ONF, 1% ETP, 0,5 mois)	0	3	3	0	6,1	0	6,1	0	6,1
Personnel non permanent	0	101	93	0	194	194	0	0	194
Post doc 24 mois, 67% ETP, Univ Orléans LBLGC Action 1	0	45	45	0	90	90	0	0	90
Post doc 24 mois, 67% ETP, INRAE EFNO Action 2	0	48	48	0	96	96	0	0	96
CDD 3 mois, 8% ETP, INRAE EFNO Action 2	0	7,8	0	0	7,8	7,8	0	0	7,8

(suite)	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Postes de dépenses									
Fonctionnement	3	126	90	7	226	226	0	0	226
4 stagiaires M2	0	4	8	4	16	16	0	0	16
Consommables Univ Orléans LBLGC	1	2	2	1	6	6	0	0	6
Missions Univ Orléans LBLGC	1	4	4	1	10	10	0	0	10
Missions INRAE EFNO (Action 1 et 2)	1	3,5	3,5	1	9	9	0	0	8
Consommables INRAE EFNO	0	3	2	0	5	5	0	0	5
Prestation mise à disposition données GIS Coop Univ Orléans LBLGC	0	5	0	0	5	5	0	0	5
Prestation mise à disposition données GIS Coop INRAE EFNO	0	5	0	0	5	5	0	0	5
Prestation mise à disposition images	0	70	0	0	70	70	0	0	70
Prestation expertise terrain et analyse image CNPF	0	20,5	37,6	0	58,1	58,1	0	0	58,1
Prestation expertise terrain et analyse image ONF	0	2	2	0	4	4	0	0	4
Prestation expertise terrain et analyse image DSF	0	2	2	0	4	4	0	0	4
Prestation expertise télédétection (IGN, CESBIO, LESSEM, Dynafor...)	0	5	5	0	10	10	0	0	10
Prestation expertise terrain Unisylva	0	0	24	0	24	24	0	0	24
TOTAL	61	293	251	35	641	445	196	0	641

FICHE PROJET DE RECHERCHE PARTENARIAL - ARD CVL SyCoMore

Renouveler les forêts de la région pour les rendre plus résilientes face aux changements climatiques (RENOUV)

Nom du responsable scientifique : Anders Mårell et Christian Ginisty

Etablissement, unité de recherche du responsable : INRAE (EFNO)

Autres acteurs académiques et non-académiques concernés ou impliqués dans le projet :

Académiques : INRAE (BioForA, Infosol, TETIS, SILVA)

Socio-économiques : Fibois, CNPF-IDF, ONF, UNISYLVA, pépiniéristes, entreprises de travaux forestiers, DDTs, DRAAF, DREAL

Positionnement du projet par rapport aux axes scientifiques et par rapport aux autres projets du programme :

Le projet RENOUV est en lien avec la fiche projet RECONFORT pour le maintien de l'état boisé ainsi que pour l'utilisation de la télédétection et le développement d'outils d'aide à la décision. Le projet est également en lien avec la fiche projet GENFORFUTUR pour le choix des plants pour des plantations afin d'adapter la forêt au changement climatique sur le plan génétique.

Domaines de spécialisation (DPS) concernés par le projet :

- DPS 1 - Ingénierie et métrologie environnementales pour les activités fortement consommatrices de ressources naturelles
- DPS 5 - TIC et services pour le tourisme patrimonial

Résumé

Le renouvellement de la forêt représente un défi de taille pour les sylviculteurs et les autres acteurs de la filière forêt-bois parce que c'est un engagement de long terme qui doit à la fois répondre aux demandes sociétales tout en prenant en compte les contraintes climatiques et biotiques actuelles et futures.

L'objectif du projet RENOUV est d'acquérir de nouvelles connaissances sur le fonctionnement et la dynamique du socio-écosystème forestier ainsi que de développer et mettre en application des techniques innovantes pour régénérer la forêt et la rendre plus résiliente et résistante face aux pressions imposées par le changement climatique et l'augmentation des populations d'ongulés sauvages. Nous étudierons de nouvelles pratiques de renouvellement respectueuses de l'environnement, s'inspirant des mécanismes naturels, tout en prenant en compte des attentes et des représentations de la société. Enfin, nous mettrons en place de nouveaux outils connectés et participatifs, qui permettront d'orienter les choix sylvicoles et de suivre le succès des efforts de renouvellement forestier.

Le développement technologique des outils de suivi permettra de renforcer la compétitivité d'une part, notamment des PME de la région Centre-Val de Loire spécialisées en métrologie environnementale, tout en fournissant des outils d'aide à la décision pour les services déconcentrés de l'Etat (suivi du Plan régional Forêt Bois et programme CAP Forêt) et, d'autre part, des acteurs socio-économiques de la filière forêt-bois : entreprises de travaux, pépiniéristes, propriétaires et gestionnaires forestiers (modèles de croissance, outils d'aide à la décision).

Contexte général

La forêt de la région Centre-Val de Loire occupe une superficie de 955 000 ha qui représente 26% du territoire. Majoritairement composée de feuillus (82% du volume, Chênes principalement), elle est détenue à 87% par des propriétaires privés. Le *Programme régional de la forêt et du bois Centre-Val de Loire (2019-2029)* élaboré par la commission régionale de la forêt et du bois (CRFB), présidée conjointement par le préfet de région et le président du Conseil Régional, prévoit un objectif de récolte supplémentaire afin de répondre aux besoins en bois de la filière et contribuer à la transition énergétique et écologique (bioéconomie). L'une des orientations majeures consiste à adapter la forêt au changement climatique en diversifiant les essences, en renforçant la prévention des risques et en restaurant l'équilibre sylvo-cynégétique là où il est compromis. Le présent projet propose d'y contribuer en étudiant, avec les partenaires socio-économiques concernés, **la question du renouvellement forestier avec le changement climatique en toile de fond.**

Le renouvellement des peuplements est une exigence du code forestier : toute exploitation de bois mature doit être compensée par une régénération de surface équivalente et de qualité au moins similaire. Selon les choix de sylviculture, le renouvellement peut s'envisager par régénération naturelle ou par plantation. Prépondérante en forêt domaniale et à un moindre degré en forêt privée, la sylviculture en futaie régulière privilégie la régénération naturelle par coupes progressives lorsque c'est possible notamment pour les chêne sessile et le pin sylvestre. Le projet RENOUV propose de revoir cette pratique **dans la perspective du changement climatique en considérant des méthodes de renouvellement innovantes** (par exemple régénération par parquets, sous couvert...). La sylviculture en futaie irrégulière (à couvert continu) se développe depuis 20 ans en forêt privée, plus particulièrement dans les anciens taillis sous futaie ; près de la moitié des Plans Simples de Gestion (PSG) déposés annuellement au CRPF d'Ile-de-France et du Centre-Val de Loire retiennent ce choix de gestion pour les peuplements feuillus à base de chênes. Cette sylviculture préconise des interventions sans coupe rase et avec une régénération diffuse et continue. La sylviculture en futaie irrégulière du chêne n'a été que très peu étudiée par la recherche forestière publique : **le projet RENOUV veut développer la connaissance des conditions de réussite de la régénération en futaie irrégulière.** Cette sylviculture permettrait notamment de transformer progressivement les peuplements de chênes pédonculés, sensibles au réchauffement climatique, en peuplements à base d'autres chênes autochtones plus résistants (chênes sessile, chêne pubescent).

D'un côté, les régénérations en région Centre-Val de Loire sont aujourd'hui très contraintes et perturbées par les grands ongulés sauvages (cerf, chevreuil, sanglier). De l'autre, les cervidés contribuent fortement à l'identité de la région et au tourisme (Sologne, Chambord) et sont une composante importante de l'écosystème. Le Plan régional Forêt-Bois Centre-Val de Loire a bien identifié ce point et propose de « restaurer et maintenir l'équilibre sylvo-cynégétique » en agissant sur la dynamisation de la sylviculture et du renouvellement. Une plus grande concertation entre forestiers et chasseurs est également attendue.

Ce sont ces thématiques que **le projet RENOUV propose d'étudier, à savoir les options sylvicoles pour la régénération forestière en fonction de la pression d'herbivorie locale**, avec l'objectif d'aboutir à des solutions techniques innovantes, respectueuses de la nature et économiquement viables pour les propriétaires forestiers et les professionnels qui les accompagnent.

La forêt est soumise à de nombreuses perturbations abiotiques (sécheresses, incendies, tempêtes, gelées tardives) et biotiques (ongulés, insectes, champignons) (Bengtsson *et al.* 2000). La reconquête spontanée de la forêt face à ces perturbations est un processus naturel qui fait partie de la dynamique d'une forêt. Les traitements sylvicoles se situent le long d'un gradient d'intensité de perturbations en allant des coupes à blanc de grandes surfaces (similaires aux perturbations causés par des incendies et des tempêtes) à la sélection d'arbres pied à pied à petite échelle (similaire à la perturbation induite par la chute d'un arbre) (Schall *et al.* 2018).

Le régime en futaie régulière est celui qui a été privilégié par les sylviculteurs en Europe et en Amérique du Nord depuis plus d'un siècle (Puettmann, Messier & Coates 2009). Le succès du régime en futaie régulière, assez souvent en monoculture, réside dans son efficacité opérationnelle pour garantir la production du bois à long terme et le rendement économique à court terme (Kuuluvainen, Tahvonen & Aakala 2012). Plus récemment, la prise en compte de la complexité des écosystèmes forestiers a été moteur dans le développement des approches de sylvicultures (et de gestions forestières) plus écologiques, considérées comme plus proche de la nature (Fahey *et al.* 2018). Ces dernières pratiques utilisent la complexité structurelle (*e.g.* structure du peuplement) et fonctionnelle (*e.g.* composition en essences) pour augmenter la capacité adaptative des forêts. Ces systèmes plus complexes ont été jugés plus résilients et résistants face au réchauffement climatique (Thompson *et al.* 2009) et plus bénéfiques pour la préservation de la biodiversité à l'échelle du peuplement (Paillet *et al.* 2010). Cependant, à l'échelle du massif forestier, la mosaïque de peuplements de différentes classes d'âges qui résulte du traitement régulier s'avère bénéfique à un plus large spectre d'espèces animales et végétales que l'application du traitement irrégulier (Schall *et al.* 2018)

Face à ce changement de paradigme, les régimes sylvicoles et les modes de renouvellement se diversifient et se complexifient (Fahey *et al.* 2018), et l'utilisation par les gestionnaires de différentes pratiques non-évaluées scientifiquement se multiplient (Pommerening & Murphy 2004). De plus, les efforts de boisement (afforestation), et l'aménagement forestier dans sa globalité, sont perçus comme des moyens importants pour atténuer le changement climatique par le rôle de puits de carbone (Luyssaert *et al.* 2010) et à travers le rôle de substitution du bois aux énergies fossiles. Il devient ainsi urgent d'étudier ces nouvelles pratiques sylvicoles, et en particulier la phase clé du renouvellement, afin d'évaluer l'efficacité de ces pratiques et garantir une gestion durable de la forêt face au changement climatique (Brang *et al.* 2014).

Objectifs généraux du projet

Le projet vise à développer les connaissances sur la dynamique de régénération forestière en interaction avec les paramètres de l'environnement (micro-climat, herbivorie) susceptibles d'en affecter le succès. Il vise à mieux connaître les blocages d'ordre technique, économique ou sociétal pour :

- Améliorer la connaissance sur la dynamique de régénération en traitement irrégulier et sur les itinéraires de régénération en traitement régulier.
- Amplifier les initiatives de recherche basées sur le développement et l'appui des sciences participatives, en impliquant les acteurs pour rechercher des solutions technico-économiques satisfaisantes.
- Utiliser les nouvelles technologies (télédétection, modélisation, TIC) au service de la recherche et de la gestion.
- Développer des modèles de simulation sylvicole ou améliorer les modèles existants, permettant de formaliser les connaissances, de réaliser des bâtir des prédictions et d'actualiser les guides de sylviculture.
- Produire des outils numériques de communication et/ou de formation.
- Développer et adapter des outils connectés de diagnostics sylvo-climatiques pour guider le sylviculteur en région Centre-Val de Loire dans sa décision de renouvellement.
- Associer les partenaires du développement, de la gestion (coopératives, experts, entreprises) et les acteurs (propriétaires, chasseurs, usagers, ...) au développement d'outils de médiation et de communication.

Le projet se compose de 2 actions en interaction :

- **Action 1 - Régénération** : Techniques de renouvellement et identification des facteurs de blocage
- **Action 2 - Outils** : Outils de diagnostic et d'aide à la décision

L'identification des facteurs de blocage à la régénération forestière et la recherche des solutions (action 1) pour lever les contraintes constituent le cœur du programme de recherche de cette fiche projet (Figure 2). Le transfert de savoir-faire du projet RENOUV se fera via le développement d'outils de diagnostic et d'aide à la décision (action 2).

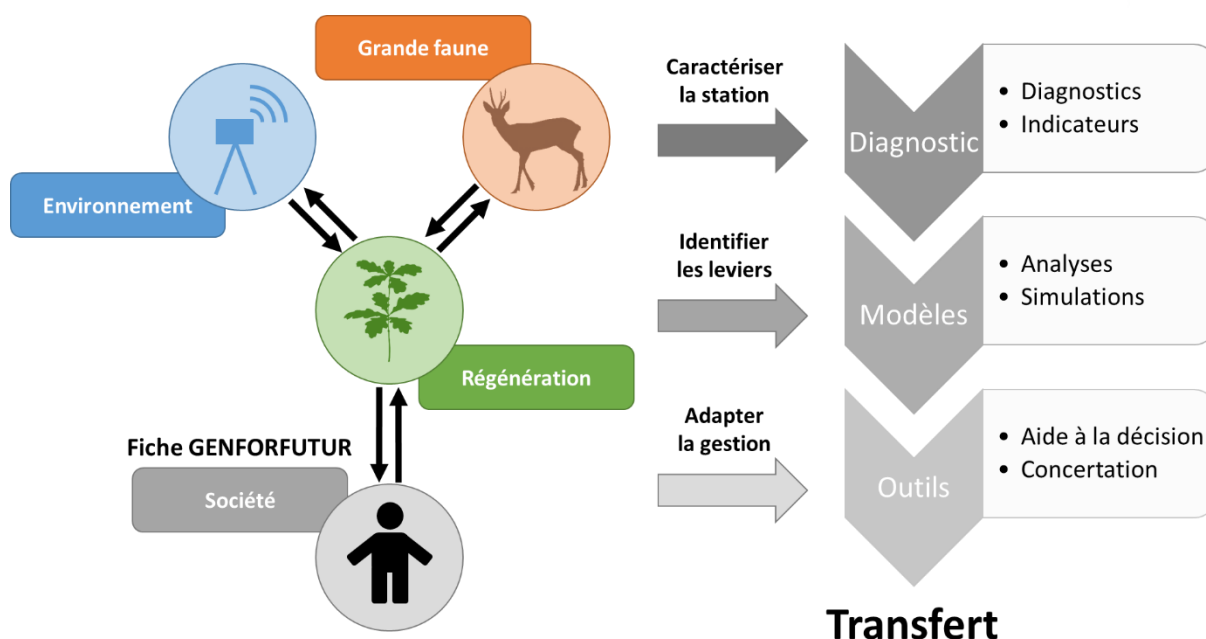


Figure 2. Représentation schématique du projet RENOUV

Action 1 - Techniques de renouvellement et identification des facteurs de blocage

Responsables scientifiques : Christian Ginisty (INRAE, EFNO), Alain Colinot (CNPF), Jordan Bello (ONF)

Equipes de recherche impliquées : INRAE (EFNO), (hors région) INRAE-SILVA

Partenaires associés et/ou concernés : ONF-RDI, ONF-Agence VDL, UNISYLVA, CRPF, IDF, Fibois CVDL, Pépiniéristes, Entreprises de travaux forestiers

Contexte

Les causes d'insuffisance du renouvellement forestier sont multiples (problèmes de fructification, prédation des graines, concurrence végétale, abrouissement des semis/plants, compaction du sol et engorgement, fermeture du couvert, etc.) et souvent en interactions les unes avec les autres. Il est important de mieux comprendre les facteurs de blocage et leurs interactions afin de trouver de nouvelles solutions techniques au renouvellement forestier. Cela est d'autant plus nécessaire que les incertitudes liées au réchauffement climatique obligent les sylviculteurs à tester de nouvelles essences aux performances mal connues.

L'objectif de cette action est (i) de produire de nouvelles connaissances sur l'interaction entre essences à différents stades de développement et niveaux de compétition intra- et interspécifique, (ii) de modéliser la dynamique des semis et des plants, en fonction de la disponibilité des ressources nécessaires (eau, lumière, nutriments) et de la pression d'herbivorie (ongulés). Nous chercherons à tester et à développer des innovations techniques

au sein d'itinéraires de gestion des peuplements feuillus ou mélangés, aussi bien en traitement régulier qu'irrégulier. La finalité est d'assurer un renouvellement des forêts régionales de chêne dans des conditions environnementales satisfaisantes et de proposer des itinéraires techniques qui soient économiquement viables.

Cette action, sur la période 2021-2024, propose :

- De dresser un bilan des itinéraires techniques existants afin d'évaluer leur efficacité et faisabilité du point de vue technique, économique et environnemental,
- D'étudier et identifier les facteurs de blocage du renouvellement forestier par l'utilisation de protocoles expérimentaux,
- D'instaurer des approches participatives pour le suivi à long terme des initiatives de renouvellement, en particulier des mélanges futaies-taillis.

Bilan des itinéraires techniques existants de renouvellement forestier

Nous ferons un bilan des itinéraires de renouvellement forestier en région Centre-Val de Loire depuis 15 ans, en concertation avec les différents acteurs impliqués (propriétaires forestiers, experts forestiers, coopératives, conseillers forestiers, forestiers ONF, techniciens CRPF). Il s'agira de recueillir les initiatives déjà réalisées, les besoins et les idées en matière d'itinéraires techniques de renouvellement forestier. Nous nous focaliserons sur les forêts traitées en futaie irrégulière. Nous comparerons ces résultats avec une synthèse bibliographique qui s'appuiera sur les travaux publiés par l'association ProSilva et ceux de la littérature scientifique internationale. L'objectif est de dresser un bilan des réalisations de différents itinéraires techniques en région Centre-Val de Loire, des freins et facteurs de réussites au renouvellement (sol, végétation concurrente, sylviculture avec éclaircies et dégagements...).

Expérimentations pour étudier les facteurs de blocage

Nous projetons d'étudier les facteurs de blocage et les solutions pour lever ces blocages (i) en poursuivant le suivi des expérimentations en cours (dispositifs OPTMix⁴ et REGEBLOC⁵, réseau CRPF irrégulier) et (ii) en installant de nouvelles expérimentations en futaie régulière et irrégulière. Les nouvelles expérimentations en futaie régulière porteront sur la pratique du relevé de couvert partiel lors de la mise en régénération par coupe progressive avec l'appui de l'ONF (objectif de 6 placettes sur un total de 3 dispositifs). La pratique de plantations mélangées en complément sera étudiée. En futaie irrégulière, les expérimentations consisteront à faire varier la taille des trouées (ou parquets) de régénération et gérer le couvert environnant, en étroite collaboration avec le CRPF et UNISYLVA (objectif de 60 placettes sur un total de 6 à 10 dispositifs). Sur un tiers des placettes, nous assurerons un contrôle précis du peuplement (composition, structure, surface terrière), des paramètres environnementaux (lumière, humidité, température, cf. action 1) et de la protection contre les grands herbivores (dispositifs d'exclusion, protection individuelle ou répulsifs, qui sont

⁴ <https://optmix.irstea.fr>

⁵ <https://www6.inra.fr/renfor/Reseaux-d-experimentation/REGEBLOC>

couramment utilisés pour étudier l'effet des grands herbivores sur la végétation). La pression du gibier sera également appréciée soit via des pièges photographiques, soit via des relevés d'abrouissement. Nous effectuerons des relevés de végétation et analyserons les données du dispositif OPTMix. Nous profiterons des placettes installées et des zones protégées ou non protégées pour comparer leurs effets en traitements régulier et irrégulier.

Science participative sur le renouvellement

Nous mettrons en place un projet de sciences participatives autour de l'idée « Reboisons nos mélanges futaies-taillis ». Chaque propriétaire/gestionnaire concerné qui exploite des gros chênes s'engagera à installer par plantation un certain nombre de plants de l'espèce de son choix dans les trouées créées par l'exploitation. Il s'engagera à suivre et entretenir ces plantations et à communiquer les caractéristiques de la plantation (contexte, sol, taille de la trouée, etc) et les suivis de survie et croissance pendant 5 à 10 ans, aux acteurs la recherche.

Livrables

- Un réseau expérimental/démonstration sur la régénération
- Un site web de recueil des initiatives et réalisations des propriétaires et gestionnaires
- 3 rapports de stage de Master ou de fin d'étude d'ingénieur
- Rédaction d'un article scientifique (facteurs de blocages de la régénération forestière) et de 4 articles techniques (2 sur la conduite en futaie irrégulière, 1 sur l'impact du gibier, 1 sur les facteurs de blocages abiotiques)

Action 2 - Outils de diagnostic et d'aide à la décision

Responsables scientifiques : Anders Mårell et Christian Ginisty (INRAE, EFNO)

Equipes de recherche impliquées : INRAE (EFNO), (hors région) TETIS (Montpellier)

Partenaires associés et/ou concernées : CRPF, IDF, ONF, Fibois CVDL, UNISYLVA, IGN-IFN, Géo-Hyd, ONCFS, FRC/FDC (fédérations des chasseurs), DDTs, DRAAF, DREAL

Contexte

Le renouvellement des peuplements forestiers passe par plusieurs étapes et le gestionnaire a recours à des outils de diagnostic pour l'aider à caractériser les conditions stationnelles, identifier les leviers et adapter la gestion selon ces contraintes. La rapidité du changement climatique, en interaction avec les autres pressions environnementales, impose de renforcer la fiabilité et la précision de ces outils de diagnostic et d'utiliser de nouvelles technologies/voies de communication.

Dans un but de transfert de technologies et de savoir-faire vers les utilisateurs, cette action, sur la période 2020-2023, propose de :

- De développer des indicateurs afin de mieux caractériser les conditions de réussite des régénérations forestières et de transférer les outils de diagnostic;

- D'utiliser la modélisation pour identifier les leviers via l'analyse et la simulation ;
- De permettre aux utilisateurs d'adapter la gestion en mettant à leur disposition des outils d'aide à la décision et de la concertation, en prenant notamment comme exemple la gestion de l'équilibre forêt-gibier.

Développement d'outils de diagnostic et d'indicateurs

Il est prévu l'organisation de tests, l'amélioration et le transfert des outils de diagnostics sylvo-climatiques en cours d'élaboration et de déploiement aux échelles régionales et nationale (typologie des peuplements feuillus, Bioclimsol, ARCHI, pré-stations Nord-Ouest, Guide des habitats de la région Centre, DiagRégé du CRPF Bourgogne, IKSMap, Caravaniks). Ces outils sont destinés à diagnostiquer les peuplements en place (avenir de l'essence, structure du peuplement, risque de dépérissement) à différentes échelles (parcelle pour Bioclimsol, sylvo-éco-région pour IKS, arbres pour ARCHI, massif pour pré-station Nord-Ouest) et à orienter les futurs modes de sylviculture et de renouvellement, en prenant en compte le changement climatique, les risques phytosanitaires et le niveau des populations d'ongulés. Cette partie outil sera traitée par le CRPF et prise en charge dans le cadre de la fiche « valorisation socio-économique de la recherche ». Nous développerons également de nouveaux indicateurs en améliorant les technologies de télédétection (Radar, techniques issues du projet ReForest) utilisées pour la détection automatisée des peuplements en régénération et en élaborant de nouveaux indicateurs de pression et d'impact des cervidés/ongulés à partir de données existantes (données flore issues de l'inventaire forestier national et d'anciens projets de recherche, dont DYSERSE, financé par la région Centre-Val de Loire).

Identifier les leviers en utilisant des modèles

La prise en compte simultanée de la croissance, du dépérissement et de la mortalité des arbres, ainsi que des processus de renouvellement est nécessaire pour étudier la réponse de la forêt à ces contraintes biotiques et abiotiques et évaluer ses dynamiques possibles selon différents scénarii de sylviculture et d'évolution du climat. Ces processus s'étendant sur des temps longs, il n'est donc pas possible d'expérimenter sur le terrain tous les scénarii possibles mais des outils de modélisation peuvent être utilisés pour explorer l'ensemble des scénarii envisagés et fournir des prédictions sur des questions précises. Nous intégrerons les résultats et les nouvelles connaissances acquises dans l'action 1 pour calibrer des modèles mécanistes existants (Samsara et RReShar), permettant de simuler sur le long terme l'évolution des peuplements selon différents itinéraires sylvicoles et sous diverses contraintes environnementales. Par ailleurs, un module d'herbivorie par les grands mammifères est en train d'être implémenté dans ces modèles afin de rendre compte de l'impact sur la régénération des arbres.

Adapter la gestion via des outils d'aide à la décision et à la concertation

Dans le cadre du projet ReForest (financé par l'APR IR édition 2016), un outil d'aide à la décision a été développé avec de nouvelles solutions techniques pour accompagner les

acteurs afin d'améliorer la concertation et *in fine* la gestion intégrée de l'équilibre forêt-gibier en région Centre-Val de Loire. Cet outil n'a pour l'instant que la forme d'un démonstrateur, mais il n'en reste pas moins fonctionnel et utilisable pour montrer les services et les fonctionnalités escomptés. L'objectif sera de finaliser son développement et rendre le démonstrateur du projet ReForest opérationnel en intégrant de nouvelles fonctionnalités et procédures liées à la gestion de l'équilibre forêt-gibier.

Pour accompagner les utilisateurs dans l'implémentation de la plateforme collaborative pour la gestion de l'équilibre forêt-gibier en région Centre-Val de Loire, nous envisageons également d'assister les acteurs dans cette procédure de concertation via :

- la formation des utilisateurs à l'outil ;
- l'accompagnement des gestionnaires dans la mise en place d'une gestion adaptative dans les unités de gestion des populations de grand gibier.

Livrables

- Plateforme collaborative pour la gestion de l'équilibre forêt-gibier
- Outil de télédétection pour la détection des parcelles en renouvellement
- Un modèle de dynamique forestière disponible sous la plate-forme Capsis
- Indicateurs d'impact et de pression du gibier sur la régénération
- Rapports de stagiaires et rédaction d'articles scientifiques et techniques
- Transfert des outils de diagnostics sylvo-climatiques, et formation des gestionnaires et des propriétaires à l'utilisation de ces outils
- Accompagnement, formations et ateliers participatifs
- Jeux « sérieux » sur la forêt et la grande faune (à utiliser avec les parties prenantes lors des formations et ateliers participatifs)

Calendrier du programme

Action 1 : Régénération

Prospection pour installation placettes scientifiques (trouées, parquet FI, Régé en FR)
Etude bilan de l'expérience de rege en FI (avec CNPF)
Etude bilan des pratiques de régé par coupe progressive (avec ONF)
Installation et suivi placettes trouée parquet en FI (20 trouées par an)
Installation et suivi placettes en régé nat FR en plein (6 placettes, une parcelle par an)
Initiative participative propriétaire et gestionnaires "reboisons nos TSF"
Rédaction d'articles scientifiques et techniques

Action 2 : Outils

Organisation des tests outils avec groupe de progrès
Retour sur les tests et l'adaptation outils
Conception de nouveaux outils connectés (répérage GPS cloisonnement, trouées, parquets)
Conception d'outils intégrés de diagnostic
Modélisation via RReShar et Samsara
Mise en marché du développement de la plateforme collaborative
Finaliser la plateforme collaborative (le démonstrateur ReForest)
Outil de télédétection pour la détection automatisée des parcelles en renouvellement
Développement d'indicateurs floristiques (post-doc)
Accompagnement, formations et atelier participatifs sur l'équilibre forêt-gibier
Jeux de société
Rédaction d'articles scientifiques
Stages de master et/ou ingénieurs fin d'études

ARD SyCoMore											
2021		2022				2023				2024	
Trim3	Trim4	Trim1	Trim2	Trim3	Trim4	Trim1	Trim2	Trim3	Trim4	Trim1	Trim2
X	X										
		X	X	X							
						X	X	X			
		X	X			X	X			X	
	X	X				X	X			X	X
			X	X	X	X	X	X	X	X	X
		X	X			X	X			X	X
X	X	X	X	X	X	X	X				
				X	X	X	X	X	X	X	X
						X	X	X			
									X	X	X
X				X	X	X	X	X	X	X	
	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
		X	X				X	X			
		X	X	X	X	X	X				
X		X		X		X		X		X	
X	X	X				X	X	X			
						X	X		X	X	X
		X	X	X		X	X	X			

Moyens mis en œuvre

Les moyens mis en œuvre pour la réalisation du projet sont présentés ci-après :

- Implication de chercheurs et d'ingénieurs et de techniciens permanent des structures de recherche (6 ETP) et de développement,
- Recrutement de 3 CDD (2 ingénieurs d'étude et un technicien, 5 ETP) et de 2 post-doctorants (2,5 ETP),
- Accueil de 4 stagiaires master et ingénieurs et co-encadrement de 2 stagiaires accueillis par les partenaires,
- Installation d'expérimentations en collaboration avec les partenaires socio-économiques (CRPF, IDF, ONF, Coopérative forestière). Exploitation des références forestières existantes sur la futaie irrégulière (CNPf, experts),
- Modélisation de croissance et de dynamique en mobilisant les modèles existant et en les adaptant au contexte régional.

Tableau récapitulatif des dispositifs expérimentaux et d'études scientifiques mise en œuvre dans le cadre du projet :

Nom du dispositif/ Etude	Type de dispositif/étude	Caractéristiques du dispositif/étude	Actions	Année d'installation	Sources de financements	
					Installation	Autres sources
OPTMix	Expérimentation <i>in situ</i>	Un dispositif expérimental constitué d'un réseau de 33 placettes instrumentées en forêt domaniale d'Orléans sur une surface totale de 40 ha	1 et 2	2015	CPER Région Centre, ONF, INRAE	Région CVL : C4, ARD SyCoMore Ministère : ISY-BIOC Conventions de partenariat : ONF
Trouées FIRR	Expérimentation <i>in situ</i>	Un dispositif expérimental constitué d'un réseau de 60 placettes réparties sur 6 sites (parcelles) de la région Centre, y compris un dispositif de type enclos-exclos	1	2021-2024	ARD SyCoMore	Région CVL : ARD SyCoMore
Régé nat FR par dosage futaie/sous-étage	Essai sylvicole	Un réseau d'essais sylvicoles constitué de 3 sites, y compris un dispositif de type enclos-exclos	1	2021-2024	ARD SyCoMore ONF	Région CVL : ARD SyCoMore
REGEBLOC	Expérimentation <i>in situ</i>	Une parcelle expérimental avec une emprise expérimentale de 1,7 ha de futaie principalement de chêne sessile (quelques pédonculés) en phase de régénération	1	2017	Adevbois ONF ARD SyCoMore	Région CVL : ARD SyCoMore Ministère : Adevbois
Alternatives aux plantation en plein	Essai sylvicole	Un réseau d'essai sylvicoles constitué d'un minimum de 2 sites de plantation dans le recru ligneux en forêt publique	1	2021	ARD SyCoMore ONF	Région CVL : ARD SyCoMore
Accompagnement et formation des utilisateurs aux outils	Journées d'échanges et de formation	Interface d'échange avec les utilisateurs	2	2021-2024	ARD SyCoMore	Région CVL : ARD SyCoMore
Réseau participatif Reboisons nos mélanges futaies-taillis	Essais sylvicoles	Recensement des initiatives de plantation en trouée dans des mélanges futaie-taillis	1	2021-2024	ARD SyCoMore	Région CVDL : ARD SyCoMore
RReShar et Samsara2	Modèles	Modèles de dynamique forestière pour simuler le renouvellement des peuplements forestiers sous différents contraintes environnementales et de pratiques sylvicoles	2	2006 et 2016	Diverses sources de financement, hors région CVL	Région CVL : projets C4, ARD SyCoMore



Territoires pilotes et du projet ReForest	Groupes d'acteurs	Unités de gestion avec des parties prenantes pour tester et co-construire d'outils d'aide à la décision	2	2016-2019	Région CVL	Région CVL : ARD SyCoMore INRAE : appel à projets interne
Sites d'études du projet ReForest	Propriétés forestières	Jeu de validation pour les modèles de télédétection	2	2016-2019	Région CVL	Région CVL : ARD SyCoMore INRAE : appel à projets interne

Retombées (actions 1 et 2)

- Création d'un réseau international francophone (France, Belgique, Suisse, Canada) d'interface recherche-gestionnaire sur la futaie irrégulière en collaboration avec AgroParisTech Nancy et l'UMR SILVA
- Propositions d'itinéraires innovants favorisant la réussite des régénérations
- Mise en place d'une initiative participative propriétaire et gestionnaires « Reboisons nos mélanges futaies-taillis »
- Intégration de nouvelles connaissances et de nouveaux outils d'aide à la décision dans la gestion courante par les parties prenantes

Exploitation des résultats

- La mise à disposition des opérateurs forestiers de techniques innovantes et éprouvées de renouvellement forestier assurant une meilleure réussite des régénérations naturelles et artificielles
- La contribution d'entreprises de travaux forestiers (ETF) aux régénérations assistées
- Le développement des pépinières forestières régionales
- L'augmentation des surfaces en régénération (cf. indicateur du PRFB Centre-Val de Loire)
- Un essor de la biodiversité
-

Signature du responsable scientifique :

Anders MÅRELL



Christian GINISTY



ANNEXE

Nom du partenaire socio-économique :

ONF (établissement public à caractère industriel et commercial, 45760)

Marché(s) visé(s) :

Assurer le renouvellement des forêts en tenant compte des contraintes actuelles et futures pour assurer la multifonctionnalité des forêts (rôle économique, environnemental et social)

Positionnement du projet dans la stratégie du partenaire socio-économique :

- Actions en phase avec les enjeux du contrat d'objectif et de performance de l'ONF (Axes « Relever le défi du changement climatique et de la préservation de la biodiversité » et « Mieux répondre aux attentes spécifiques de l'état et des citoyens »)
- Actions en phase avec les priorités du plan régional de la forêt et du bois (PRFB)

Apport du partenaire socio-économique au projet académique :

Installation et suivi de parcelles expérimentales et de démonstration.

- Co-financement de travaux pour l'installation de parcelles expérimentales.
- Encadrement de stagiaire.
- Expertise nationale et régionale sur les itinéraires techniques de renouvellement.

Mise à disposition de bases de données et participation aux échanges sur l'équilibre forêt-gibier.

Besoins propres du partenaire socio-économique pour son projet de développement :

- Installation et suivi d'essais expérimentaux (temps de personnels et travaux) par les personnels ONF en co-financement
- Financement d'un stage sur le renouvellement en FR à l'ONF (autofinancement pour l'encadrement)
- Expertise par les personnels ONF en co-financement

Retombées socio-économiques envisagées à court ou à long terme :

Assurer le renouvellement des forêts de la Région en maximisant la réussite des itinéraires de régénération et en comprenant mieux leurs impacts environnementaux.

- Impact sur l'aval de la filière et auprès des pépinières et des entreprises de reboisement
- Mieux comprendre les perceptions et représentations sociales de la forêt pour mieux communiquer sur la gestion multifonctionnelle.
- Favoriser l'atteinte de l'équilibre sylvo-cynégétique

Signature du partenaire socio-économique :

Christophe Poupat, Directeur de l'Agence ONF Val de Loire



Le Directeur de l'Agence Val de Loire
Délégué pour la Région Centre Val de Loire

Christophe POUPAT

ANNEXE

CRPF et IDF (établissement public à caractère administratif CNPF, 45000)

Marché(s) visé(s) :

Dynamiser le renouvellement en forêt privée par l'amélioration des diagnostics des peuplements existants, et par des techniques de renouvellement adaptées aux évolutions climatiques et sociétales.

Positionnement du projet dans la stratégie du partenaire socio-économique :

- Actions en phase avec les priorités du contrat d'objectifs et de performance (COP) du CNPF ainsi qu'avec les travaux de RDI actuellement en cours à l'IDF
- Actions en phase avec les priorités du plan régional de la forêt et du bois (PRFB)

Apport du partenaire socio-économique au projet académique :

- Outils de diagnostic sylvo-climatiques en cours de développement et de déploiement
- Expertises IDF et CRPF en co-financement
- Bilan de la gestion en futaie irrégulière à partir des plans simples de gestion agréés par le CRPF
- Lien avec les propriétaires forestiers, les CETEF et GDF..., pour la mise en place de références, et les retours d'expériences
- Formations et publications adaptées aux publics des développeurs, de l'administration, des gestionnaires et des propriétaires forestiers

Besoins propres du partenaire socio-économique pour son projet de développement :

- Expertises IDF et CNPF en co-financement
- Prise en charge de stagiaires et CDD

Retombées socio-économiques envisagées à court ou à long terme :

- Adaptation de la forêt régionale au changement climatique et aux évolutions sociétales (multifonctionnalité de la forêt)
- Conseils personnalisés et formation des propriétaires adaptée à la sylviculture de précision
- Augmentation des surfaces forestières renouvelées
- Impact sur l'aval de la filière (ETF, scieries, 2ème transformation...)
- Impact auprès des pépinières et des entreprises de reboisement

Signature du partenaire socio-économique :

Claire Hubert, Directrice générale

Claire HUBERT

Directrice générale

ANNEXE

Nom du partenaire socio-économique :

UNISYLVA (coopérative forestière, siège 87000, agences à Bourges, La Châtre, Blois et Tours)

Marché(s) visé(s) :

Dynamiser le renouvellement en forêt privée par l'amélioration des diagnostics des peuplements existants, et par des techniques de renouvellement adaptées aux évolutions climatiques et sociétales

Positionnement du projet dans la stratégie du partenaire socio-économique :

La stratégie d'UNISYLVA pour la période 2017-2022 vise à accroître les surfaces en régénération (naturelle ou plantation) dans les forêts gérées par la coopérative sur la région Centre-Val de Loire du fait du retard pris ces dernières années et du vieillissement des peuplements notamment de chênes. Le changement climatique, s'accompagnant d'une mortalité accrue en particulier de chênes pédonculés pousse à ce renouvellement en trouvant des techniques et essences adaptées.

Apport du partenaire socio-économique au projet académique :

- Co-financement de travaux pour l'installation puis le suivi de parcelles expérimentales
- Expertise UNISYLVA sur la gestion des futaies de chêne (régulière et irrégulière)
- Diffusion des résultats du projet auprès des 12000 adhérents de la coopérative (réunions d'information, newsletters)

Besoins propres du partenaire socio-économique pour son projet de développement :


- Appui à la mise en place et au suivi de parcelles expérimentales

Retombées socio-économiques envisagées à court ou à long terme :

- Augmentation des surfaces forestières renouvelées dans les forêts gérées par UNISYLVA
- Adaptation des forêts gérées par UNISYLVA au changement climatique et aux évolutions sociétales
- Mise en place de solutions pour un meilleur équilibre sylvo-cynégétique
- Valorisation de la captation du carbone par les forêts

Signature du partenaire socio-économique :

Emmanuel Cacot, Directeur technique



UNISYLVA
Siège social
31 avenue Baudin
CS30260
87007 LIMOGES Cedex 1
Tél : 05.55.77.00.81
Fax : 05.55.77.52.00
R.C.S. Limoges 059 060 657 - 79 D 78
Siret : 000059
N° départemental 2807

Emmanuel Cacot
Directeur technique

ANNEXE : Budget prévisionnel du projet (partenaires académiques seulement) :

	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
Postes de dépenses	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Investissement	10	25	0	0	35	25	0	10	35
Carottier motorisé pour sondage profond INFOSOL	0	25	0	0	25	15	0	10	25
GPS de précision, INRAE (EFNO), action 1	10	0	0	0	10	10	0	0	10
Personnel permanents	122	195	113	61	491	0	491	0	491
Christian Ginisty, IR1, INRAE (EFNO), 0,16 ETP	28,5	28,5	0	0	56,9	0	56,9	0	56,9
Isabelle Bilger, IEHC, INRAE (EFNO), 0,07 ETP	3,1	6,1	6,1	3,1	18,3	0	18,3	0	18,3
Yann Dumas, IECN, INRAE (EFNO), 0,06 ETP	1,4	5,8	2,9	1,4	11,5	0	11,5	0	11,5
Olivier Chaintreuil, IEHC, INRAE (EFNO), 0,14 ETP	9,1	18,3	4,6	4,6	36,5	0	36,5	0	36,5
Sandrine Perret, AI, INRAE (EFNO), 0,03 ETP	1,3	2,5	1,3	0	5,1	0	5,1	0	5,1
Camille Couteau, TRNO, INRAE (EFNO), 0,18 ETP	6,5	13	3,3	3,3	26,1	0	26,1	0	26,1
Aviva Kara, TRNO, INRAE (EFNO), 0,04 ETP	1,5	4,5	0	0	6	0	6	0	6
Anders Mårell, CRCN, INRAE (EFNO), 0,33 ETP	14,8	29,6	29,6	14,8	88,7	0	88,7	0	88,7
Christophe Baltzinger, IAE DIVI, INRAE (EFNO), 0,06 ETP	4,5	9	4,5	0	17,9	0	17,9	0	17,9
Nadege Bonnot, CRCN, INRAE (EFNO), 0,06 ETP	3,7	7,4	3,7	0	14,7	0	14,7	0	14,7
Jean-Pierre Hamard, IR2, INRAE (EFNO), 0,17 ETP	20,3	13,5	0	0	33,8	0	33,8	0	33,8
Agnès Rocquencourt, IECN, INRAE (EFNO), 0,17 ETP	5,8	11,5	11,5	5,8	34,6	0	34,6	0	34,6
Yves Boscardin, AI, INRAE (EFNO), 0,27 ETP	8,5	16,9	16,9	8,5	50,8	0	50,8	0	50,8
Adélie Chevalier, TRNO, INRAE (EFNO), 0,27 ETP	6,7	13,4	13,4	6,7	40,2	0	40,2	0	40,2
Hilaire Martin, AI, INRAE (EFNO), 0,08 ETP	0	2,5	2,5	5,1	10,2	0	10,2	0	10,2
A. Bispo, C/ Le Bas, IR, INRAE (INFOSOL, 3% ETP, 1 mois)	2	2,5	2,5	2,5	9,5	0	9,5	0	9,5
B. Laroche, L. Boulonne, IE, INRAE (INFOSOL, 11% ETP, 4mois)	4	10	10	4,6	28,6	0	28,6	0	28,6
S. Lehmann, AI, INRAE (INFOSOL, 1% ETP, 1 semaine)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	2	0	2

(suite)	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Postes de dépenses									
Personnel non permanent	65	204	107	20	396	396	0	0	396
CDD IE en expérimentation 36 mois EFNO (actions 1)	20.3	40.7	40.7	20.3	122.0	122.0	0.0	0.0	122.0
CDD IE informatique-géomatique 18 mois (action2)	15.1	45.3	0.0	0.0	60.4	60.4	0.0	0.0	60.4
CDD TR 18 mois EFNO (action 1)	11.9	35.6	0.0	0.0	47.5	47.5	0.0	0.0	47.5
Post-doc indicateurs équilibre forêt-gibier 18 mois EFNO (action 2)	18.0	37.0	18.0	0.0	73.0	73.0	0.0	0.0	73.0
Post-doc en modélisation 18 mois EFNO (action 2)	0.0	25.0	48.0	0.0	73.0	73.0	0.0	0.0	73.0
CDD IE caractérisation des sols 6 mois INFOSOL (action2)	0.0	20.0	0.0	0.0	20.0	20.0	0.0	0.0	20.0
Fonctionnement	55	80	51	17	203	182	5	16	203
Ordinateur de terrain, INRAE (EFNO), action 1	3	0	0	0	3	3	0	0	3
4 stages de Master 2 EFNO x 6 mois, (actions 1 et 2)	0.0	7.5	3.8	3.8	15.0	15.0	0.0	0.0	15.0
2 stages de Master 2 EFNO – ONF X 6 mois (action 1)	0.0	3.5	3.5	0.0	7.0	7.0	0.0	0.0	7.0
Missions pour le personnel permanent et CDD, EFNO (actions 1et2)	9.0	18.0	18.0	9.0	54.0	40.0	0.0	14.0	54.0
Matériel de mesures et consommables	14.0	7.0	7.0	0.0	28.0	26.0	0.0	2.0	28.0
Mise en place des enclos, prestations de service, actions 1	15.0	15.0	0.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0	30.0
Achat de plants, prestations de service, action 1	4.8	9.5	4.8	0.0	19.0	19.0	0.0	0.0	19.0
Suivi des expérimentations, prestations de service, action 1	4.2	8.3	8.3	4.2	25.0	20.0	5.0	0.0	25.0
Analyses de sol, INFOSOL	0	5	5	0	10	10	0	0	10
Missions pour le personnel permanent et CDD, INFOSOL (actions 1et2)	0	1	1	0	2	2	0	0	2
Développement d'un jeu sérieux	5.0	5.0	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	10.0
TOTAL	252	504	271	98	1125	603	496	26	1125

FICHE PROJET DE RECHERCHE PARTENARIAL - ARD CVL SyCoMore

Quelles ressources génétiques forestières pour le futur face au changement climatique ? (GenForFutur)

Nom des responsables scientifiques : Yves Rousselle et Eric Sevrin

Etablissement, unité de recherche du responsable : UMR BioForA INRAE-ONF ; CNPF-IDF

Autres acteurs académiques concernés ou impliqués dans le projet :

- INRAE (EFNO)
- Université d'Orléans –(LBLGC)
- INSA CVL (CITERES)

Acteurs non académiques

- Arbocentre
- CRPF
- DSF
- Entreprises de Travaux Forestiers (ETF)
- ONF
- Pépinières Baucherie
- Radoux, scieur
- UNISYLVA

Positionnement du projet par rapport aux axes scientifiques et par rapport aux autres projets du programme :

Cette fiche GenForFUTUR s'intéresse aux ressources génétiques lors de la phase de renouvellement par plantation. Ce projet est en lien avec la fiche RENOUV qui se penche plus sur les itinéraires sylvicoles. Il pourra également bénéficier du projet RECONFORT pour qualifier la résistance et la résilience des ressources génétiques.

Domaines de spécialisation (DPS) concernés par le projet :

- DPS 1 - Ingénierie et métrologie environnementales pour les activités fortement consommatrices de ressources naturelles

Résumé

Les ressources génétiques forestières constituent un levier fort d'adaptation des forêts au changement climatique. La région Centre-Val de Loire possède des atouts qu'il est nécessaire de renforcer.

L'objectif de ce projet est de développer des ressources innovantes afin de caractériser les ressources génétiques disponibles en région Centre-Val de Loire et de connaître leur résilience face aux changements climatiques, de tester de nouvelles ressources plus adaptées mais aussi l'impact de ces modifications sur l'ensemble de la filière forestière, de la production de plants à l'utilisation finale du bois. Pour atteindre ce but, des nouveaux outils connectés seront développés pour caractériser la ressource, suivre son évolution mais aussi permettre, aussi bien aux gestionnaires forestiers qu'aux acteurs de la filière (ETF, filière graines et plants, scieurs...) et aux particuliers de parfaire leurs connaissances sur les ressources génétiques. Les attentes de tous les utilisateurs de la forêt seront prises en compte afin de proposer des solutions pour une forêt résiliente.

Contexte général :

La vulnérabilité des forêts face aux changements globaux est une préoccupation majeure pour les forestiers de la région Centre-Val de Loire. La répétition d'épisodes de crises comme les tempêtes, les canicules de l'été 2003 mais aussi 2019, les sécheresses à répétition, ou les épisodes pluvieux intenses ainsi que des attaques importantes de ravageurs et pathogènes ont fortement contribué à cette prise de conscience. Tous les différents scénarios climatiques produits par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) font craindre un déclin de la productivité de la forêt française (Charru, 2012). Ce déclin est si important que la filière ne pourrait résister à la concurrence faute de produit de qualité. De plus, la trajectoire climatique prise ces dernières années, l'ampleur des impacts (Cheaib et al. 2012, Tacoen et al 2019) et la durée de rotation des essences impliquent une réaction rapide et appropriée des gestionnaires forestiers. Notre savoir-faire et nos méthodes sylvicoles actuels ne vont pas suffire pour maintenir des peuplements productifs (Paillassa & Perrier, 2017). Il est donc devenu crucial d'anticiper en proposant dès aujourd'hui des options d'adaptation raisonnées et innovantes à partir des savoirs existants. Il est possible d'agir maintenant et concrètement avec les gestionnaires en les intégrant dans une démarche de recherche participative visant à améliorer nos connaissances collectives. La mise en place de réseaux pluridisciplinaires d'acteurs est nécessaire pour l'ingénierie et la mise en œuvre de ces actions. Elle constitue une solution efficace pour répondre aux enjeux d'adaptation de la forêt aux changements attendus. La mise en commun des moyens à la fois des organismes de recherche, de R&D publics et privés et des acteurs de la filière en lien avec les utilisateurs des forêts est, de plus, une option efficace pour répondre à des problématiques nationales et complexes.

Selon l'étude « Disponibilités de bois des forêts en région Centre-Val de Loire à l'horizon 2036 » réalisée en 2018 par le pôle national d'expertise sur les ressources forestières et carbone de l'IGN, la région Centre-Val de Loire présente 955 000 hectares de forêts de

production (hors peupleraies) soit 234,2 millions de m³ de bois sur pied et un taux de boisement de 24% avec des hétérogénéités géographiques. Les chênes sessile et pédonculé représentent à eux seuls la moitié du volume sur pied (128.7 Mm³) suivis par les pins (pin sylvestre et pin noir laricio) avec 38.5 Mm³. Ce rapport met aussi en évidence le faible nombre d'espèces présentes sur notre territoire contrairement à d'autres régions et insiste sur le fait que des massifs à bonnes potentialités se trouvent dans des zones à urgences climatiques. Ces résultats ont été pris en compte dans le programme CRFB (2018-2028) qui prévoit notamment d'adapter la forêt aux différents enjeux futurs en diversifiant les essences. Ce projet a pour but d'apporter des propositions sur ce point en prenant en compte les implications pour une gestion multifonctionnelle de la forêt. Lors des processus de renouvellement, le choix de la ressource génétique est cruciale car il engage sur plusieurs dizaines d'années. Le forestier a le choix entre renouveler à l'identique par régénération naturelle, ou enrichir avec d'autres provenances ou essences voire changer d'espèces. Afin de faire ce choix, il est nécessaire de pouvoir connaître la résilience de l'espèce en place face aux changements climatiques mais aussi de celle de nouvelles provenances et d'espèces non présentes de qualité équivalente. Ces modifications peuvent affecter durablement la forêt aussi bien en termes de qualité du bois (multiplicité des essences, différents usages du bois...) que de paysage ou de biodiversité.

Contexte scientifique

Les modèles développés par les chercheurs (IKS à l'ONF, Bioclimsol à l'IDF, thèse d'Adrien Tacoen à l'AgroParisTech...) permettent de mettre en évidence les grandes zones qui vont être affectées par le changement climatique mais rien n'est actuellement disponible et accessible pour les gestionnaires forestiers à plus faible échelle. De même la réaction des espèces forestières autochtones face aux changements de climat et en particulier la diminution de l'apport en eau lors de la période de croissance sont très peu documentées. Ces différents éléments laissent craindre un dépérissement des espaces boisés. Le projet Défiforbois (PSDR4, 2016, <https://psdr.fr/PSDR.php?categ=103&lg=FR>) a permis de mettre en évidence de grandes surfaces forestières en région centre avec très peu d'espèces présentes augmentant encore le risque par manque de solution locale alternative. Il a permis aussi de mettre en exergue le faible nombre de dispositifs expérimentaux permettant de proposer des provenances ou espèces nouvelles. Il est donc important d'accumuler de l'information sur des plantations non expérimentales déjà existantes en forêt pour améliorer la connaissance.

Objectifs généraux du projet

C'est pour appréhender toutes les composantes des ressources génétiques que ce projet se décompose en 3 différentes actions impliquant tous les acteurs de la filière forestière pour proposer des solutions acceptables aussi bien économiquement que socialement :

- Action 1 : Cartographier les ressources génétiques présentes dans la région Centre-Val de Loire et leurs vulnérabilités ;

- Action 2 : Caractériser les ressources génétiques présentes dans la région Centre-Val de Loire;
- Action 3 : Evaluer les impacts sociologiques de l'évolution des RGF en lien avec le changement climatique

Action 1- Cartographie des ressources génétiques présentes dans la région Centre Val de Loire et de leurs vulnérabilités

Responsables scientifiques : B. Musch (UMR ONF/INRAE BioForA) et Y. Rousselle (UMR ONF/INRAE BioForA)

Equipes de recherche impliquées : INRAE (BioForA), CNPF-IDF

Partenaires associés et/ou concernés : ONF, CRPF, IGN-IFN

Objectifs

Les chênes sessile et pédonculé représentent à eux seuls la moitié du volume sur pied (128.7 Mm³) suivis par les pins (pin sylvestre et pin noir laricio) avec 38.5 Mm³. Les conséquences du changement climatique vont impacter lourdement ces ressources génétiques selon différents modèles climatiques. Si les ressources génétiques des feuillus sont essentiellement autochtones, il n'en est pas de même pour les résineux. L'importance des transferts, parfois très anciens, de matériel végétal au sein de l'aire naturelle de distribution des espèces a été mis en évidence (Bartoli et Demesure-Musch, 2003). Leur introduction est parfois ancienne et s'est traduite par des importations importantes d'une partie ou de la totalité de la diversité génétique de l'aire d'origine. Leur ampleur a constitué un des motifs justifiant la mise en place de politiques nationales et internationales de conservation des ressources génétiques forestières (Arbez, 1994). Des espèces et des provenances qui ne seraient pas naturellement entrées en contact peuvent ainsi être juxtaposées dans une zone géographique donnée créant de nouvelles ressources génétiques lors des renouvellements des peuplements.

Tâche 1.1 - Enquête sur les introductions passées de matériel non autochtone

Responsables scientifiques : B. Musch (UMR ONF/INRAE BioForA) et Y. Rousselle (UMR ONF/INRAE BioForA)

Equipes de recherche impliquées : INRAE (BioForA), CNPF-IDF

Partenaires associés et/ou concernés : ONF, CRPF, IGN-IFN, ETF, UNISYLVA

Objectifs

Pour valoriser ce patrimoine génétique particulier et le pérenniser, il est indispensable de disposer de l'information sur la localisation de ces ressources et sur l'origine des peuplements.

Si la définition du matériel pose généralement peu de problèmes au niveau espèces grâce aux critères botaniques, identifier les origines au sein d'une même espèce s'avère beaucoup plus délicat (Fady et Lefèvre, 2004). Les archives et procédures de gestion devraient permettre de localiser et identifier ces transferts mais celles-ci sont le plus souvent très dispersées dans différents lieux de stockage ce qui ne permet pas de garantir leur pérennité et leur intégrité et ce qui complique les recherches. Avec la mise en place de systèmes d'information géographique, un nouveau support d'information est disponible et parfaitement adapté à ce type de données. Il convient de pouvoir identifier les ressources génétiques précisément car il existe des différences significatives de comportement tant d'un point de vue sanitaire que pour les résistances aux conditions climatiques plus contraignantes. Dans cet objectif, nous proposons d'identifier les introductions d'espèces non autochtones pour permettre de quantifier et qualifier ces ressources, nous souhaitons pouvoir les localiser avec des nouvelles méthodes mais aussi comprendre, pour les principales espèces leur future compatibilité climatique. Nous disposons pour cela d'un réseau de gestionnaires forestiers aussi bien publics que privés qui maillent le territoire de la région Centre-Val de Loire, ainsi que de bases de données.

Déroulé de la tâche 1.1

- Développement d'un formulaire d'enquête en collaboration entre les forestiers publics et privés permettant de saisir les informations sur le genre, l'espèce et le degré d'identification à partir de listes déroulantes pour guider le gestionnaire. Il est aussi prévu de pouvoir renseigner la provenance si elle est connue ainsi qu'un ensemble d'informations comme la surface du peuplement, le nombre d'individus, leur âge, s'ils fructifient et l'état de la régénération ainsi que le stockage de documents ou photos concernant le peuplement. Chacun de ces peuplements sera également géo-localisés. Toutes les informations ainsi obtenues pourront alimenter une base de données commune qui permettra de cartographier à l'échelle de la région les introductions passées ;
- Développement d'une interface sur smartphone permettant de localiser le peuplement par GPS et de renseigner *in vivo* le formulaire de l'enquête ;
- Mise en place d'une base de données commune pour enregistrer l'ensemble des résultats de l'enquête des peuplements.

Moyens mis en œuvre :

- Implication de chercheurs et ingénieurs permanents
- Equipement : matériel informatique et smartphone
- Fonctionnement : missions, prestations de service pour le développement de l'application et l'acquisition de données terrain par les gestionnaires forestiers

Calendrier prévisionnel :

2021 (6 mois) :

- Mise en place du formulaire d'enquête

2022 :

- Mise au point de l'application sur smartphone
- Mise en place de la base de données
- Phases de tests sur le terrain

2023 :

- Déploiement auprès de tous les gestionnaires forestiers

2024 (6 mois) :

- Analyse des données recueillies

Tâche 1.2 - Caractériser les compatibilités climatiques des essences majeures de la région Centre-Val de Loire à différentes échelles temporelles et avec différents scénarios avec le modèle IKS

Responsables scientifiques : Yves Rousselle (UMR ONF/INRAE BioForA), Valentin Bouttier (UMR ONF/INRAE BioForA)

Equipes de recherche impliquées : INRAE (BioForA), CNPF-IDF

Partenaires associés et/ou concernés : ONF, CNPF-IDF, Entreprises de travaux forestiers, UNISYLVA

Objectifs

L'objectif de cette tâche est de modéliser le lien entre la station et le climat actuel et futur. Il s'agira d'utiliser des données locales de climat et de sol (cartes de station...) en les recalant de manière à être compatibles avec les données de sol et de climat européennes afin de faire le lien avec la démarche à l'échelle européenne réalisée dans IKS MAPS2 soutenu par le RMT AFORCE. L'échelle locale permet d'intégrer de manière plus fine les facteurs locaux de variations (relief et sol). Le recalage par rapport aux données climatiques européennes permet de tester l'utilisation des seuils de compatibilité pédoclimatique calibrés à cette échelle.

L'utilisation de données climatiques locales ainsi que la transformation des cartes de stations forestières en cartes de Réservoir en eau utilisable (RU) peuvent être réalisées à l'échelle d'un massif comme celui de la forêt d'Orléans, cette approche a déjà été appliquée à la forêt domaniale de Compiègne (Moinard, 2017). Pour les gestionnaires forestiers disposant seulement de catalogues de station sur leur zone de travail, il leur est possible de calculer une valeur de RU par station en utilisant les données des profils types des catalogues de station, associées éventuellement à une expertise de terrain. Cette valeur de RU peut alors être croisée avec les données climatiques à fine résolution extraites sur l'emprise couverte par le catalogue (Joussemet, 2018).

L'outil BioClimsol, développé par l'IDF, propose une approche complémentaire de celle d'IKSMAPS. Il permet des estimations de compatibilités à l'échelle d'un massif mais il existe aussi une application permettant de réaliser des relevés sur le terrain. Nous appliquerons cet outil complémentaire aux mêmes zones que les outils évoqués précédemment.

Le choix des massifs forestiers sur lesquels les modèles pourront être appliqués prendra en compte les particularités des forêts en région Centre-Val de Loire et visera en particulier les forêts de chêne sessile ainsi que celles de pin sylvestre.

Déroulé de la tâche 1.2

- Enquête auprès des gestionnaires pour sélectionner deux massifs forestiers les plus emblématiques de la région Centre-Val de Loire
- Transformation des cartes de station en cartes de Réservoir en Eau Utilisable
- Modélisation à l'échelle du massif des données climatiques futures en intégrant les valeurs de RU.

Moyens mis en œuvre :

- Implication de chercheurs et ingénieurs permanents
- Fonctionnement : missions, acquisition de données terrain par les gestionnaires forestiers

Calendrier prévisionnel :

2021 (6 derniers mois) :

- Mise en place du formulaire d'enquête à diffuser auprès des gestionnaires pour sélectionner les deux massifs forestiers les plus emblématiques de la région Centre Val de Loire
- Choix des 2 massifs forestiers

2022 :

- Acquisition des cartes de stations et des données climatiques
- Mise en place des cartographies des RU pour 1 ou 2 massifs

2023 :

- Mise à l'échelle du massif du modèle IKS et BioClimSol
- Modélisation des compatibilités climatiques du pin sylvestre et chêne sessile pour différents scénarii climatiques et à différents horizons temporels

2024 (6 premiers mois) :

- Modélisation des compatibilités climatiques du pin sylvestre et chênes sessile et pédonculé pour différents scénarii climatiques et à différents horizons temporels
- Analyse des données recueillies
- Recommandations aux gestionnaires

Résultats et retombées attendus à l'issue du projet :

- Cartographie de la RU pour un ou deux massifs forestiers
- Identification des surfaces d'incompatibilité climatique pour le pin sylvestre et les chênes sessile et pédonculé selon deux scénarii climatiques à l'horizon 2050 et 2070 et à l'aide de 2 outils complémentaires.
- Articles scientifiques
- Articles techniques
- Incorporation des données acquises au sein des cycles de formation des gestionnaires

Action 2- Caractérisation des ressources génétiques

Responsables scientifiques : Yves Rousselle (UMR ONF/INRAE BioForA), Valentin Bouttier (UMR ONF/INRAE BioForA)

Equipes de recherche impliquées : INRAE (BioForA et EFNO), CNPF-IDF, Université d'Orléans (LBLGC)

Partenaires associés et/ou concernés : ONF, CNPF-IDF, ETF, UNISYLVA, Pépinière Baucherie, Radoux

Objectifs

Les arbres forestiers présentent une diversité génétique élevée et supérieure à celle de n'importe quel autre groupe taxonomique végétal ou animal (Hamrick et al., 1992 ; Müller-Starck, 1995). Des études comparatives entre plantes herbacées, arbustes et arbres forestiers montrent clairement que ces derniers conservent la majeure partie de la diversité à l'intérieur des espèces et des populations (Hamrick et Godt, 1989 ; Nybom, 2004). La nécessité de maintenir une diversité génétique suffisante afin de garantir les capacités évolutives des espèces et la résilience des écosystèmes est essentielle. Conserver les capacités d'adaptation et d'évolution des espèces constitue donc un enjeu économique et écologique considérable ; cet enjeu est aujourd'hui encore plus élevé avec les changements environnementaux rapides à venir. L'utilisation de matériel végétal de diverses origines lors de régénérations artificielles peut aussi modifier considérablement la structure génétique de larges massifs monospécifiques. Ainsi, au lieu d'une seule origine largement répartie sur un massif, on observe couramment des mosaïques d'origines différentes, mettant parfois en contact intime des provenances originellement très éloignées géographiquement. Il convient donc de caractériser finement les ressources génétiques pour comprendre l'impact de cette mosaïque.

Tâche 2.1 - Rechercher les origines pour les espèces introduites majeures, cas du pin sylvestre

Responsables scientifiques : Brigitte Musch (UMR ONF/INRAE BioForA), Alain Colinot (CNPF-IDF)

Equipes de recherche impliquées : INRAE (BioForA), CNPF-IDF

Partenaires associés et/ou concernés : ONF, CNPF-IDF, ETF, UNISYLVA

Objectifs

Le pin sylvestre a depuis très longtemps été utilisé comme essence de reboisement avec comme conséquences des transferts de matériel végétal (graines, plants) à longue distance entre zones autochtones et zones de reboisements (Bartoli et Demesure-Musch, 2003 ; Rosenstein, 1993), mettant alors artificiellement en contact des boisements d'origines géographiques éloignées (Voccia, 2005). Ces transferts ont parfois été massifs dans certaines régions de plaine où des peuplements feuillus souvent ruinés, présentant de nombreuses trouées ou clairières, ont étéensemencées ou plantés de pins, d'origine et de provenances diverses, à partir du XIX^{ème} siècle (Domet, 1862, Lefebvre, 1885). C'est le cas pour la région Centre-Val de Loire où le pin sylvestre a été largement introduit à partir de provenances très variées. Or, la majeure partie des peuplements (80%) est régénérée naturellement. Il est donc essentiel de connaître la base génétique du peuplement d'une part et la diversité des peuplements voisins d'autre part pour s'assurer de la résilience du peuplement régénéré.

Déroulé de la tâche 2.1

- Sélection de peuplements de pin sylvestre avec des origines variées et d'états sanitaires contrastés
- Recherche des origines avec des outils variés : archives, marqueurs moléculaires
- Comparaison avec la base de données des provenances de pin sylvestre

Moyens mis en œuvre :

- Implication de chercheurs et ingénieurs permanents
- Stagiaire BTS gestion forestière
- Fonctionnement : missions, produits chimiques de biologie moléculaire

Calendrier prévisionnel :

Année 1 (juillet 2021 à juin 2022) :

- Échantillonnage des peuplements de pins sylvestre
- Recherche bibliographique des origines des peuplements sélectionnés

Année 2 (juillet 2022 à juin 2023) :

- Mise en place de la base de données par marquage moléculaire
- Analyse génétique des peuplements échantillonnés

Année 3 (juillet 2023 à juin 2024) :

- Analyse des données recueillies et comparaison des origines et de l'état de dépérissement des peuplements
- Recommandations aux gestionnaires

Résultats et retombées attendus à l'issue du projet :

- Mise à disposition d'une base de données permettant d'assigner les origines de pin sylvestre présentes en région Centre-Val de Loire
- Articles scientifiques et techniques

Tâche 2.2 - Évaluation de tests de provenances de chêne sessile et de pin sylvestre

Responsables scientifiques : Valentin Bouttier (UMR ONF/INRAE BioForA), Régis Fichot (LBGC)

Equipes de recherche impliquées : INRAE (BioForA), Université d'Orléans (LBGC),

Partenaires associés et/ou concernés : ONF, CNPF-IDF, ETF, UNISYLVA, hors région
INRAE (Biogeco)

Sous tâche 2.2.1 - Evaluation des performances de croissance au sein des tests de provenances de chêne sessile et pin sylvestre

Objectifs

Le renouvellement des parcelles peut se faire par régénération naturelle ou par plantation. La plantation était jusqu'ici utilisée dans le cas d'échec de la régénération naturelle ou lorsque l'on souhaitait changer de matériel génétique (espèces ou provenances). Face au défi du changement climatique et aux événements climatiques extrêmes comme les sécheresses, les forestiers pourront avoir recours plus régulièrement à la plantation avec un matériel adapté. Les tests de provenances permettent de comparer des provenances clairement identifiées dans des conditions environnementales variées pouvant aller des conditions d'origine à des conditions très différentes de celles de leurs origines. Ils permettent d'étudier les réponses phénotypiques du matériel végétal aux différents environnements.

La région Centre-Val de Loire possède des dispositifs expérimentaux pour le chêne sessile et le pin sylvestre. Ces dispositifs expérimentaux font partie d'un réseau plus global permettant de tester la plasticité phénotypique de ces deux espèces.

Lors de cette tâche, les dispositifs seront réévalués pour connaître les valeurs phénotypiques de chacune des provenances. L'objectif étant de pouvoir hiérarchiser les différentes provenances selon leur croissance et forme afin de conseiller aux gestionnaires les meilleures pour le territoire.

Déroulé de la sous-tâche

- Mise en base de données des mesures des dispositifs de comparaison de provenances de chêne sessile et pin sylvestre à 10 et 20 ans
- Vérification des données aberrantes, remesures si nécessaire
- Analyse des données de croissance et forme
- Conseils aux gestionnaires forestiers

Moyens mis en œuvre :

- Implication de chercheurs et ingénieurs permanents
- Fonctionnement : missions

Calendrier prévisionnel :

Année 1 (juillet 2021 à juin 2022) :

- Mise en base de données les mesures des dispositifs en région Centre-Val de Loire
- Vérification des données

Année 2 (juillet 2022 à juin 2023):

- Analyses préliminaires
- Remesures des dispositifs des dispositifs de pin sylvestre

Année 3 (juillet 2023 à juin 2024):

- Analyse des données recueillies et comparaison des valeurs phénotypiques des provenances
- Recommandations aux gestionnaires

Résultats et retombées attendus à l'issue du projet :

- Mise à disposition des gestionnaires forestiers d'une liste de provenances de chêne sessile et pin sylvestre testées
- Articles techniques

Sous-tâche 2.2.2 - Evaluation de la tolérance à la sécheresse au sein des tests de provenances de pin sylvestre

Objectifs

L'efficacité d'utilisation de l'eau (WUE) peut être définie comme le coût en eau de la fixation de carbone. Dans le contexte actuel de changement global et de diminution de la ressource en eau, WUE peut être considérée comme un levier permettant d'améliorer l'empreinte environnementale des peuplements plantés, même si les liens entre WUE, productivité et tolérance à la sécheresse demeurent complexes.

A l'échelle de la plante entière, WUE est généralement définie comme le rapport entre la biomasse produite et l'eau consommée pour produire cette biomasse. Ces mesures à l'échelle de la plante entière demeurent néanmoins difficiles à mettre en œuvre, d'autant plus à large échelle comme dans le cadre d'études de la diversité biologique entre ou au sein de provenances. D'autres méthodes alternatives comme la signature isotopique en ^{13}C ($\delta^{13}\text{C}$) dans les tissus végétaux permettent néanmoins d'estimer rétrospectivement WUE. De plus, ce type de mesures appliqué aux cernes du bois permet d'établir des séries chronologiques et d'évaluer les liens avec les variations de climat ou d'environnement local.

Dans le cadre de ce projet, WUE sera estimée au travers de $\delta^{13}\text{C}$ sur bois sur un dispositif de test de provenances de pin sylvestre installé en forêt d'Orléans afin d'évaluer la variabilité biologique et d'identifier éventuellement des provenances d'intérêt. Le dispositif, planté en 1989, contient 41 provenances. Les mesures seront réalisées sur un sous échantillon représentatif de la diversité biologique en termes de croissance. A plus long terme, des

mesures similaires pourront être envisagées sur un dispositif similaire installé en forêt d'Haguenau la même année, afin d'évaluer la variabilité génétique de la plasticité pour WUE.

Déroulé de la sous-tâche

- Identification des provenances et des individus au sein des provenances à échantillonner sur la base des données historiques disponibles de croissance et autres caractères complémentaires
- Prélèvements d'échantillons de bois (carottage)
- Préparation des échantillons et analyses isotopiques cerne à cerne
- Analyse des données : caractérisation de la variabilité au sein des provenances et entre provenances, identification de réponses climatiques particulières

Moyens mis en œuvre :

- Implication de chercheurs permanent
- Recrutement de CDD post-doc sur 2 ans
- Fonctionnement : missions, échantillonnage

Calendrier prévisionnel :

Année 1 :

- Choix des provenances et des individus au sein des provenances

Année 2 :

- Echantillonnage
- Préparation des échantillons et analyses isotopiques

Année 3 :

- Analyse des données recueillies et comparaison des valeurs phénotypiques des provenances
- Recommandations aux gestionnaires

Résultats et retombées attendus à l'issue du projet :

Mise à disposition des gestionnaires d'une liste de provenances de pin sylvestre testées

Tâche 2.3 - Caractériser les différents peuplements "sélectionnés" de chêne sessile et pin sylvestre recommandés pour la région Centre-Val de Loire

Responsables scientifiques : Valentin Bouttier (UMR ONF/INRAE BioForA), Yves Rousselle (UMR ONF/INRAE BioForA)

Equipes de recherche impliquées : INRAE (BioForA, EFNO), CNPF-IDF

Partenaires associés et/ou concernés : ONF, CNPF-IDF, ETF, UNISYLVA, Pépinière Baucherie, Radoux.

Objectifs

La France s'est dotée depuis des années d'une réglementation et de conseils pour le choix des espèces et des provenances (<https://agriculture.gouv.fr/graines-et-plants-forestiers-conseils-dutilisation-des-provenances-et-varietes-forestieres>). Ce choix est guidé par les connaissances actuelles des chercheurs dans le domaine pour définir les zones de provenances et les recommandations de transfert de matériel forestier de reproduction. Les régions de provenances sont définies par des critères génétiques, phénotypiques, écologiques et/ou climatiques. Pour les espèces forestières autochtones en France, les experts font l'hypothèse que les peuplements en place depuis plusieurs générations se sont adaptés localement à leur station par sélection naturelle et donc que les peuplements locaux sont la meilleure source de graines adaptées localement. Ainsi, ce sont les peuplements sélectionnés de la région de provenances qui sont préconisés pour la plantation. Cependant, à cause du changement climatique, le climat ne peut pas être considéré comme constant à l'échelle d'une révolution forestière (150 ans pour le chêne) : les températures sont en hausse et les précipitations tendent à évoluer vers des conditions défavorables à la végétation forestière actuelle, avec notamment des sécheresses plus fréquentes durant la période de croissance des arbres. Dans une perspective d'adaptation de la forêt au changement climatique, certaines fiches de conseils d'utilisation des MFR, dont celle du chêne sessile, ont été actualisées à partir de 2015. Elle contient des préconisations spécifiquement indiquées pour une démarche d'anticipation du changement climatique. Dans ce contexte et dans une perspective d'anticipation des effets du changement climatique, ce sont les MFR de provenances un peu plus au sud des zones de plantation qui sont conseillées. En effet, celles-ci sont supposées adaptées aux conditions dans lesquelles elles vivent depuis plusieurs générations et qui miment le climat futur des zones actuellement plus au nord. Ce raisonnement est basé sur une structuration latitudinale du climat. Or, la région Centre-Val de Loire est hétérogène en terme de climat et caractérisée par des périodes sèches en été créant ainsi les conditions nécessaires pour une croissance lente des chênes sessiles.

Dans un premier temps, nous allons à l'aide du modèle IKS comparer les variables relatives au climat de tous les peuplements sélectionnés de la région centre pour le chêne sessile et le pin sylvestre. Puis, ils vont être comparés à ceux des autres zones de provenances préconisées. Dans un deuxième temps, nous vérifierons que selon les projections climatiques pour le futur, la ressource génétique adaptée est bien disponible pour la région Centre-Val de Loire. Et enfin, nous rechercherons les peuplements sélectionnés déjà présents dans les futures conditions climatiques de la région permettant un apport de matériel génétique a priori peu sensible au

changement climatique dans des populations menacées et un enrichissement des ressources génétiques locales. Nous vérifierons également que les propositions issues de la tâche 2 sont bien cohérentes avec le futur climatique du territoire.

Déroulé de la tâche

- Projection des variables climatiques sur les peuplements sélectionnés de chêne sessile et pin sylvestre
- Acquisition des données pédologiques
- Modélisation des futurs climatiques
- Recherche des futures zones de matériel de reproduction pour le chêne sessile et le pin sylvestre

Moyens mis en œuvre

- Implication de chercheurs et ingénieurs permanents
- Stagiaire de Master 2
- Fonctionnement : missions, acquisition de données terrain par les gestionnaires forestiers

Calendrier prévisionnel

2021 (6 derniers mois) :

- Mise en relation des données d'inventaire de l'IGN, les données climatiques et localisation des peuplements sélectionnés

2022 :

- Sondages pédologiques dans les peuplements sélectionnés
- analyse des sondages pédologiques pour estimer les RU et intégration dans le calcul du déficit hydrique

2023 :

- Vérification de l'adéquation entre le besoin et l'offre à l'échelle de la France
- Synthèse des données pour des préconisations aux forestiers

Résultats et retombées attendus à l'issue du projet

- Meilleure connaissance des ressources génétiques présentes et potentielles face aux changements climatiques pour le chêne sessile et le pin sylvestre
- Article technique

Tâche 2.4 - Evaluer la diversité spécifique au sein du genre *Quercus*

Responsables scientifiques : B. Musch (UMR ONF/INRAE BioForA) et E. Sevrin (CNPFF-IDF)

Equipes de recherche impliquées : INRAE (BioForA), CNPF-IDF

Partenaires associés et/ou concernés : ONF, CRPF, ETF, UNISYLVA, Pépinière Baucherie

Objectifs

S'il est largement admis qu'il existe une grande variabilité intra spécifique au sein des espèces forestières, il n'en demeure pas moins qu'il existe aussi une diversité au sein des genres. Les chênes font partie de la famille des Fagacées qui comporte 8 genres dont les plus connus sont les *Quercus*, *Fagus* ou encore les *Castanopsis*. Au sein de cette famille de 900 espèces largement répandues sur l'hémisphère nord, le genre *Quercus* comporte 415 espèces que l'on retrouve en Europe mais aussi en Asie et Amérique. Les chênes présents en Europe se répartissent essentiellement en 2 sections : *Cerris* et *Quercus*. On compte 18 espèces pour la section *Quercus* et 10 espèces pour les *Cerris*.

Au sein de la région Centre-Val de Loire ne sont présents que 4 espèces de chênes (chêne sessile, chêne pédonculé, chêne pubescent et chêne tauzin) appartenant tous à la section *Quercus* dont certains en très faible nombre. Parmi ces 4 espèces seuls le chêne pubescent et le chêne tauzin sont des espèces thermophiles. Or le chêne héberge une très forte biodiversité, 284 espèces d'insectes par exemple, et est une espèce clé de voûte des écosystèmes forestiers. Il est donc essentiel de pouvoir perpétuer un tel écosystème avec des espèces du même genre.

Nous proposons de tester de nouvelles espèces de chênes dans la région Centre-Val de Loire. L'arboretum des Barres possède une collection de 92 espèces de chênes. Bien que certaines des espèces ne soient représentées que par un très faible nombre d'individus ne permettant pas de tirer des conclusions pour les gestionnaires, nous pourrions sélectionner les espèces avec le meilleur taux de survie et de croissance. Au moins une vingtaine d'espèces et provenances seront testées dans un Quercetum. Des espèces et des provenances communes seront recherchées en lien avec le projet ESPERENSE financé par le MAA et coordonné par le RMT AFORCE.

Déroulé de la tâche

- Sélection des espèces de chênes au sein de l'arboretum des Barres
- Acquisition et élevage des plants
- Mise en place du Quercetum

Moyens mis en œuvre

- Implication de chercheurs et ingénieurs permanents
- Fonctionnement : missions, prestations de service pour l'élevage des plants et plantation du Quercetum

Calendrier prévisionnel

Année 1 (juillet 2021 à juin 2022) :

- Mesure des espèces présentes dans l'arboretum des Barres
- Sélection des espèces
- Achat des semences
- Recherche de terrain pour le Quercetum

Année 2 (juillet 2022 à juin 2023) :

- Elevage des plants
- Préparation du terrain

Année 3 (juillet 2023 à juin 2024) :

- Plantation des arbres

Résultats et retombées attendus à l'issue du projet

- Site de formation permettant d'illustrer la diversité génétique interspécifique au sein du genre *Quercus*
- Formation des gestionnaires forestiers

Action 3- Vision de la filière forêt-bois et du grand public sur l'impact du changement climatique sur nos forêts

Responsables scientifiques : Sylvie Servain (CITERES) et Alain Colinot CRPF-IDF

Équipes de recherche impliquées : INRAE (BioForA et EFNO), CRPF-IDF, CITERES (INSA CVL), Université d'Orléans (LBLGC)

Partenaires associés et/ou concernés : Arbocentre, ONF, CRPF, ETF, UNISYLVA.

Objectifs

Le changement climatique va nécessiter d'adapter nos peuplements et nos modes de gestion. L'arrivée de nouvelles provenances plus méridionales ne devrait pas être un problème car elles se confondront dans le paysage. La diversification des essences peut être plus problématique si on introduit plus de résineux ou des essences exotiques dans une région à forte prédominance de chênes.

Cette évolution possible aura également un impact économique, même s'il sera sensible à plus long terme : les scieurs de la région sont-ils prêts à diversifier leur production ? Quels investissements cela demandera-t-il ? La récolte des bois pourrait se faire sur de plus petites surfaces ou les volumes prélevés par ha seront peut-être moins importants (cas de la futaie irrégulière ou de plantations par parquets...). Il est important que l'ensemble des membres de l'amont à l'aval de la filière étudient ensemble les choix à venir et les conséquences qui nécessiteront des investissements à plus ou moins long terme. En effet, la forêt, constitue un élément identitaire de la Région Centre Val de Loire en termes de paysage. Quelle image de la forêt ont les habitants et les acteurs du territoire ? La forêt est-elle associée à la nature ou à un territoire aménagé et entretenu ? Cette forêt est-elle perçue comme fragile et menacée par le changement climatique ? Comment sont perçus les dépérissements de certaines parties de la forêt ? Quelles pratiques forestières posent questions et quels leviers pour faire évoluer les forêts ? Les modes de plantation et de gestion déjà en œuvre sont parfois mal appréhendés par des riverains, des associations ou des acteurs en charge du territoire comme l'illustrent des articles de presses ou des reportages dans différents médias régionaux ou nationaux.

Déroulé des tâches

- Enquête auprès des professionnels de la forêt (propriétaires, gestionnaires, entrepreneurs du territoire, exploitants forestiers, scieurs...) sur la façon dont ils perçoivent le changement climatique et le prennent en compte dans leurs pratiques du fait de possibles impacts sur leurs métiers (par exemple pour les scieurs les nouvelles espèces induisent un changement de qualité de bois, de nouvelles techniques de sciage, un plus grand nombre d'essences, un approvisionnement de plus petits volumes...). Simultanément une enquête auprès du grand public permettra, en complément, d'appréhender leur perception de la forêt et leur vision

des utilisations du bois, de la menace climatique, des pratiques sylvicoles (gestion, mécanisation, bois énergie, chasse) et des choix d'essences.

- Impact sur l'évolution des métiers de la forêt et les difficultés auxquelles les professionnels pourraient être confrontés (entreprises de travaux forestiers, sylviculteur, ouvrier forestier, pépiniéristes...). Lien avec la mission sénatoriale conduite par Mme Cattelot
- Impact sur les formations : intégration de l'importance du choix des RGF en lien avec le changement climatique dans les formations forestières en Région Centre-Val de Loire

Moyens mis en œuvre

- Implication de chercheurs et ingénieurs permanents
- Recrutement Master 2 et contractuel (niveau post-doc)
- Fonctionnement : missions

Calendrier prévisionnel

Année 1 (juillet 2021 à juin 2022) :

- Constitution des formulaires d'enquête et guides d'entretien
- Choix des méthodes d'échantillonnage pour l'aval de la filière et pour le grand public

Année 2 (juillet 2022 à juin 2023) :

- Réalisation des enquêtes et des entretiens
- Dépouillement, analyse et synthèse des résultats

Année 3 (juillet 2023 à juin 2024) :

- Bilan et restitution auprès des professionnels et plus généralement des acteurs, rédaction d'un article à destination des professionnels.
- Recommandations sur le matériel végétal pour les personnes réalisant du développement et de la formation et pour les gestionnaires

Résultats et retombées attendus à l'issue du projet

- Informations sur les possibles évolutions de la forêt de la région Centre-Val de Loire
Identification des efforts nécessaires à court terme (renouvellement) et à plus long terme (adaptation des scieries) au sein de la filière. Cela pourra ensuite permettre de mieux accompagner les évolutions nécessaires

Signature du responsable scientifique :

Yves Rousselle



Eric Sevrin



ANNEXE

Nom du partenaire socio-économique :

ONF Département RDI (établissement public à caractère industriel et commercial, EPIC, 77300)

Marché(s) visé(s) :

- Adapter les essences et les provenances au climat futur en région Centre – Val de Loire
- Caractériser les ressources génétiques disponibles en région Centre, évaluer leur résilience face au changement climatique et mettre en place des tests de nouvelles ressources qui seraient plus adaptées
- Mieux connaître les attentes des scieurs et du grand public de ces essences et de leur gestion

Positionnement du projet dans la stratégie du partenaire socio-économique :

Thème en phase avec les priorités du contrat d'objectifs et de performance de l'ONF 2016-2020 (Axes : « Relever le défi du changement climatique et de la préservation de la biodiversité » et « Mieux répondre aux attentes spécifiques de l'Etat et des citoyens »)

Thème en phase avec l'axe 3 du projet Recherche Développement et Innovation 2016-2020 de l'ONF : Conserver, qualifier, élargir et valoriser les ressources génétiques forestières. Lien très fort avec des projets du RMT Aforce auxquels contribuent l'ONF RDI (projets Esperense, Caravaniks)

Apport du partenaire socio-économique au projet académique :

- Co-animation de la fiche projet
- Retour d'expérience de l'enquête nationale sur les introductions passées de matériel autochtone réalisées en forêts publiques pour conduire une enquête adaptée aux forêts de la région Centre-Val de Loire (formulaire d'enquête, outils, base de données, analyses) (tâche 1.1)
- Expertises stationnelles pour la tâche 1.2, utilisées pour la modélisation des compatibilités climatiques du pin sylvestre et des chênes à l'échelle parcellaire
- Laboratoire pour le marquage moléculaire, prévu dans la tâche 2.1 pour l'étude des bases génétiques des peuplements de pin sylvestre en région Centre-Val de Loire
- Expertises sur les ressources génétiques forestières de chênes et de pin sylvestre
- Dispositifs de comparaison de provenance de chêne sessile et pin sylvestre pour la tâche 2.2
- Parcelles en forêts publiques susceptibles d'accueillir des dispositifs (tâche 2.4 Quercetum)
- Equipement PNRGF pour l'élevage de plants
- Encadrement de stagiaire

Besoins propres du partenaire socio-économique pour son projet de développement :

- Installation et suivi d'essais (récolte de graines, élevage, travaux, temps de personnels)
- Travaux de laboratoire (petits équipements, marqueurs...)
- Financement de stage et d'expertises

Retombées socio-économiques envisagées à court ou à long terme :

- Expérimentations permettant d'adapter les forêts au changement climatique
- Anticipation de la production de nouveaux plants et nouvelles provenances par les pépiniéristes de la région
- Meilleure connaissance des attentes et contraintes des scieurs permettant par la suite de piloter une politique régionale d'appui à l'aval de la filière
- Echanges avec le grand public sur la gestion forestière
- Sensibilisation des propriétaires et gestionnaires forestiers aux essences et provenances plus résistantes au changement climatique

Signature du partenaire socio-économique :

Claudine Richter, chef du département recherche, développement et innovation de l'Office national des forêts



ANNEXE

Nom du partenaire socio-économique :

CRPF et IDF (établissement public à caractère administratif CNPF, 45000)

Marché(s) visé(s) :

- Adapter les essences et les provenances au climat futur en région Centre – Val de Loire
- Mieux connaître les attentes des scieurs et du grand public de ces essences et de leur gestion

Positionnement du projet dans la stratégie du partenaire socio-économique :

Thème en phase avec les priorités du contrat d'objectifs et de performance du CNPF ainsi qu'avec les travaux de RDI de l'IDF. Lien très fort avec les travaux du RMT Aforce piloté par le CNPF

Apport du partenaire socio-économique au projet académique :

- Co-animation de la fiche projet
- Expertises sur les chênes et le pin sylvestre
- Réseau de forêts susceptibles d'accueillir des dispositifs expérimentaux ou des mesures
- Expertise sur les aspects socio-économiques
- Vulgarisation des résultats (formations, réunions, supports de communication...)

Besoins propres du partenaire socio-économique pour son projet de développement :

- Expertises CNPF-IDF en co-financement
- Travail en partenariat et complémentarité avec la Recherche

Retombées socio-économiques envisagées à court ou à long terme :

- Expérimentations permettant d'adapter les forêts au changement climatique
- Anticipation de la production de nouveaux plants et nouvelles provenances par les pépiniéristes de la région
- Meilleure connaissance des attentes et contraintes des scieurs permettant par la suite de piloter une politique régionale d'appui à l'aval de la filière
- Echanges avec le grand public sur la gestion forestière
- Sensibilisation des propriétaires et gestionnaires forestiers aux essences et provenances plus résistantes au changement climatique

Signature du partenaire socio-économique :

Claire HUBERT

Directrice générale

• **ANNEXE : Budget prévisionnel du projet (partenaires académiques seulement) :**

	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Postes de dépenses									
Investissement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-									
Personnel permanents	40,4	132	108	65,5	346	0	346	0	346
Anders Marell (INRAE, 4 jours)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	2	0	2
Bénédicte Le Guerroué (INRAE, 16% ETP, 6 mois)	0	10	10	9	29	0	29	0	29
Brigitte Musch (INRAE BIOFORA, 29% ETP, 10,5 mois)	0,6	25,6	25,6	25,6	77,4	0	77,4	0	77,4
Christian Ginisty (INRAE EFNO, 1% ETP, 4 jours)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	2	0	2
Cécile Vincent-Barbaroux (Univ Orléans LBLGC, 1% ETP, 4 jours)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	2	0	2
Frédéric Archaux (INRAE EFNO, 4 jours)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	2	0	2
Régis Fichot (UnivOrléans LBLGC, 8% ETP, 3 mois)	3,6	6,9	6,9	3,6	21	0	21	0	21
Sylvie Servain (INSA, 8% ETP, 3 mois)	3,7	15	15	3,7	37,4	0	37,4	0	37,4
Valentin Bouttier (INRAE, 50% ETP, 18 mois)	20,7	23,7	20,7	7,7	72,8	0	72,8	0	72,8
Yves Rousselle (INRAE, 16% ETP, 6,5 mois)	4,3	17,6	15,9	8,4	46,2	0	46,2	0	46,2
Xavier Bartet (ONF, 2,5% ETP, 2 mois)	1,7	7,4	3,7	0	12,8	0	12,8	0	12,8
Phénobois (0,25 mois technicien + 1 mois ingénieur d'études)	0	5,5	3	0	8,5	0	8,5	0	8,5
GBFor - mesures et prélèvements test provenances (2 jours à 2 pers.)	0	10	0	0	10	0	10	0	10,0
Personnel non permanent	7,5	74	48	0	129,5	129,5	0	0	129,5
Post-doc action 2 (Univ Orléans LBLGC, 24 mois)	0	48	48	0	96	96	0	0	96
Stagiaire M2 pédologie (INRAE BIOFORA, 6 mois)	0	3,7	0	0	3,7	3,7	0	0	3,7
IR/Post-doc (INSA CVDL, 8 mois)	7,5	22,5	0	0	30	30	0	0	0

	Montants annuels engagés (k€)					Recettes (k€)			
Postes de dépenses	2021 (6 mois)	2022 (12 mois)	2023 (12 mois)	2024 (6 mois)	Total	ARD	Fonds Propres	Autres	Total
Fonctionnement	9	128	40	45	217	217	0	0	217
Missions (INRAE BIOFORA)	0	18,9	4	4	26,9	26,9	0	0	26,9
Missions (Univ Orléans LBLGC)	0	5	5	0	10	10	10	0	10
Missions (INRAE GBFOR)	0	1,5	0	0	1,5	1,5	1,5	0	1,5
Missions (INSA CVDL)	1	2	1,5	0,5	5	5	5	0	5
Consommables biologie moléculaire (INRAE BioForA)	0	7,5	7,5	0	15	15	15	0	15
Consommables laboratoire (Univ Orléans LBLGC)	0	4	0	0	4	4	4	0	4
Petit matériel et consommables (INRAE GBFOR)	0	2	0	0	2	2	2	0	2
Préparation et analyse échantillons (INRAE BioForA)	0	7	7	0	14	14	14	0	14
Prestation développement interface smartphone (INRAE BioForA)	0	12	0	0	12	12	12	0	12
Prestation enquête introd. passées espèces atypiques (INRAE BioForA)	0,5	2,5	1	1	5	5	5	0	5
Prestation outils climatiques pour caractériser les massifs (INRAE BioForA)	1,5	3,5	2,5	1,5	9	9	9	0	9
Prestation isotopie (Univ Orléans LBLGC)	0	35	0	0	35	35	35	0	35
Prestation élevage plants + plantation 4 ha (INRAE BioForA)	0	20	0	24	44	44	44	0	44
Prestation recherche origine des peupl. de pin sylvestre (INRAE BioForA)	1,225	1,225	2,475	0,475	5,4	5,4	5,4	0	5,4
Prestation éval. et analyses de tests de provenances (INRAE BioForA)	1,125	0,225	0,475	1,375	3,2	3,2	3,2	0	3,2
Prestation outils climatiques sur les peupl. sélectionnés (INRAE BioForA)	0,725	1,225	0,975	0,475	3,4	3,4	3,4	0	3,4
Prestation recherche terrain et installation dispositif exp. (INRAE BioForA)	0,725	1,725	2,475	1,475	6,4	6,4	6,4	0	6,4
Prestation Location salle, éditions de documents... (INSA CVDL)	0	0	0	2	2	2	2	0	2
Prestation enquête sociologique auprès des professionnels (INSA CVDL)	2	2,5	5	8,5	18	18	18	0	18
TOTAL	57	334	196	111	692	346	346	0	692

Références bibliographiques

- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., ... & Gonzalez, P. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 660-684.
- Anderegg, W. R., Klein, T., Bartlett, M., Sack, L., Pellegrini, A. F., Choat, B., & Jansen, S. (2016). Meta-analysis reveals that hydraulic traits explain cross-species patterns of drought-induced tree mortality across the globe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(18), 5024-5029.
- Arbez, M. (1994). Fondement et organisation des réseaux européens de conservation des ressources génétiques forestières. *Genet. Sel. Evol.*, 26 (suppl. 1), 301-314.
- Arnold, M.L. (1992). Natural hybridization as an evolutionary process. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 23, 237-261.
- Bartoli, M., & Demesure-Musch, B. (2003). More than a century of human impact on gene flows of French mountain pines and fir trees. *Revue Forestière Française*, 6, 543-556.
- Bengtsson, J., Nilsson, S.G., Franc, A. & Menozzi, P. (2000) Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management*, 132, 39-50.
- Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J.B., Bauhus, J., Boncčina, A., Chauvin, C., Drössler, L., García-Güemes, C., Heiri, C., Kerr, G., Lexer, M.J., Mason, B., Mohren, F., Mühlethaler, U., Nocentini, S. & Svoboda, M. (2014) Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 87, 492-503.
- Bräutigam, K., Vining, K. J., Lafon-Placette, C., Fossdal, C. G., Mirouze, M., Marcos, J. G., ... & Johnsen, Ø. (2013). Epigenetic regulation of adaptive responses of forest tree species to the environment. *Ecology and Evolution*, 3(2), 399-415.
- Bretagnolle, V., Benoît, M., Bonnefond, M., Breton, V., Church, J., Gaba, S., ... & Lamouroux, N. (2019). Action-orientated research and framework: insights from the French long-term social-ecological research network. *Ecology and Society*, 24(3).
- Cailleret, M., Jansen, S., Robert, E. M., Desoto, L., Aakala, T., Antos, J. A., ... & Čada, V. (2017). A synthesis of radial growth patterns preceding tree mortality. *Global Change Biology*, 23(4), 1675-1690.
- Carnicer, J., Coll, M., Ninyerola, M., Pons, X., Sanchez, G., & Penuelas, J. (2011). Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(4), 1474-1478.
- Charru, M. (2012). La productivité forestière dans un environnement changeant : caractérisation multi-échelle de ses variations récentes à partir des données de l'inventaire forestier national (IFN) et interprétation environnementale. Thèse Agroparistech Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (418 pages).
- Chebib, A., Badeau, V., Boe, J., Chuine, I., Delire, C., Dufrene, E., Francois, C., Gritti, E.S., Legay, M., Page, C., Thuiller, W., Viovy, N., Leadley, P. (2012). Climate change impacts on tree ranges: model intercomparison facilitates understanding and quantification of uncertainty. *Ecology Letters*, 15, 533-544.
- Darveau, M., Martel, J., DesGranges, J. L., & Mauffette, Y. (1997). Associations between forest decline and bird and insect communities in northern hardwoods. *Canadian Journal of Forest Research*, 27(6), 876-882.
- De Frenne, P., Zellweger, F., Rodríguez-Sánchez, F., Scheffers, B. R., Hylander, K., Luoto, M., ... & Lenoir, J. (2019). Global buffering of temperatures under forest canopies. *Nature Ecology & Evolution*, 3(5), 744.

- De Groote, S. R., Vanhellemont, M., Baeten, L., De Schrijver, A., Martel, A., Bonte, D., ... & Verheyen, K. (2018). Tree species diversity indirectly affects nutrient cycling through the shrub layer and its high-quality litter. *Plant and Soil*, 427(1-2), 335-350.
- Domet, P. (1862). Histoire de la forêt d'Orléans.
- DSF (2019) Sécheresse et chaleur 2018 : impact sur l'état sanitaire des forêts. <https://agriculture.gouv.fr/secheresse-et-chaleur-2018-impact-sur-letat-sanitaire-des-forets>
- Fady, B., & Lefevre, F. (2004). Exotiques et hybridation. *Rendez-vous techniques*, Hors-Série 1., 24-33.
- Fady, B., & Pommery, J. (1998). Adaptation et diversité génétique des sapins méditerranéens : bilan des tests de provenances dans le sud de la France et perspectives en matière d'hybridation. *Forêt méditerranéenne*, 19 (2), 117-123.
- Fahey, R.T., Alvares, B.C., Burton, J.I., D'Amato, A.W., Dickinson, Y.L., Keeton, W.S., Kern, C.C., Larson, A.J., Palik, B.J., Puettmann, K.J., Saunders, M.R., Webster, C.R., Atkins, J.W., Gough, C.M. & Hardiman, B.S. (2018) Shifting conceptions of complexity in forest management and silviculture. *Forest Ecology and Management*, 421, 59-71.
- Flower, C. E., Knight, K. S., Rebeck, J., & Gonzalez-Meler, M. A. (2013). The relationship between the emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) and ash (*Fraxinus* spp.) tree decline: Using visual canopy condition assessments and leaf isotope measurements to assess pest damage. *Forest Ecology and Management*, 303, 143-147.
- Gessler, A., Schaub, M., & McDowell, N. G. (2017). The role of nutrients in drought-induced tree mortality and recovery. *New Phytologist*, 214(2), 513-520.
- Gessler, A., Cailleret, M., Joseph, J., Schönbeck, L., Schaub, M., Lehmann, M., ... & Saurer, M. (2018). Drought induced tree mortality—a tree-ring isotope based conceptual model to assess mechanisms and predispositions. *New Phytologist*, 219(2), 485-490.
- Goudet, M., & Nageleisen, L. M. (2019). Protocole Dépéris: Méthode de notation simplifiée de l'aspect du houppier des arbres forestiers dans un contexte de dépérissement. *Forêt entreprise*, (246), 36-40.
- Hamrick, J.L., & Godt, M.J.W. (1989). Allozyme diversity in plant species. *Plant population genetics, breeding and genetic resources*. Eds Brown A.H.D., Clegg M.T., Kahler A.L., Weir B.S., pp 43.
- Hamrick, J.L., Godt, M.J.W., & Sherman-Broyles, S.L. (1992). Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. *New Forests*, 6, 95-124.
- Hawryło, P., Bednarz, B., Wężyk, P., & Szostak, M. (2018). Estimating defoliation of Scots pine stands using machine learning methods and vegetation indices of Sentinel-2. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 194-204.
- IPCC (2018). Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.
- Joussemet, F. (2018). Station en environnement changeant : test de transfert de nouvelles connaissances sur l'adéquation sol-plante en climat changeant. Mémoire d'ingénieur forestier AgroParisTech, dominante « gestion des milieux naturels », AgroParisTech-Nancy (87 pages).
- Kuuluvainen, T., Tahvonen, O. & Aakala, T. (2012) Even-aged and uneven-aged forest management in boreal Fennoscandia: a review. *Ambio*, 41, 720-737.
- Lambert, J., Drenou, C., Denux, J. P., Balent, G., & Cheret, V. (2013). Monitoring forest decline through remote sensing time series analysis. *GIScience & remote sensing*, 50(4), 437-457.
- Le Gac, A. L., Lafon-Placette, C., Chauveau, D., Segura, V., Delaunay, A., Fichot, R., ... & Bastien, J. C. (2018). Winter-dormant shoot apical meristem in poplar trees shows environmental epigenetic memory. *Journal of experimental botany*, 69(20), 4821-4837.
- Lefebvre, C. (1885). Le pin sylvestre dans les forêts d'Orléans et de Montargis. *Revue des Eaux et Forêts*, 241-254.

- Liebhold, A. M., Brockerhoff, E. G., Kalisz, S., Nuñez, M. A., Wardle, D. A., & Wingfield, M. J. (2017). Biological invasions in forest ecosystems. *Biological Invasions*, 19(11), 3437-3458.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., ... & Lexer, M. J. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 698-709.
- Luyssaert, S., Ciais, P., Piao, S.L., Schulze, E.-D., Jung, M., Zaehle, S., Schelhaas, M.J., Reichstein, M., Churkina, G., Papale, D., Abril, G., Beer, C., Grace, J., Loustau, D., Matteucci, G., Magnani, F., Nabuurs, G.J., Verbeeck, H., Sulkava, M., Van Der Werf, G.R., Janssens, I.A. & Team, M.o.t.C.-I.S. (2010) The European carbon balance. Part 3: forests. *Global Change Biology*, 16, 1429-1450.
- Manion, P. D. (1981). *Tree disease concepts*. Prentice-Hall, Inc.
- Maury, S., Sow, M. D., Le Gac, A. L., Genitoni, J., Lafon-Placette, C., & Mozgova, I. (2019). Phytohormone and Chromatin Crosstalk: The Missing Link For Developmental Plasticity? *Frontiers in Plant Science*, 10, 395.
- Mikkelsen, K. M., Bearup, L. A., Maxwell, R. M., Stednick, J. D., McCray, J. E., & Sharp, J. O. (2013). Bark beetle infestation impacts on nutrient cycling, water quality and interdependent hydrological effects. *Biogeochemistry*, 115(1-3), 1-21.
- Naudts, K., Chen, Y.Y., McGrath, M.J., Ryder, J., Valade, A., Otto, J. & Luyssaert, S. (2016) Europe's forest management did not mitigate climate warming. *Science*, 351, 597-600.
- Nickmans, H., Collet, C., Bonal, D., Verheyen, K., & Ponette, Q. (2017). Tree size and local neighbourhood affect foliar nutrient content in a mixed plantation of beech (*Fagus sylvatica*) and maple (*Acer pseudoplatanus*). *Forest Ecology and Management*, 400, 159-172.
- Nickmans, H., Jonard, M., Verheyen, K., & Ponette, Q. (2019). Modelling leaf dispersal and nutrient return in tree species mixtures. *Forest Ecology and Management*, 436, 68-78.
- Nybom, H. (2004). Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. *Molecular ecology*, 13 (5), 1143-1155.
- Moinard, V. (2017). Outils de caractérisation des stations forestières en contexte de changement climatique, à destination des gestionnaires forestiers. Mémoire de l'école normale supérieure (33 pages).
- Müller-Starck, G. (1995). Protection of genetic variability in forest trees. *Forest genetics*, 2 (3), 121-124.
- Paillet, Y., Bergès, L., Hjältén, J., Ódor, P., Avon, C., Bernhardt-Römermann, M., Bijlsma, R.J., De Bruyn, L., Fuhr, M., Grandin, U., Kanka, R., Lundin, L., Luque, S., Magura, T., Matesanz, S., Mészáros, I., Sebastià, M.T., Schmidt, W., Standovár, T., Tóthmérész, B., Uotila, A., Valladares, F., Vellak, K. & Virtanen, R. (2010) Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: Meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation Biology*, 24, 101-112.
- Plomion, C., Aury, J. M., Amselem, J., Alaeitabar, T., Barbe, V., Belser, C., ... & Canaguier, A. (2016). Decoding the oak genome: public release of sequence data, assembly, annotation and publication strategies. *Molecular ecology resources*, 16(1), 254-265.
- Pommerening, A. & Murphy, S.T. (2004). A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 77, 27-44.
- PRFB (2019). Programme régional de la forêt et du bois Région Centre-Val de Loire 2019-2029.
- Puettmann, K., Messier, C. & Coates, K. (2009) *A critique of silviculture: Managing for complexity*. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press.
- Ramsfield, T. D., Bentz, B. J., Faccoli, M., Jactel, H., & Brockerhoff, E. G. (2016). Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts. *Forestry*, 89(3), 245-252.

- Rieseberg, L. H., Widmer, A., Arntz, A. M., & Burke, B. (2003). The genetic architecture necessary for transgressive segregation is colon in both natural and domesticated populations. *Philos Trans Royal Society London*, 358 (1434), 1141-1147.
- Robin, C., & Gaudry, J. (2019). La maladie de l'encre complexifie la sylviculture du châtaignier. *Forêt Entreprise*, (247), 59-64.
- Rosenstein, J.M. (1993). La Llagonne, La Cabanasse. Histoire de deux sécheries de graines forestières dans les Pyrénées Orientales. Office National des Forêts. pp. 80 + Annexes.
- Sallé, A., Nageleisen, L. M., & Lieutier, F. (2014). Bark and wood boring insects involved in oak declines in Europe: current knowledge and future prospects in a context of climate change. *Forest Ecology and Management*, 328, 79-93.
- Schall, P., Gossner, M.M., Heinrichs, S., Fischer, M., Boch, S., Prati, D., Jung, K., Baumgartner, V., Blaser, S., Böhm, S., Buscot, F., Daniel, R., Goldmann, K., Kaiser, K., Kahl, T., Lange, M., Müller, J., Overmann, J., Renner, S.C., Schulze, E.-D., Sikorski, J., Tschapka, M., Türke, M., Weisser, W.W., Wemheuer, B., Wubet, T. & Ammer, C. (2018) The impact of even-aged and uneven-aged forest management on regional biodiversity of multiple taxa in European beech forests. *Journal of Applied Ecology*, 55, 267-278.
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., ... & Lexer, M. J. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature climate change*, 7(6), 395.
- Sow, M. D., Le Gac, A., Lafon-Placette, C., Delaunay, A., Le Jan, I., Fichot, R., ... & Segura, V. (2018, July). Clarifying the role of DNA methylation in tree phenotypic plasticity. In *FEBS Open Bio* (Vol. 8, pp. 138-138)
- Štursová, M., Šnajdr, J., Cajthaml, T., Bárta, J., Šantrůčková, H., & Baldrian, P. (2014). When the forest dies: the response of forest soil fungi to a bark beetle-induced tree dieback. *The ISME journal*, 8(9), 1920.
- Taccoen, A., Piedallu, C., Seynave, I., Perez, V., Gégout-Petit, A., Nageleisen, L. M., ... & Gégout, J. C. (2019). Background mortality drivers of European tree species: climate change matters. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1900), 20190386.
- Townsend, P. A., Singh, A., Foster, J. R., Rehberg, N. J., Kingdon, C. C., Eshleman, K. N., & Seagle, S. W. (2012). A general Landsat model to predict canopy defoliation in broadleaf deciduous forests. *Remote Sensing of Environment*, 119, 255-265.
- Voccia, M. (2005). Approche historique de l'ampleur des flux de graines et de plants de diverses origines génétiques. Cas du pin sylvestre dans deux massifs domaniaux. *Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes forestiers Université Henri Poincaré Nancy I*. pp39.
- Bélouard, T., Schmuck, H., Nageleisen, L. M., & Guyon, D. (2018). Cartographie des défoliations du massif forestier du Pays des étangs en Lorraine: Apports potentiels de la télédétection. *Revue Forestière Française*, LXX (5), 473-486.

Annexe 1 – Fiche de poste Ingénieur-re de recherche Animateur-trice du programme SyCoMore

Ingénieur-e de recherche animateur-trice du programme SyCoMore

EMPLOI-TYPE : A1D47 - Ingénieur-e de recherche en environnements géo-naturels et anthropisés



Environnement, mission et activités

Environnement :

Les forêts sont des écosystèmes à forts enjeux environnementaux, économiques et sociétaux. Elles contribuent à atténuer l'impact du changement climatique en séquestrant du carbone, ainsi qu'en produisant du bois, utilisable en tant que tel comme source d'énergie ou en substitution à des matériaux dont la fabrication nécessite des énergies fossiles. En outre, les forêts fournissent un grand nombre de services écosystémiques. Le projet Ambition Recherche Développement Centre Val de Loire (ARD CVL) SYCOMORE (Sylviculture de précision et connectée) regroupe l'ensemble des partenaires régionaux étudiant les arbres, la forêt et les insectes ravageurs, que ce soit dans les domaines académique (CNRS, INRAE, INSA Centre Val de Loire, Université d'Orléans, Université de Tours) ou socio-économique (Arbocentre, CNPF-IDF, ONF, Unisylva, Dream, Vegopolys Valley, AgreenTechValley, Cybeletech). Le Studium et Centre Sciences sont également partenaires de ce projet. Il est construit en lien étroit avec les RTR MiDi et Entomocentre et la demande de projet CPER ValoPat. Ses objectifs stratégiques sont les suivants :

- Structurer un pôle académique sur la forêt de portée nationale et internationale autour de la notion de la durabilité de la production forestière dans le contexte des changements climatiques,
- Renforcer les synergies entre les acteurs académiques et non-académiques de la région autour de ce même objectif et du développement économique régional,
- Consolider les enseignements et formations en région sur la filière forêt-bois et plus largement sur les agrobiosciences. Le programme est composé de 5 fiches actions et 3 fiches projets de recherche (Evaluer et anticiper les dépérissements pour conserver une gestion durable et multifonctionnelle de la forêt ; Renouveler les forêts de la région pour les rendre plus résilientes face aux changements climatiques ; Quelles ressources génétiques forestières pour le futur face au changement climatique ?).

Vous exercerez vos fonctions au sein de l'Unité de Recherche Ecosystèmes Forestiers (EFNO) du centre INRAE Centre Val de Loire, à Nogent-sur-Vernisson (45), composée de 34 chercheurs, ingénieurs et techniciens.

Missions :

Dans le cadre du programme SyCoMore, vos missions seront les suivantes :

- Assurer l'animation générale du programme (action Gouvernance) en étroite collaboration avec le porteur du programme et les partenaires du programme (préparation, animation et rédaction des comptes rendus des réunions du conseil d'orientation stratégique, du conseil scientifique et

- du comité de pilotage) (10 mois),
- Assurer le suivi de l'action de valorisation socio-économique en relai des partenaires socio-économiques du projet (3,5 mois)
 - Animer la dynamique partenariale nationale et internationale du programme (10 mois). Il s'agira d'établir un état des lieux précis du positionnement du programme SyCoMore sur le suivi du dépérissement forestier et de l'adaptation des forêts au changement climatique par rapport aux programmes, pôles et laboratoires compétiteurs et/ou partenaires potentiels en France et à l'étranger. Cet état des lieux sera conduit de manière systématique auprès de tous les partenaires du programme (si nécessaire jusqu'au niveau des équipes des laboratoires) et sera élargi à toute thématique portée par les partenaires du projet et présentant un intérêt stratégique en termes de collaborations nationales et internationales. Ce diagnostic, qui inclura une analyse qualitative des principaux partenariats identifiés, permettra de déterminer les opportunités de mise en place ou de renforcement de partenariats. L'étape suivante consistera à définir des priorités en termes de thématiques, de partenaires et de dispositifs de financement et le plan d'actions pour atteindre les objectifs prioritaires (qui seront autant d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs). La stratégie ainsi définie précisera les moyens nécessaires à articuler, en distinguant ceux qui sont déjà existants (CMER, Studium, représentations à Bruxelles, etc.)
 - Participer à l'animation de l'action Diffusion de la culture scientifique (3,5 mois). Il s'agira de contribuer aux côtés de Centre Sciences à la conception d'outils de médiation et à la mise en place d'événements spécifiques ou intégrés dans des événements récurrents de culture scientifique
 - Animer l'action « Soutenir l'attractivité de l'offre de formation en agrobiosciences en région Centre Val de Loire » aux côtés des organismes de formation de la région, du pôle de compétitivité Vegopolys Valley (9 mois). Il s'agira d'évaluer l'existant sous forme de diagnostic, de sonder auprès des professionnels et des établissements secondaires sur les passerelles existantes dans les formations et leurs attentes, d'échanger sur la restitution des études et les maquettes élaborées, de soutenir la conception de nouvelles maquettes (avis, confrontation, orientation), d'imaginer des ponts entre les différentes formations de la nouvelle offre et de mettre en lumière la nouvelle offre et sa cohérence pour maximiser les retombées pour les acteurs et filières concernées notamment les acteurs forestiers.

Conditions particulières d'exercice :

Vous pourrez être amené(e) à encadrer des stagiaires pour la réalisation de vos missions.

Vous serez amené(e) à faire des déplacements essentiellement en région Centre Val de Loire et ponctuellement France entière en véhicule administratif ou en train.



Profil recherché

CONCOURS ouvert aux candidats titulaires d'un BAC +5 (ou équivalent).

Formations, compétences, expérience :

Formation : Titulaire d'un Master 2, d'un diplôme d'ingénieur forestier ou d'une thèse, avec une expérience en recherche forestière. Des expériences en animation de réseau, à l'international et en enseignement supérieur seront fortement appréciées.

Connaissances :

- Sciences forestières



- Anglais lu, parlé, écrit (Niveau B2-C1)

Compétences :

- Animation de réseaux de partenaires
- Animation de réunions
- Expérience à l'international
- Montage de projet de recherche
- Prise de parole en public
- Fortes capacités rédactionnelles en français (et anglais)
- Rigueur
- Esprit de synthèse
- Autonomie
- Travail en équipe