

INFORME FINAL 2019



Résultats du projet OPCC2 et des autres projets associés:
CLIM'PY, REPLIM, CANOPEE, FLORAPYR, PIRAGUA.
Octobre 2019





Comité technique et Comité exécutif de la CTP



Comité de coordination et Partenaires du Project OPCC2



Avec le soutien de



Les projets OPCC2, CLIM'PY, CANOPEE, REPLIM, PIRAGUA et FLORAPYR ont été cofinancés à hauteur de 65 % par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre du Programme Interreg V-A Espagne-France-Andorre (POCTEFA 2014-2020). L'objectif du POCTEFA est de renforcer l'intégration économique et sociale de l'espace frontalier Espagne-France-Andorre. Son aide est concentrée sur le développement d'activités économiques, sociales et environnementales transfrontalières par le biais de stratégies conjointes qui favorisent le développement durable du territoire.

Préface

Au nom de la CTP - Communauté de Travail des Pyrénées, j'ai le plaisir de vous présenter ce résumé des résultats de 3 années de coopération territoriale transfrontalière sur le changement climatique entre l'Espagne, la France et l'Andorre.

Grâce à cette coopération à grande échelle, l'un des principaux résultats a été la mobilisation de plus de 100 scientifiques pour parvenir à un consensus sur le rapport OPCC 2018 : " Changement climatique dans les Pyrénées : impacts, vulnérabilités et adaptation ", dans le but d'aider à définir les politiques publiques d'adaptation au changement climatique dans les Pyrénées.

Ce rapport a fait l'objet de plus de 80 articles dans la presse écrite et en ligne, de 45 interviews radio et a eu une valeur de l'indicateur d'impact médiatique "OTS" (Opportunities to see) de 19,34 millions en France, en Espagne et en Andorre en novembre 2018, date de sa publication.

En outre, en 2019, la CTP a eu l'occasion, grâce à l'invitation de l'Ambassade d'Andorre à New York, de présenter les conclusions de ce rapport au siège des Nations Unies. D'ailleurs, la publication des Nations Unies du 20 juillet 2019, "Montagnes et développement durable", mentionne la CTP et le rapport de l'OPCC.

Le projet de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, OPCC2, financé à 65% par le FEDER dans le cadre du programme INTERREG POCTEFA 14-20 a créé un précédent en termes de dynamique de mise en réseau dans ce domaine à travers les Pyrénées avec 5 autres projets du même programme, CLIMPY, REPLIM, FLORAPYR, CANOPEE et PIRAGUA.

Cette mise en réseau se poursuivra dans les années à venir avec de nouveaux projets, comme l'OPCC ADAPYR qui cherchera à institutionnaliser et systématiser le suivi des impacts du changement climatique et, surtout, continuera à communiquer les conclusions et recommandations d'adaptation de manière sectorielle et à travers des exemples de bonnes pratiques qui inspirent les acteurs sur le territoire à agir.

La CTP consolide l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique comme instrument pour développer l'axe stratégique 1, action pour le climat, de la Stratégie Pyrénéenne (EPI), servant d'instrument de gouvernance pour les nouvelles unités opérationnelles de cette stratégie.

Dans les pages suivantes, vous pourrez passer en revue les innombrables résultats de tous ces projets thématiques sur la climatologie, la flore, les forêts, les ressources en eau, les lacs et les tourbières de haute montagne. Tout ce travail n'aurait pas été possible sans la collaboration des membres du Comité exécutif de la CTP, du Secrétariat général et de la Direction de la CTP, des représentants territoriaux de l'OPCC, des membres du Conseil consultatif de l'OPCC, des partenaires et financiers. Pour tout cela, je souhaiterais exprimer mes remerciements les plus sincères.

D.Francisco Javier Lambán Montañés
Presidente de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos



L'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique

L'OPCC est une initiative de coopération territoriale transfrontalière sur le changement climatique de la Communauté de Travail des Pyrénées (CTP), lancée en 2010 sous la présidence des Midi-Pyrénées. Les membres de la CTP, et donc de l'OPCC, sont la Principauté d'Andorre et les gouvernements de Nouvelle-Aquitaine, Aragon, Catalogne, Euskadi, Navarre, et Occitanie.

Objectifs

L'objectif principal de l'OPCC est de comprendre l'évolution du climat et de suivre les effets du changement climatique dans les Pyrénées, afin de générer et de mettre à disposition des informations et outils qui facilitent l'adaptation de ce territoire montagneux. Sa mission principale est d'être la plate-forme de connaissances de référence sur le changement climatique dans les Pyrénées et de faciliter l'adaptation des éléments les plus vulnérables tant par exemple les secteurs socio-économiques que la gestion des écosystèmes de montagne.



Figure 1 : Territoire de la Communauté de Travail des Pyrénées

Gouvernance

Depuis sa création, l'OPCC a travaillé en réseau avec les principaux centres de recherche des deux côtés de la chaîne de montagnes et a servi de pont entre la communauté scientifique, les secteurs socio-économiques et les politiques publiques. Grâce au projet OPCC2, une dynamique de mise en réseau transfrontalière avec les acteurs clés du territoire a été consolidée et de nouveaux outils et protocoles de suivi des impacts du changement climatique ont été générés. Grâce à une stratégie de communication ambitieuse, l'Observatoire a atteint une visibilité sans précédent et est de plus en plus connu tant sur le territoire qu'en Europe et même au niveau international. Le fonctionnement de l'OPCC s'articule autour d'un comité technique, un comité de coordination et un comité consultatif.

Le Comité technique est composé d'experts techniques sur le changement climatique, des 7 membres de la CTP et sa fonction est d'orienter et de fixer les priorités techniques. Le comité de coordination est composé des partenaires du projet et a pour tâche de coordonner et d'assurer la bonne exécution des actions du projet.

Le comité consultatif est composé de scientifiques et de représentants des secteurs socio-économiques concernés du Massif. Sa mission est de garantir la rigueur scientifique et de donner des orientations stratégiques aux travaux



Figure 2: schéma de gouvernance de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique.

1. OPCC2 et la stratégie de l'Observatoire

La mise en réseau

L'un des principaux atouts du projet OPCC-2 est sa mise en réseau. La collaboration interdisciplinaire avec d'autres projets thématiques a été développée, de sorte qu'une partie de ses actions consiste à coordonner et à capitaliser les résultats des principaux projets axés sur l'étude des impacts du changement climatique dans des secteurs et thèmes clés des Pyrénées : le climat et la variabilité climatique, le cycle hydrologique, les forêts, la flore, les écosystèmes sensibles ou particulièrement vulnérables tels que les lacs et tourbières, et la transversalité dans les secteurs socio-économiques.

La mise en réseau avec des projets satellites, dont les coordinateurs sont à leur tour partenaires du projet OPCC2, a permis de développer des méthodologies communes, de faire usage de la même base de données climatique homogène et transfrontalière pour tous les projets, d'augmenter l'impact médiatique de l'observatoire et de compiler sur une seule plate-forme web les informations et les résultats de tous les projets et thèmes.



Figure 3: mise en réseau entre l'OPCC et les projets associés.

Objectifs

L'objectif global du projet OPCC2 est d'étudier et de comprendre l'évolution du climat dans les Pyrénées - ainsi que ses effets sur les écosystèmes et les secteurs les plus vulnérables - afin de réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux impacts du changement climatique. À cette fin, le projet se concentre sur le soutien au processus d'adaptation des Pyrénées aux effets négatifs du changement climatique par la génération et le transfert de connaissances.

Pour atteindre cet objectif global, l'OPCC2 s'est fixé 3 objectifs stratégiques:

- Identifier, analyser et faciliter les bases de connaissances scientifiques sur les principaux impacts du changement climatique dans les Pyrénées, ainsi que sur la vulnérabilité des principaux systèmes naturels et socio-économiques à ces impacts.
- Développer des outils et des méthodologies pour faciliter la prise de décision en matière d'adaptation au changement climatique, et diffuser les résultats de la recherche de référence aux différents acteurs socio-économiques qui relient le territoire.
- Donner une visibilité européenne et internationale au massif pyrénéen en termes d'observation et d'adaptation au changement climatique dans un contexte de coopération transnationale.

Actions et résultats

1. Coordination du projet

Au cours des 3 années du projet, 6 réunions de coordination ont eu lieu avec tous les partenaires du projet, ainsi que 7 réunions du comité technique avec les représentants territoriaux des membres de la CTP. Toutes les actions de coordination ont été cruciales pour dynamiser les interactions avec et entre les projets associés, ainsi que pour tenir les référents territoriaux informés et pour relier les actions du projet aux politiques de changement climatique des 7 territoires de la CTP.

2. Portail d'information de l'OPCC

La communication est essentielle pour assurer le transfert de connaissances sur le changement climatique dans les Pyrénées, pour donner de la visibilité à l'Observatoire et pour sensibiliser la société à la nécessité d'agir de manière urgente face à ce défi.

L'une des étapes importantes du projet a été la rénovation du portail d'information en ligne (www.opcc-ctp.org), dans 4 langues (espagnol, français, catalan et anglais) qui intègre

- un géoportail (<https://www.opcc-ctp.org/es/geoportal>) avec des informations cartographiques spécifiques sur les indicateurs du changement climatique dans les Pyrénées, avec plus de 90 couches d'information et une section qui permet des analyses dynamiques et personnalisées sur l'évolution du climat.
- les principaux résultats des projets des membres de l'OPCC2 (<https://www.opcc-ctp.org/fr/projects>),
- 2 initiatives scientifiques citoyennes (<https://www.opcc-ctp.org/fr/contenido/ciencia-ciudadana>). Une sur la phénologie de la flore et des espèces forestières et une autre sur les lacs et les tourbières. Le portail OPCC héberge 2 outils informatiques: un pour recueillir les données des volontaires qui participent et un pour les visualiser graphiquement.
- 9 sections spécifiques contenant des informations sur les impacts, les vulnérabilités et l'adaptation au changement climatique dans 9 secteurs clés des Pyrénées, enrichies de graphiques et infographies explicatives, ainsi que de recommandations pour l'adaptation (<https://www.opcc-ctp.org/fr/contenido/sectores>).
- 1 base de données de bonnes pratiques en matière d'adaptation au changement climatique.

Grâce à cette action, il a été possible d'accroître la visibilité des initiatives d'adaptation menées dans les Pyrénées, ce qui peut servir de source d'inspiration aux décideurs politiques et aux acteurs sur le territoire. (<https://www.opcc-ctp.org/fr/buenas-practicas>).

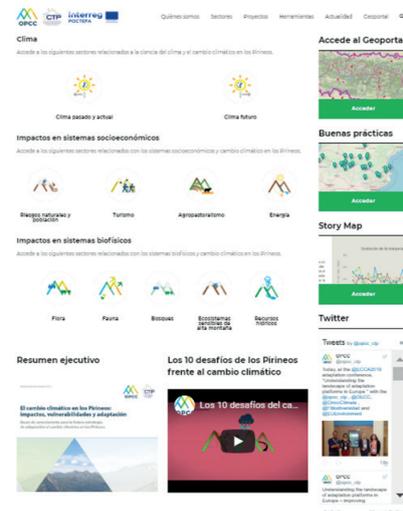


Figure 4: les secteurs du site web de l'OPCC.

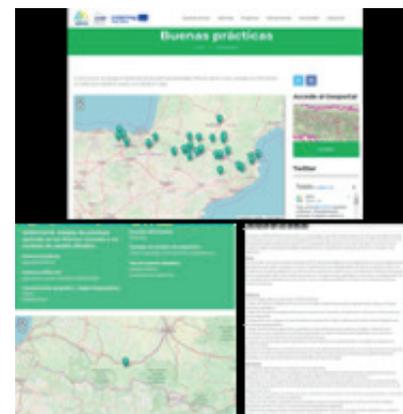


Figure 5: moteur de recherche de bonnes pratiques d'adaptation dans les Pyrénées.

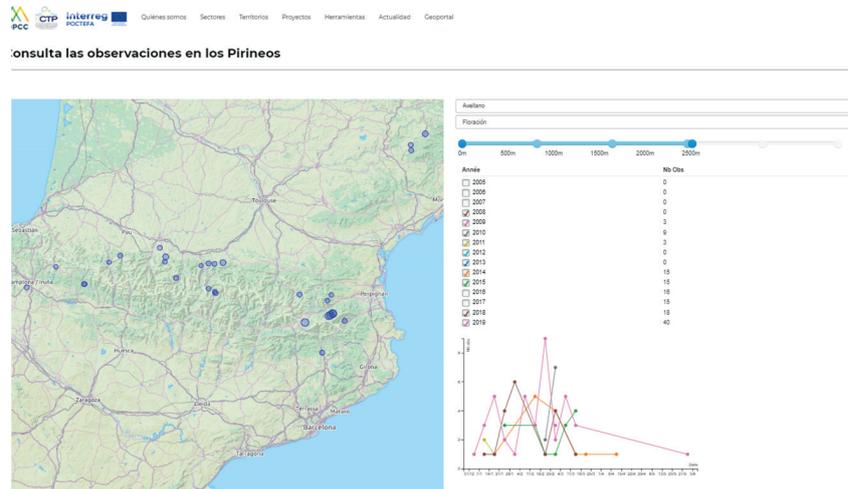


Figure 6: carte de consultation des observations de l'initiative Phénoclim dans les Pyrénées.

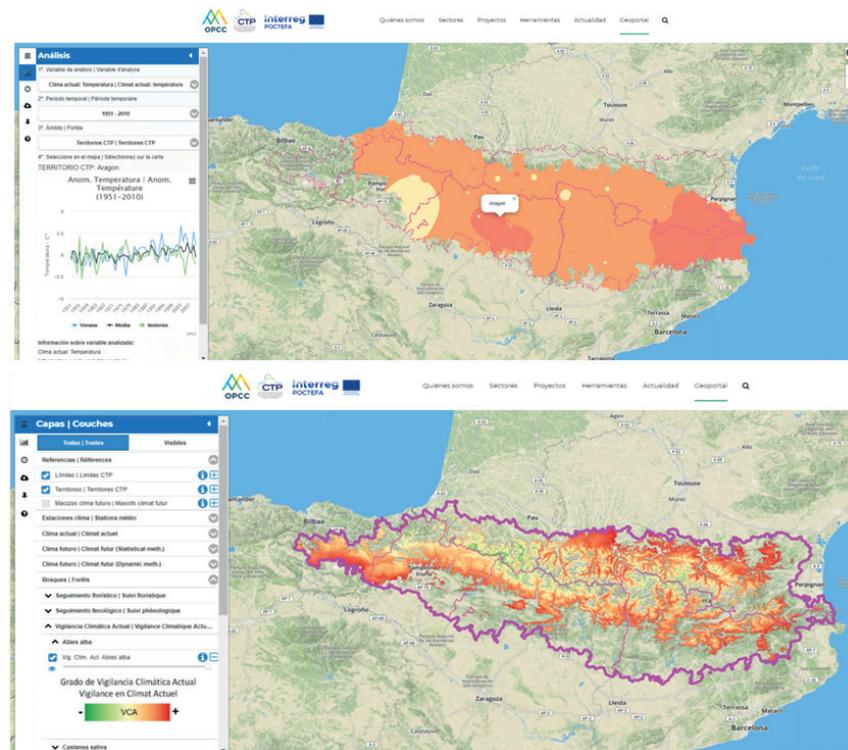


Figure 7 : carte des anomalies de température moyenne.

Un Storymap a également été créé, une application intuitive et visuelle qui résume de façon agréable et dynamique les résultats et les outils générés dans l'OPCC2 à travers un format innovant. (<https://www.opcc-ctp.org/es>).

3. Organisation de colloques, d'ateliers et de participation à des forums

Deux colloques internationaux sur le changement climatique ont été organisés dans les territoires de montagne. Le colloque international OPCC 2017, tenu à Biarritz avec plus de 200 participants sur le changement climatique et le colloque international OPCC 2019 tenu à Jaca. Ces colloques sont un point de rencontre important non seulement pour les organisations pyrénéennes qui travaillent sur le changement climatique, mais aussi pour échanger avec les personnes invitées représentant l'Agence européenne pour l'environnement et la Commission européenne, les bureaux d'État relatifs au changement climatique d'Espagne, de France et d'Andorre et d'autres massifs européens tels que les Alpes et les Carpates.

Une des questions d'adaptation en suspens au niveau européen est de rapprocher les connaissances scientifiques des secteurs socio-économiques d'une manière appropriée. Dans cette optique, l'OPCC2 a organisé 6 ateliers régionaux participatifs destinés aux acteurs de liaison et aux secteurs socio-économiques du territoire pyrénéen les plus vulnérables au changement climatique.

L'Observatoire a participé à des événements et forums à l'intérieur et à l'extérieur du massif tels que les réunions annuelles des références nationales sur le changement climatique de l'Agence européenne pour l'environnement, les événements INTERACT, les conférences des Nations Unies sur le changement climatique, la COP 22, la COP 23 et la COP 24, y compris le rapport OPCC 2018 qui a été présenté au Siège des Nations Unies à New York lors d'une rencontre organisée par l'ambassade d'Andorre.

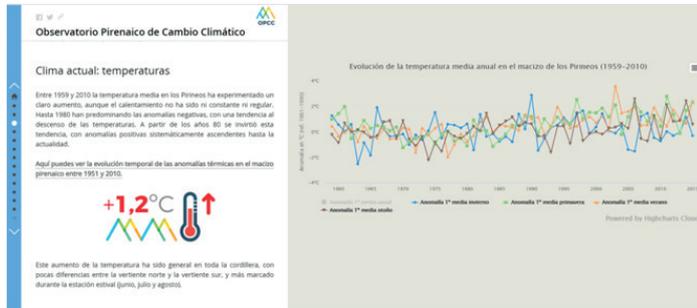


Figure 8: storymap OPCC2.



Figure 9: session sur la coopération internationale en matière de changement climatique dans les zones de montagne lors du colloque PYRADAPT 2017, à Biarritz.



Figure 10: ateliers sectoriels régionaux OPCC2

4. Rapport OPCC-CTP 2018 sur le changement climatique dans les Pyrénées

Rapport OPCC-CTP 2018 : Changement climatique dans les Pyrénées : impacts, vulnérabilités et adaptation. Bases de connaissances pour la future stratégie d'adaptation au changement climatique dans les Pyrénées (<https://www.opcc-ctp.org/es/documentos>).

Le document vise à appuyer une politique fondée sur des données probantes. Ce rapport, auquel ont participé plus de 100 experts d'Aragon, de Navarre, de Catalogne, d'Euskadi, de Nouvelle Aquitaine, d'Occitanie et d'Andorre, est le fruit d'un large consensus parmi la communauté scientifique des Pyrénées. Plus de 1 000 articles scientifiques ont été consultés et une centaine d'idées clés ont été résumées. Il comprend également une section sur les recommandations sectorielles en matière d'adaptation et est disponible en français, anglais, catalan, et en espagnol.

Le rapport a eu un impact médiatique sans précédent, tant dans les Pyrénées qu'au niveau international. Il a été mentionné dans plus de 100 supports médiatiques. Parallèlement au rapport, un résumé destiné à un public plus large a été publié, ainsi qu'une vidéo d'information résumant les 10 défis climatiques auxquels la chaîne de montagnes est confrontée (<https://www.youtube.com/watch?v=D-KuebcpB4A&t=25s>).

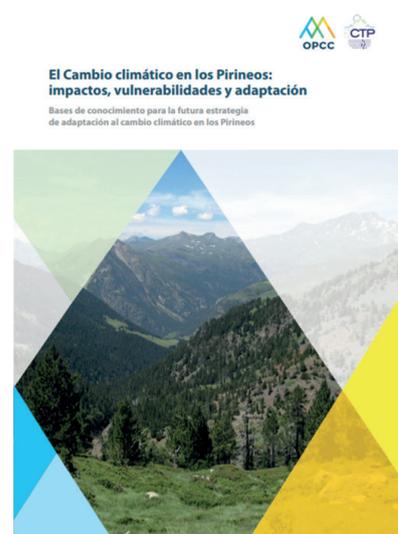


Figure 11: couverture du rapport CTP-OPCC 2018.

Conclusions

L'OPCC2 a été un projet fédérateur et réussi pour la coordination de la coopération sur le changement climatique dans les Pyrénées. Le développement d'outils de transfert, la mise en œuvre de la stratégie de communication et la coordination entre les principaux projets partenaires et leurs actions, ont permis de mutualiser les efforts et de capitaliser sur les résultats de 5 projets POCTEFA du programme 14-20. L'OPCC2 a été un pilier incontestable pour continuer à développer la stratégie de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique de la Communauté de Travail des Pyrénées pour le changement climatique.

Partenaires

Comité technique et Comité exécutif de la CTP



Comité de coordination et Partenaires du Project OPCC2



Contacte: info_opcc@ctp.org

2. L'OPCC2 et ses projets associés

2.1 CLIM'PY: Caractérisation de l'évolution du climat et provision d'information pour l'adaptation dans les Pyrénées (CLIMPY)

Résumé

Le climat des Pyrénées a subi un changement significatif durant ces cent dernières années, avec une hausse progressive des températures, supérieure au réchauffement général de la planète, des variations dans le régime des précipitations et une augmentation de la fréquence des événements extrêmes, qui se traduisent par une diminution des masses de glace et des glaciers, les modifications du manteau neigeux et les changements dans les écosystèmes. C'est dans ce contexte, et à partir de la génération d'une vaste base de données homogénéisée, que le projet CLIMPY a analysé les conditions climatiques récentes de la chaîne des Pyrénées et a proposé des estimations de changements de température, de précipitation et de neige dans un horizon temporel allant jusqu'à la fin du XXI^e siècle.

Objectifs

L'objectif principal du projet CLIMPY est de connaître l'évolution et les tendances du climat des Pyrénées dans le contexte du changement global, par le biais de l'unification et de l'homogénéisation des informations existant, le développement d'indicateurs climatiques et la réalisation de projections futures, dans le but de réduire la vulnérabilité des impacts du changement climatique et de s'adapter à ses effets au moyen du partage de connaissances. Les objectifs spécifiques du projet étaient de:

1. Créer et harmoniser une base de données de température, précipitation et manteau neigeux des Pyrénées, avec un contrôle de qualité et homogénéisation de la période 1959-2015.
2. Définir et calculer les indicateurs de température, de précipitation et de neige pour le suivi du signal climatique ainsi que le diagnostic des tendances du climat.
3. Réaliser les projections climatiques adaptées aux Pyrénées et basées sur les nouveaux scénarios du GIEC AR5.

Résultats (<https://opcc-ctp.org/es/climpy>)

- Climpy a créé une vaste base de documentation climatique journalière à partir des banques de données de Météo-France, *Agencia Estatal Española de Meteorología*, le *Servei Meteorològic de Catalunya* et le *Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra*. On a utilisé les informations d'un total de 1328 observatoires de précipitation et 1163 de températures (maximale et minimale), couvrant de façon optimale une grande partie du territoire, à l'exception des altitudes importantes, où le nombre de stations météorologiques est bas.

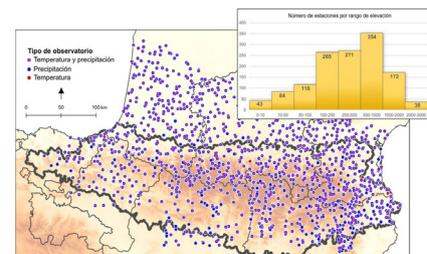


Figure 1 : carte des observatoires et stations météorologiques étudiés.

- Ce procédé a permis de créer deux types de produits : (a) une base de données en format Grid de toute la région pyrénéenne, avec une résolution spatiale de 1x1 km, à échelle journalière de 1981 à 2015, (b) une base de données d'un ensemble de stations individuelles, ayant moins de 10% de valeurs originales manquantes dans la période 1959-2015.

- Cette vaste base de données a permis de calculer les anomalies climatiques pour la période 1959-2015 définies par l'Expert Team on Climate Change Detection et l'Organisation Météorologique Mondiale (<https://opcc-ctp.org/es/geoportal>).

- L'augmentation de la température est l'un des signes les plus visibles du comportement climatique des Pyrénées au cours des dernières décennies. Dans la période 1959-2015 la valeur moyenne annuelle affiche une hausse de +0,28°C par décennie. Cette augmentation est générale sur toute la chaîne, avec quelques différences entre le versant nord et le versant sud.

- En ce qui concerne les précipitations, l'évolution n'est pas aussi claire et montre des signes moins robustes. L'extraordinaire variabilité spatiale et temporelle de cette variable, ainsi que la forte dépendance de la période d'analyse choisie, génèrent une grande hétérogénéité dans les tendances. De 1959 jusqu'à nos jours, les données indiquent une légère baisse des précipitations annuelles, de l'ordre de 2,5% par décennie, mais avec une grande variabilité interannuelle.

- Pour ce qui est de la neige, le signe climatique le plus perceptible est la réduction de l'enneigement depuis 1960, avec un léger contraste entre le versant nord et le versant sud de la chaîne. Cependant, la représentativité spatiale limitée des séries fait qu'il est difficile de trouver des indices uniques montrant adéquatement l'évolution du manteau neigeux.

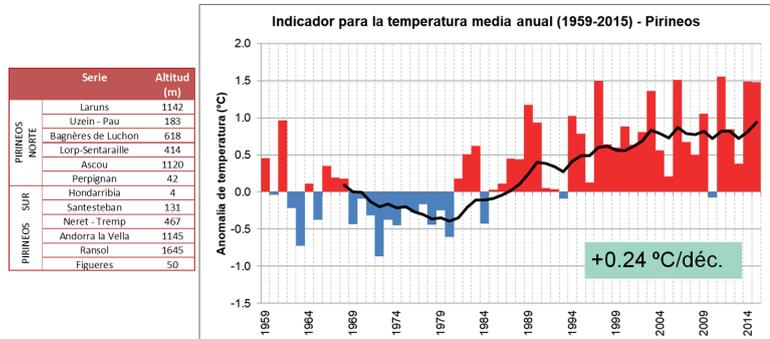


Figure 2 : évolution de la température annuelle moyenne (1959-2015).

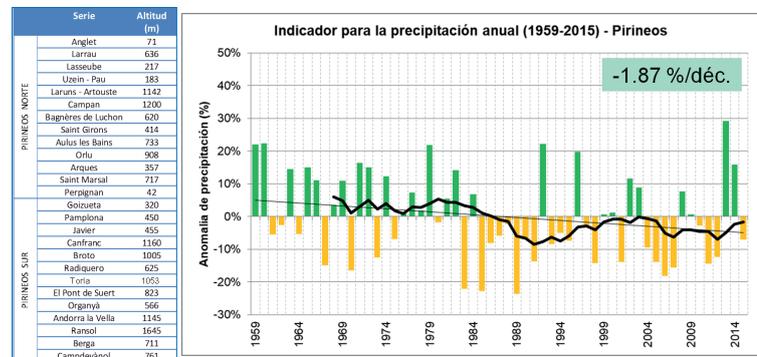


Figure 3 : évolution des précipitations annuelles moyennes (1959-2015).



Figure 4 : écart-type de l'enneigement annuel pour la période 2000-2017

- Ces tendances se maintiendront durant tout le siècle, avec différentes intensités, comme l'indiquent les modèles climatiques. Dans les trois scénarios analysés (RCP8.5, RCP6.0 et RCP4.5) la température maximale journalière augmentera de 4.0° C à 6.3° C par rapport aux valeurs de la période 1986-2005, et la température minimale pourrait atteindre des valeurs de 3.2° C à 4.9° C.

- Aucun changement significatif n'est prévu dans les précipitations. Dans ce cas, l'incertitude relative aux modèles est supérieure à celle relative aux scénarios d'émission.

- Les projections pour la neige affichent une diminution continue, mais avec une forte variabilité interannuelle, alternant des moments de fortes chutes de neige et un enneigement de plus en plus faibles vers la fin du XXIe siècle.

Conclusions

Les variations et les tendances observées du climat des Pyrénées offrent une vision préliminaire des défis affrontés par les écosystèmes, les habitats et la population, et suggèrent la nécessité de mettre l'étude des zones de montagne au centre de la discussion, par leur vulnérabilité et leur sensibilité particulière au changement climatique. D'autre part, l'analyse des indicateurs montre la complexité géographique de la chaîne pyrénéenne et la variété des conditions climatiques existant, c'est pourquoi l'information météorologique mérite un soutien particulier et l'évaluation du climat doit faire partie d'une initiative durable afin de pouvoir réaliser des diagnostics utiles de projections futures à grande échelle.

Partenaires



Contacte: cuadrat@unizar.es

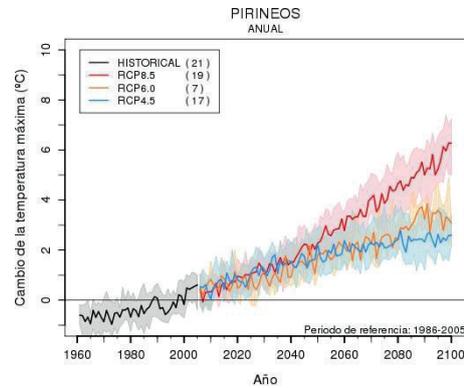


Figure 5 : estimation de l'évolution de la température maximale annuelle pour l'ensemble de la chaîne

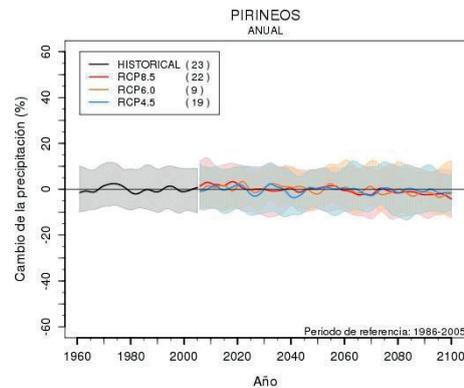


Figure 6 : Evolution estimée des précipitations moyennes dans les Pyrénées.

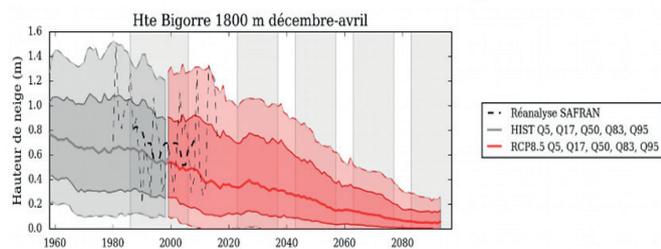


Figure 7 : Estimation de l'évolution de l'épaisseur de la neige en hiver à la station Bigorre, à 1800 m.

2.2. FLORAPYR: l'atlas de la flore des Pyrénées

Résumé

La chaîne des Pyrénées est particulièrement représentative des principaux défis climatiques. La biodiversité pyrénéenne et plus généralement les écosystèmes de haute montagne sont spécialement sensibles aux variations des conditions climatiques. La flore et la végétation des Pyrénées sont susceptibles d'être affectées par les évolutions climatiques avec des conséquences tant sur le maintien de ce patrimoine exceptionnel (espèces, milieux, paysages, cadre de vie) que sur la valorisation des ressources qu'elles représentent. Le projet FLORAPYR a permis de maintenir et compléter les bases de connaissance sur la flore pyrénéenne, d'évaluer la situation actuelle de la flore vasculaire et de développer les dispositifs de suivi permettant de produire des indicateurs.

Objectifs

Pour étudier et comprendre les effets du changement climatique, il est nécessaire de disposer de bases de connaissance et de méthodes de suivi à moyen et long terme. Les objectifs du projet FLORAPYR étaient : 1- Compléter, synthétiser, faciliter l'accès aux connaissances sur l'état de la flore et des végétations des Pyrénées pour les mettre en relation avec celles sur l'évolution du climat, 2- Définir les principaux problèmes de conservation de la diversité végétale, sélectionner les espèces et les communautés prioritaires pour la conservation et orienter des politiques de préservation communes pour l'ensemble du territoire des Pyrénées, 3- Produire et compléter les indicateurs sur le suivi de la flore et des végétations pyrénéennes en relation le climat.

Résultats

L'atlas de la flore des Pyrénées <http://www.atlasflorapyrenaea.eu>

Grace au projet, l'atlas rassemble désormais plus de 2,3 millions de données pour presque 6200 plantes, vasculaires (5068) et bryophytes (1121) sur une interface en ligne renouvelée qui va faciliter les mises à jour. Une fiche en espagnol et en français donne des informations générales et écologiques pour chaque espèce, ainsi que la carte de répartition. Des couches de synthèse peuvent être consultées dans le géoportail de l'OPCC (densité d'information par maille de 10x10 km pour l'ensemble de la flore et pour d'autres indicateurs). Carte de répartition de l'Androsace ciliée (*Androsace ciliata* DC.), endémique des Pyrénées

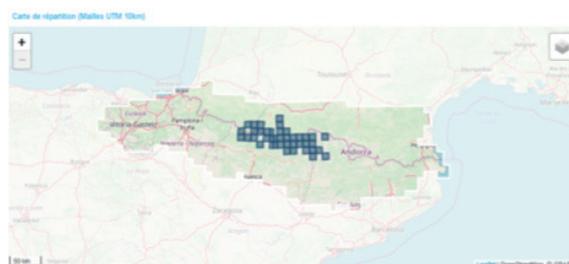


Figure 1: carte de répartition de l'Androsace ciliée (*Androsace ciliata* DC.), endémique des Pyrénées.

Le catalogue des végétations d'altitude des Pyrénées

Le catalogue des végétations de haute altitude rassemble plus de 170 types de végétation, avec une fiche pour chacun et sa carte de répartition générale. Ce catalogue servira de base pour intégrer des données plus précises et alerter sur les enjeux de conservation.

La liste rouge de la flore vasculaire des Pyrénées

Cette liste rouge permet d'évaluer le risque d'extinction des espèces. Elle a été réalisée, à l'échelle du massif des Pyrénées, selon la méthodologie de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). La situation de plus de 4000 plantes a été examinée par les experts du projet et des experts externes pour aboutir au constat qu'un peu plus de 2 % de la flore des Pyrénées est menacé. La vulnérabilité de ces espèces par rapport au changement climatique est fonction des scénarios d'évolution des températures et précipitations.

Le suivi des combes à neige

Ce dispositif permet de suivre depuis 2011 ces habitats uniques et particulièrement sensible du point de t climatique. Grâce à l'implication de 7 partenaires, 14 sites ont été suivis. L'état des lieux des 14 sites a été amélioré et les observations réalisées chaque année. En outre, un suivi avec simulation de l'élévation des températures a été déployé sur 4 sites.

Deux nouveaux sites pour le programme GLORIA <https://gloria.ac.at>

Le dispositif international Gloria (Global Observation Research Initiative In Alpine Environments) de suivi de la flore de haute montagne au niveau international concerne actuellement 100 massifs montagneux dans le monde entier. En complément des deux sites existant déjà en Aragon eux nouveaux sites ont été mis en place dans les Pyrénées françaises, avec l'appui de la Fédération des réserves naturelles catalanes et du Parc national des Pyrénées.

Le déploiement du programme de sciences citoyennes Phénoclim dans l'ensemble des Pyrénées <https://opcc-ctp.org/fr/contenido/science-citoyenne-phenoclim>

Phenoclim est un programme scientifique et pédagogique qui invite le public à mesurer l'impact du changement climatique sur la végétation en montagne par des observations participatives du développement phénologique (cycle de vie) de 13 espèces cibles. Il a été déployé dans les Pyrénées avec l'aide du CREA Mont-Blanc et une animation dynamique du réseau transfrontalier d'éducation à l'environnement Pyrénées Vivantes, animé par la LPO. Grâce à cette initiative 42 zones d'observations sont actuellement suivies.

Indicateurs <https://opcc-ctp.org/fr/florapyr>

Répartition des espèces: évolution de la répartition de groupes d'espèces sensibles, couches d'information en développement sur le géoportail de l'OPCC2

Flore menacée: pourcentage et nombre d'espèces menacées ou quasi menacées dans les Pyrénées et couche d'information sur géoportail de l'OPCC2

Suivi des combes à neige: évolution de la composition floristique des habitats ; évolution de la phénologie de *Salix herbacea* et des espèces spécifiques, évolution des températures sur les sites de suivi; évolution de la durée du recouvrement neigeux

Phénologie: indices phénologiques de printemps et d'automne (Phénoclim Pyrénées).



Figure 2: la Dioscorée de Chouard (*Borderea chouardii* Gaussen), une plante en danger critique d'extinction (CR)



Figure 3: dispositif Open top chamber en Andorre.



Figure 4: nouveau site GLORIA dans les Pyrénées centrales.

Conclusions

La complexité des interactions entre les différents éléments des changements globaux rend difficile l'évaluation des effets directs du changement climatique sur la flore pyrénéenne. De longues séries de données sont nécessaires pour les comparer avec les données climatiques, y compris pour des dispositifs à haute altitude. Les travaux du projet FLORAPYR a permis la production de données, initiales mais sont surtout des bases indispensables pour le suivi et l'analyse des phénomènes de changement global et climatique à moyen et plus long terme. Des dynamiques fortes sont enclenchées, que les partenaires souhaitent poursuivre.

Partenaires



Contacte: gerard.largier@cbnmpm.fr

2.3. REPLIM: réseau de surveillance transfrontalière des lacs et des tourbières des Pyrénées

Résumé

Les lacs de haute montagne et les tourbières sont des éléments emblématiques du paysage pyrénéen et sont très vulnérables au changement climatique et à la pression anthropique croissante. Depuis des millénaires, ils accueillent une biodiversité complexe et assurent un stockage de carbone en plus de fournir des ressources en eau, des habitats de pâturage et, plus récemment, des ressources touristiques. Leur conservation dans le cadre du développement durable des montagnes est un défi et une occasion de sensibiliser aux effets du changement global sur des territoires considérés comme relativement vierges.

Objectifs

Pour connaître les effets du changement climatique actuel sur les lacs et les tourbières, nous avons besoin d'une série d'observations plus longue que celle disponible. L'objectif principal de REPLIM est la création d'un réseau transfrontalier de surveillance des lacs et des tourbières dans les Pyrénées, qui sert d'observatoire des effets du changement climatique et des activités humaines en haute montagne. Cette approche transfrontalière a permis de synthétiser, de diffuser des connaissances et de faciliter la participation de tous les acteurs de la science, des administrations, des entreprises, des citoyens et des utilisateurs de la montagne.

Résultats

- Description du réseau : nœuds et instrumentation

Le réseau est constitué de lacs et de tourbières dotés de programmes de surveillance de l'eau et des sédiments sur une base annuelle ou biennale.

Dans les lacs sélectionnés, des thermomètres ont été installés à différentes profondeurs et effectuent des mesures horaires, en plus des pièges à sédiments.

Des piézomètres ont été inclus dans les tourbières pour mesurer le niveau de l'eau et la qualité de l'eau est mesurée de façon saisonnière.

Les informations de chaque nœud du réseau ont été synthétisées dans un fichier disponible dans le géoportail en 5 langues.

- **Activités de communication sur le réseau.**

Le projet REPLIM a publié un bulletin d'information en cinq langues tous les quatre mois. Des ateliers ont été organisés avec la présence de scientifiques, de gestionnaires, d'entrepreneurs et de citoyens de divers endroits pour faire connaître les possibilités offertes par le réseau. L'APPL REPLIM (<http://www.ipe.csic.es/proyecto-replim>) permet aux citoyens d'envoyer des observations sur les lacs et les tourbières et de soutenir les tâches de recherche et de diffusion du réseau. En collaboration avec le groupe musical O'Carolan (<http://www.ocarolanfolk.com>) et des scientifiques de l'Université de Saragosse, la «Brève symphonie de Marboré» a été commandée pour mettre en musique 15 000 années d'évolution de l'environnement et du climat dans les Pyrénées (<http://www.ipe.csic.es/proyecto-replim>).

- **Examen de l'état de ces écosystèmes humides sensibles et des impacts du CC**

Les lacs et les tourbières agissent comme des accumulateurs de polluants organiques et inorganiques (métaux lourds) dans leurs sédiments, comme en témoigne la plus forte concentration de plomb et de mercure dans



Figure 1. Le réseau REPLIM.



Figure 2: des travaux de surveillance des lacs des Pyrénées.

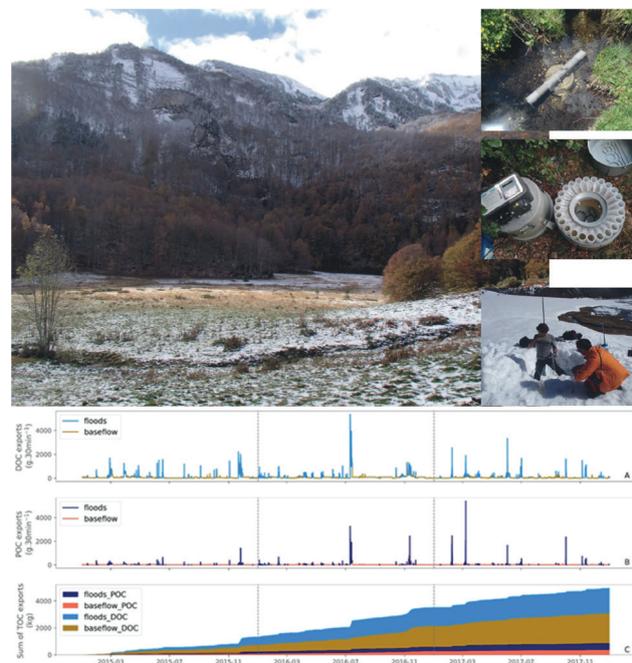


Figure 3. A. La tourbière de Bernadouze. Vue d'ensemble, équipement, travail sur le terrain. B. Exportations du DOC (a) et exportations de POC (b) séries chronologiques et exportations cumulées de COT (c) calculées sur trois ans. Les lignes grises verticales représentent un changement d'année. Les couleurs sombres représentent les inondations

les sédiments de l'époque romaine, médiévale et contemporaine en raison de l'exploitation minière et de la métallurgie de la fin du vingtième siècle. Plus de 75% des lacs étudiés présentent des facteurs d'enrichissement pour les métaux supérieurs à 1,5, plus élevés dans les Pyrénées centrales et orientales que dans les Pyrénées occidentales (Figure 4). La fonte des glaciers et des sols gelés en permanence (pergélisol) peut accroître la remobilisation des métaux traces et des polluants organiques persistants.



Figure 4 : Portail OPCC, section réseau REPLIM.

La hausse des températures dans les Pyrénées a causé:

- une nette tendance à augmenter la température dans les eaux de surface des lacs, plus forte en été et en particulier en automne, ce qui a favorisé des changements dans les communautés de diatomées (série de données du lac Redón) et pourrait affecter la composition chimique de l'eau (augmentation de l'alcalinité et de la concentration en éléments nutritifs) ;
- une accélération du processus de décomposition de la tourbe, augmentant en conséquence les émissions de CH₄ et de CO₂, principaux gaz responsables du réchauffement climatique.

L'augmentation de la variabilité des fortes précipitations en montagne, la fréquence et l'intensité des sécheresses et des inondations pourraient réduire considérablement la disponibilité en eau, réduire les zones inondées de tourbières et augmenter le taux d'érosion des tourbières, ce qui pourrait également être amplifiés par leur drainage et l'effet du surpâturage.

Comment ces récents changements observés dans le réseau REPLIM se comparent-ils à ceux de ces montagnes au cours des derniers millénaires? Les études paléoenvironnementales menées dans le réseau REPLIM montrent que les changements intervenus dans ces écosystèmes depuis le milieu du XXe siècle en raison des effets couplés entre le réchauffement planétaire et pressions humaines (Anthropocène) ont été d'une portée similaire ou plus grande à ceux associés à la fin du petit âge glaciaire (vers 1850) et ceux de l'époque médiévale.

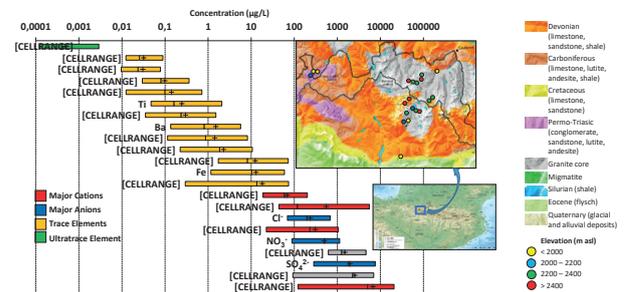


Figure 5 : Concentration d'éléments chimiques et d'anions mesurés dans les eaux souterraines de 20 lacs pyrénéens (cercles sur la carte géologique) situés à différentes altitudes (indiquées par différentes couleurs dans les cercles) dans les zones d'Ossau et Bachimaña-Cauterets pendant les campagnes de terrain de juillet et octobre 2017 et 2018.

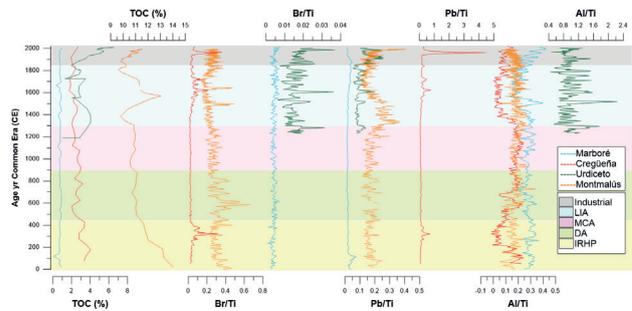


Figura 6: changements récents dans les lacs pyrénéens par rapport à ceux des derniers millénaires.

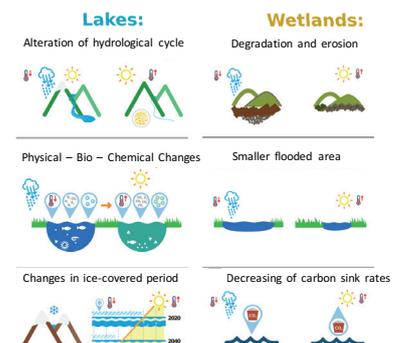


Figure 7: changements prévisibles dans les tourbières et les lacs des Pyrénées.

Indicateurs

Manuel du protocole REPLIM: Le manuel du protocole REPLIM est une proposition d'indicateurs permettant d'évaluer l'impact du CC et de l'activité humaine sur les étangs-lacs et les tourbières des Pyrénées (téléchargeable à l'adresse <https://opcc-ctp.org/en/replim>). Elle propose d'effectuer des mesures automatiques de la température en profondeur des lacs et des débits dans les tourbières et des analyses annuelles ou saisonnières de la composition chimique des eaux et des sédiments, avec des profils physico-chimiques en profondeur. Ces données de surveillance de base permettront une vision transpyrénéenne de l'état et de l'évolution de ces écosystèmes.

Conclusions

- Les lacs et les tourbières des Pyrénées ont subi d'importants changements au cours du siècle dernier, probablement en raison de la réaction positive entre l'augmentation des activités humaines et le réchauffement de la planète.
- Les observations dans le réseau REPLIM permettent de disposer de données instrumentales sur des sites répartis sur l'ensemble du territoire pyrénéen. Le maintien d'un réseau d'observation et de surveillance est essentiel pour anticiper les changements de son état écologique et pour sensibiliser le public aux impacts du CC et des activités humaines en haute montagne.
- La participation des citoyens est essentielle à la dynamisation des réseaux d'observation, mais il est également essentiel que les administrations soient responsables de leur maintenance à long terme.

Partenaires



Contact: blas@ipe.csic.es

2.4 CANOPEE: suivi des impacts du changement climatique sur les forêts pyrénéennes

La forêt occupe plus de la moitié de la surface des Pyrénées et fournit 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 en entraînant notamment des dépérissements, des destructions d'espèces ou d'habitats remarquables, une détérioration du cadre paysager.

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 pour l'adaptation du territoire.

Dans ce contexte, le projet CANOPEE avait pour but de:

- renforcer le suivi de la phénologie des principales essences des Pyrénées;
- développer un outil pour diagnostiquer la vitalité des arbres du Massif face, entre autres, au changement climatique;
- cartographier la distribution et la vulnérabilité des principales espèces forestières des Pyrénées selon les différentes projections climatiques;
- élaborer et mettre en œuvre des actions de gestion adaptative pour minimiser les impacts attendus.

Objectifs

Le projet CANOPEE a été structuré en trois axes principaux:

Observer

Il s'agit d'améliorer la connaissance des effets du changement climatique sur les principales essences forestières pyrénéennes, au travers de relevés et analyse phénologiques.

Diagnostiquer

Cette action visait à agir sur deux axes de diagnostic:

Le premier, physiologique, à l'échelle de l'individu, au travers du développement de clés ARCHI et de leur utilisation sur un réseau de placettes.

Ces clés permettent de diagnostiquer, ainsi que d'établir un pronostic sur la capacité d'un arbre à surmonter un stress ou trauma, notamment climatique. Cet axe visait à développer quatre clés, former les professionnels à l'utilisation de cet outil, mettre en œuvre des suivis pour les essences à fort enjeu dans les Pyrénées.

Le deuxième axe ambitionnait d'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.

Agir

La finalité de cette action était de progresser dans la compréhension de la réduction de la vulnérabilité des forêts face au changement climatique.

Elle proposait de sélectionner une série de forêts représentatives du massif, d'y mettre en œuvre différentes actions de gestion forestière afin de réduire leur vulnérabilité, et enfin de mesurer les effets de ces actions sur la ressource hydrique.

Résultats

• Un suivi de la phénologie comme « vigie » du changement climatique

Le réseau de suivi phénologique initié lors du premier volet de l'OPCC a été étendu et complété sur le versant sud du Massif. Il permet:

- d'identifier les essences a priori les plus réactives aux modifications météorologiques (apparente stabilité interannuelle du débournement du Hêtre alors que pour les sapins pectinés et chênes, elles peuvent varier de 2 à 3 semaines),
- de pointer des premières tendances d'évolution. Si toutes les courbes ne concordent pas encore, il semblerait toutefois qu'une légère tendance à l'avancement des dates de débournement soit déjà engagée.

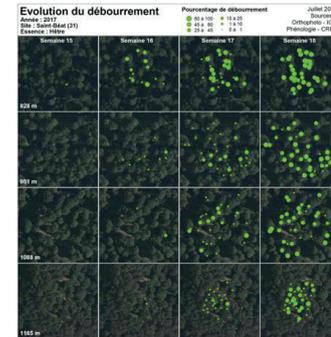


Figure 1 : suivi de la phénologie en tant que «sentinelle» du changement climatique.

• Méthode de diagnostic de l'état sanitaire des arbres

Les arbres peuvent subir des altérations de leur état sanitaire global dont certaines peuvent être dues aux changements climatiques (en particulier des épisodes de sécheresse ou canicule). Pour autant, tous les arbres ne sont pas condamnés et certains disposent d'une capacité de réaction et de résilience jusqu'alors peu prise en compte par les forestiers. C'est pourquoi le projet CANOPEE s'est attaché à déployer la méthode de diagnostic sanitaire ARCHI pour 4 nouvelles essences (*Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Pinus uncinata*). Basée sur l'architecture des arbres, elle permet d'identifier les individus susceptibles de passer outre les perturbations, qu'elles soient physiques ou climatiques.

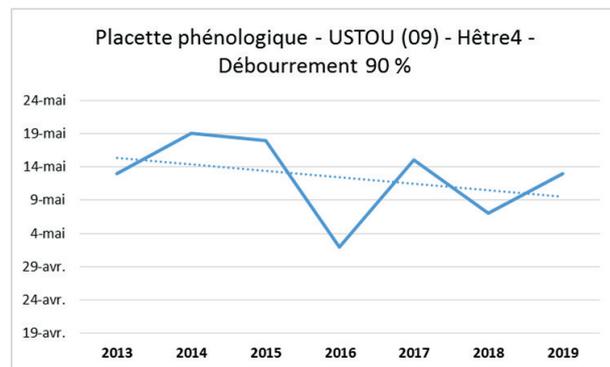


Figure 2 : graphique de l'évolution de la date de débournement de l'hêtre (au 90%).

• Carte de Bilan Hydrique Climatique (BHC-sécheresse)

Établie à partir de normales climatiques sur 1981-2015 (projet CLIMPY), puis une interpolation à résolution fine (50 m, MNT et gradients climatiques altitudinaux) afin d'intégrer l'étagement des espèces sur les versants. Précipitations, température et rayonnement (exposition, pente ...) déterminent le bilan hydrique climatique annuel (BHC).

• Cartes de Vigilance Climatique Relative (VCR)

Pour chaque espèce, la VCR est une variante standardisée (centrée-réduite) de BHC sur la zone de l'espèce considérée. À bilan hydrique égal, une espèce peut être sous forte contrainte (du fait de ses exigences écologiques) alors qu'une autre est encore en situation « confortable » pour elle.

L'utilisation de la VCR se fonde sur l'hypothèse que les sites qui seront impactés les premiers par la sécheresse sont ceux qui sont déjà les plus secs. Pour chaque espèce, la carte propose un classement relatif des situations : surveillance plus poussée là où la carte indique un climat plus sec que dans l'ensemble de la distribution pyrénéenne de l'espèce.

2. L'OPCC2 et ses projets associés

La carte de VCR ne pronostique pas de dépérissements à court ou moyen terme, mais les zones plus sèches (vigilance forte) seront a priori les premières concernées dans une telle éventualité. Une vigilance relative faible ne garantit pas non plus la survie de l'espèce.

• Actions démonstratives de gestion adaptative réalisées

Un ensemble d'actions stratégiques (12 au total, 6 sur chaque versant des Pyrénées) a été mis en œuvre sur différents peuplements forestiers représentatifs du massif pyrénéen, dans le but de renforcer leur adaptabilité face aux changements climatiques et en particulier, de réduire leur vulnérabilité face à l'augmentation du stress associé à la sécheresse.

Les sites sélectionnés pour les actions étaient localisés sur des zones de grande vulnérabilité potentielle.

Les actions ont été réalisées sur au moins 2 hectares, avec la présence systématique d'un hectare témoin, sans intervention.

Avant et après les interventions, un ensemble de variables de terrain a été collecté pour caractériser les formations forestières et évaluer les conséquences de ces actions sur les peuplements.

• Évaluation de l'impact de différentes actions pour l'adaptation sur le bilan hydrique

Le modèle MEDFATE, développé entre autres par des chercheurs du *Centre Tecnològic Forestal de Catalunya* (De Cáceres et al. 2015), a été utilisé pour évaluer l'impact actuel et futur (sur la base de différentes projections climatiques) des actions mises en œuvre sur la ressource hydrique (stress hydrique des essences forestières, « eau verte » et « eau bleue »). Les variables climatiques d'entrée du modèle sont issues du projet CLIMPY. Celles relatives à la structure et composition des peuplements ont été relevées sur site par les partenaires lors des inventaires pré et post interventions.

• Manuel de bonnes pratiques

Un manuel de bonnes pratiques de gestion pour l'adaptation des peuplements forestiers pyrénéens aux changements climatiques a été développé. Il présente:

- I. les bases écologiques et techniques de différentes stratégies d'adaptation : changements d'espèces et provenances, diversification de la composition des peuplements, réduction de densité, renforcement de la résistance face aux incendies;
- II. une carte des sites démonstratifs où des actions d'adaptation ont été effectuées à l'échelle des Pyrénées;
- III. Les fiches descriptives des actions et de leurs conséquences pour le bilan hydrique.

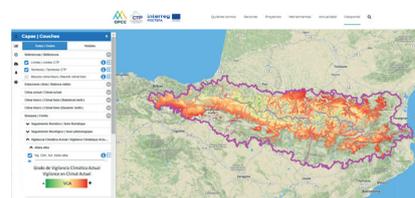


Figure 3. carte de Vigilance Climatique Relative du sapin commun dans les Pyrénées
<https://www.opcc-ctp.org/es/geoportal>



Figure 4 : Saint-Laurent de Cerdans, état de l'essai avant le traitement (gauche) et après (droite).

Indicateurs

OBSERVER

- **Pour les propriétaires et gestionnaires forestiers:** Un réseau de 63 placettes ciblant 6 essences (*Pinus uncinata*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris*, *Quercus petraea*, *Pinus nigra Salzmanii*) entre 600 et 2200 m d'altitude. Développement de la méthode ARCHI pour 4 essences pyrénéennes (*Fagus sylvatica*, *P. nigra Salzmanii*, *P. sylvestris*, *P. uncinata*). 2 sessions de formation.
- **Pour le grand public:** Sensibilisation à la réalité du changement climatique au travers de l'évolution phénologique de chaque essence et site suivi accessible via le portail cartographique de l'OPCC.

DIAGNOSTICAR

- **Pour les propriétaires et gestionnaires forestiers:** cartes de vigilance climatique relative par essence (*Abies alba*, *Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*, *Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. radiata*, *P. sylvestris*, *P. uncinata*, *Quercus ilex*, *Q. petraea+ pubescens+ robur*, *Q. pyrenaica*, *Q. suber*).
- **Pour le grand public:** Sensibilisation par les biais de cartes du niveau d'aggravation du bilan hydrique climatique pour différents paliers d'augmentation des températures.

AGIR

- **Pour les propriétaires et gestionnaires forestiers:** recommandations techniques et exemples *in situ* d'actions sylvicoles pour augmenter les capacités adaptatives des peuplements de la chaîne pyrénéenne
- **Pour le grand public:** Vulgarisation du potentiel des actions sylvicoles pour adapter les peuplements forestiers aux effets du changement climatique par l'installation de panneaux informatifs sur les sites d'intervention.

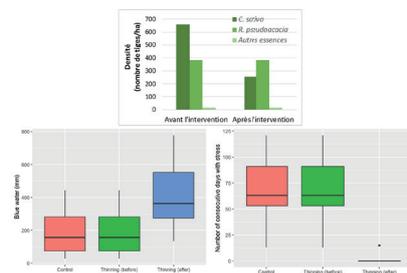


Figure 5 : évaluation de l'impact de différentes actions pour l'adaptation sur le bilan hydrique. Saint-Laurent de Cerdans, effets de l'opération sur la densité, le nombre de jours de stress hydrique, et l'eau bleue (eau exportée).

Conclusions

La construction de stratégies d'adaptation exige un niveau de connaissances élevé:

- sur le phénomène du changement climatique en lui-même;
- sur ses impacts, variables selon les essences et régions, et à fort niveau d'incertitude (d'après CLIMPY, l'augmentation des températures maximales serait entre 1.9 et 7.1 °C d'ici 2100) ;
- sur les capacités adaptatives des peuplements, sur les méthodes d'adaptation et leur efficacité.

Face à cet immense défi, CANOPEE avait pour ambition de façonner des premières réponses possibles, en termes de connaissances pratiques et d'outils d'aide à la décision, à l'échelle des Pyrénées.

Ainsi, la mise en place de suivis phénologiques et sanitaires permet de mieux appréhender les conséquences réelles du changement climatique. Les outils ainsi constitués nous donnent les moyens techniques d'identifier plus rapidement les essences, les régions (au travers du suivi phénologique), voire les arbres les plus atteints (via la méthode ARCHI) et ainsi de prioriser les interventions de sorte à adapter efficacement les pratiques et choix sylvicoles. Les cartes de Vigilance Climatique Relative nous permettent, elles, d'optimiser la veille sanitaire et de positionner sans attendre, selon le gradient de contrainte, des actions d'adaptation : tests comparatifs d'espèces plus ou moins adaptées à la sécheresse ; sylvicultures censées augmenter la résistance des peuplements. L'anticipation évite de choisir dans l'urgence quand (si) les dépérissements se produisent.

En suite logique de ces outils, le projet propose de solides bases techniques et scientifiques à la communauté forestière pyrénéenne pour construire une stratégie d'adaptation efficace, au travers de test locaux qui permettent de moduler des recommandations générales.

Ces réponses se basent sur :

- l'établissement d'un réseau de sites démonstratifs sur différentes formations forestières, dans lequel diverses actions d'adaptation ont été appliquées ;
- l'analyse des impacts de ces actions sur la ressource hydrique *in situ*.

Ces productions constituent une base solide qu'il conviendra de continuer à édifier pour permettre l'adaptation des forêts pyrénéennes au changement climatique. En effet, le défi auquel elles doivent faire face est considérable, tant il représente de possibilités et de situations particulières. La communauté forestière pyrénéenne est à pied d'œuvre pour y répondre.

Partenaires



Contact: raphael.delpi@forespir.com

2.5. PIRAGUA: évaluation du cycle hydrologique dans les Pyrénées dans un contexte de changement climatique

Introduction

Allant de la mer Méditerranée à l'océan Atlantique, les Pyrénées représentent la principale source de ressources en eau du nord-est de l'Espagne, d'Andorre et du sud-ouest de la France. En plus de répondre aux besoins en eau croissants en eau tels que l'irrigation, l'eau potable, la production d'hydroélectricité et le tourisme; le ruissellement et la recharge de l'aquifère dans les Pyrénées sont essentiels au maintien de l'équilibre écologique à la fois en amont et à plusieurs kilomètres en aval de cette chaîne de montagnes. Ainsi, dans un contexte de climat changeant comportant une importante composante d'incertitude, il est essentiel d'identifier de solides options d'adaptation pour les Pyrénées et les territoires environnants afin d'assurer la durabilité du cycle de l'eau dans la région.

Objetifs

L'objectif du projet PIRAGUA est de traiter, par le biais de la coopération transfrontalière, l'évaluation du cycle hydrologique des Pyrénées dans le contexte du changement climatique, en unifiant et en homogénéisant les informations existantes, en prospectant de futurs scénarios, en développant des indicateurs et en proposant des stratégies d'adaptation avec impact sur le territoire. L'objectif ultime consiste à soutenir les investissements visant à s'adapter au changement climatique en relation avec les ressources en eau, y compris les événements extrêmes tels que les inondations et les sécheresses. En outre, le projet s'inscrit dans les objectifs de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique (OPCC), qui vise à être la plate-forme de référence des connaissances sur l'adaptation au changement climatique dans les écosystèmes de montagne.

Résultats

PIRAGUA a combiné les données de tous les acteurs liés à l'eau dans les territoires influencés par les Pyrénées afin de développer une base de données régionale sans précédent sur les ressources et les utilisations des eaux de surface et souterraines, ainsi que la première base de données sur les inondations couvrant l'ensemble de la région pyrénéenne. Les projections du projet CLIMPY sur le changement climatique et les scénarios socio-économiques serviront à forcer divers modèles de simulation à créer un ensemble d'effets futurs sur les ressources en eaux de surface et souterraines, ainsi que sur les futurs impacts sur les principales activités économiques du territoire pyrénéen sept études de cas. Tous ces résultats aideront à identifier des options d'adaptation innovantes, robustes et durables qui profiteront à l'ensemble du territoire, au-delà des frontières administratives, en stimulant des solutions communes à des problèmes communs.

Changements récents et futurs dans l'hydrologie pyrénéenne

L'analyse spatio-temporelle des composantes du bilan hydrologique des Pyrénées est un aspect central du projet et représente un aspect nouveau dans la gestion des ressources en eau en tenant compte de tous les aspects du bilan hydrologique. Une analyse statistique préliminaire des valeurs normales et des tendances a été réalisée. Ensuite, un ensemble de modèles sera utilisé pour évaluer le bilan hydrologique de la disponibilité des ressources en eau récentes et futures.

Une analyse statistique et des tendances de l'évolution des débits a été réalisée pour certaines stations hydrométriques ayant la moindre influence anthropique depuis 1960. En général, les résultats montrent que les débits moyens des fleuves pyrénéens ont accusé la période 1981-2010 bien que moins significative (Figure 1b).

L'estimation de la disponibilité future en eau dans les Pyrénées sera évaluée à l'aide d'un ensemble d'outils de modélisation utilisant les résultats de CLIMPY en tant que forçage climatique. Ces scénarios permettront d'étudier les tensions possibles pouvant survenir à l'avenir pour les ressources en eau.

Gestion des ressources en eau dans les bassins d'origine pyrénéenne

L'utilisation des ressources en eau est clairement différenciée entre le nord et le sud des Pyrénées (Figures 2 et 3). Les prélèvements d'eau sont plus intenses dans le sud, en particulier dans la région des Pyrénées centrales du bassin de l'Èbre, où la majeure partie de l'eau extraite est utilisée à des fins d'irrigation. Les prélèvements d'eau sur le versant nord de la chaîne de montagnes sont plus équilibrés entre les utilisations urbaines et agricoles, avec une présence importante d'usages industriels dans des bassins avec une production d'hydroélectricité.

Cinq entités publiques sont chargées de la gestion et de l'affectation des ressources disponibles produites dans les Pyrénées, deux en France («Agence de l'eau Adour-Garonne» et «Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse») et trois en Espagne («Agencia Vasca del Agua», «Agencias Catalana del Agua» et «Confederación Hidrográfica del Ebro»). À la suite de la mise en œuvre de la directive-cadre européenne en France et en Espagne, ils ont tous élaboré leurs plans de bassins hydrographiques respectifs dans le but d'atteindre le bon état écologique des masses d'eau sur leurs territoires. Cependant, les plans espagnols se concentrent principalement sur des questions quantitatives tandis que les plans français ne traitent que des aspects influant sur la qualité de l'eau, développant ainsi différentes stratégies d'adaptation au changement climatique futur.

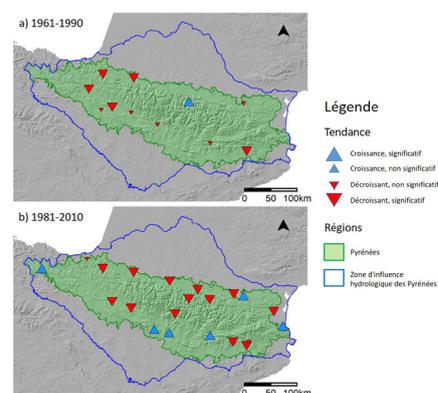


Figure 1. Tendances du débit médian (q50) à certaines stations des fleuves pyrénéens entre 1961 et 1990 (a) et 1981-2010 (b).

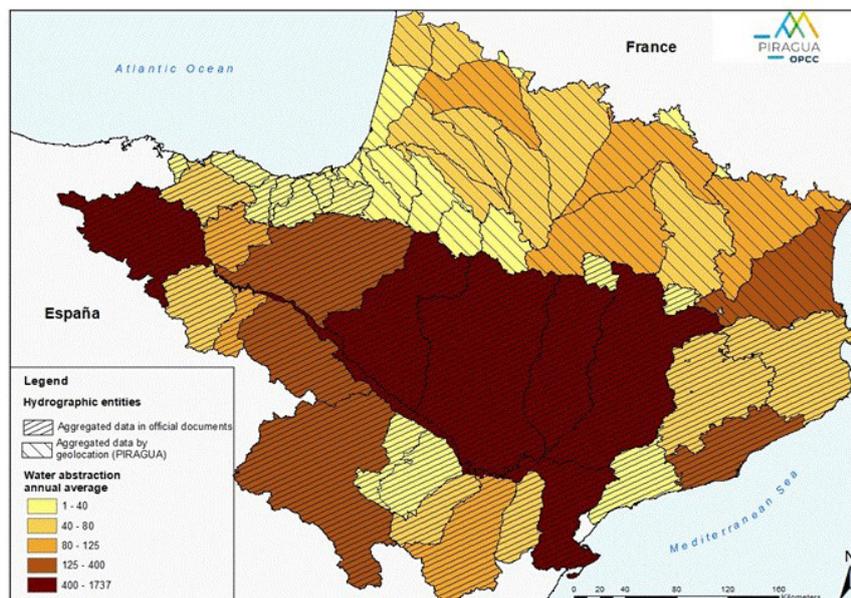


Figure 2. Volume annuel moyen de retraits (hm³ / an) à l'échelle des unités hydrographiques ou des bassins de référence (les périodes de moyenne des volumes diffèrent d'un bassin à l'autre bien qu'elles soient toutes comprises entre les années 2013 et 2016).

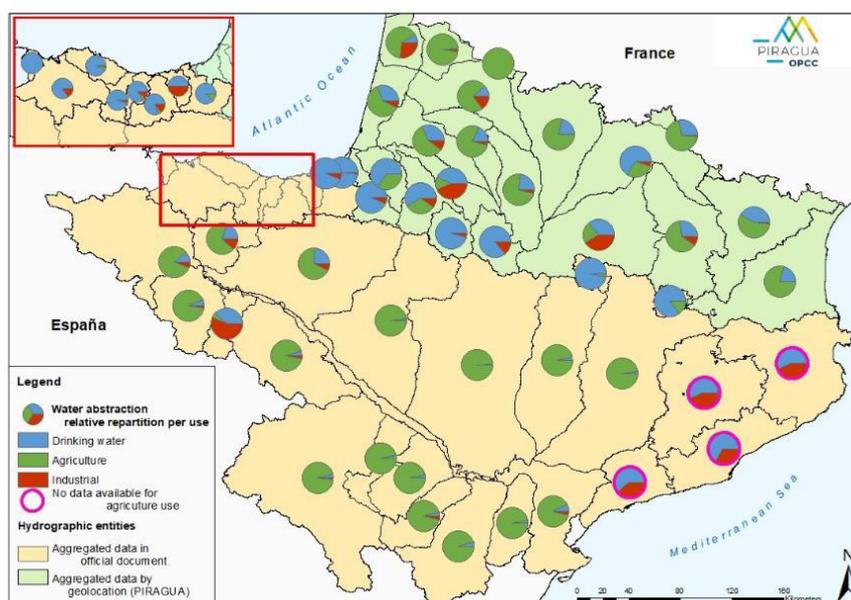


Figure 3. Répartition moyenne des utilisations de l'eau prélevée (adduction d'eau potable, irrigation, industrielle) pour chaque unité hydrographique à l'échelle des Pyrénées (les périodes de moyenne des volumes diffèrent d'un bassin à l'autre bien qu'elles soient toutes comprises entre les années 2013 et 2016).

Occurrence d'inondations

PIRAGUA a également analysé le nombre d'événements d'inondations (inondations soudaines et inondations d'eau de surface) qui ont affecté chaque municipalité des Pyrénées entre 1981 et 2015 (Figure 4). Les informations enregistrées et disponibles pour les différentes régions ne sont pas homogènes. Dans le cas d'Andorre et de la Catalogne, tous les événements, y compris les événements mineurs, ont été disponibles. L'analyse des données montre une légère tendance positive à la survenue d'inondations.

Impacts potentiels et opportunités d'adaptation dans les secteurs dépendants de l'eau

PIRAGUA aborde l'adaptation au changement climatique au travers de sept études de cas réparties dans les Pyrénées, des tourbières d'altitude au plus grand système irrigué d'Espagne et de l'Union européenne (Figure 5). Le but de chaque étude de cas est d'analyser les effets du changement climatique, d'évaluer les stratégies d'adaptation possibles et d'évaluer la possibilité de les extrapoler à d'autres territoires des Pyrénées.

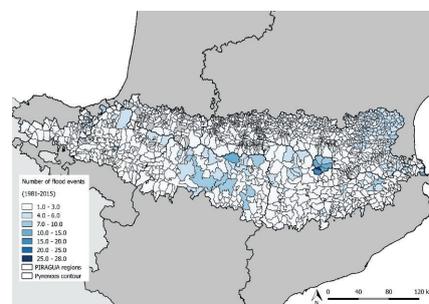


Figure 4. Nombre total d'inondations ayant affecté chaque municipalité des Pyrénées pour la période 1981-2015.

Conclusions

PIRAGUA démontre la nécessité d'une coopération transfrontalière dans des domaines tels que la surveillance et l'inventaire des ressources en eau dans une région partagée par huit administrations territoriales différentes et sept agences de l'eau. Il est tout aussi important d'utiliser les futurs ensembles climatiques pour générer des résultats qui prennent bien en compte les incertitudes inhérentes au processus d'évaluation des impacts du changement climatique. Ce n'est qu'ainsi qu'il est possible de prendre des décisions d'investissement plus robustes et convenues par les parties prenantes. Enfin, le projet souligne l'importance de prendre en compte l'impact du changement climatique sur différents secteurs économiques et services écosystémiques affectés ou ayant un impact sur les ressources en eau afin d'identifier les futures stratégies d'adaptation.

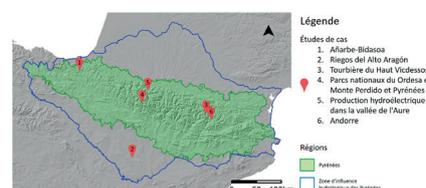


Figure 5. Localisation des études de cas considérées dans PIRAGUA (à noter que la septième étude de cas correspond à l'analyse des inondations au niveau de l'ensemble des Pyrénées)

PIRAGUA est un projet en cours jusqu'en décembre 2020. Tous les résultats et informations sur les études de cas seront bientôt disponibles à l'adresse <https://www.opcc-ctp.org/fr/piragua>.

Partenaires



Contact: santiago.begueria@csic.es

Remerciements

Au Comité technique de l'OPCC et à ses institutions respectives

- Meritxell CUYAS,
Ministeri de Medi Ambient, Agricultura i Sostenibilitat, Govern d'Andorra
- Toni MOLNE,
Ministeri de Medi Ambient, Agricultura i Sostenibilitat, Govern d'Andorra
- Nélida GARCÍA,
DG Sostenibilidad y Medio Ambiente – Gobierno de Aragón
- Lluís GUITARD,
Oficina Catalana del Canvi Climàtic - Departament de Territori i Sostenibilitat - Generalitat de Catalunya
- Iñaki AIZPURU,
Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa / Sociedad Pública de Gestión Ambiental
- Marian BARQUIN,
Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa / Sociedad Pública de Gestión Ambiental
- Pedro ZUAZO,
Dirección general de Medio Ambiente y Agua - Gobierno de Navarra
- Jokin DEL VALLE,
Dirección general de Medio Ambiente y Agua - Gobierno de Navarra
- Gloria PAULHE,
Direction des Relations Européennes et Internationales, Site de Toulouse, Région Occitanie
- Judith MALLET,
Direction de la Transition écologique et énergétique
- Ludovic LAREYNIE,
Pôle Affaires Européennes et Internationales Conseil Régional Aquitaine
- Yohana CABARET,
Comité Scientifique Régional sur le Changement Climatique, ENSEGID





Interreg
POCTEFA



UNIÓN EUROPEA
UNION EUROPÉENNE