



CANOPEE

Changement climatique et adaptation des forêts des Pyrénées
Cambio climático y adaptación de los bosques Pirenaicos

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ADAPTATION DES FORÊTS DES PYRENEES



PARTENAIRES



ORGANISME TIERS



PARTENAIRES ASSOCIÉS



RÉSUMÉ

La forêt occupe plus de la moitié de la surface des Pyrénées et fournit, tant au niveau local qu'au niveau régional, de nombreux biens et services (production de bois, protection des sols, régulation du régime hydrique, loisirs, etc.).

Les changements climatiques peuvent entraver de façon importante cette multifonctionnalité des forêts pyrénéennes en entraînant des dépérissements dans les forêts de production ou de protection, des destructions d'espèces ou habitats remarquables, une détérioration du cadre paysager forestier,...

Par conséquent, il devient de plus en plus évident que les gestionnaires forestiers des Pyrénées doivent anticiper ces changements en développant des outils communs pour améliorer la connaissance et la prise de décision dans la mise en œuvre d'actions d'adaptation sur le territoire.

Dans ce contexte le projet CANOPÉE a pour but de:

- ❖ Renforcer le suivi de la phénologie des principales essences des Pyrénées
- ❖ Développer un outil pour caractériser la vitalité des arbres du Massif et leur vulnérabilité au changement climatique.
- ❖ Cartographier la distribution et la vulnérabilité (actuelle et future) des principales espèces forestières des Pyrénées selon les différents scénarios de changements climatiques
- ❖ Elaborer et mettre en œuvre des actions de gestion adaptatives pour minimiser les impacts attendus

Il s'agira du premier projet opérationnel sur les impacts du changement climatique sur la distribution, la croissance, la vitalité et la vulnérabilité des forêts dans un massif transfrontalier, intégrant tous les gradients topo-climatiques de la chaîne.

ENJEUX / BESOINS

Depuis plusieurs décennies déjà les forêts de montagne sont soumises à un processus important de changement, du fait d'un ensemble de facteurs socio-économiques et environnementaux.

Bien que dans l'histoire des forêts Pyrénéennes le changement n'ait pas été l'exception mais plutôt la norme, ceux-ci n'ont jamais été si rapides et jamais l'Homme n'en avait eu tant conscience.

Pour ces raisons, les facteurs climatiques, biologiques et sociaux dans lesquels les forêts auront à se développer restent encore largement incertains et plus encore dans le massif Pyrénées où ces questions sont particulièrement prégnantes.

Concernant la connaissance de ces peuplements forestiers, l'action "Forêt" de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique (OPCC EFA235/11) a permis de faire un état de la question des impacts du changement climatique sur la forêt du massif eu égard aux différentes données disponibles.

Cette action a doté les gestionnaires, les propriétaires forestiers et les responsables institutionnels d'une série d'indicateurs d'impact du changement climatique sur les peuplements forestiers Pyrénéens : suivi de la phénologie de diverses espèces forestières des Pyrénées (dont la variation dépend uniquement du climat), évolution de la défoliation et de la distribution selon les zones climatiques.

Cependant, pour obtenir une information robuste qui puisse aider à la prise de décision, il est nécessaire que ces suivis soient réalisés d'une manière continue dans le temps.

Il est également nécessaire de mobiliser plus de connaissances sur le phénomène de dépérissement (principal phénomène lié au changement climatique touchant les forêts) et sur la capacité de résilience des arbres.

En outre, la forêt de demain se préparant aujourd'hui et il est important de développer des méthodes de travail spécifiques déclinées pour les principales espèces du massif Pyrénéen.

De la même manière, l'OPCC a mis en avant la faible quantité de données disponibles sur l'évolution phénologique des principales espèces du massif. Aussi, une série de parcelles ont été sélectionnées pour y mettre en place des suivis permanents. Le suivi de ces parcelles doit être pérennisé et déployé sur le versant le sud encore déficitaire en données.

Concernant la distribution des espèces, il convient de préciser que les études déjà réalisées en France (cf. par ex. Badeau et al. 2005, Cheaib et al. 2012, Piedallu et al., 2009) et en Espagne sur l'effet des changements climatiques sur la distribution potentielle future des essences ou sur leur vulnérabilité concernent le plus souvent les échelles nationales ou régionales ; les Pyrénées sont alors - dans ces deux pays et sur chacun des deux grands versants - dans une situation de marge pour laquelle la validité des modèles est probablement moins bonne, et les résultats moins pertinents et difficilement utilisables.

C'est la raison pour laquelle CANOPEE vise à fournir aux gestionnaires et aux territoires des outils nécessaires pour identifier les zones vulnérables et anticiper le couvert forestier. Les Pyrénées sont un vrai laboratoire de ce que les changements climatiques peuvent avoir comme impact sur un grand massif montagneux européen en position méridionale. En effet, la migration potentielle des espèces se fait selon un gradient climatique qui prend tout son sens en intégrant les Pyrénées andorranes, espagnoles et françaises dans l'étude.

Enfin et sur la base des aspects mentionnés précédemment, il paraît indispensable de mettre en œuvre une **sylviculture** qui favorise des peuplements résistants au changement climatique ou ayant une plus forte capacité de résilience, et ceci par le biais de pratiques de gestion adaptative dans les territoires.

REPONSE DU PROJET CANOPEE

CANOPEE relève les enjeux et les opportunités du programme à travers 3 axes d'actions principales :

1.- Afin de mieux connaître et évaluer les impacts du changement climatique sur les forêts pyrénéennes, il est nécessaire de poursuivre le travail initié sur les parcelles établies par l'OPCC (EFA235/11) pour pérenniser, compléter et valoriser le suivi des indicateurs définis et, en particulier, le suivi de la phénologie des principales essences forestières des Pyrénées. La phénologie dépend uniquement des conditions météorologiques car elle est le reflet fidèle du climat annuel. Cet indicateur permet, à court terme, de comparer annuellement les différences entre les cycles biologiques de l'évolution des espèces forestières. Ce projet vise ainsi à augmenter le nombre de parcelles sur le versant sud, afin d'obtenir des séries de données plus conséquentes et permettre d'obtenir une vision intégrant les deux versants. Il s'agit d'un grand pas en avant, car comme cela a été mentionné ultérieurement, dans les études réalisées jusqu'à maintenant, les Pyrénées occupait une position marginale : avant le projet OPCC 235/11 seulement 14 parcelles permettaient de mesurer l'évolution phénologique. Ce sont désormais 38 parcelles qui ont été mises en place et qui de fait nécessitent un suivi annuel. CANOPEE permettra ainsi de mesurer ces parcelles pendant les 3 années du projet.

2.- Un autre indicateur qui sera étudié à travers le projet CANOPEE est le phénomène de dépérissement. Dans le contexte actuel du changement climatique, une récurrence plus élevée des périodes climatiques anormales est attendue, de même qu'une augmentation marquée de la fréquence des sécheresses, des tempêtes, des périodes de gel plus intenses, ou des périodes d'excessive pluviosité ; ces phénomènes induisent un stress supplémentaire sur les arbres et les forêts, ce qui les rend plus sensibles aux attaques et aux maladies. Les anomalies climatiques peuvent également accroître la vulnérabilité des arbres à la pollution atmosphérique d'origine anthropique et donnent lieu, en général, à des phénomènes fréquents de dépérissement importants (Mueller-Dombois, 1992). D'autre part, d'autres effets du changement climatique peuvent être envisagés, comme par exemple une fréquence plus élevée d'attaques par les insectes ainsi que des maladies causées par le stress lié au changement climatique. Cela peut générer un accroissement des volumes de combustible accumulés dans les forêts, augmentant ainsi le risque d'incendie. CANOPEE prévoit d'aborder ce thème selon deux aspects :

- Le développement d'une méthode permettant d'évaluer la capacité de résilience des arbres via l'intégration de la notion de « réversibilité » d'un état de stress. Le projet développera de nouvelles clés de détermination de cet état de stress et de la capacité de résilience pour certaines des espèces les plus représentatives du massif Pyrénéen.
- L'identification des peuplements forestiers Pyrénéens les plus vulnérables à partir de la projection à échelle du massif de la distribution des principales espèces forestières dans un contexte de changement climatique. Cette projection aura un intérêt particulier par son caractère novateur en comparaison avec les études réalisées jusque-là.

3.- Enfin le projet vise, sur la base des informations obtenues dans les étapes précédentes, à définir les formations forestières à risque de dépérissement élevé (ou avéré) et à appliquer sur celles-ci des actions démonstratives de gestion forestière adaptative de façon coordonnées entre la France, l'Espagne et l'Andorre. Seront ensuite évaluées les conséquences de ces traitements sur la balance hydrique (c'est à dire en modélisant les apports et les pertes en eau des peuplements ayant fait l'objet d'une gestion adaptative). Grâce à la conception d'une sylviculture adaptée à chaque situation l'objectif est ici de promouvoir, d'une part, des structures de peuplements plus résistants ou, à défaut, l'évolution non traumatique des peuplements vers des nouvelles formations forestières mieux adaptées aux nouvelles conditions et qui puissent continuer à fournir biens et services à la société.

PLUS-VALUE TRANSFRONTALIERE DU PROJET CANOPEE

La forêt est présente sur tout le massif et couvre 59% du territoire pyrénéen. Les versants français, andorrans et espagnols présentent des caractéristiques très marquées, liées au climat et aux actions anthropiques passées. Ainsi, par exemple nous trouvons :

- Une dominante marquée du hêtre et du sapin sur le versant français.
- Une dominante marquée des pins dans les forêts du versant espagnol, avec tout de même des forêts de chênes et de chênes lièges également présentes sur les zones basses.
- Une dominante marquée du Pin à crochet sur le territoire andorran.

Le changement climatique représente une menace pour l'ensemble du territoire, sans distinction entre les versants, les limites administratives, les pratiques de gestion ou les espèces (toutes changeront de répartition en faveur de conditions climatiques et certaines seront plus touchées par les phénomènes de dépérissement par exemple).

Cependant, cet impact implique une série de conséquences qui se différencient d'un versant à l'autre et qui devront être abordées, par conséquent, à travers des mesures d'adaptation spécifiques.

Il semble particulièrement important et intéressant de pouvoir développer en commun à l'échelle du Massif, des outils qui offrent une vision partagée de l'impact du changement climatique sur les peuplements forestiers.

D'autre part, une autre des valeurs ajoutées de la coopération au sein du projet est de pouvoir partager les techniques et connaissances entre les partenaires qui ont jusqu'à présent été développées uniquement sur l'un ou l'autre des versant du Massif ainsi qu'en territoire non pyrénéen

OBJECTIFS / RESULTATS

☐ **Objectif principal du projet**

Assurer, dans un contexte de changement global, la pérennité des biens et services actuels et futurs fournis par les écosystèmes forestiers des Pyrénées.

☐ **Objectif spécifique 1**

Garantir un suivi des impacts du changement climatique sur les forêts pyrénéennes.

☐ **Objectif spécifique 2**

Développer des outils communs de diagnostic et de vigilance actuelle et future.

☐ **Objectif spécifique 3**

Mettre en œuvre une stratégie de gestion forestière adaptative afin de minimiser les impacts attendus du changement climatique

☐ **Résultats escomptés du projet**

1. Consolidation et amélioration de la connaissance des effets du changement climatique sur les forêts pyrénéennes comme outil d'aide à la décision à travers l'étude d'indicateurs spécifiques (phénologie et dépérissement).

Ce premier résultat impliquera la mise en marche de protocoles communs de suivi ainsi que le développement d'outils d'aide à la prise de décision pour les gestionnaires des deux versants. Ces outils formeront une base permettant de formuler des stratégies communes d'adaptation.

2. Elaboration d'outils de diagnostic de la vulnérabilité des forêts pyrénéennes face au changement climatique.

Ce résultat permettra d'observer la distribution des espèces forestières du massif, leur sensibilité au phénomène de dépérissement ainsi que leur capacité de résilience

3. Compilation de mesures d'adaptation sylvicoles face au changement climatique sur les zones les plus vulnérables.

Ce résultat permettra de mettre en œuvre un panel de mesures de gestion sylvicoles d'adaptation sur des territoires vulnérables en se basant sur un corpus des différentes recommandations de gestion.

GROUPES CIBLES

Groupe cible 1

Gestionnaires forestiers des territoires et propriétaires privés : gestionnaires forestiers privés et publics, gestionnaire d'espace protégés

Groupe cible 2

Autorité publique locale

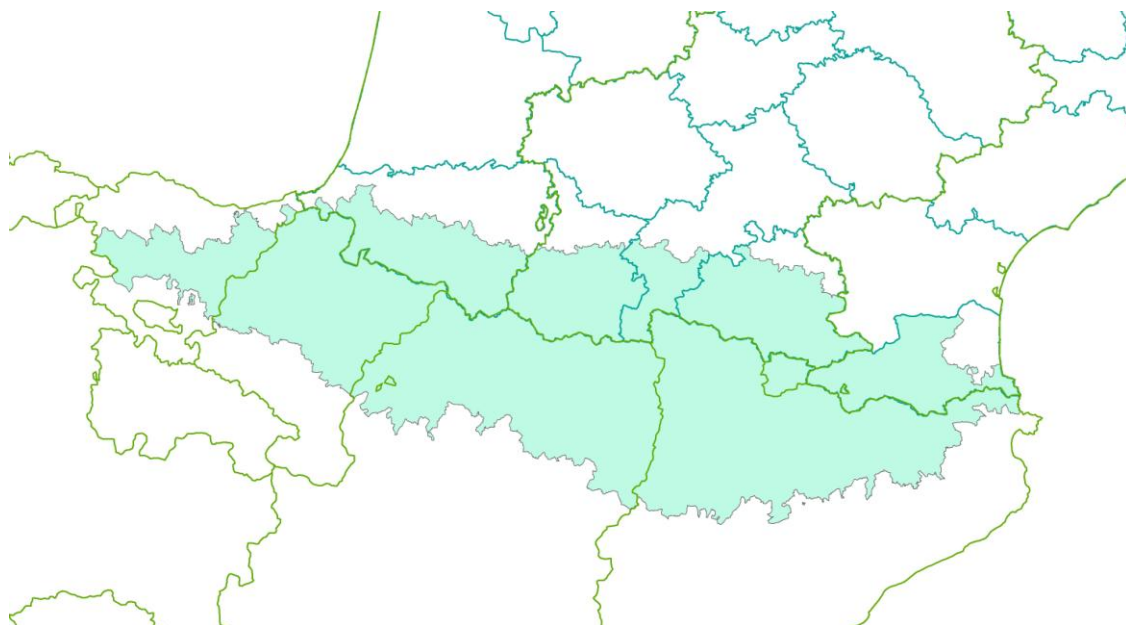
Ainsi que régionales et nationales qui mettent en place des stratégies d'adaptation : communes, Parcs, services de l'État, l'Agence Catalane de l'eau, l'Agence Catalane du Changement Climatique, etc.

Groupe cible 3

Recherche et Monde scientifique

Centres de recherche spécialisés dans les études sur l'adaptation au changement climatique.

ZONE D'INTERVENTION



PLAN DE TRAVAIL PAR ACTION

■ ACTION 1 – GESTION DU PROJET

- 1.1 - Comité de pilotage
- 1.2 - Comité Technique

■ ACTION 2 – ACTIVITES DE COMMUNICATION

- 2.1 - Communication relative au PROJET CANOPEE
- 2.2 - Communication relative à l'impact du changement climatique sur les forêts pyrénéennes et sur les mesures adaptatives à mettre en œuvre

■ ACTION 3 – OBSERVER: la connaissance des effets du changement climatique sur les forêts pyrénéennes comme outils d'aide à la décision

- 3.1 - Le suivi phénologique
- 3.2 - L'analyse du dépérissement

■ ACTION 4 – DIAGNOSTIQUER : évolution de la distribution des espèces forestières pyrénéennes et diagnostic de la vulnérabilité des forêts pyrénéennes au changement climatique

- 4.1 - Modélisation spatiale des aires bioclimatiques et des zones de vulnérabilité
- 4.2 - Evaluation, expertise production et fourniture

■ ACTION 5 – AGIR: proposer et mettre en œuvre des mesures d'adaptation aux effets du changement climatique dans des zones vulnérables.

- 5.1 - Mise en œuvre d'action pilotes de gestion forestière adaptative
- 5.2 - Evaluation de l'impact des traitements sylvicoles sur l'amélioration du bilan hydrique des peuplements forestiers.

1	GESTION DU PROJET
Partenaire responsable de l'action	FORESPIR
Décrivez la manière dont sera menée à bien la gestion stratégique et opérationnelle du projet	
Cette action consistera à coordonner l'ensemble des actions et ainsi à assurer le suivi régulier de l'avancée du projet. L'expérience montre qu'un projet européen est d'autant mieux géré qu'un suivi adéquat et cohérent de la mise en œuvre des actions est prévu. Or, il apparaît souvent que l'aspect de gestion du projet n'est pas assez considéré par les partenaires ce qui génère des difficultés pour respecter les engagements pris (réalisation technique conforme au calendrier mais également gestion optimale des dépenses et de la présentation des certifications). FORESPIR a ainsi mis l'accent sur une gouvernance précise du déroulement de l'action et assurera un important travail tant sur le plan de la gestion administrative et financière de l'action (suivi des dépenses, préparation des certifications de dépenses, gestion des subventions européennes, nationales et régionales) que sur le plan technique (convocation, animation et compte-rendu bilingue des réunions, organisation des tournées, suivi de l'avancée des actions, cohérence entre les différents partenaires et les actions transversales, etc.). Cette action vise à : - Coordonner les différentes tâches de suivi : développement du projet et certifications - Coordonner la réalisation de rapports intermédiaires et d'évaluation - Etablir une communication interne entre les partenaires concernant le développement du projet - Veiller et lever les imprévus Pour ce faire le projet compte sur : - L'organisation de 3 Comités de Pilotage (COFIL) auxquels participeront les partenaires chargés de la réalisation des actions mais également les partenaires institutionnels et les organismes tiers pour assurer la gouvernance du projet dans son ensemble. - L'organisation de 6 Comités Techniques (COTEC) qui auront à intervenir sur chacune des actions présentées. - L'organisation de Réunions téléphoniques de Suivi (RES) ou visioconférences bimensuelles L'organisation régulière de ces réunions (COFIL, COTEC et RES) ainsi qu'un suivi financier rigoureux permettront notamment : - de se conformer au calendrier de réalisation de toutes les opérations et de veiller au suivi chronologique des réalisations - de lever les blocages (si nécessaire) entre partenaires ou avec des structures externes, - d'assurer un suivi du budget et de valider les orientations nécessaires éventuelles pouvant intervenir sur le déroulement du projet,	

- facilité la communication dans le cadre du partenariat ; - d'optimiser les phases de reporting et d'évaluation en maintenant au courant des avancées les partenaires à chaque étape du projet ; - Gérer les risques et la qualité des activités mises en œuvre		
Activités et livrables		
Activité 1.1	Comité de Pilotage	
	Le Comité de Pilotage se réunira une fois par an, soit 3 fois durant le projet pour permettre un suivi adéquat et cohérent à la mise en œuvre des actions du projet. Il aura pour objectif de : - Faire le point sur l'avancement opérationnel et stratégique du projet - Vérifier le calendrier de réalisation de toutes les opérations et surtout veiller au suivi chronologique des réalisations, - Donner des orientations stratégiques au projet - Éventuellement lever les blocages entre partenaires ou avec des structures externes, - Faire un point sur le budget pour évaluer éventuellement les réajustements à demander, - Donner validation sur les réorientations nécessaires éventuelles pouvant intervenir sur le déroulement du projet. Ce Comité de Pilotage sera constitué des : - Partenaires du projet (partenaires tiers et associés aussi) - Techniciens institutionnels et territoriaux pertinents - Partenaires institutionnels et cofinanceurs - Autres acteurs impliqués dans le projet si nécessaire Ces Comité de Pilotage seront convoqués par le Chef de File au moins 1 mois avant la date définie par courrier électronique proposant un ordre du jour. Lors de ces réunions les pilotes des actions présenteront un état d'avancement succinct de leur mise en œuvre, et pourront éventuellement être appuyés par les autres partenaires techniques. Afin d'assurer un suivi régulier et efficace, ce comité de Pilotage sera renforcé par une coordination très étroite entre FORESPIR et chacun des pilotes des groupes de tâches développées dans le projet.	
	<table> <tr> <th>Livable</th><th>Compte rendus de Comité de Pilotage</th></tr> </table>	Livable
Livable	Compte rendus de Comité de Pilotage	
Activité 1.2	Comité technique	
	Le Comité Technique, animé par le Chef de File du projet, coordonnera l'ensemble des actions et assurera le suivi régulier du projet par l'organisation de 2 réunions par année, soit un total de 6 réunions sur la durée totale du projet. Il aura pour objectif de - Coordonner les interventions entre les partenaires techniques du projet selon le	

	calendrier prévisionnel défini - Coordonner les interventions du projet en relation à d'autres dispositifs externes si nécessaire - Suivre les évolutions du projet et les actions - Apporter les éclairages techniques nécessaires à la bonne mise en œuvre des actions - Optimiser la communication interne entre les différents partenaires techniques Il sera constitué par le chef de file et un représentant technique de chaque structure, ainsi que des organismes tiers et associés Si besoin, des acteurs clefs externes au partenariat dont l'avis et l'expertise sont particulièrement importante pour la bonne mise en œuvre des actions pourront être invités à participer à tout ou partie de ces Comités. Ces Comité techniques seront convoqués par le Chef de File au moins 15 jours avant la date définie par courrier électronique proposant un ordre du jour. Un des deux Comité Technique annuel pourra être couplé avec le Comité de Pilotage annuel (1/2 journée, ½ journée).		
	<table> <tr> <td data-bbox="284 931 549 963">Livable</td><td data-bbox="549 931 1372 963">Compte rendus de Comité Technique</td></tr> </table>	Livable	Compte rendus de Comité Technique
Livable	Compte rendus de Comité Technique		

2	ACTIVITES DE COMMUNICATION	
Partenaire responsable de l'action	FORESPIR	
Activité 2.1	Communication relative au PROJET CANOPEE	
	Plusieurs actions de communication spécifiques au projet CANOPEE seront mises en œuvre : □ Création du site web de CANOPEE La communication est un moyen essentiel pour faire connaître les résultats du projet CANOPEE. Pour optimiser la diffusion des actions, le déroulement et les résultats du projet, un site web sera créé spécifiquement dans ce but, conjointement avec les réseaux sociaux. Sur le web seront présentés les partenaires du projet, les actions, le projet et les résultats. Le web sera créé rapidement et sera actualisé tout au long du déroulement du projet et des actions. □ Edition de matériel de communication Dans le but de communiquer à chaque étape du projet et que l'information circule entre les différents publics choisis plusieurs supports seront élaborés et réalisés comme par exemple : - Triptyques de présentation du projet, un au début avec la présentation du projet, et un autre à la fin avec la présentation des résultats. Ils seront destinés aux acteurs institutionnels, communes, propriétaires, espaces protégés, gestionnaires de territoires. - Vidéo de présentation sur les enjeux du projet et les acteurs qui interviennent - Panneaux d'information sur les zones de travaux. Les triptyques seront édités dans les langues officielles des territoires impliqués dans le projet : castellan, français, euskera et catalan. Un format digital sera également diffusé sur le web. Une diffusion de 500 exemplaires castillans, 500 exemplaires français, 300 exemplaires catalans et 300 exemplaires euskera est prévu. □ Séminaire de clôture du projet CANOPEE Un séminaire final de clôture et de présentation des résultats et des perspectives sera organisé en fin de projet.	
	Livrable	Site internet / Matériel de communication/Actes séminaires
Activité 2.2	Communication relative à l'impact du changement climatique sur les forêts pyrénéennes et sur les mesures adaptatives à mettre en œuvre	
	□ Ateliers de transfert et de formation des résultats du projet Cette activité sera particulièrement orientée vers les acteurs impliqués dans la gestion du territoire (gestionnaires forestiers, propriétaires privés, maires ou autres personnes concernée par la thématique du projet). La thématique concernant la gestion sylvicole adaptative aura un intérêt particulier et sera articulée autour d'une partie en salle et	

	d'une partie terrain sur des parcelles pilotes du projet. Ces ateliers seront organisés de façon transfrontalière. 3 ateliers pourront être organisés : un sur la frange Est, un sur les Pyrénées Centrales et un sur la frange Ouest du massif. □ Edition de documents techniques de gestion forestière afin de limiter les impacts du changement climatique Cette activité consistera à la conception, la traduction et l'édition de 1600 exemplaires de documents techniques relatifs aux bonnes pratiques de gestion forestière adaptative. Ces documents seront édités dans les 4 langues des territoires impliqués. Le contenu sera adapté en fonction des régions destinataires pour s'adapter aux contextes et pratiques locales. Les partenaires s'impliqueront dans l'édition de documents simples et pratiques afin d'en optimiser leur utilisation. Les documents techniques édités seront : - Cartes de vulnérabilité actuelle et future des forêts Pyrénéennes (accessible en ligne) - Outils pour détecter la vulnérabilité à l'échelle de l'unité de gestion - « Bonnes pratiques de sylviculture adaptative ». Un format digital sera également diffusé sur le web. Une diffusion de 500 exemplaires castillans, 500 exemplaires français, 300 exemplaires catalans et 300 exemplaires euskera est prévu.	
	Livrable	Rapport des résultats de l'atelier et des interventions / Documents techniques

3	OBSERVER: LA CONNAISSANCE DES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES FORETS PYRENEENNES COMME OUTILS D'AIDE A LA DECISION
Partenaire responsable de l'action	CNP
Description succincte et objective de l'action	
L'action « Forêt » (EFA235/11) de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique a permis de dresser un état des lieux des différentes données mobilisables pouvant mettre en évidence les impacts du changement climatique sur la forêt du Massif. L'idée première était ainsi de doter tant les gestionnaires que les propriétaires sylviculteurs ou encore les décideurs institutionnels de données homogènes concernant les impacts du changement climatique sur les forêts : sensibilité des diverses essences, rapidité de déclin, différenciation de zones climatiques... Dans cet esprit, l'action s'est attachée à : - identifier des indicateurs fiables permettant de déterminer l'influence du changement climatique sur les différentes essences forestières Pyrénéennes, - identifier et valoriser les principales données de suivi existantes, - implanter éventuellement de nouvelles placettes pour compléter les manques identifiés, - et ainsi mettre à la disposition de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique un réseau de placettes permanentes de suivi à long terme de ces indicateurs, D'un point de vue physiologique, ont été ciblés plusieurs aspects dont le dépérissement. L'action s'est ainsi centrée, d'une part, sur la mobilisation des données du réseau européen de suivi des écosystèmes forestiers et, d'autre part, sur le développement de la méthode ARCHI pour le sapin (étude spécifique sur la sapinière du pays de Sault). L'utilisation et le déploiement de la méthode ARCHI (qui apporte la notion importante de réversibilité d'un état de stress) suppose maintenant une déclinaison pour les principales essences du massif pyrénéen. La méthode ARCHI base son analyse du dépérissement sur l'intégration de la notion de réversibilité d'un état de stress. Les arbres sont ainsi classés en catégories en fonction de leur ramification et de la nature des bourgeons à l'origine de la physionomie de l'arbre. Cette conformation actuelle traduit en effet les processus de stress ou de rétablissement des arbres. Cette clé facilite la planification des interventions concernant le dépérissement. Concernant l'aspect phénologique, le recensement des données disponibles a mis en avant la faible quantité de données mobilisables sur le massif d'où l'installation de placettes de suivis complémentaires dont la pérennisation est nécessaire. En outre, le versant espagnol demeure pour l'heure déficitaire en données suivies et gagnerait à être étoffé en termes de représentativité des peuplements forestiers espagnols. L'objectif général de cette action ambitionne d'améliorer (tant en termes quantitatifs que qualitatifs) le diagnostic physiologique (phénologie et dépérissement) des principales essences forestières pyrénéennes en établissant un diagnostic de l'état de santé des écosystèmes forestiers.	

Les aspects phénologiques concernent les espèces suivantes :

Sapin (*Abies alba*),
Chêne (*Quercus petraea*),
Hêtre (*Fagus sylvatica*),
Pin à crochets (*Pinus uncinata*),
Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*).

L'étude du dépérissement concernera les espèces suivantes :

Sapin (*Abies alba*),
Chênes (*Quercus petraea*, *robur* et *pubescens*),
Châtaignier (*Castanea sativa*),
Hêtre (*Fagus sylvatica*),
Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*),
Pin à crochets (*Pinus uncinata*)
Pin noir (*Pinus nigra*).

Les nouvelles clés ARCHI développées dans CANOPEE concernent les espèces suivantes :

Hêtre (*Fagus sylvatica*),
Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*),
Pin à crochets (*Pinus uncinata*)
Pin noir (*Pinus nigra*)

Concernant la phénologie l'intérêt de l'action est de poursuivre les relevés engagés sur les sites phénologiques établis dans le cadre de l'OPCC 235/11. Garantir une continuité des suivis et un accroissement des données générées en utilisant un protocole commun permettra de mutualiser des informations importantes entre les partenaires à l'échelle du massif pyrénéen et permettra ainsi de renforcer la représentativité des analyses effectuées.

Concernant le dépérissement l'enjeu est d'appliquer de nouvelles méthodes de diagnostics de dépérissement (ARCHI) et de former les professionnels à cette méthode et à la notion de réversibilité d'un état de stress. Ainsi, la méthode ARCHI sera développée pour de nouvelles essences fortement représentées sur le massif pyrénéen (*Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris*, *Pinus uncinata*, *Pinus nigra*) en identifiant des parcelles ou des sites sur lesquels initier des séries temporelles, annuelles de suivi.

Activités et livrables	
Activité 3.1	Adaptation des indicateurs existants au contexte Pyrénéen
	Les écosystèmes forestiers sont le reflet des conditions climatiques, topographiques et anthropiques. La probable modification du régime des précipitations et l'augmentation de la température pourrait faire évoluer la distribution des niches écologiques et en voie de conséquence les espèces et habitats qui s'y développent. Il convient ainsi d'identifier et de suivre une série d'indicateurs afin d'anticiper les probables évolutions et d'adapter en conséquence la gestion des milieux forestiers. Cela est d'autant plus important que les écosystèmes forestiers assurent un rôle économique (filiales bois, bois-énergie...), social (loisir, protection contre les risques naturels...) et environnemental (paysage, biodiversité...) non négligeable. Dépendant exclusivement des conditions météorologiques, la phénologie est un reflet fidèle du climat annuel. Indicateur à court terme, il permet de comparer annuellement les différences concernant les cycles biologiques de développement des espèces. Ainsi, un suivi régulier du débourrement permet de juger de l'impact réel des conditions climatiques sur les arbres. En outre, la faible disponibilité des données forestières sur le massif pyrénéen (14 placettes permanentes) a conduit à densifier le réseau phénologique. Ont ainsi été installées plus de 30 nouvelles placettes dans le cadre de l'Observatoire Pyrénéen des Changements Climatiques (OPCC). Installées selon un gradient altitudinal, elles concernent plusieurs essences (hêtre, sapin pectiné, chêne, pin à crochets et pin sylvestre) et influences climatiques afin d'anticiper les zones ou milieux les plus impactés. L'intérêt d'un tel dispositif est de pouvoir réaliser des observations sur plusieurs années consécutives afin de voir se dégager des tendances. La proposition actuelle s'attache donc notamment à assurer la continuité des actions engagées. En outre ces suivis seront concomitants avec les premières images des satellites Sentinelle (1 image prise tous les 5 jours à une résolution de 20 m). La précision de nos relevés pourrait permettre d'envisager un calage des algorithmes de calcul pour un suivi par télédétection. Le réseau de suivi phénologique de l'OPCC couvre déjà le versant français des Pyrénées. Dans une région, les placettes d'une même essence sont réparties « en grappes » selon un gradient altitudinal (tous les 100 mètres de dénivelés) pour déceler d'éventuelles différences dans la réaction des écosystèmes forestiers en fonction de l'altitude. PHASES de l'activité : 1/ Traduction de la méthodologie (espagnol et catalan) 2/ Compléments de placettes phénologiques 3/ Développement d'une application pour la notation 4/ Calibrage des différents notateurs 5/ Relevés phénologiques sur les sites France: 10 parcelles Abies alba 13 parcelles Fagus sylvatica 3 parcelles Quercus petraea 6 parcelles Pinus uncinata

	Espagne: 3 parcelles <i>Fagus sylvatica</i> (Eusk) 3 parcelles <i>Pinus sylvestris</i> (Cat) 3 parcelles <i>Abies alba</i> (Aragón)	
	Livable	Méthodologie trilingue/Application mobile /Rapport annuel des résultats des suivis phénologiques
Activité 3.2	L'analyse du dépérissement	
	Lorsqu'on s'intéresse au dépérissement des arbres, une observation limitée aux branches mortes et au déficit foliaire n'est pas suffisante. Selon cette méthode en effet, les arbres les plus « stressés » (à branches mortes, cimes sèches ou feuillage clair) sont les premiers exploités, sans réelle évaluation de leur capacité de réaction. En réalité, deux arbres ayant le même taux de mortalité, ou présentant un déficit foliaire identique, n'ont pas du tout le même devenir selon la nature des gourmands qu'ils portent. L'innovation de la méthode ARCHI est de diagnostiquer les dynamiques de résilience des arbres. ARCHI base son analyse du dépérissement sur l'intégration de la notion de réversibilité d'un état de stress. Les arbres sont ainsi classés en catégories en fonction de leur ramification et de la nature des bourgeons à l'origine de la physionomie de l'arbre. Cette conformation actuelle traduit en effet les processus de stress ou de rétablissement des arbres. Son principe peut se résumer selon l'équation ci-dessous : Symptômes de dégradation du houppier + Processus de restauration du houppier = Diagnostic ARCHI Les spécificités de la méthode ARCHI sont de plusieurs ordres. 1. Chaque essence possède sa propre séquence de développement. Cette dernière est considérée comme la référence d'un développement normal. La méthode ARCHI se décline ainsi essence par essence ou groupe d'essences proches. 2. Trois types de gourmands (ou rameaux éplicormiques) sont identifiés (orthotropes, plagiotropes et agéotropes). 3. Cinq types ARCHI sont recensés (sain, stressé, résilient, descente de cime et dépérissement irréversible). 4. Des clés de détermination des types ARCHI sont utilisées. Elles reprennent l'ensemble des observations nécessaires sous forme d'une suite de questions à réponse binaire oui/non. Ces clés se prêtent facilement au développement d'applications informatiques, sur téléphone portable par exemple. A l'heure actuelle, plusieurs clés ARCHI ont été testées et validées : <i>Quercus robur</i>, <i>petraea</i> et <i>pubescens</i>, <i>Abies alba</i>, <i>Pseudotsuga menziesii</i> et <i>Castanea sativa</i>. La présente activité ambitionne quatre objectifs : 1. Appliquer ARCHI pour les essences connues (chênes, sapin, vergers de châtaignier) 2. Réaliser 4 nouvelles clés ARCHI (hêtre, pins sylvestre, à crochet et noir)	

	3. Former les professionnels français et espagnols 4. identifier des sites de suivis ARCHI <u>PHASES de l'activité :</u> 1/ Réalisation de 4 nouvelles clés ARCHI (Fagus sylvatica, Pinus sylvestris, Pinus uncinata, Pinus nigra) 2/ Intégration des clés dans une application informatique pour smartphone 3/ Traduction des 7 clés ARCHI et de l'application 4/ Tests des clés en comité restreint 5/ Formations aux méthodes ARCHI 6/ Rédaction et synthèses 7/ Relevés de notations ARCHI sur les 10 sites	
	Livrable	Application mobile/ Réalisation de sessions de formation entre partenaires Rapport sur les résultats des inventaires

4	DIAGNOSTIQUER : évolution de la distribution des espèces forestières pyrénéennes et diagnostic de la vulnérabilité des forêts pyrénéennes au changement climatique
Partenaire responsable de l'action	ONF
Description succincte et objective de l'action	
La forêt occupe plus de la moitié de la surface des Pyrénées et fournit, tant au niveau local qu'au niveau régional, de nombreux biens et services (production de bois, protection des sols, régulation du régime hydrique, loisirs etc...). Or, les changements climatiques peuvent entraver de façon importante cette multifonctionnalité en entraînant : □ des dépérissements dans les forêts à fort enjeu de production de bois (ex : Sapinières du Pays de Sault, ...) □ des destructions d'espèces ou habitats remarquables qui auront probablement des difficultés pour migrer □ des dépérissements dans les forêts à enjeu de protection contre les risques naturels qui ne pourront plus jouer leur rôle, et qui peuvent réactiver des phénomènes naturels qui jusqu'alors étaient maîtrisés par la végétation. □ une détérioration du cadre paysager forestier, à l'origine de l'attrait touristique. Les études déjà réalisées en France (cf. par ex. Badeau et al. 2005, Cheaib et al. 2012, Piedallu et al., 2009), en Espagne et en Andorre de l'effet possible des changements climatiques sur la distribution potentielle future des essences ou sur leur vulnérabilité concernent le plus souvent les échelles nationales ou régionales ; les Pyrénées sont alors - dans ces trois pays et sur chacun des deux grands versants - dans une situation de marge pour laquelle la validité des modèles est probablement moins bonne, et les résultats moins pertinents et difficilement utilisables. Pour cela la présente action est destinée à évaluer l'impact des différents scénarios de changement climatique sur les aires potentielles de distribution des principales espèces forestières des Pyrénées et le déplacement progressif prévu de ces espèces (s'agit-il d'une régénération naturelle / d'une migration assistée ou de plantation ?). D'autre part l'action permettra d'évaluer la vulnérabilité des forêts aux différents scénarios de changement climatique en tenant compte des facteurs saisonniers (relief, topographie et géologie) afin d'identifier, avec différents niveaux de risque et pour l'ensemble des Pyrénées, les zones et les espèces forestières les plus vulnérables, d'adapter au mieux le choix des « essences cibles » et de les associer aux différentes échelles de prise de décisions. Ces objectifs seront obtenus à travers une série de réalisations : - Réalisation de cartes d'aires potentielles pour les principales espèces forestières sur la base des facteurs climatiques (climat actuel / passé récent et différents scénarios de climat futur) pour l'ensemble des Pyrénées et avec une résolution spatiale kilométrique. Cet objectif vise à améliorer la prise de décisions dans les orientations de gestion à un niveau régional. Les cartes doivent tenir compte des évolutions climatiques (qui correspondent aux scénarios d'émission de GES (gaz à effet de serre) du GIECC) produits par les modèles climatiques réalisés par des instituts spécialisés nationaux et résultants d'études réalisées spécifiquement pour les Pyrénées par l'OPCC.	

- Réalisation de cartes avec différents degrés de vulnérabilité (actuelle et future) pour les principales espèces forestières en intégrant et en combinant (1) les cartes d'aires potentielles de déterminisme climatiques (voir point précédent), (2) les cartes de résolution plus fine et d'indices multiples de relief et de topographie (résolution correspondante aux modèles numériques de terrain), (3) les cartes géologiques. La combinaison de ces informations et résolutions spatiales distinctes doit fournir des cartes à un niveau de détail approprié pour la prise de décisions dans une gestion forestière correspondants aux documents d'aménagement ou de planification forestière (aménagement/ plan simple de gestion en France pour les forêts publiques / privées, et documents équivalents en Espagne et en Andorre; ces documents précisent surtout la sélection des essences objectif (uniques ou multiples) pour chaque parcelle forestière ou unité de gestion

Activités et livrables

Modélisation spatiale des aires bioclimatiques et des zones de vulnérabilité

PHASES:

Phase 1 : Compilation et Harmonisation des données

* Données géographiques et dendrométriques sur les essences et peuplements forestiers :

Fournisseurs : inventaires forestiers nationaux (Espagne, France (IGN))

Il s'agit de données individuelles par placettes ; disponibles librement, en totalité pour l'Espagne, pour les placettes « nouvelle méthode » (depuis 2005) en France hormis la localisation précise (bruitée à maille 1 km).

* Données climatiques :

Fournisseurs : OPCC ; Drias (France ; projections climatiques IPSL, CERFACS, CNRM-GAME) ; Agencia Española de Meteorología (Espagne) ; base WorldClim (worldclim.org).

Il s'agit généralement de données issues de modélisations (forcément pour les climats futurs, mais également pour les climats de référence actuels) plutôt que de données de postes météorologiques harmonisés (utilisables selon disponibilité - OPCC - à des fins d'évaluation).

* Données de relief et topographie :

Il s'agit de Modèles Numériques de Terrain (MNT/DEM) à résolution décamétrique. Cette information d'altitude sur grille continue permet de calculer des indices simples (pente, exposition) ou complexes (indices topographiques à variation continue).

* Données géologiques

→ Il s'agit de rassembler les données nécessaires aux analyses des facteurs et à la modélisation cartographique, et de procéder à une harmonisation et à un choix des données communes disponibles sur l'ensemble du territoire pyrénéen.

Phase 2 : Identification des facteurs déterminants - Modélisation spatiale des aires bioclimatiques et des zones de vulnérabilité

* 2a. Modélisation de la répartition actuelle des essences forestières pyrénéennes :

Il s'agit d'identifier les facteurs climatiques qui déterminent cette répartition, ou tout au moins certaines limites altitudinales. Une des difficultés réside dans le fait que cette répartition est influencée par les actions humaines : gestion forestière défavorisant une essence (au profit d'une autre) près d'une de ses limites altitudinales, parce que ses performances (survie, croissance) déclinent ; cette action humaine peut prendre la forme de directives sylvicoles ou de plantations d'une essence jugée plus intéressante ; la limite observée est alors biaisée, ne correspondant plus

à la limite potentielle au plan écologique. Il conviendra de s'appuyer sur une connaissance « historique » de la gestion forestière et de privilégier des zones où les limites ont peu de risques d'avoir été significativement influencées par les actions humaines (gestion forestière, mais également pratiques pastorales pour la limite supérieure de la forêt, etc.). –Il sera évalué la possibilité d'utiliser des images ortho photographique disponibles depuis les années 50 afin d'exclure le biais « activités anthropiques » dans la définition des limites altitudinales potentielles au plan écologique.

Principales données utilisées :

Informations climatiques (par ex., pour la France, base de données AURELHy de Météo-France, à maille de 1 km), mais également topographiques (altitude et exposition, ainsi que les effets de masque ou de confinement, dont on a pu montrer l'influence dans d'autres contextes montagnards).

Informations de présence/absence/abondance/dimensions atteintes données pour les différentes essences par les placettes des inventaires forestiers nationaux.

Techniques d'analyse : corrélations statistiques et spatiales entre répartition des essences et facteurs stationnels.

*** 2b. Projection des répartitions potentielles futures des essences forestières pyrénéennes :**

Ces projections s'appuieront bien entendu sur la modélisation de la répartition actuelle puisque celle-ci intégrera des paramètres climatiques pour lesquels les évolutions futures sont données par les modèles climatiques. On prendra en compte systématiquement différents scénarios puisque les climatologues considèrent qu'ils ont des probabilités du même ordre.

Évolutions climatiques à prendre en considération :

Ces évolutions sont des combinaisons de scénarios d'émission et concentration en GES tels que décrits par le GIECC et de modèles climatiques élaborés par divers instituts de recherche en climatologie. On retiendra les mêmes scénarios GES du GIECC (de type SRES ou RCP) ou les mêmes déclinaisons de ces scénarios pour l'ensemble des Pyrénées. Il est également préférable de s'appuyer sur les mêmes modèles climatiques mais nombre d'entre eux sont développés par des instituts nationaux : il faut voir si certains modèles sont utilisables (c'est probable) un peu au-delà des frontières nationales et si les données de simulation pour les points au-delà de la frontière sont disponibles. On peut également recourir à des modèles climatiques établis à l'échelle continentale ou mondiale, mais avec le risque d'une performance et/ou d'un « échantillonnage » spatial moins bien adaptés au territoire étudié. L'expertise et les résultats de l'OPCC seront bien entendu des éléments importants à prendre en considération (pondération des scénarios du GIEC avec les informations de l'action climat OPCC 2, définition de tendances compte tenu des scénarios régionalisés sur les Pyrénées).

*** 2c. Production de cartes de divers indices topographiques :**

Pente, exposition, courbures du relief, masque, confinement, indices à variation continue de positionnement topographique, indices TPI, TOPIDX ou analogues, autres indices apparentés à des bilans arrivées - départs (d'eau, d'éléments fins ...), etc.

Il s'agit d'intégrer ces variables à la fois pour mieux identifier les limites climatiques actuelles (cf. 2a), et pour préciser localement les cartes de répartition actuelle et future (en considérant que ces indices sont stables dans le temps).

Données mobilisées : les MNT disponibles.

Méthode de calcul : le calcul de la plupart de ces indices (d'autres pourront être programmés au cours du projet si nécessaire) est d'ores et déjà programmé (ONF RDI Avignon, langage C, programmes permettant de traiter en un « run » une surface de l'ordre de celle d'un

Activité 4.2	département français, pour un MNT à résolution de 25 m ; calculs déjà réalisés sur des départements alpins et méditerranéens). * 2d. Modélisation cartographique d'indices de vulnérabilité potentielle des essences : Ces indices de vulnérabilité - et les cartes correspondantes - seront naturellement obtenus comme des combinaisons des indices climatiques, topographiques et géologiques. <u>Connaissances mobilisées - Méthode :</u> La nature de ces combinaisons reste à déterminer : - en s'appuyant sur la connaissance de leur autécologie (littérature, expertise) ; - en comparant les données des inventaires forestiers (présence, dimensions atteintes, données stationnelles recueillies sur les placettes, état sanitaire) et les cartes des indices « élémentaires » produites par les actions 2a et 2c. - des cartes de vulnérabilité future pourront être proposées en combinant les résultats des actions 2b et 2c	
	Livrable	Modélisation, projection et production numérique
	Evaluation, expertise production et fourniture	
Activité 4.2	<u>Phase 3 : Évaluation, Expertise</u> La plupart des résultats de la Phase 2 se présenteront sous forme de cartes (de présence/absence, de probabilité de présence potentielle, ou d'une variable continue indiquant un niveau de vulnérabilité). Cette information formelle sera confrontée à la connaissance informelle et à l'« intuition écologique » d'experts, écologues et forestiers, afin d'attribuer un niveau de confiance aux différents résultats obtenus. On s'appuiera également sur diverses observations constatées (présence/absence, expansion vers l'amont, rétraction en aval, dépérissements avérés et de position géographique correctement déterminée) dans la mesure de leur disponibilité, fiabilité, et représentativité (par exemple en utilisant l'atlas floristique des Pyrénées qui intègre les ligneux, ou la connaissance des partenaires sur les phénomènes de dépérissement et la croissance de certaines essences particulièrement suivies (sapin pectiné et pin à crochets par exemple). Dans la mesure du possible (disponibilité des données d'entrée), on aura également recours à une comparaison avec les simulations permises par le modèle de bilan hydrique MEDFATE (De Cáceres et al, 2015) élaboré notamment par le CTFC et le CREA. <u>Phase 4 : Production et fourniture des livrables opérationnels</u>	
	Livrable	Rapport final résultats/ cartes

5	AGIR: PROPOSER ET METTRE EN ŒUVRE DES MESURES D'ADAPTATION AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS DES ZONES VULNERABLES.
Partenaire responsable de l'action	CTFC/CPF
Description succincte et objective de l'action	
Depuis maintenant plusieurs décennies les forêts de montagne sont soumises à un processus important de changement, motivé par un ensemble de facteurs socio-économique et environnementaux. Bien que dans l'histoire des forêts pyrénéennes, le changement ne constitue pas une exception mais plutôt la règle, jamais celui-ci n'a été aussi rapide et jamais l'Homme n'en a été si conscient. Pour toutes ces raisons, il est largement reconnu que les forêts du future sont appelées à se développer dans un contexte d'incertitude importante en ce qui concerne les évolutions climatiques, biologiques et sociales auxquelles elles seront soumises. Dans ce contexte, la mise en œuvre d'une sylviculture qui promeut des peuplements plus résistants au changement climatique ou ayant une meilleure capacité d'adaptation au changement (résilientes) semble plus que nécessaire. Ainsi, en concevant une sylviculture adaptée à chaque situation la présente action propose de promouvoir la persistance des peuplements ou, à défaut, leur évolution non traumatique vers de nouvelles formations forestières mieux adaptées aux nouvelles conditions avec lesquelles elles seront amenées à continuer de fournir des biens et des services à la société. La finalité de cette action est de progresser dans la compréhension de la réponse à la mise en œuvre d'actions stratégiques des forêts transfrontières dans le but de réduire leur vulnérabilité face au changement. Il est donc nécessaire d'identifier les stratégies de gestion forestière adaptative pour les forêts transfrontalières, orientées de façon à pouvoir potentialiser leur résistance et leur résilience face aux changements climatiques, en proposant des actions sylvicoles sur des forêts représentatives du massif pyrénéen dans le but d'améliorer leur capacité d'adaptation face à l'incertitude liée au changement climatique. D'autre part l'action vise à faire la démonstration des actions d'atténuation du dépérissement forestier dû au changement climatique sur les zones pilotes situées sur le massif pyrénéen. À cette fin l'action propose de sélectionner une série de forêts représentatives du massif et potentiellement vulnérables aux effets du changement climatique et/ou présentant des signes de dépérissement actif pour y mettre en œuvre des actions de gestion forestière adaptative afin de réduire la vulnérabilité de ces peuplements face au changement climatique. En outre, les conséquences sur la ressource hydrique des actions mise en œuvre seront évaluées, cet enjeu de ressource en eau étant particulièrement important à prendre en considération dans les futures politiques publiques. Des protocoles de suivi seront également élaborés dans le but d'évaluer à moyen terme l'impact des traitements réalisés sur le développement des peuplements traités. Enfin, un manuel de bonnes pratiques forestières pour réduire la vulnérabilité des forêts du massif pyrénéen au changement climatique sera réalisé.	

Activités et livrables	
Activité 5.1	Mise en œuvre d'action pilotes de gestion forestière adaptative L'action 3 du projet vise ainsi à répondre aux besoins identifiés par i) la conception d'outils de gestion visant à accroître la résilience ou la résistance des forêts Pyrénéennes face au changement climatique et ii) l'application de ces outils (actions sylvicoles démonstratives) sur un ensemble de forêts vulnérables à l'échelle des Pyrénées. Les actions terrains seront définies en commun via le partage des connaissances et des expériences des techniciens et des experts des deux versants du massif et seront mises en œuvre sur l'ensemble de forêts représentatives des peuplements forestiers, en couvrant un gradient latitudinal et altitudinal important. La mise en œuvre de ces différentes actions sylvicoles démonstratives sera évaluée au regard du bilan hydrique des peuplements. En effet, la disponibilité de l'eau pendant la saison de végétation, la profondeur de la nappe, son écoulement... font partie des éléments qui déterminent le choix des essences à privilégier pour favoriser une forêt vigoureuse et en bonne santé. Une dimension d'autant plus importante que le changement climatique observé par les scientifiques risque de se traduire par d'importantes modifications des précipitations et de leur répartition pendant l'année. Cette évaluation sera réalisée avant et après la réalisation des opérations sylvicoles. Cette évaluation sera réalisée avant et après la réalisation des opérations sylvicoles. De même, nous définirons et nous mettrons en place un protocole de suivi de la réponse des peuplements aux traitements réalisés afin d'évaluer leur efficacité à court et moyen termes. L'action constituera ainsi une expérience unique de coopération transfrontalière et servira de modèle à la mise en place de futures stratégies de gestion forestière adaptative dans le massif Pyrénéen tout en étant diffusable à d'autres massifs de l'Europe. Pour ce faire, les étapes suivantes seront mises en œuvre : (1) Sélection d'unités de gestion correspondants aux peuplements forestiers représentatifs du massif Pyrénéen et présentant une vulnérabilité élevée aux effets du changement climatique. Des actions de gestion démonstrative seront mises en œuvre dans ces unités de gestion. Actuellement plusieurs zones présentant des signes de dépérissement ont été identifiées dans différentes régions du massif : ○ 4 sites (2 - 5 ha) sur le versant sud (un par Communauté autonome participante: Catalogne, Aragon, Pays Basque). ○ 5 sites en France (possiblement un par département participant : Pyrénées-Orientales, Ariège, Haute-Garonne, Hautes Pyrénées, Pyrénées-Atlantiques) En fonction des possibilités une action pourra être réalisée en Andorre (2) Compilation des actions de gestion forestière adaptative au changement climatique. Cette tâche sera mise en œuvre à partir d'une analyse bibliographique, d'une évaluation des expériences antérieures et de la définition de nouvelles mesures de gestion à dire d'experts. Une fois l'information collectée, les actions à mettre en œuvre dans chaque unité de gestion seront définies en accord avec les experts.

	(3) Mise en œuvre des actions sur le territoire dans les unités de gestion sélectionnées Les actions seront mises en œuvre dans chaque UG en respectant les exigences définies dans la section précédente. Après chaque intervention, une évaluation rapide des difficultés rencontrées dans l'exécution des traitements (le cas échéant) et des résultats obtenus sur le peuplement sera réalisée.	
	Livrable	Support pédagogique de réalisation des actions de gestion mises en œuvre
Activité 5.2	Evaluation de l'impact des traitements sylvicoles sur l'amélioration du bilan hydrique des peuplements forestiers.	
	• Évaluation de l'impact de la gestion mise en œuvre sur le bilan hydrique des peuplements forestiers La sécheresse est un facteur clef pour comprendre la dynamique de la plupart des écosystèmes terrestres dans le monde. Être capable de prévoir où, quand et quelles espèces seront affectées par une sécheresse cumulative ou des événements de sécheresse extrême requiert de développer des outils capables de générer des prédictions de stress lié à ce phénomène au moyen des projections basé sur des modèles climatiques. Les modèles de bilan d'eau mécanistes peuvent être utilisés pour prédire la dynamique d'humidité du sol et du stress hydrique dans des peuplements forestiers. Pour obtenir des prédictions fiables d'humidité du sol et de stress hydrique pour l'ensemble d'espèces sur de grande étendue, les modèles de bilan hydrique ont besoin d'être complétés par une information détaillée sur la variation spatiale des attributs de la végétation et des caractéristiques du sol. Le modèle MEDFATE (De Cáceres et al. 2015) sera utilisé pour évaluer l'impact des traitements effectués sur la ressource hydrique. MEDFATE implémente un modèle de bilan hydrique dans le sol qui est conçu pour prévoir les variations saisonnières dans l'eau contenue dans le sol et le stress hydrique pour l'ensemble des espèces des peuplements forestiers. Le modèle sera appliqué sur les unités de gestion forestières sélectionnées avant et après l'intervention ce qui permettra d'évaluer les économies potentielles en consommation d'eau (le cas échéant) liées à l'intervention. Le modèle calcule le bilan en eau chaque jour. Le sol est représenté en utilisant deux couches - sol et sous-sol - et le modèle suit la piste du pourcentage d'humidité relative dans la capacité du sol pour chaque couche. La capacité de rétention d'eau du sol intègre les effets des fragments de roches. La végétation est représentée comme l'ensemble d'espèces avec des hauteurs, une distribution de racines, des identités et des indices de surface foliaires différents. • Définition d'un protocole de suivi de la réponse des forêts aux actions et évaluations à court terme de l'efficacité de celles-ci. Il s'agit ici s'accorder sur un protocole commun qui puisse, au-delà de la modélisation MEDFATE, donner des réponses réelles aux avantages et aux inconvénients de telle ou telle pratique de gestion sur le bilan hydrique d'un peuplement. Ce protocole sera défini en commun et partagé avec les acteurs de la connaissance du Massif. Sa mise en œuvre effective requerra de définir les conditions dans lesquelles ces suivis doivent être mis en place et le coût que ces suivis supposent. • Synthèse des actions réalisées, rédaction d'un manuel de bonnes pratiques de gestion adaptative et valorisation globale.	

	Livable	Rapport d'évaluation du bilan hydrique Document technique d'outils de gestion Protocole de suivi de la réponse des peuplements aux actions mises en œuvre.
--	---------	---

DURABILITÉ et TRANSFERABILITÉ DES RESULTATS DU PROJET CANOPEE

Comment le projet garantira-t-il que les réalisations et les résultats escomptés du projet prolongeront leurs effets au-delà de la durée du projet ?

La plupart des partenaires investis dans le projet CANOPEE sont les responsables de la mise en application des différentes politiques forestières pyrénéennes.

Il s'agit là d'un facteur important qui assurera la durabilité des résultats générés.

Par exemple, le Centre de la Propriété Forestière (de Catalogne) œuvre sur la gestion des forêts privées de Catalogne (y compris les Pyrénées) et contribue à la définition des politiques dans ce domaine. Parmi ses fonctions il a pour mission l'adoption des documents de gestion forestière durable (IIOF) des exploitations privées, la gestion des aides à la gestion forestière des forêts et le transfert de connaissances vers ce secteur.

Sur le versant nord, majoritairement couvert de forêts publiques, l'ONF est bénéficiaire direct du projet permettant ainsi de s'assurer que les stratégies d'adaptation s'intégreront dans les pratiques quotidiennes des gestionnaires forestiers publics. Pour sa part, le CNPF conseil les propriétaires forestiers privés dans la gestion de leurs forêts.

Enfin, le CTFC travaille en collaboration directe avec l'Administration Catalane dans la définition des orientations de gestion forestière. Tout cela permet de s'assurer de l'impact des résultats du projet CANOPEE à court, moyen et long terme à destination des premiers acteurs concernés par cette thématique, à savoir les propriétaires et les gestionnaires forestiers.

En ce qui concerne le volet « diagnostic » (cartes de vulnérabilité et des aires de distribution) les résultats du projet serviront principalement pour orienter la prise de décision des gestionnaires forestiers (technicien de l'administration et techniciens privés rédacteurs de documents de gestion durable) et pour apporter des éléments technico-scientifiques à d'éventuelles lignes d'aides financières ou plans stratégiques.

Les mesures de gestion mises en œuvre sur le terrain en Catalogne feront partie du Réseau de Parcelles Démonstratives du CPF (http://cpf.gencat.cat/ca/cpf_03_linies_actuacio/cpf_transferencia_coneixement/cpf_xarxa_fi_nques_collaboradores/) ce qui garantira leur suivi à long terme et leur utilisation comme parcelles démonstratives (sur la base notamment des documents élaborés dans le projet afin que ces pratiques puissent être mises en œuvre par les sylviculteurs). Le CNPF et l'ONF disposent également d'un réseau de parcelles expérimentales de démonstration qui sert de base pour diffuser les travaux de ces organismes aux utilisateurs. Les placettes traitées dans le cadre de CANOPEE pourront intégrer ce réseau.

Il est également prévu que certains partenaires établissent des collaborations ou des conventions avec les autorités locales (Communes, propriétaires forestiers), les régions autonomes (Gouvernements autonomes) et nationaux (Ministères) intéressés par l'application de nouvelles mesures de gestion adaptative basées sur la connaissance technico-scientifique acquise.

Les actions de suivi de l'impact du changement climatique sur les forêts (suivi phénologique) seront prolongées, une fois le projet CANOPEE achevé, en fonction des ressources financières disponibles, comme cela a été le cas à la fin du projet OPCC EFA 235/11.

Par ailleurs, les données recueillies constitueront une base de données qui permettra de calibrer une méthodologie de suivi via la télédétection. Ces inventaires pourront être réalisés en même temps que de nouveaux inventaires qui seront effectués par satellite grâce à des images régulières haute résolution.

La méthodologie du suivi du dépérissement fait partie d'un travail plus vaste qui sera maintenu une fois le projet terminé étant donné que de nouvelles « clés d'identification ARCHI » vont être élaborées dans le cadre du présent projet. Il est possible de développer cette méthodologie innovante dans le futur. Les parcelles qui seront sélectionnées pour cette action feront partie du réseau expérimental des CRPF qui assureront sa continuité.

Comment le projet garantira-t-il que les réalisations et les résultats escomptés du projet seront applicables et pourront être reproduits par d'autres organisations / régions / pays en dehors du partenariat actuel ?

Le projet vise au développement d'outils opérationnels (cartes, outils de diagnostic et gestion, etc..) pour accompagner l'adaptation des forêts pyrénéennes au changement climatique. Il est prévu que ces outils puissent être utilisés par des gestionnaires ou propriétaires forestiers comme par les autorités locales chargées du développement du territoire.

Pour accroître la diffusion et renforcer l'utilisation de ces outils, le projet s'assurera du transfert maximal des résultats aux acteurs clés de la gestion forestière dans chaque territoire ou région Pyrénéenne intéressée.

D'autre part, tous les partenaires impliqués dans le projet CANOPEE font partie des réseaux nationaux ou européens et participent régulièrement à des forums, des séminaires techniques qui permettent de présenter les actions en cours et leurs résultats (GIP ECOFOR,...). Cela constitue une plus-value importante au moment de la diffusion des résultats du projet et cela permet le transfert des méthodes et des outils développés à l'échelle européenne.

ELEMENTS FINANCIERS

DETAIL DES DEPENSES PAR PARTENAIRE ET CATEGORIE DE DEPENSES

Catégorie de dépense	Total	FORESPIR	CENTRE NATIONAL de la PROPRIETE FORESTIERE	CENTRE de la PROPIETAT FORESTAL	OFFICE NATIONAL DES FORETS	CENTRE TECNOLOGIC FORESTAL DE CATALUNYA	FUNDACION HAZI FUNDAZIOA	INSTITUT PIRENAICO DE ECOLOGIA
Frais de personnel	743 477,70 €	100 851,00	185 615,00	70 455,00	133 150,00	115 439,70	60 000,00	78 130,00
Frais de bureau et frais administratifs	53 313,97 €	7 282,35	11 753,25	5 284,13	9 986,25	8 657,99	4 500,00	5 850,00
Frais de déplacement et d'hébergement	62 830,00 €	4 500,00	19 534,00	7 000,00	2 896,00	15 800,00	10 000,00	3 100,00
Frais liés au recours à des compétences et des services externes	124 502,75 €	31 000,00	1 000,00	26 000,00	5 116,00	24 736,70	33 650,00	3 000,00
Dépenses d'équipements	35 150,00 €	1 000,00	2 000,00	450,00	17 000,00	2 700,00	12 000,00	0,00
Total	1 019 274,42 €	144 630,35	219 872,25	109 189,13	168 148,25	167 334,44	120 150,00	89 950,00

PLAN DE FINANCEMENT PREVISIONNEL –POUR LES TROIS ANNEES DE PROJET

PARTENAIRES	BUDGET TOTAL	UNION EUROPEENNE FEDER - POCTEFA		ETAT CGET	Conseil Régional Midi-Pyrénées	Conseil Régional Aquitaine	Generalitat de Catalunya	AUTOFINANCEMENT	
		€	%	€	€	€	€	€	%
FORESPIR	144 630,35	94 009,73	65,00	8 708,31 €	5 616,66 €	2 808,33 €	4 561,25 €	28 926,07 €	20,00%
ONF	168 148,25	109 296,36	65,00	2 611,10 €	8 407,40 €	4 203,70 €		33 629,69 €	20,00%
CNPF	219 872,25	142 916,96	65,00	16 490,42 €	11 715,49 €	4 774,93 €		43 974,45 €	20,00%
CTFC	167 334,44	108 767,39	65,00				15 000,00 €	43 567,05 €	26,04%
CPF	109 189,13	70 972,93	65,00					38 216,20 €	35,00%
IPE	89 950,00	58 467,50	65,00					31 482,50 €	35,00%
HAZI	120 150,00	78 097,50	65,00					42 052,50 €	35,00%
TOTAL	1 019 274,42	662 528,37	65,00	37 809,83 €	25 739,55 €	11 786,96 €	19 561,25 €	261 848,46 €	25,69%