



Séminaire Montclima

Les risques naturels et climatiques dans les zones de montagne

Stratégies pour la gestion et la prévention
des impacts de la sécheresse sur les
forêts des montagnes de l'espace SUDOE

30 septembre 2021

Interreg
Sudoe



EUROPEAN UNION

MONTCLIMA 

Fonds européen de développe-ment régional

Ce projet est cofinancé par le Fonds européen de développement régional
(FEDER) dans le cadre du programme INTEREG SUDOE 2014-2020

3 Introduction générale

5 Objectifs

6 Bienvenue au projet MONTCLIMA

Eva García-Balaguer (CTP-OPCC, chef de projet MONTCLIMA)

7 Ouverture institutionnelle

Rosa Amorós Capdevila (Présidence de la Communauté de Travail des Pyrénées CTP, Gouvernement de Catalogne)

Joan Pino Vilalta (Directeur du CREAM)

8 I. Le contexte

Risque de sécheresse dans l'espace SUDOE. Données historiques et projections futures

Sergio M. Vicente-Serrano (Institut Pyrénéen d'Écologie, IPE-CSIC)

13 II. Stratégies pour la gestion et la prévention des impacts de la sécheresse sur les forêts des montagnes de l'espace SUDOE

Comment la sécheresse impacte les forêts de l'espace SUDOE

Jordi Martínez-Vilalta (CREAF)

15 Comment réaliser le suivi des impacts de la sécheresse sur les forêts?

Expériences du Portugal. Évaluation des impacts de la sécheresse et de la chaleur sur la productivité des forêts

Célia Gouveia (Universidade de Lisboa)

Expériences en Catalogne, Espagne. Le programme DEBOSCAT: Le réseau catalan de suivi des effets de la sécheresse

Mireia Banqué (CREAF)

Expériences en France. Le réseau français de suivi de la santé des forêts

Morgane Goudet (Département de la santé des forêts, DSF. Ministère français de l'agriculture et de l'alimentation)

21 Comment gérer les forêts et les paysages forestiers pour réduire les impacts de la sécheresse à l'échelle locale?

Expériences en Castille-et-León, Espagne. La gestion forestière dans la province de Valladolid.

Adaptation aux scénarios de changement climatique

Alfonso González Romero (Gouvernement régional de Castille-et-León)

Expériences en France. Stratégie et outils de gestion sylvicole dans les forêts publiques françaises

Thierry Sardin (Office National des Forêts, ONF)

Expériences du projet SUDOE MONTCLIMA. Gestion forestière adaptative dans une chênaie dans le massif du Montnegre-Corredor (Barcelone).

Diana Pascual Sánchez (CREAF)

Expériences du projet SUDOE MONTCLIMA. Repenser la résilience des forêts face à un scénario de sécheresses croissantes. Interaction des risques et des forêts de protection (Andorre)

Marc Font (Andorra Recerca + Innovació)

31 Outils de modélisation pour accroître la résilience à la sécheresse par la mise en œuvre de stratégies de gestion forestière

Expériences à Valence, en Espagne. Gestion forestière à objectifs multiples, le modèle du projet LIFE RESILIENT FORESTS (C.A.F.E.)

Maria González Sanchís (Universitat Politècnica de València)

Expériences au Portugal. Changements potentiels des niches bioclimatiques des espèces forestières au Portugal

João A. Santos (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD)

Expériences en France. CLIMESSENCES: Un outil pour comprendre l'évolution des espèces forestières dans un contexte de changement climatique

Xavier Bartet (Office National des Forêts ONF - RMT AFORCE)

37 Visite sur le terrain:

Parcelles expérimentales du projet SUDOE MONTCLIMA dans le massif du Montnegre-Corredor (Llinars del Vallès, Barcelone)

41 Conclusions et orientations: les leçons apprises

Introduction générale



L'objectif de ce rapport est de présenter les principales conclusions et lignes d'action définies lors du **3ème Séminaire Transnational sur les Stratégies de gestion et de prévention des impacts de la sécheresse sur les forêts des montagnes de l'espace SUDOE** du projet SUDOE MONTCLIMA.

Le séminaire, organisé par le CREAM, s'est déroulé en semi-présentiel le 30 septembre 2021 à Barcelone, en Espagne.

L'objectif général de ce Séminaire, en accord avec la vocation du projet MONTCLIMA, est de contribuer à l'amélioration des **stratégies de gestion et de prévention des impacts de la sécheresse dans les montagnes de l'espace SUDOE** dans le but de :

- ▶ Partager les connaissances et les expériences sur les bonnes pratiques de gestion et les stratégies visant à prévenir les effets de la sécheresse sur les forêts .
- ▶ Contribuer à des politiques de gestion forestière plus efficaces et efficientes.
- ▶ Renforcer la résilience des territoires de montagne de l'espace SUDOE face aux sécheresses et aux impacts du changement climatique.

Le projet SUDOE MONTCLIMA contribue à l'élaboration d'un **cadre de référence qui servira de stratégie transnationale pour prévenir les risques naturels** qui touchent avec une intensité particulière les zones de

Introduction générale



montagne du sud-ouest de l'Europe.

Ces zones de montagne sont l'un des territoires les plus touchés par les phénomènes naturels et il faut s'attendre à ce que ces risques augmentent de manière significative à l'avenir en raison du changement climatique. Le réchauffement planétaire a fait chuter le débit moyen des rivières du bassin méditerranéen de 10 à 20 % ces dernières années ; **en l'absence de réaction de la part de la société, les sécheresses deviendront plus fréquentes, ce qui augmentera sans aucun doute le risque d'incendies des forêts.** Les incendies causent la perte de la végétation superficielle, ce qui, associé à des précipitations extrêmes, aggrave le phénomène de l'érosion.

Les zones de montagne, de par leur morphologie, leur climat et leur végétation, sont particulièrement vulnérables aux pertes de sol. En effet, on estime qu'elles perdent entre 20 et 50 tonnes de sol par hectare et par an. Cela implique une diminution de leur capacité à amortir l'effet des pluies intenses et, par conséquent, une augmentation des inondations et des débordements. **Des sécheresses de plus en plus sévères, la hausse des températures et la modification des régimes des précipitations ne sont que quelques-unes des conséquences que cela peut entraîner.** Outre les dommages environnementaux, ces risques entraînent également d'importantes pertes économiques et sociales qui affecteraient le mode de vie des habitants des différents territoires concernés.

Les effets dévastateurs de ces risques, qui découlent à la fois des phénomènes naturels et de leur intersection avec les infrastructures et les services de chaque territoire, **ne connaissent pas de frontières et ne respectent pas les limites administratives, c'est pourquoi ils doivent être analysés de manière coordonnée** entre les pays et les régions concernés et abordés dans le cadre d'une collaboration transnationale qui profite à tous. C'est le seul moyen de protéger et de préserver les zones de montagne que partagent nos territoires

www.montclima.eu

Objectifs

Ce séminaire transnational sur les stratégies de gestion et de prévention des impacts de la sécheresse sur les forêts des montagnes de l'espace SUDOE s'est concentré sur les aspects suivants:



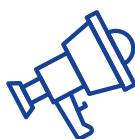
Analyser les risques de sécheresse dans l'espace SUDOE, partager les stratégies de gestion et de prévention de la sécheresse qui sont appliquées dans les forêts des montagnes de l'espace SUDOE et analyser comment gérer ces forêts et le paysage forestier pour réduire les impacts de la sécheresse à l'échelle locale.



Discuter des stratégies de prévention et de gestion pour renforcer la résilience des zones de montagne face à la sécheresse et aux impacts du changement climatique.



Comparer les méthodologies d'évaluation et de suivi des impacts de la sécheresse avec les outils de modélisation et les stratégies de gestion forestière utilisés pour accroître la résilience des forêts de montagne de l'espace SUDOE face à la sécheresse.



Faire connaître et diffuser les conclusions de ce séminaire auprès des professionnels du secteur et du grand public.

À l'instar du programme de coopération Europe du Sud-Ouest (INTERREG V-B SUDOE), qui s'appuie sur la stratégie «Europe 2020» pour une croissance intelligente, durable et inclusive, l'objectif de ce séminaire a été de renforcer la cohésion dans l'application de bonnes pratiques communes en matière de prévention des risques naturels, en mettant l'accent sur les impacts causés par la sécheresse, afin d'améliorer la prévention et la gestion forestière dans les forêts de l'espace SUDOE.

Bienvenue au projet MONTCLIMA

Eva García-Balaguer (Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique de la Communauté de Travail des Pyrénées, [CTP-OPCC](#) , chef de projet MONTCLIMA), a introduit le séminaire en soulignant la nécessité de **promouvoir la coopération entre les différents acteurs impliqués** dans les territoires SUDOE, des chercheurs aux entreprises et aux citoyens, afin que les outils de prévention des risques climatiques et naturels soient efficaces.

Il s'agit du troisième des 5 séminaires prévus dans le cadre de MONTCLIMA: le premier, qui a eu lieu à Soria (Espagne), portait sur les 4 risques naturels étudiés dans le projet et leur lien avec le changement climatique dans les zones de montagne de l'espace SUDOE: sécheresses, inondations, incendies des forêts et érosion. Le deuxième séminaire s'est tenu à Leiria (Portugal) et a porté sur les stratégies de gestion et de

prévention des incendies de forêt dans l'espace SUDOE. Ce troisième séminaire, qui s'est tenu à l'Institut d'Estudis Catalans de Barcelone (Espagne), porte sur les stratégies de gestion et de prévention des impacts de la sécheresse sur les forêts des montagnes SUDOE. Ce séminaire sera suivi de deux autres. L'un d'eux se tiendra à Bilbao (Espagne) et portera sur le risque d'érosion; le dernier séminaire se tiendra à Andorre et portera sur les inondations.

Elle a également rappelé l'objectif du projet MONTCLIMA: améliorer les connaissances sur le changement climatique et les risques naturels afin de fournir des outils de prévention et des réponses pour une plus grande résilience face aux scénarios actuels et futurs. En outre, pour qu'ils soient vraiment utiles, elle a souligné la **nécessité d'une vision multirisque** pour affronter les problématiques et les défis étudiés.



Ouverture institutionnelle

Rosa Amorós i Capdevila (Présidence de la Communauté de Travail des Pyrénées CTP, Gouvernement de Catalogne) a souligné la nécessité de **capitaliser les stratégies qui ont été réalisées** dans les différentes expériences menées à bien par le projet MONTCLIMA. Comme Eva García Balaguer, elle a souligné l'importance de la **vision multirisque** pour faire face aux problèmes dérivés du changement climatique en montagne, étant donné que les phénomènes extrêmes impliquent des pertes économiques ainsi que des dommages aux biens et aux personnes.

Des projets tels que MONTCLIMA peuvent générer de nouvelles visions, des transferts de connaissances et de nouveaux partenariats qui favorisent le développement de stratégies d'amélioration de la résilience. Ces leviers doivent être encouragés car les défis sont importants et qu'il est impératif d'y répondre rapidement.

C'est aussi la raison pour laquelle la [Stratégie pyrénéenne sur le changement climatique](#) , a été développée, une stratégie transfrontalière qui vise à promouvoir l'action climatique dans la biorégion pyrénéenne.

Joan Pino Vilalta, en tant que directeur du CREAF, hôte de ce séminaire, a rappelé la nécessité urgente et inéluctable de progresser dans ces recherches et expériences au vu des **récents épisodes de dépérissement forestier** des montagnes de l'espace SUDOE. La fréquence et l'intensité des risques auxquels sont confrontées les forêts, ainsi que l'interaction de l'activité humaine dans celles-ci, doivent être abordées de manière urgente et rigoureuse afin de créer des **réponses efficaces d'adaptation au climat et d'améliorer la prise de décision** face aux problématiques du milieu naturel.

I. Le contexte

Risque de sécheresse dans l'espace SUDOE

Données historiques et projections futures

[Sergio M. Vicente-Serrano](#) 

(Institut Pyrénéen d'Écologie, IPE-CSIC, et membre du GIEC)

Les sécheresses ont affecté les sociétés humaines de manière considérable et récurrente, comme le montrent des registres remontant aux XV^e-XVI^e siècles.

Les sécheresses sont récurrentes et très

difficiles à prévoir, elles **ne présentent aucune périodicité claire** et se produisent avec une grande **variabilité spatiale et temporelle**. En Espagne, cette variabilité spatiale s'explique par la diversité climatique existante.

Les **impacts économiques des sécheresses sont socialement et économiquement élevés**, comme le montrent les données suivantes pour l'Espagne depuis 1991 :

- ▶ 12 millions d'habitants ont subi des restrictions d'eau en 1995.
- ▶ Entre 1991 et 1995, la sécheresse a causé 3,5 milliards d'euros de pertes économiques.
- ▶ Entre 1992 et 1995, la production agricole a subi des pertes annuelles de 1,2 à 1,8 milliard d'euros par rapport aux années précédentes et suivantes.

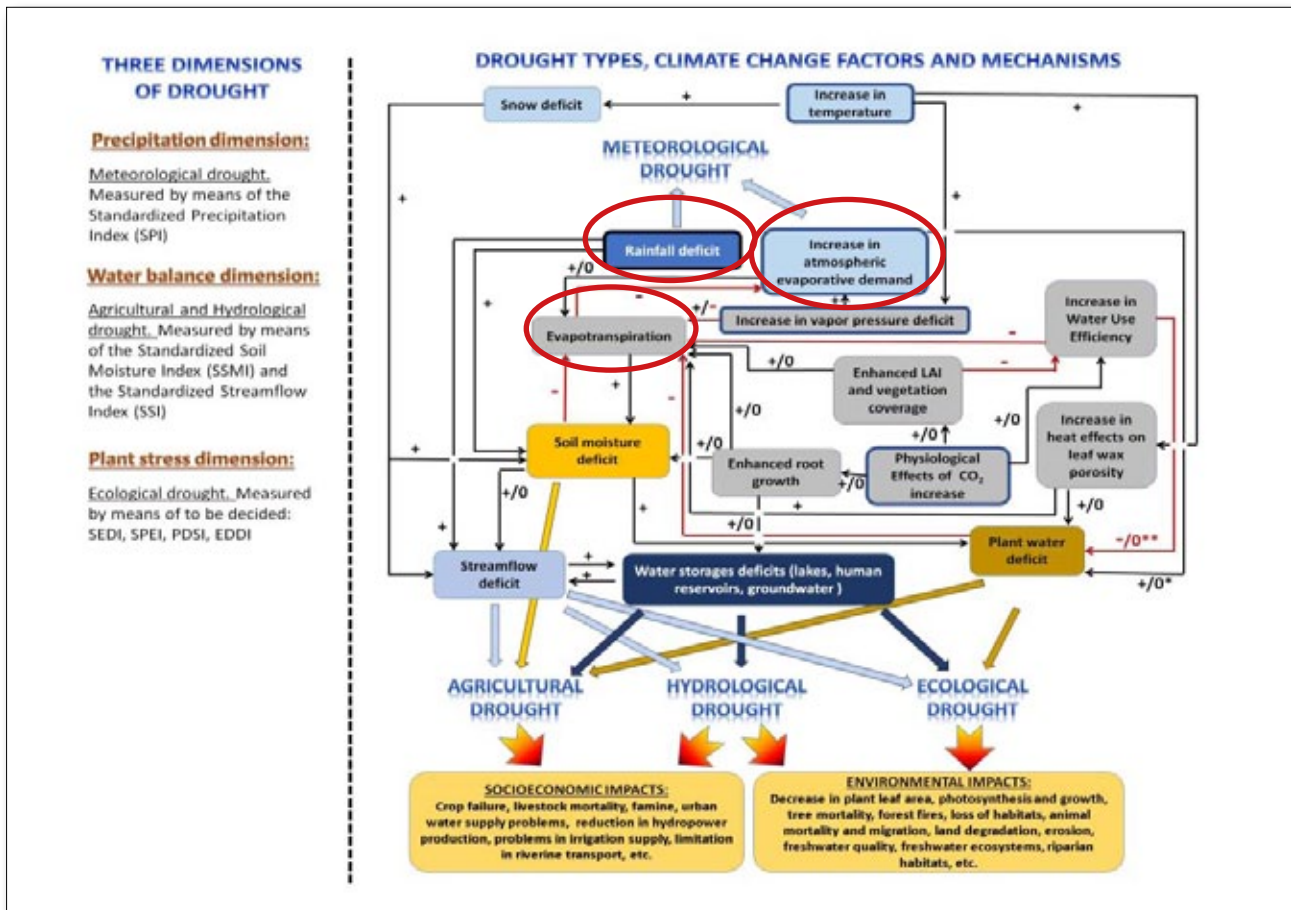
- ▶ La sécheresse courte et intense qui a frappé l'Espagne en 2005 a entraîné une baisse importante de la production hydroélectrique (18 000 GWh).
- ▶ En 2012, la plus grande surface brûlée (199 000 hectares) depuis 1994 a été enregistrée, en raison de la grave sécheresse qui a frappé le pays.

Risque de sécheresse dans l'espace SUDOE

Données historiques et projections futures

Sergio M. Vicente-Serrano

Les sécheresses sont un **phénomène très complexe**, comme le montre ce diagramme.



Comme nous pouvons le constater, les interactions sont nombreuses en cas de sécheresse. Les conditions météorologiques interviennent et commencent à interagir avec l'ensemble du système, en influençant

l'humidité du sol, l'évaporation, etc., qui ont à leur tour d'importantes rétroactions avec l'atmosphère. Il en résulte différents **types de sécheresse qui sont associés à une série d'impacts sur ces systèmes:**

- ▶ Sécheresses météorologiques : absence de précipitations pendant une période donnée, mesurée par l'indice standardisé des précipitations.
- ▶ Sécheresses hydrologiques et agricoles: effets sur les réserves des bassins ou les hauteurs des

montagnes. Ils sont mesurés par l'indice d'humidité standardisé (SSMI) et l'indice de débit standardisé (SSI).

- ▶ Sécheresses écologiques: impacts sur la végétation naturelle et les forêts mesurés par plusieurs indicateurs possibles (SEDI, SPEI, PDSI, EDDI).

Risque de sécheresse dans l'espace SUDOE

Données historiques et projections futures

Sergio M. Vicente-Serrano

Les conditions d'un type de sécheresse ne sont pas nécessairement liées à un autre. Il s'agit d'une question complexe qui nourrit des débats au sein de la communauté scientifique. **Les sécheresses sont probablement le phénomène naturel hydro-climatique extrême le plus complexe qui existe** (bien plus que les inondations ou les cyclones tropicaux, par exemple).

Sur la base de l'indice de déficit de précipitations, certaines études affirment que les sécheresses en Europe peuvent être expliquées par des causes anthropiques. Cependant, d'autres études diffèrent de ce point de vue, car les sociétés ont été affectées

par des déficits pluviométriques avec une grande variabilité à la fois spatiale et temporelle, ce qui est la tendance générale en Méditerranée. Ceci est vérifié par l'analyse des données pluviométriques de longues séries historiques, grâce à la récupération et à la reconstruction de données à partir du milieu du XIXe siècle, coïncidant avec le début de l'ère instrumentale et la mise en service des premières stations météorologiques en Espagne, en France, en Italie et au Portugal. Cela montre que, depuis 1870, **l'évolution des précipitations est saisonnière avec une forte variabilité temporelle**. L'analyse de la pluviométrie dépendra donc également de la période d'étude considérée

Comment ces précipitations sont-elles regroupées dans le temps?

Les sécheresses sont très difficiles à mesurer, c'est pourquoi nous essayons de les caractériser par des **indices composés de sécheresse** en utilisant différentes variables (météorologiques, humidité du sol, évaporation, etc.) qui nous permettent d'observer différentes périodes pendant lesquelles nous pouvons estimer que les conditions ont été sèches:

- **Ampleur**: déficit cumulé inférieur à un certain seuil.
- **Durée**: nombre de mois ou d'années consécutifs en dessous d'un certain seuil.
- **Intensité**: déficit moyen de la période en dessous du seuil.

Lorsque ces paramètres d'un point de vue pluviométrique sont étudiés pour la région méditerranéenne, les conclusions ne sont pas claires. Comme indiqué dans le **dernier rapport du GIEC, aucune tendance claire et statistiquement significative n'a été détectée en ce qui concerne les précipitations et la fréquence des sécheresses**, contrairement aux

conclusions des précédentes études. Cela **ne signifie pas que les sécheresses n'augmentent pas dans notre région**, car la Méditerranée est l'une des régions du monde où le réchauffement climatique est le plus fort.

Plus la température est élevée, plus l'effet sur la composante aérodynamique de la demande en eau de la part de l'atmosphère, **l'évapotranspiration**, est important. Plus la température moyenne augmente, plus la capacité de l'atmosphère à retenir la vapeur d'eau augmente. En outre, il existe d'autres mécanismes tels que l'humidité relative qui diminue dans les latitudes moyennes en raison des différences de réchauffement entre les zones continentales et océaniques. En conséquence, le déficit de pression augmente, ce qui explique l'augmentation de la perte d'eau provenant du sol.

Lorsque l'eau est disponible, cette demande de l'atmosphère n'est pas très importante, mais en cas de sécheresse, la situation peut être très critique, car, par exemple, la végétation sera soumise à un stress beaucoup plus important.

Risque de sécheresse dans l'espace SUDOE

Données historiques et projections futures

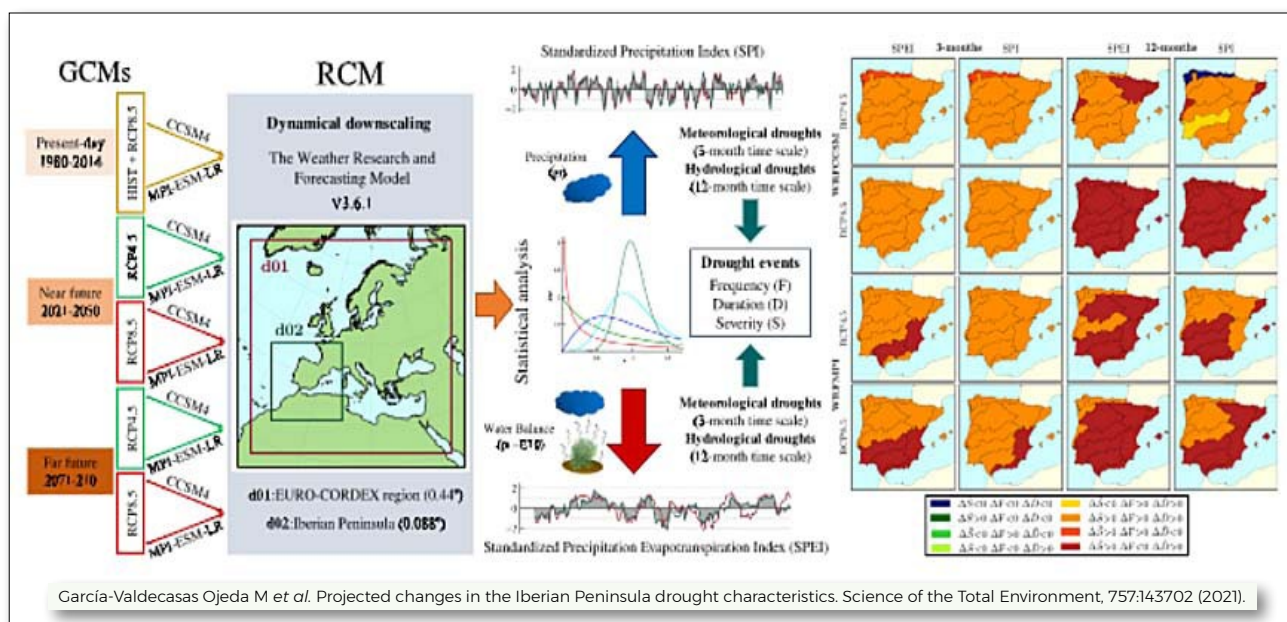
Sergio M. Vicente-Serrano

Que s'est-il passé dans la péninsule ibérique en ce qui concerne la demande atmosphérique en eau et les indicateurs qui y sont associés?

Le rayonnement a été plus ou moins stationnaire au cours des dernières décennies, tout comme la vitesse du vent. Cependant, **l'humidité relative a chuté quasiment sur tout le territoire** et cela a **augmenté la demande en eau de l'atmosphère presque partout dans la région.**

La sensibilité des conditions de sécheresse et la demande en eau de l'atmosphère en Espagne n'ont évidemment pas lieu en hiver. Le développement de la première végétation ou des cultures céréalières d'hiver n'est pas affecté par la hausse des températures du fait

que la demande en eau de l'atmosphère en hiver est très faible. La **plus grande sensibilité se produit principalement pendant les mois d'été**, au cours desquels la demande en eau est très élevée et les températures estivales ont considérablement augmenté. Cela signifie que pendant les années sèches et en été la **végétation est plus stressée**, la matière sèche est plus abondante et les conditions sont plus propices à l'**apparition de certains phénomènes tels que l'augmentation du nombre d'incendies, la diminution de la croissance végétale, le dépérissement et la mortalité des masses forestières**, etc.



Selon une étude récente de la projection future des sécheresses tout au long du XXI^e siècle, réalisée à partir des indicateurs mentionnés jusqu'à présent, en Espagne, tant dans le cadre du **scénario émissif RCP4.5** que du **scénario RCP8.5 du GIEC**, **l'augmentation des sécheresses en termes de fréquence, de durée et de sévérité est probable**, en raison du changement climatique et de **l'augmentation de la demande en eau de l'atmosphère**.

Risque de sécheresse dans l'espace SUDOE Données historiques et projections futures

Sergio M. Vicente-Serrano

Monitor de sequías



Le CSIC a développé un outil appelé [moniteur de sécheresses](#)  qui mesure ces paramètres et d'autres et présente des données mises à jour chaque semaine afin d'étudier et de **contrôler les sécheresses sur la péninsule ibérique**, disponible pour le grand public.

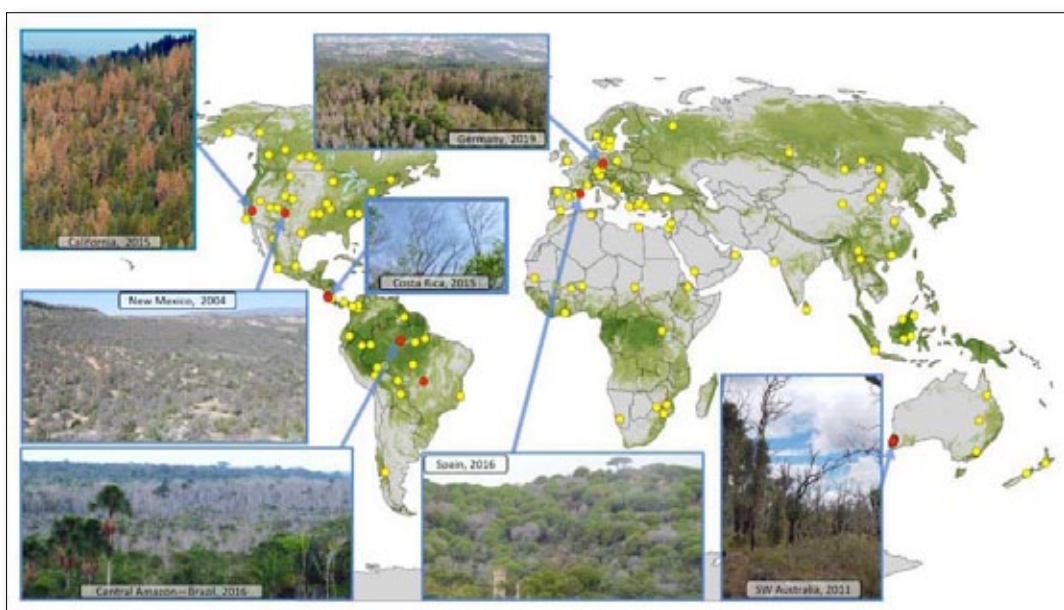
II. Stratégies pour la gestion et la prévention des impacts de la sécheresse sur les forêts des montagnes de l'espace SUDOE

Comment la sécheresse impacte les forêts de l'espace SUDOE

[Jordi Martínez-Vilalta](#) (CREAF)

La **disponibilité de l'eau** détermine la **répartition et le fonctionnement** des forêts.

Le **dépérissement forestier** associé à la sécheresse et aux températures élevées est un **phénomène mondial**, qui touche **particulièrement les zones de montagne**.



Hartmann et al. (ARPS, in review).

Tous les **modèles prévoient que les phénomènes de dépérissement forestier liés à la sécheresse vont augmenter au cours des prochaines décennies en raison du changement climatique**. Le changement climatique est en train de déplacer l'axe des zones climatiques où les écosystèmes ont historiquement existé, du fait que les températures augmentent et les précipitations varient, ce qui entraîne une augmentation des taux de mortalité des arbres et des

forêts. Les modèles prévoient également des **changements dans la répartition, la densité et la composition des forêts**.

La question clé est la suivante: **Comment pouvons-nous savoir à quel point nous sommes proches de changements catastrophiques dans nos forêts et prédire quelles forêts seront les plus touchées?**

1

QUELQUES LEÇONS APPRIS

- L'importance **des legs des changements dans la gestion et l'utilisation de la montagne**. Les principaux changements historiques détectés dans les forêts sont principalement dus à des changements dans l'utilisation des sols et à d'autres facteurs humains. Ces changements dans l'utilisation des forêts affectent le développement et la répartition de celles-ci.

2

- L'importance des attributs de la communauté tels que la **diversité fonctionnelle**. La diversité fonctionnelle augmente la résilience des forêts face aux catastrophes. En comparant les données d'inventaires, on constate une tendance vers une plus forte dominance des espèces résistantes à la sécheresse, qui en général poussent moins, et à la fois vers une plus grande diversité d'espèces tolérantes à la sécheresse dans les communautés forestières. Ces deux effets se compensent et font que les forêts poussent de plus en plus, du moins pour le moment.

3

- Bien que nous commençons à comprendre les **mécanismes** à l'origine de la mortalité due à la sécheresse, le **grand nombre de variables et de processus impliqués rend les prédictions extrêmement difficiles**.

4

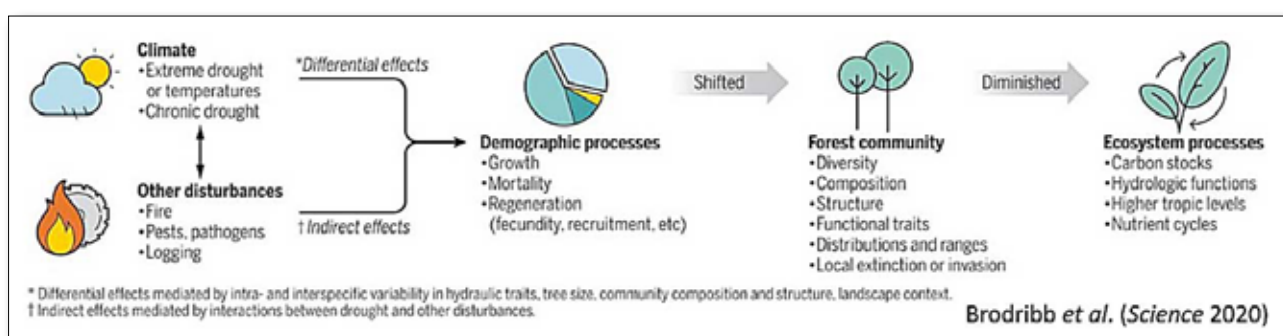
- Nous devons être prêts à affronter des «**surprises**» (par exemple: Le dépérissement a affecté 3,3 % des forêts de Catalogne entre 2012 et 2020).

5

- L'importance de considérer les processus de **régénération** après l'événement de mortalité.

6

- Il est essentiel de considérer les interactions de la sécheresse avec d'autres perturbations telles que les incendies ou les fléaux.



Le **suivi** est l'un des outils les plus puissants dont nous disposons pour obtenir des **données** permettant de **réduire les incertitudes** concernant les tendances, l'attribution, les mécanismes, la organisation spatiale et les conséquences des événements de mortalité.

Comment réaliser le suivi des impacts de la sécheresse sur les forêts?

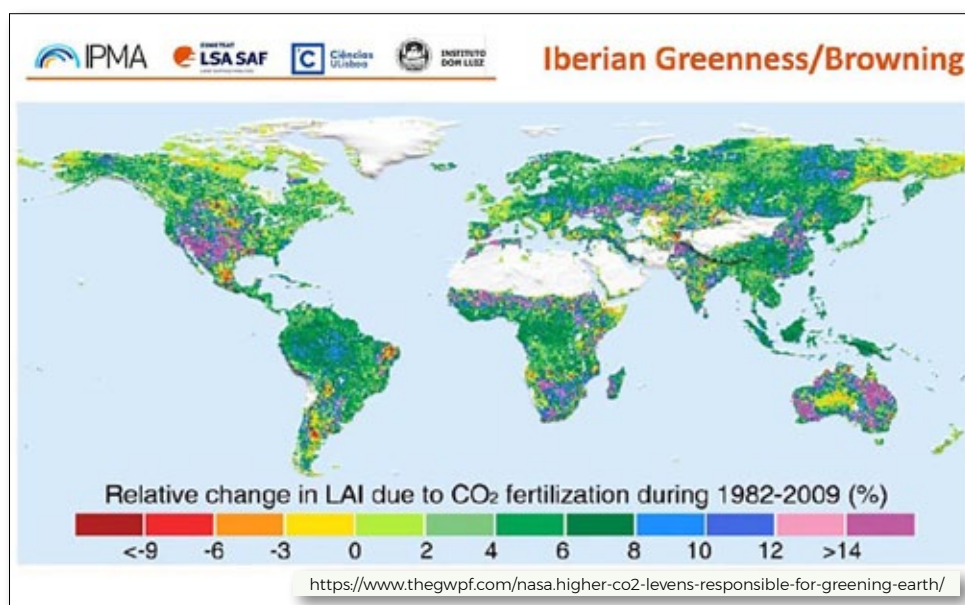
Expériences du Portugal. Évaluation des impacts de la sécheresse et de la chaleur sur la productivité des forêts

Célia Gouveia  (Universidade de Lisboa)

Ces dernières années, au niveau mondial, il a été observé à certains endroits une **augmentation de la vitalité de la végétation**, grâce à l'effet fertilisant du CO₂, tandis qu'à d'autres endroits elle a diminué ou s'est appauvrie, entraînant un certain dépérissement de la végétation.

Une étude a été réalisée afin d'évaluer si une augmentation de la productivité de la végétation a eu lieu ou non sur la péninsule ibérique au cours des dernières décennies. À cette fin, des données de **télédétection** ont été utilisées, qui fournissent une couverture mondiale et permettent de suivre des fréquences très continues. L'**indice de végétation par différence normalisé, ou NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)**, a été utilisé sur une base de données de 30 ans (1982-2012). L'hypothèse de départ est qu'il existe une relation entre l'augmentation de la végétation et sa vitalité et l'augmentation des précipitations. Toutefois, les résultats de l'étude ont montré que, au cours des dernières années, on observe une **nette augmentation de la végétation** sur la péninsule ibérique, même s'il **n'existe pas de relation de cause à effet claire avec l'évolution des précipitations**. Cette situation est particulièrement évidente lorsqu'on procède à une analyse spatiale.

L'effet des précipitations a ensuite été extrait du NDVI et, à partir de ce NDVI simulé, il a été



comparé au NDVI observé. En analysant les différences, on obtient un modèle qui permet de distinguer une **situation d'amélioration généralisée de la végétation sur toute la péninsule**, avec quelques points spécifiques de dégradation.

L'objectif était également d'étudier les changements dans la productivité de la végétation de la péninsule ibérique en fonction de la typologie de la végétation et des changements dans l'utilisation des sols. À cette fin, les cartes d'occupation des sols [Corine Land Cover](#)  de 1990, 2000 et 2006 ont été comparées, en marquant les zones où des changements dans l'utilisation des sols ont eu lieu. Les résultats montrent que si **la productivité s'améliore** dans les **zones de végétation naturelle**, elle **se dégrade** dans les **zones cultivées**.

Évaluation des impacts de la sécheresse et de la chaleur sur la productivité des forêts

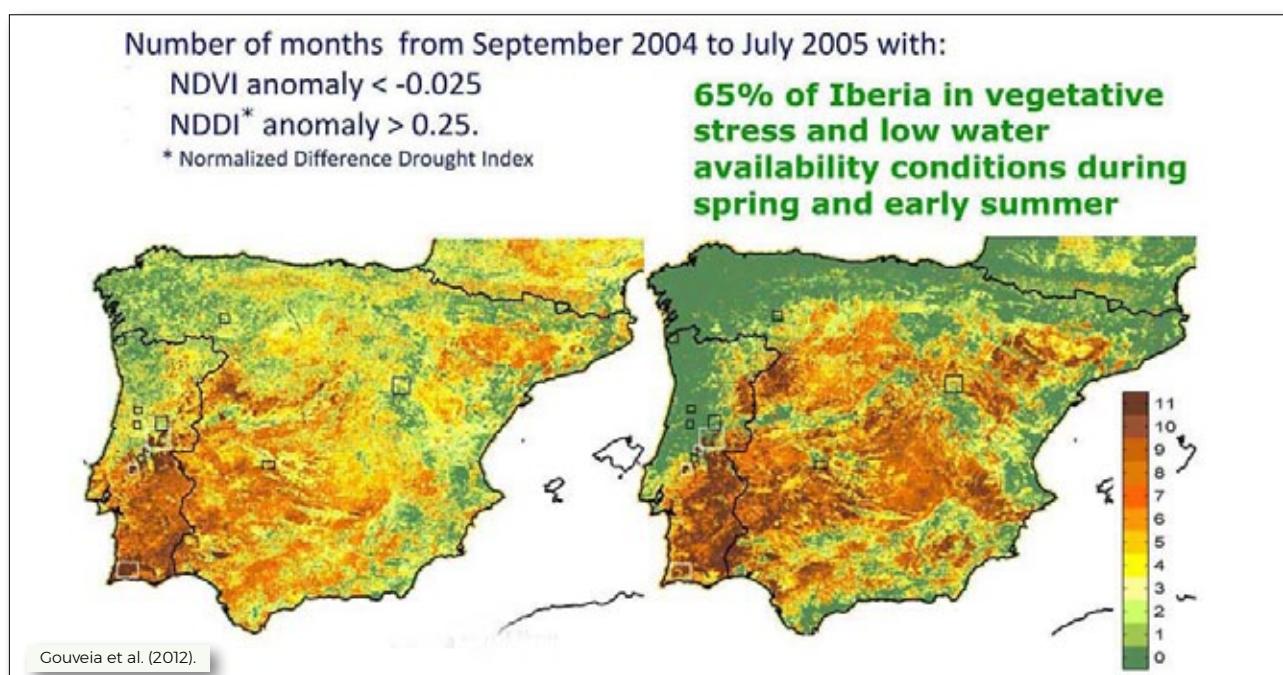
Célia Gouveia

En ce qui concerne l'évolution des sécheresses au Portugal, des données satellitaires de 1999 à 2006 ont été utilisées, toujours en utilisant le NDVI. Cette analyse reflète **l'impact de la sécheresse de 2005**, lorsque les anomalies de l'indice ont commencé très tôt (de novembre 2004 à novembre 2005) et qu'un **fort stress végétatif s'est produit, surtout dans le sud du Portugal**.

La même analyse a ensuite été réalisée dans les autres zones de la péninsule ibérique, mais avec une base de données étendue jusqu'en 2011. Dans ce cas, le NDVI a été complété par l'indice de différence de sécheresse normalisé (Normalized Difference Drought Index, NDDI). Les résultats révèlent que les lieux frappés par un plus **fort stress hydrique accusaient**

également une plus forte sécheresse, en plus de présenter un indice NDVI plus faible. Les zones les **plus sensibles à la sécheresse ont été les forêts, bien que l'effet soit différent selon le type de végétation**. Les forêts **d'arbres à feuilles plates méditerranéens sont bien adaptées aux étés chauds et secs**. Les **conifères montrent quant à elles une meilleure résistance aux courts épisodes de sécheresse que les arbres à feuilles plates**.

En utilisant des indicateurs d'humidité du sol et l'indice satellite de PPB (indice de production primaire brute), il a été observé que **l'impact de la sécheresse en 2005 a retardé la récupération jusqu'en 2007**, ce qui a **impacté la séquestration du carbone de la végétation**.



L'impact de la sécheresse sur les forêts diffère selon le niveau de couvert arboré (taux de couverture arborée ou densité de peuplement). Dans le cas des forêts **à faible couverture**, il existe clairement un **impact de récupération lente, qui affecte indéniablement la productivité** (indice GPP). Dans le cas des forêts ayant une couverture élevée, l'effet n'est pas aussi prononcé. Quelle que soit la couverture, les résultats montrent que **ces épisodes de sécheresse entraînent une perte très significative de l'absorption de CO₂**.

Le programme DEBOSCAT: Le réseau catalan de suivi des effets de la sécheresse

Mireia Banqué

Pourquoi DEBOSCAT est-il intéressant?

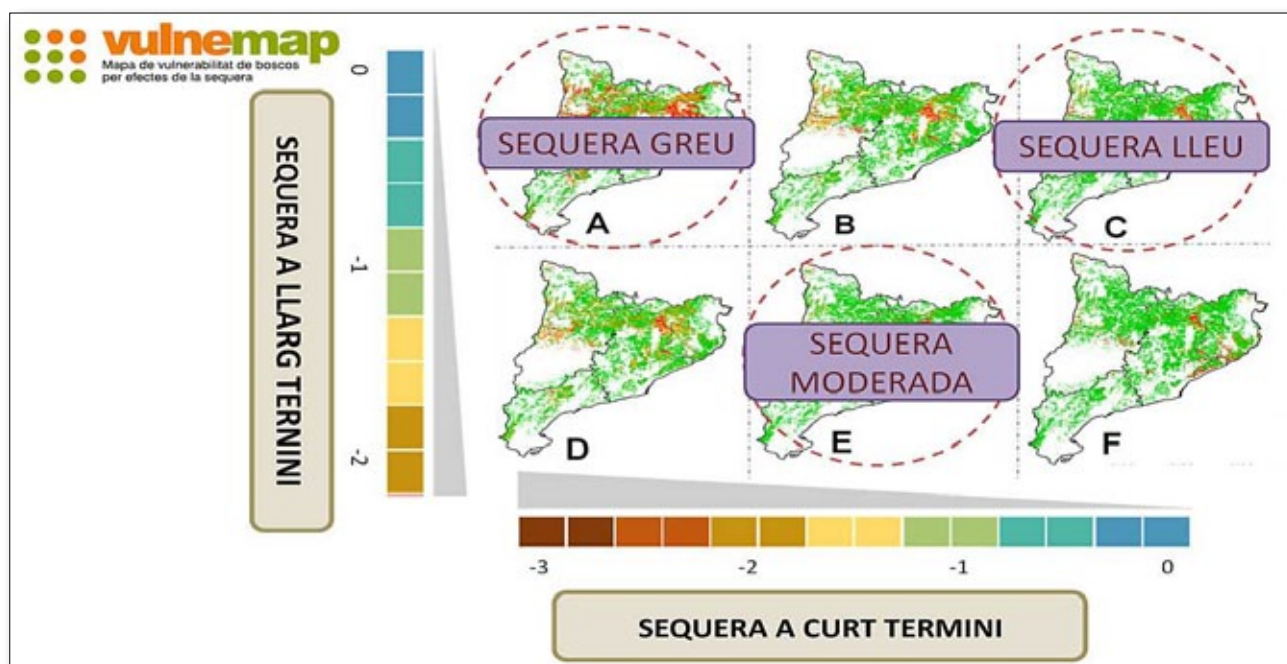
À partir de l'étude des épisodes de dépérissement, il est possible de compiler les informations fournies par les agents ruraux, qui sont traitées par le CREAM par le biais de la recherche scientifique, afin de réaliser des **modèles prédictifs pour une gestion forestière efficace**.

Cette gestion efficace tient compte des ressources limitées disponibles pour maintenir les forêts dans le meilleur état possible, en les adaptant aux pénuries d'eau, en augmentant leur résistance et leur résilience face aux perturbations et en conservant les biens et services qu'elles fournissent.

DEBOSCAT collecte des données depuis une décennie (2012-2021). L'analyse des données de cette période a montré, par exemple, que 32,2 % de la superficie touchée en 2016 l'était déjà en 2012. Cela nous amène à la question suivante: Que se passerait-il si, tous les 4 ans, certaines zones étaient à nouveau touchées?

DEBOSCAT est également un outil très utile ayant de multiples usages:

- ▶ L'**élaboration de cartes de vulnérabilité** des forêts de Catalogne ([Vulnemap](#)) face aux impacts du changement climatique. Ces cartes sont élaborées au moyen de modèles statistiques qui étudient d'une part les réponses et, d'autre part, les variables prédictives telles que les variables climatiques, forestières, topographiques et lithologiques.
- ▶ L'étude du **dépérissement forestier en relation avec l'humidité du sol** à 1 m de profondeur (par satellite).
- ▶ L'étude consistant à savoir quelles forêts, dans une zone spécifique, seront le plus frappées par les effets du changement climatique, appliquée au Parc Naturel du Montseny dans le cadre du projet européen [LIFE CLINOMICS](#).
- ▶ L'étude pour le Conseil provincial de Barcelone sur les effets de la sécheresse sur les forêts de la province de Barcelone.



Expériences en France. Le réseau français de suivi de la santé des forêts

Morgane Goudet (Département de la santé des forêts, DSF. Ministère français de l'agriculture et de l'alimentation)

Le Département de la santé des forêts (DSF) est réparti sur 6 grandes zones territoriales en France et compte 260 agents forestiers, 4 experts nationaux et travaille en réseau avec des centres de recherche, des laboratoires et ses propres réseaux. Ses principaux domaines d'activité sont les suivants:

- ▶ La **surveillance** des forêts.
- ▶ Le **diagnostic des problèmes de santé des forêts**.
- ▶ Assister et conseiller les gestionnaires des forêts.

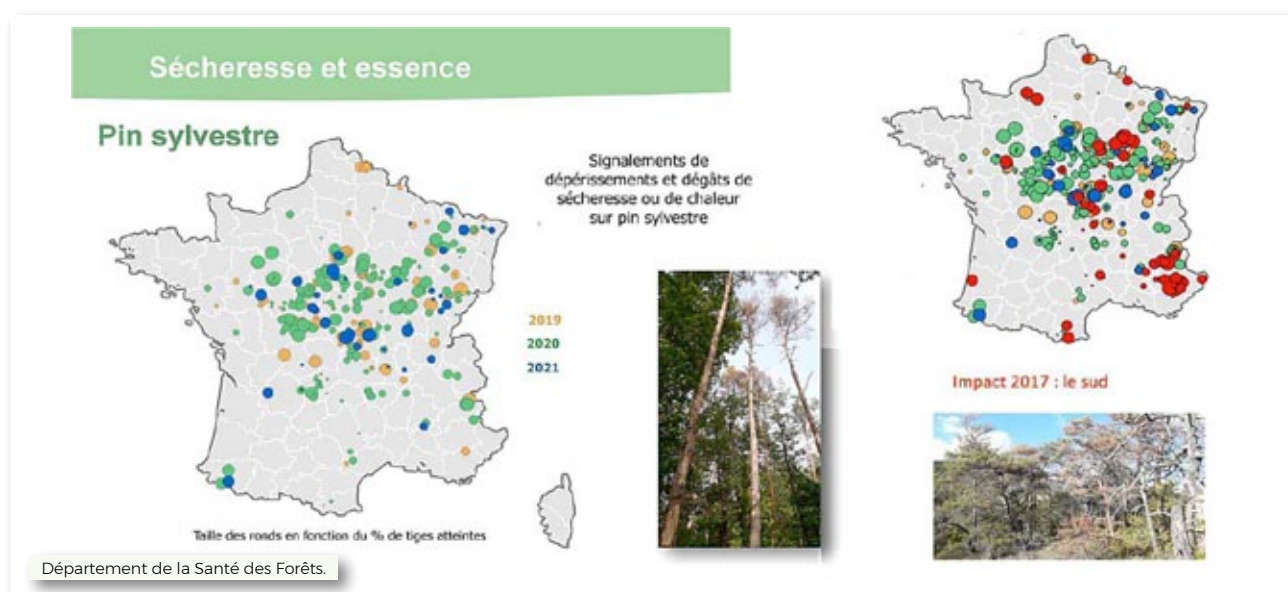
Ces objectifs sont réalisés à partir des actions suivantes:

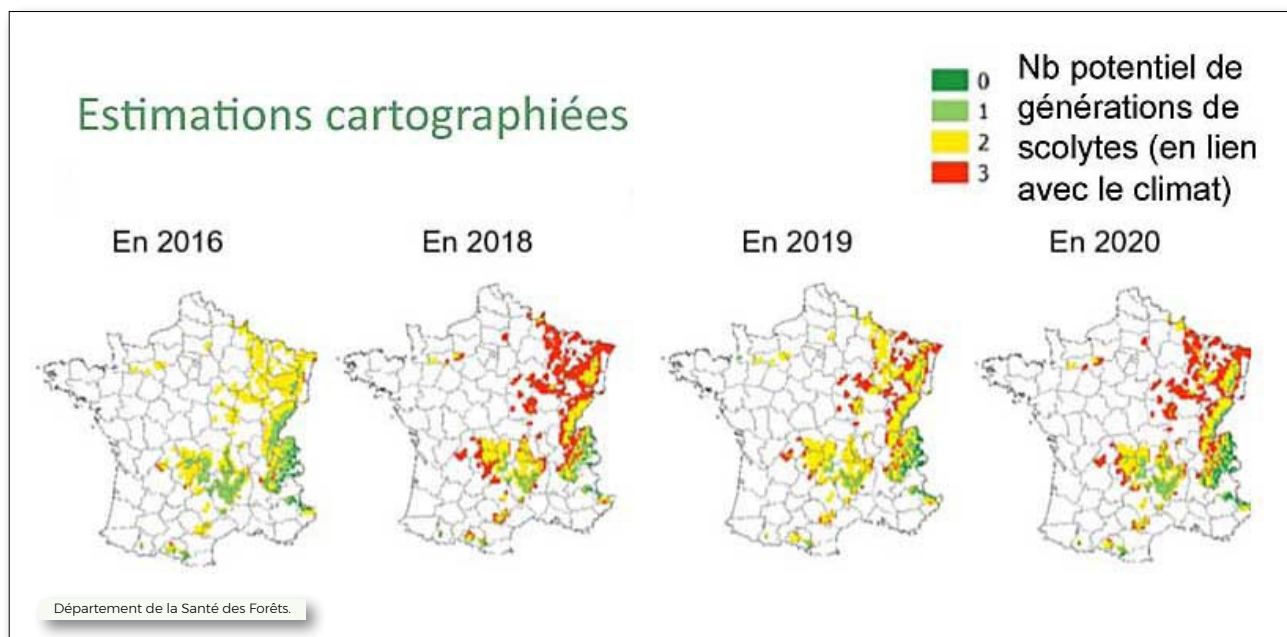
1. Le **suivi** des principaux problèmes de **santé des forêts** par le biais de:
 - » L'étude de la cyclicité des événements affectant les forêts.
 - » La détection des urgences.
 - » La quantification des épisodes.
2. Le **suivi des organismes endémiques ou invasifs**.

3. La **surveillance sanitaire** de tous les problèmes biotiques et abiotiques affectant les forêts, tels que les vagues de chaleur ou la sécheresse. À cette fin, 4 000 observations sont effectuées chaque année, à partir desquelles 800 échantillons sont collectés, qui ont permis de détecter jusqu'à 300 épisodes différents

L'observation des dommages dus à la sécheresse est réalisée au moyen d'une **fiche de surveillance sanitaire** remplie par les agents forestiers, dans laquelle sont consignés les problèmes et symptômes détectés sur les arbres. Ces fiches

donnent une idée de l'**ampleur des espèces touchées et permettent de cartographier les effets de la sécheresse** en fonction des espèces. Les impacts indirects, tels que les ravageurs ou les maladies, peuvent également être collectés.





Le DSF réalise également un **suivi des chênes** dans différents massifs afin de quantifier le point de départ d'une éventuelle dégradation, à partir duquel un barème de dégradation est établi. Ce suivi est effectué sur 57 000 chênes et dans 2 800 points d'observation en utilisant la [méthode DEPERIS](#) .

D'autres méthodes complémentaires utilisées par le DSF sont les suivantes:

- ▶ La [méthode Biljou](#) , un modèle de bilan hydrique forestier qui permet d'évaluer les massifs les plus exposés au stress hydrique.
- ▶ Suivi des parcelles de hêtres.
- ▶ Suivi de la sécheresse et de l'intensité des dégâts associés de 800 à 1 000 plantations.
- ▶ Réseau systématique de suivi des dommages forestiers d'espèces en relation avec le climat.

Comment gérer les forêts et les paysages forestiers pour réduire les impacts de la sécheresse à l'échelle locale?

Expériences en Castille-et-León, Espagne: La gestion forestière dans la province de Valladolid. Adaptation aux scénarios de changement climatique

Alfonso González Romero (Gouvernement régional de Castille-et-León)

La province de Valladolid possède un relief très uniforme, avec très peu de dénivelés, éminemment agricole. Son climat est **méditerranéen continental** avec des températures très extrêmes entre l'été et l'hiver et une faible moyenne de précipitations annuelles d'environ 430 mm par an. Dans la province de Valladolid, on observe **2 scénarios sylvicoles**:

- ▶ Les formations naturelles de *Pinus pinea* et *Pinus pinaster* dans la campagne et dans les landes avec des sols très sableux. Ces montagnes sont principalement gérées par le Gouvernement régional de Castille-et-León et bénéficient d'un modèle de gestion forestière durable qui, dans certains cas, est suivi depuis 100 ans.
- ▶ Les repeuplements matures de *Pinus halepensis* et *Pinus pinea* sur les côtes et les versants, sur les pentes élevées et les sols très pauvres.

Formations naturelles de *Pinus pinea* et *Pinus pinaster*

Depuis les années 1990, on observe un fort dépérissement du *Pinus pinaster* dans les bancs de sable et une diminution de la régénération naturelle du *Pinus pinea*.

Bien que **ces deux processus soient aggravés par le changement** climatique, ils sont connus depuis quelques décennies dans certaines régions, en raison de la surexploitation des aquifères dans les zones sablonneuses du bassin central du Duero due à l'horticulture intensive.

Mesures de gestion adaptative appliquées dans ces formations pour améliorer leur résilience au changement climatique:

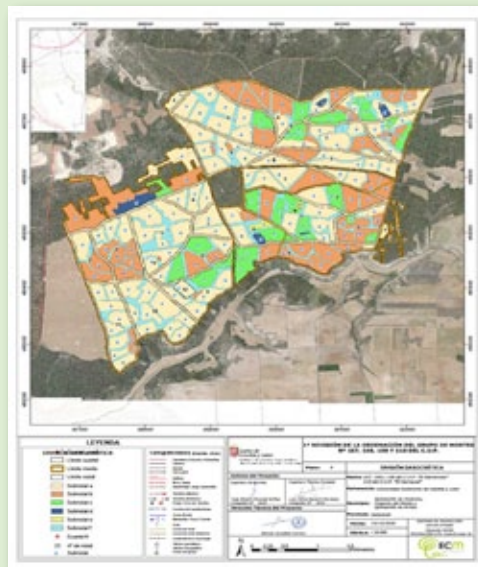
1

- ▶ **Assouplissement des méthodes de gestion dans les documents de gestion des montagnes.** La méthode des tranches permanentes pour les peuplements réguliers ou la méthode d'éclaircissages régularisés pour les peuplements irréguliers ont été remplacées par la méthode de gestion par peuplements, qui permet d'adapter les coupes aux épisodes de régénération naturelle, en augmentant la fréquence des interventions.

2

- ▶ **Création d'un dispositif expérimental pour l'étude de la régénération.** Il a débuté en 2001 et compte à l'heure actuelle 3 000 parcelles permanentes, ce qui permet de suivre l'évolution annuelle des jeunes plants. Les résultats du suivi montrent que le *Pinus pinea* se régénère mieux et que sa régénération est plus viable que celle du *Pinus pinaster*, en fonction des conditions climatiques et du site.

- **Application d'une sylviculture flexible pour optimiser les «fenêtres ou épisodes de régénération».** Le pin parasol est une espèce de pleine lumière avec tendance à l'ombre partielle, qui nécessite un couvert pendant les premières années de régénération. La gestion doit permettre un certain ombrage des arbres semenciers sur pied au cours des premières années avant de procéder à des éclaircissages de la régénération.



Repeuplements matures de *Pinus halepensis* et *Pinus pinea*

Ces repeuplements matures sur les pentes et les versants ont souffert pendant des centaines d'années de déforestation due au surpâturage et à l'agriculture, ce qui a conduit à la mise en œuvre d'un ambitieux

programme de reboisement à partir de 1955. Les repeuplements étaient à l'origine une mesure de protection visant à ralentir l'érosion, à protéger les cultures dans les campagnes et à créer des bandes de biodiversité.

Mesures de gestion adaptative mises en œuvre:

- **Mesures structurelles:** Les plantations ont été réalisées à des densités élevées d'environ 2 000 pieds/ha. Au fur et à mesure de la croissance des individus, des éclaircies sont réalisées en imitant la nature pour

éviter la continuité verticale et horizontale du combustible et réduire les risques d'incendie.

- **Actions de diversification:** Plantations d'enrichissement avec des espèces d'intérêt dans les creux créés par les actions structurelles et qui n'ont pas été colonisés par la régénération naturelle.



Toutes ces actions structurelles de réduction de la densité visent à initier des processus de régénération naturelle comme moyen supplémentaire d'accroître la biodiversité.

Leçons apprises

- Des méthodes de gestion de plus en plus souples doivent être utilisées. La méthode qui peut s'adapter le mieux est la méthode de **gestion par peuplements**.
- La gestion par la **sylviculture adaptative** est en mesure de tirer parti de chaque «fenêtre ou épisode de régénération» pouvant se présenter.
- Besoin de **protection des plantules** installées de *P. pinea* qui présentent une viabilité, au moyen d'un houppier permettant un certain ombrage, suivi d'une **éclaircie ultérieure**.
- Les espèces utilisées pour les boisements de coteaux et de versants sur des sols squelettiques ont été **appropriées**. Elles présentent un taux de survie élevé et leur fonction protectrice se maintient même en présence de phénotypes rabougris.
- Les **actions structurelles** (éclaircies) et de **diversification** (plantations ponctuelles d'enrichissement) sur les coteaux et les versants sont considérées comme les plus appropriées pour accroître la résilience de ces formations.

Expériences en France. Stratégie et outils de gestion sylvicole dans les forêts publiques françaises

Thierry Sardin  (Office National des Forêts, ONF)

La stratégie de l'Office national des forêts (ONF) de la France pour adapter les forêts publiques au changement climatique comprend 1 direction générale à Paris, 6 directions territoriales couvrant l'ensemble du territoire français et 50 agences.

L'ONF met actuellement en œuvre **une stratégie nationale d'adaptation des forêts au changement climatique**. En outre, chaque **direction régionale propose une version territoriale et opérationnelle de cette stratégie**. De plus, cette stratégie évoluera au fil du temps, en fonction de l'état d'avancement des connaissances, du retour d'information et du partage des réussites et des échecs.

Les **pilliers** de la stratégie devraient garantir une **gestion multifonctionnelle** des forêts, assurant le **maintien de leurs fonctions écologiques, économiques et sociales**. Ces fonctions se traduisent par la valorisation des ressources ligneuses, la protection de

l'environnement et de la biodiversité, la prévention et la gestion des risques naturels et l'accueil de tous les publics dans les forêts.

“Face aux changements climatiques constatés, nous sommes confrontés à une problématique à la fois sociale et technique”.



Office national des forêts (ONF).

La stratégie nationale cible ses actions sur:

- ▶ Rendre les **forêts plus résilientes** et promouvoir cette résilience en relation avec les performances de production.
- ▶ Accompagner l'**évolution** des écosystèmes.
- ▶ Maintenir la **biodiversité**.

▶ Promouvoir le **rôle des forêts dans la transition énergétique** par:

- » La séquestration du carbone: stockage dans les forêts.
- » Le stockage du carbone dans le bois: dans les bâtiments, le mobilier, les objets du quotidien, etc.
- » Remplacer d'autres matériaux par du bois (écomatériau).

L'adaptation de cette stratégie aux forêts du sud de la France

Les grands principes de cette stratégie applicables aux forêts du sud de la France sont les suivants:

- ▶ Maintenir et restaurer l'équilibre entre la forêt et le gibier.
- ▶ **Appliquer les cycles ou les rotations recommandés par les guides sylvicoles**, en augmentant la fréquence des interventions pour gérer une quantité raisonnable de capital.
- ▶ **Diversifier** à l'échelle du massif les traitements (haute montagne régulière, haute montagne irrégulière, basse montagne...) et la sylviculture (régénération naturelle, plantation, espèces, objectifs).
- ▶ **Protéger les sols**, les supports physiques, les réservoirs d'eau et les éléments minéraux des forêts. Elle s'appuie sur un diagnostic des sensibilités des sols (guide PraticSOLS, etc.) et des pratiques adaptées.
- ▶ **Favoriser le mélange d'espèces adaptées** à la saison et aux dynamiques naturelles, en utilisant plusieurs espèces dans les plantations, en favorisant la régénération naturelle par la plantation de plantules dans des bosquets de diversification, etc.
- ▶ **Diversifier et encourager le mélange d'espèces** en s'appuyant d'abord sur les dynamiques naturelles, puis en les orientant vers 5 itinéraires adaptatifs :
 - » **Itinéraire 1:** Semis complet pour introduire une espèce cible principale (1 100-1 600 pieds/ha).
 - » **Itinéraire 2:** Semis de plantation en parcelles d'une espèce cible principale (500-600 pieds/ha).
 - » **Itinéraire 3:** Plantation pour introduire une espèce sous forme de grappes de diversification (120-210 pieds/ha). L'objectif n'est pas d'obtenir une production importante lors de la première génération, mais de favoriser la dissémination de l'espèce au cours de la deuxième génération.
 - » **Itinéraire 4:** Suivi de la régénération naturelle de l'espèce (en menant des actions pour son maintien ou le développement des mélanges).
 - » **Itinéraire 5:** Suivi de la dynamique naturelle sans intervention, excepté au moment des coupes.

Thierry Sardin

1. Évaluer les besoins de reconstitution ou de **renouvellement des peuplements en déclin**. Par exemple, via un site web cartographique.
2. Évaluer les **besoins d'adaptation** des peuplements.
3. Évaluer l'**équilibre forêt-gibier**, en termes de réussite de la régénération naturelle, et agir en conséquence.

5. Créer une liste de nouvelles espèces à tester dans les futurs «îlots» (de nouvelles zones de plantation pour tester de nouvelles espèces dans des conditions réelles de gestion forestière).

6. Repenser la relation entre les espèces et la qualité saisonnière au niveau de la gestion.



Expériences du projet SUDOE MONTCLIMA. Gestion forestière adaptative dans une chênaie dans le massif du Montnegre-Corredor (Barcelone)

Diana Pascual Sánchez  (CREAF)

La gestion forestière de la chênaie du massif du Montnegre-Corredor est l'une des 5 actions pilotes du projet MONTCLIMA. Cette action consiste à **appliquer la gestion forestière adaptative comme outil pour réduire les risques d'incendie et de sécheresse dans les chênaies de moyenne montagne (Catalogne)**.

L'action pilote a été menée sur le domaine de Can Bordoï, situé dans le parc naturel du Montnegre-Corredor. Cet emplacement a été choisi pour un certain nombre de raisons:

- ▶ Une bonne disposition de la part de la propriété et de l'éleveur de la région.
- ▶ Possibilité de collaborer avec l'Association des propriétaires forestiers de Montnegre-Corredor.
- ▶ Accès facile et proche de Barcelone.

▶ Possibilité d'analyser l'effet de deux des risques naturels étudiés à MONTCLIMA:

- » Risque d'incendie: le domaine fait partie d'un périmètre de protection prioritaire pour la planification et constitue un point de gestion stratégique pour la prévention des incendies tel que défini par le Conseil provincial de Barcelone.
- » Risque de sécheresse: zone frappée par des sécheresses entre 2012 et 2019, selon les résultats de DEBOSCAT. La sécheresse ne touche pas les chênes verts autant que les pins. Cependant, les sécheresses affaiblissent les forêts et elles ont été plus touchées par les fléaux de *Matsucoccus*, *Tomicus* et *Lymantria* dans la région. Ce dernier fléau a affecté l'action pilote en 2020 et a obligé à repenser les variables de suivi du projet.

Objectifs de l'action:

- ▶ **Réduire le risque d'incendie** du massif.
- ▶ **Réduire les effets de la sécheresse** et les dégâts causés par les ravageurs.
- ▶ **Maintenir les actions à moyen et long terme** en utilisant le bétail.

Actions réalisées:

- ▶ **Gestion forestière adaptative** sur 5,4 ha: éclaircie ou abattage sélectif et débroussaillage.
- ▶ Parcelle **témoin** de 1,87 ha.
- ▶ **Récupération de la mosaïque agro-sylvo-pastorale** sur 4,7 ha : élimination des débris de coupe et semis de pâturages.

La **gestion forestière adaptative** (GFA) a été réalisée conformément aux [Lignes directrices pour la gestion forestière durable en Catalogne \(ORGEST\)](#) , en s'adaptant aux caractéristiques du corridor, c'est-à-dire avec des **coupes plus douces et plus fréquentes**, en appliquant les critères suivants:

- ▶ Élimination de la continuité du combustible pour éviter les feux de cime en cas d'incendie.
- ▶ Maintien du taux de couverture arborée (TCA).
- ▶ Sélection des repousses.

Gestion forestière adaptative dans une chênaie dans le massif du Montnegre-Corredor

Diana Pascual Sánchez



État de la forêt avant et après l'action.

Cela a permis de réaliser des changements dans la structure de la forêt, tels qu'une réduction de 14 % du taux de couverture arborée (TCA), de 19 % de la densité et de 8 % de la surface terrière. En outre, l'action s'est principalement concentrée sur le sous-bois, réduisant la couverture de 77 % et le biovolume de 97 %.

En ce qui concerne la récupération de la mosaïque agro-sylvo-pastorale, l'intervention a consisté à enlever les arbres atteints par les ravageurs *Matsucoccus* et *Tomicus*, à éliminer les restes de l'abattage et à conserver la zone en tant que pâturage pour éviter la croissance du sous-bois et maintenir l'espace ouvert créé.

Cette gestion s'accompagne de l'**installation d'un réseau de suivi** composé de 8 parcelles circulaires permanentes (5 en traitement et 3 de contrôle) de 10 m de diamètre, dans lesquelles un suivi de la **structure de la forêt, la continuité et l'humidité du combustible et la santé de la forêt** est réalisé. En outre, des capteurs ont été installés dans les parcelles pour quantifier l'humidité du sol ainsi que la température et l'humidité relative ambiantes.



Gestion forestière adaptative dans une chênaie dans le massif du Montnegre-Corredor

Diana Pascual Sánchez

Ce réseau de suivi permet de quantifier si la GFA appliquée réduit le risque d'incendie en contrôlant trois indicateurs:

- ▶ **L'humidité ou la teneur en eau du combustible** qui est liée à l'**inflammabilité** de celui-ci. Les résultats obtenus lors des campagnes 2020-2021 indiquent que la végétation de la zone gérée possède une teneur en eau plus élevée, et par conséquent une inflammabilité et un risque d'incendie plus bas. Toutefois, les résultats ne sont pas encore statistiquement significatifs.
 - ▶ **Les transects de combustible** (résultats attendus en 2022).
 - ▶ La **vulnérabilité aux feux de cimes** (résultats attendus en 2022).
- Il permet également de quantifier si la GFA améliore la résilience de la forêt à la sécheresse:
- ▶ En réalisant le suivi de la **santé de la forêt selon la décoloration, la défoliation et la mortalité**. Les résultats obtenus lors des campagnes de 2020-21 ont été fortement affectés par le nuisible *Lymantria* et ne sont pas à ce jour concluants.
 - ▶ En mesurant l'**humidité du sol** (résultats attendus en 2022).

Il convient également de noter que le projet MONTCLIMA dispose d'une **application web** qui comprend un **visualiseur cartographique** qui permet de visualiser des informations sur 4 risques naturels (incendies, sécheresses, érosion et inondations), de réaliser des analyses temporelles de l'évolution des différents risques, de connaître les bonnes pratiques à succès dans la gestion des quatre risques naturels compris dans le projet sur le territoire SUDOE et de visualiser les informations cartographiques des actions pilotes du projet.

Voir l'application: <https://MONTCLIMA.eu/en/geoportal> 



Expériences du projet SUDOE MONTCLIMA. Repenser la résilience des forêts face à un scénario de sécheresses croissantes. Interaction des risques et des forêts de protection (Andorre)

Marc Font  (Andorra Recerca + Innovació)

L'expérience d'Andorre est une autre action pilote du projet MONTCLIMA relative aux actions de **prévention du risque d'incendie de forêt** et à l'**amélioration de la fonction protectrice** de la forêt contre l'**érosion et les mouvements torrentiels** ou les glissements de terrain à partir d'une **planification multirisque**.

Le contexte climatique actuel des forêts est marqué par la hausse des températures et la sécheresse estivale actuelle (qui contribuent au stress hydrique de la végétation) et leurs implications dans la disponibilité du combustible et l'augmentation du risque d'incendies. Pour l'instant, les incendies dans les Pyrénées sont des incendies topographiques, de taille plutôt réduite. Mais quelles **fonctions** ces forêts remplissent-elles? **Biodiversité, cycle de l'eau, cycles de l'air**, etc. En outre, certaines d'entre elles ont la particularité d'être des **forêts de protection**.

Les forêts des Pyrénées sont en train de grandir et de recoloniser les hautes altitudes. Lorsque ces forêts préviennent ou atténuent l'effet d'un risque gravitationnel sous-jacent, comme la chute de blocs ou les avalanches, par exemple, ces forêts ont une valeur ajoutée en termes socio-économiques.

C'est pourquoi le fait de laisser que **ces forêts puissent subir des incendies d'une certaine gravité** à long terme, avec le changement de couverture forestière qui en découle, est un **risque inacceptable**. La **planification forestière multirisque** vise donc à gérer la vulnérabilité aux incendies des forêts de protection de blocs rocheux.

Pour ce faire, les zones de cimes présentant un risque d'incendie sont identifiées dans le but de prévenir l'apparition ou l'impact des risques d'incendie. Dans ce cas, la **stratégie consiste à maintenir un couvert forestier maximal en termes de densité**, mais de telle sorte qu'en cas d'incendie, en appliquant une certaine ouverture de la canopée, il soit possible de réduire le risque que le feu atteigne la canopée. Des **zones de décélération du feu** sont également créées à cet effet.

Cependant, certains doutes persistent : Quelle est la **densité optimale**? Quelles sont les **distances** à prendre en compte pour ces zones de décélération ? Quelles sont les **caractéristiques biophysiques** du territoire à prendre en compte afin d'appliquer les mesures les plus appropriées ? Quelles **interactions** sont générées avec d'autres perturbations telles que les ravageurs?

L'action pilote du projet MONTCLIMA a été réalisée dans la **forêt de Maïans, à Andorre-la-Vieille**, car, bien qu'il n'y ait pas de zones urbaines, elle est proche du centre de traitement des déchets d'Andorre, considéré comme une infrastructure clé du pays.



Repenser la résilience des forêts face à un scénario de sécheresses croissantes. Interaction des risques et des forêts de protection

Marc Font

Objectifs de l'action:

- **Catégoriser** le degré de protection de la forêt.
- **Réduire la vulnérabilité** aux incendies très sévères du peuplement sans affecter le degré de protection.

Pour quantifier le degré de protection de la forêt, le [guide de gestion sylvicole des forêts de protection des Pyrénées](#)  a été utilisé et un degré moyen de protection a été obtenu (indice de contrôle du phénomène par la forêt (IMA) de 3).

Pour quantifier la vulnérabilité aux feux de cimes et la mortalité due aux chocs thermiques, les modèles de combustible de Rothermel, la clé de la [vulnérabilité des espèces forestières aux feux de cimes](#)  et le programme [BehavePlus Fire Modeling System](#)  ont été utilisés. Le résultat a été un modèle Rothermel 7, une vulnérabilité B10 modérée aux feux de cimes et une forte probabilité de mortalité en surface. L'état de la couverture broussailleuse a également été évalué afin d'ajuster la structure de celle-ci. Cela permet de réduire le risque d'incendies des cimes, ainsi que la mortalité, sans perturber la structure arborée.



Forêt avant l'action.

Sur la base de ces résultats, l'objectif de l'action pilote était d'obtenir un modèle à faible vulnérabilité (C6 ou C8) aux feux de cimes et de passer à un modèle Rothermel 6. Pour y parvenir, les **actions** suivantes ont été menées:

- **Défrichage sélectif** pour réduire le couvert, en éliminant les broussailles en contact direct avec les pieds et la régénération.
- **Réduction de la hauteur du combustible à l'échelle** jusqu'à le classer dans la catégorie des combustibles de surface.
- **Coupe sanitaire** des arbres sur pied morts, mourants et non viables.
- **Protéger et favoriser les repousses d'espèces arborées** afin de diversifier le type de forêt, car en cas de chute d'un bloc la régénération est plus facile que celle d'un pin.



Forêt après l'action.

Outils de modélisation pour accroître la résilience à la sécheresse par la mise en œuvre de stratégies de gestion forestière

Expériences à Valence, en Espagne. Gestion forestière à objectifs multiples, le modèle du projet LIFE RESILIENT FORESTS (C.A.F.E.)

María González Sanchís  (Universitat Politècnica de València)

La **stratégie forestière de l'Union européenne** (2021) renforce et favorise:

- Le rôle multifonctionnel des forêts.
- La séquestration du carbone.
- L'accroissement de la résilience de l'écosystème.
- La protection et la préservation de la biodiversité et d'autres services écosystémiques.

Pour cela, il est nécessaire et essentiel de

quantifier la gestion forestière et les services éco-systémiques qu'elle produit. La gestion forestière fournit du bois et d'autres biens et services. Il est donc nécessaire de démontrer la **valeur ajoutée de la gestion forestière pour la société**. Comment? Par la **sylviculture basée sur les processus**. Cependant, **la gestion forestière est complexe** dans la mesure où il existe des espèces très différentes qui donnent naissance à des forêts très différentes, ce qui entraîne des systèmes et des traitements sylvicoles différents en fonction des objectifs recherchés.

Le **projet LIFE RESILIENT FORESTS**, cofinancé par le programme LIFE de l'UE, a été créé pour répondre à ces questions. Le projet encourage la **gestion forestière à l'échelle du bassin** de manière à **améliorer la résilience des forêts face aux incendies de forêt, à la pénurie d'eau, à la dégradation de l'environnement et à d'autres effets induits par le changement climatique**.

Le projet couvre:

- Le développement d'un **outil d'aide à la décision (OAD)** pour la gestion forestière.
- La **démonstration** de l'OAD à l'échelle du bassin et du sous-bassin en Allemagne, au Portugal et en Espagne.

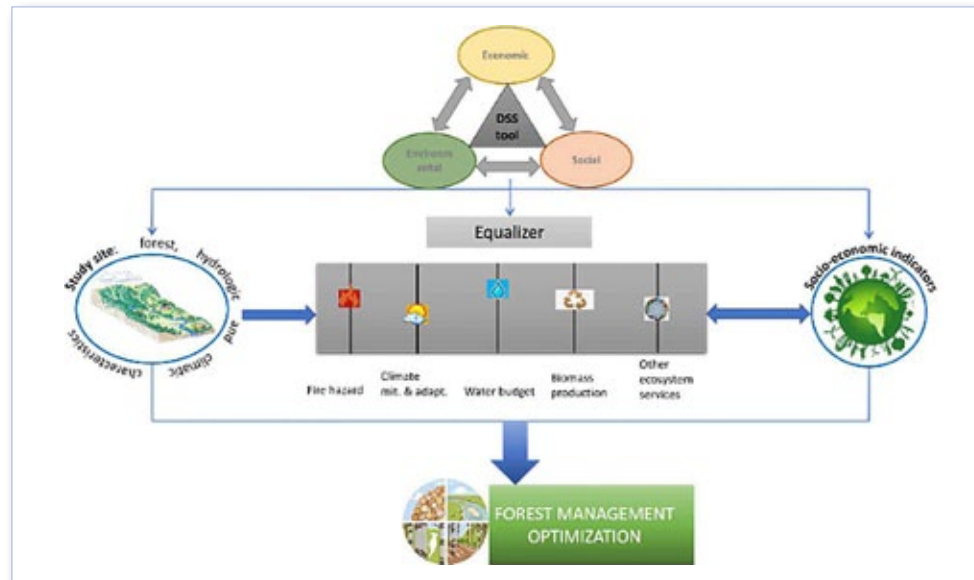


- Le développement d'une **approche de gestion forestière** qui prouve son impact positif sur les facteurs environnementaux et socio-économiques.
- Le **transfert** de l'approche au niveau européen.

Gestion forestière à objectifs multiples, le modèle du projet LIFE RESILIENT FORESTS (C.A.F.E.)

María González Sanchís

L'outil d'aide à la décision réunit la **gestion forestière multi-objectifs** et l'OAD, en incluant jusqu'à 7 objectifs de gestion possibles: la production de biomasse, la gestion de l'eau, le risque d'incendie, la séquestration du carbone, la résilience climatique, la biodiversité et autres.

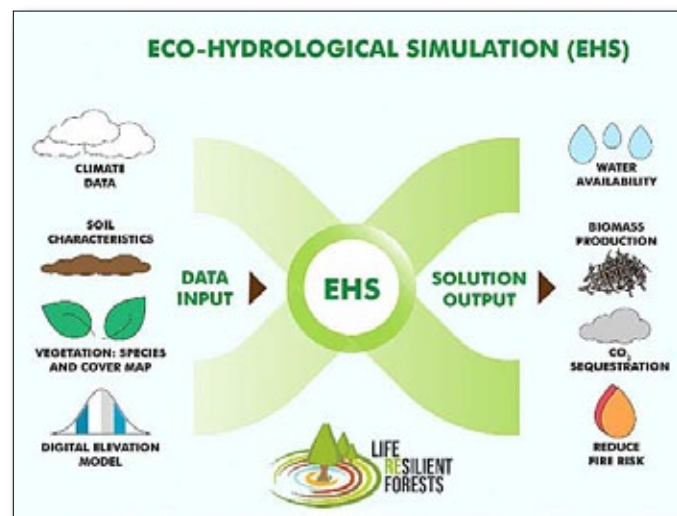


Comment fonctionne cet OAD?

- Échelle spatiale: du peuplement au bassin.
- Objectifs: 5 à choisir parmi 7 possibles. L'utilisateur peut pondérer chaque objectif.
- Variables de décision: combien, quand, où et/ou comment.
- Il combine des algorithmes d'optimisation avec des simulations éco-hydrologiques, telles que : TETIS (UPV-Spain), RHESSYS (UCSB, USA), BIOME-BGC_MuSo.
- Résultats: liste des solutions optimales possibles.

Que faut-il avoir pour mettre en œuvre cet OAD ?

- Données d'entrée du modèle éco-hydrologique (modèle numérique de terrain MNT, végétation, sol, météorologie).
- Sélection des objectifs.
- Possibilités de gestion (restrictions, lieu, espèces, structure, âge, densité et vulnérabilité).



Expériences au Portugal. Changements potentiels des niches bioclimatiques des espèces forestières au Portugal

João A. Santos  (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD)

La **superficie forestière** du **Portugal** couvre près de **40 % du pays**. Le **secteur forestier** représente environ **5 % du PIB national** du Portugal et 10 % des exportations totales du pays.

L'étude des changements potentiels des niches bioclimatiques des espèces forestières au Portugal vise les objectifs suivants:

- ▶ **L'identification des conditions climatiques typiques** associées aux principales espèces forestières du Portugal, en superposant leur état et leur localisation actuels avec des indices bioclimatiques.
- ▶ La combinaison des changements et modifications survenus dans les différentes zones bioclimatiques analysées et la **projection de scénarios futurs** de changement climatique.

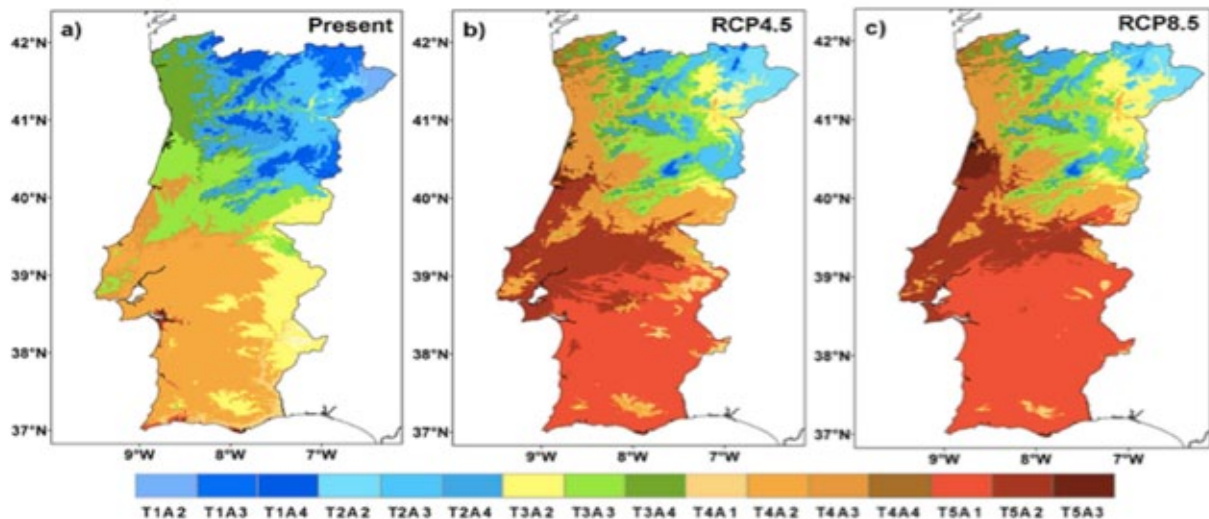
Une analyse a été effectuée à l'aide de la carte de l'occupation des sols [Corine Land Cover](#) , un modèle numérique de terrain et une carte de localisation des espèces forestières fourni par la Société botanique portugaise. Au total, **49 espèces forestières** ont été étudiées, considérées comme représentatives d'un très large éventail de conditions climatiques sur le territoire.

Un ensemble d'**indices climatiques et bioclimatiques (indice d'aridité et de thermicité)** ont été utilisés pour réaliser l'étude. Ces indices bioclimatiques ont été calculés à différents horizons temporels (1950-2000 et 2040-2060) pour les deux scénarios émissifs RCP4.5 et RCP8.5 du GIEC. Les résultats pour **2040-2060** montrent une **augmentation plus qu'évidente de l'aridité dans le sud du Portugal** et une **nette réduction du climat humide et subhumide dans le nord-ouest du Portugal**. L'**indice**

de thermicité montre une **augmentation significative des zones au climat thermo-méditerranéen**, tandis que les climats méso-méditerranéens sont situés dans les zones moyennes de la région nordouest du Portugal et les climats supra-méditerranéens dans les zones de haute montagne. Lorsque ces deux indices sont superposés au **scénario RCP8.5**, un ensemble de **quatre espèces (*Betula pubescens*, *Pinus sylvestris*, *Sorbus aucuparia* et *Taxus baccata*)** ressort comme **particulièrement vulnérable au changement climatique**, avec une réduction des zones propices à leur survie.

Un **indice composé d'aridité et de thermicité** a également été réalisé et appliqué aux différentes espèces et à la carte du Portugal, qui montre les **changements de localisation des différentes espèces** sur le territoire dans les scénarios futurs.

Composite index



Costa, R. et al. Implications of future bioclimatic shifts on Portuguese forests. Reg Environ Change 17, 117-127 (2017).

Pour conclure :

- ▶ Les **changements climatiques**, en particulier les changements de température et de précipitations, entraîneront des **modifications des différentes espèces indigènes portugaises. Certains conifères ainsi que des arbres à feuilles caduques pourraient ne pas survivre** sous les conditions climatiques futures.
- ▶ Les mesures d'adaptation les plus efficaces seront très probablement le **remplacement progressif, sur une base scientifique, des espèces et sous-espèces dans différentes régions**. Cela conduira évidemment à une atténuation et à une réduction des dommages tels que les pertes dues à la réduction de la production ou à la qualité du bois ou les impacts environnementaux tels que la mortalité des arbres ou les incendies.
- ▶ De **nouvelles espèces forestières** peuvent apparaître et être utilisées comme substituts des espèces plus traditionnelles, notamment dans les régions plus sèches et plus arides du sud-ouest du Portugal.
- ▶ De nouvelles **espèces** potentiellement **invasives** peuvent être introduites, c'est pourquoi il faut faire attention aux problèmes environnementaux qui peuvent survenir.
- ▶ Les espèces les plus importantes d'un point de vue économique, telles que l'eucalyptus et le pin maritime, peuvent être **déplacées ou remplacées par des**

espèces plus adaptées et durables sur le plan environnemental, voire par des espèces hybrides améliorées ou génétiquement modifiées, afin de produire des rendements économiques similaires.

- ▶ La zone **de dehesa portugaise sera très résiliente** aux conditions climatiques futures. En ce sens, la **production de liège** peut compenser la production de bois d'eucalyptus ou de pin.
- ▶ D'autres espèces telles que *Pinus pinea*, *Quercus rotundifolia* et *Ceratonia siliqua*, ou caroube, peuvent devenir des **espèces très intéressantes** d'un point de vue **économique** pour l'avenir du Portugal.
- ▶ En tant que mesure d'atténuation essentielle, le **rôle des politiques de séquestration du carbone forestier** sera crucial tant dans la sélection des espèces que dans la planification forestière.
- ▶ Cette étude évalue les changements dans les zones bioclimatiques du Portugal dans le cadre de scénarios de changement climatique pour certaines espèces forestières. Cependant, les **distributions futures dépendront également d'aspects écologiques et physiologiques** qui n'ont pas été pris en compte dans cette étude, tels que les interactions entre les espèces, l'absorption de CO₂, la dispersion et l'établissement des arbres et les changements dans l'environnement des espèces, ainsi que le sol et ses perturbations.

Expériences en France. CLIMESSENCES: Un outil pour comprendre l'évolution des espèces forestières dans un contexte de changement climatique

Xavier Bartet (Office National des Forêts ONF - RMT AFORCE)

CLIMESSENCES est un **outil d'aide à la décision** développé pour tous les acteurs du secteur forestier avec le soutien du réseau de recherche d'adaptation des forêts au changement climatique ([AFORCE](#)) 

Cet outil a 3 objectifs:

- 1. Informer sur les évolutions climatiques** probables et les variables associées.
- 2. Fournir des informations sur la vulnérabilité, la sensibilité et l'adaptation** des espèces arborées à ces changements climatiques, également connues sous le nom de compatibilité des espèces aux changements climatiques.
- 3. Fournir un maximum d'informations sur un large éventail d'espèces** (environ 150).

Pour les agents forestiers, CLIMESSENCES peut être **utile à 3 niveaux**:

- 1.** Pour élaborer **des plans de gestion**, le document de gestion qui fixera les orientations et les actions à mener dans les forêts pour les 20 prochaines années. Grâce à cet outil, ils seront en mesure d'intégrer le changement climatique dans ce plan.
- 2.** Face au **dépérissement** de certaines espèces, il faudra couper ou repeupler, mais avec quelles espèces ? La réponse est avec les espèces qui s'adaptent à ces évolutions climatiques. Dans d'autres cas, il sera nécessaire d'anticiper afin d'exploiter certaines espèces en déclin qui pourraient ne pas résister à l'avenir.
- 3.** Comme **support de communication** pour expliquer au grand public et aux poli-ticiens les évolutions climatiques et l'impact qu'elles auront sur les forêts.

CLIMESSENCES utilise une série d'**indicateurs qui caractérisent un facteur limitant** la présence des espèces:

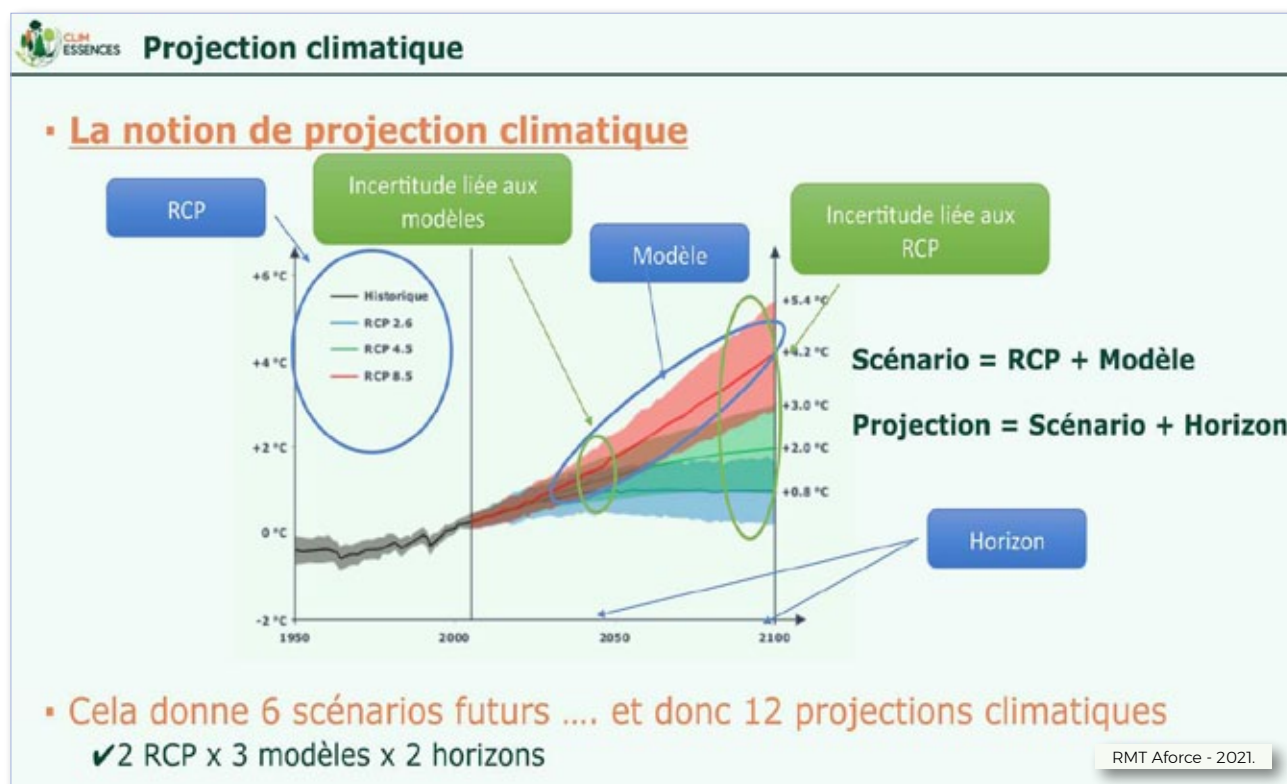
- ▶ Le **déficit hydrique annuel**: limitation due à la sécheresse.
- ▶ La **température minimale annuelle**: limitation due au froid hivernal.
- ▶ La **somme des degrés-jours**: limitation due au manque de chaleur (énergie).

Sur la base des scénarios de changement climatique du GIEC, **CLIMESSENCES développe trois scénarios possibles**, en fonction du modèle de données utilisé, pour les horizons 2050 et 2070:

- ▶ **Scénario optimiste**, similaire au RCP4.5, basé sur le modèle CNRM-CM5 de Météo-France.
- ▶ **Scénario intermédiaire**, similaire au RCP6.5, sur la moyenne de 18 modèles.
- ▶ **Scénario pessimiste**, similaire au RCP8.5, basé sur le modèle HADGEM2-CC de Hasley Center du Royaume-Uni.

Il en ressort que la **plus grande période d'incertitude concerne l'horizon 2050**, et que,

plus on s'éloigne dans le temps, plus l'**incertitude est liée à la trajectoire climatique**.

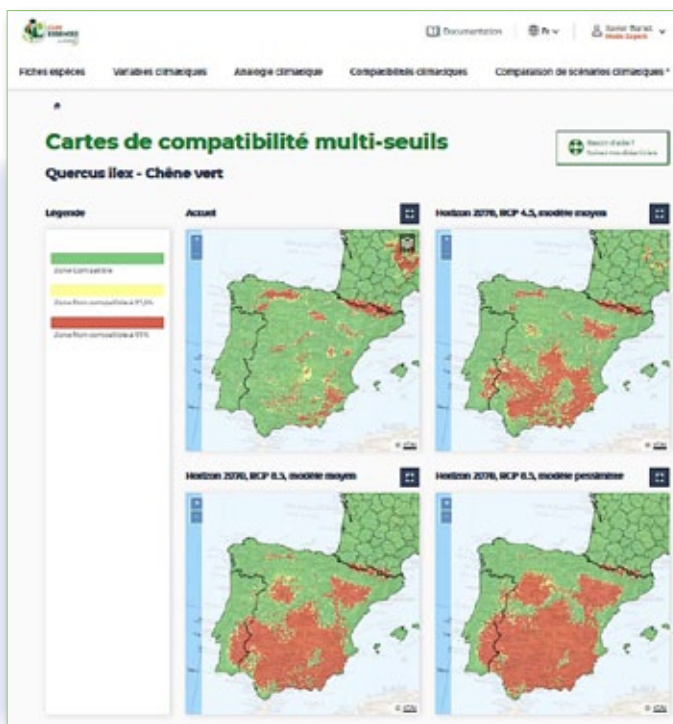


CLIMESSENCES est un **modèle purement climatique**, une représentation simplifiée du climat qui ne prend pas en compte d'autres facteurs tels que les événements extrêmes, la sylviculture, le compactage du sol, les facteurs biotiques, la capacité du sol à stocker l'eau, et fait une considération très

simplifiée de la réserve utile. Tout cela fait de l'outil un **modèle très optimiste** car toutes ces variables ne sont pas prises en compte.

Quelles sont les **2 fonctionnalités** de cet outil?

- L'**analogie climatique**, qui répond à la question de savoir où trouver aujourd'hui un climat similaire au climat futur dans une région donnée.
- La **compatibilité climatique**, qui évalue dans quelle mesure le climat futur sera compatible avec chaque espèce.



Visite terrain

Parcelles expérimentales du projet SUDOE MONTCLIMA dans le massif du Montnegre-Corredor (Llinars del Vallès, Barcelone)

Les techniciens forestiers Lúdia Guitart et Martí Rosell de l'Association des propriétaires forestiers de Montnegre-Corredor, ainsi que les chercheurs du CREAM Diana Pascual

et Eduard Pla, ont été chargés d'expliquer l'action pilote qui a été menée dans cette zone pour le projet SUDOE MONTCLIMA.

Le massif du Montnegre-Corredor et ses caractéristiques en matière de risque d'incendie

L'action pilote se situe dans le domaine de Can Bordoí, qui fait partie du parc naturel du Montnegre-Corredor, lequel fait partie du réseau de parcs du Conseil provincial de Barcelone. Le parc se divise en une zone montagneuse où abondent les châtaigniers, les chênes verts et les chênes-lièges, avec prédominance de pins parasols et de pins maritimes à l'approche de la mer.

Ce parc, situé près de Barcelone, subit une **pression importante due à l'usage public**. En outre, il fait partie d'un périmètre de protection prioritaire pour la prévention des incendies de forêt. Le domaine de Can Bordoí fait quant à lui partie d'un **point stratégique de gestion**, c'est-à-dire une **zone pour la réalisation de manœuvres d'attaque ou d'endiguement de grands incendies de forêt par les pompiers**. Ces zones doivent disposer de bons accès, de zones sûres et d'une structure de la végétation qui empêche les feux de cimes.

La délimitation du point stratégique de gestion a été réalisée afin d'éviter de grands incendies de forêt, c'est-à-dire d'éviter les sauts de feu de 100 mètres. Cette planification s'est accompagnée d'une étude de la [Fondation Pau Costa](#) et du [Bureau de prévention des incendies](#) du Conseil provincial de Barcelone. Pour cette planification, les aspects suivants ont été pris en compte:

- ▶ La direction du vent dominant qui souffle habituellement dans la zone en période de risque élevé d'incendie.
- ▶ La nécessité d'utiliser des infrastructures de lutte contre les incendies de type non linéaire.
- ▶ La priorité a été donnée aux actions menées à la limite nord du parc afin de rendre plus difficile la progression des incendies vers le sud

L'action pilote du projet SUDOE MONTCLIMA

L'action pilote a été menée sur le domaine de Can Bordoí, en se concentrant sur trois zones:

- ▶ Une zone de 5,4 ha où l'action de **gestion forestière adaptative** a été réalisée.
- ▶ Une zone de 4,7 ha où la **mosaïque agro-sylvo-pastorale** a été récupérée.
- ▶ Une zone de contrôle de 1,87 ha où aucune action n'a été réalisée.

Visite terrain. Parcelles expérimentales du projet SUDOE MONTCLIMA dans le massif du Montnegre-Corredor



Le premier arrêt de la visite a eu lieu dans une zone de crête située à côté d'une piste, où le **paysage sylvo-pastoral** a été restauré. L'action a consisté à couper et à enlever tous les individus de *Pinus pinaster*, car ils étaient fortement affectés par les nuisibles et leur viabilité future était compromise. Ainsi, un **espace ouvert** a été créé **dans le point stratégique de gestion** où, en cas d'incendie, les pompiers peuvent agir, maîtriser le feu et empêcher sa propagation vers les cimes. Cependant, la strate de chêne vert située en dessous a été respectée, dans

l'idée de créer une dehesa à l'avenir. Dans cette zone se trouve également un berger avec 800 moutons et quelques chèvres qui entretiendront et amélioreront l'espace nouvellement créé. Des semis de prairies pour le pâturage seront probablement réalisés afin d'améliorer l'alimentation de ces animaux et assurer leur maintien. Cela a créé une zone de paysage de type dehesa, de sorte que l'intervention sylvicole s'est également appuyée sur une gestion en utilisant **l'activité d'élevage de la zone**.

Visite terrain. Parcelles expérimentales du projet SUDOE MONTCLIMA dans le massif du Montnegre-Corredor

L'action dans la forêt

Une gestion forestière adaptative a été réalisée sur une zone de 5,4 ha, dans une **chênaie mixte irrégulière** de chênes verts, de pins et de chênes-lièges, avec un sous-bois d'arbres et d'arbustes très dense. Cette zone présente une très grande continuité verticale et horizontale du combustible. L'objectif a été de couper cette continuité et de réduire la densité et la couverture du sous-bois, en favorisant la croissance des chênes verts qui ne brûlent pas aussi rapidement que les pins. Certaines des espèces du sous-bois, principalement la bruyère et l'arbousier,

avaient l'apparence d'arbres et ont été traitées comme des arbres.

Un autre critère important de la gestion appliquée a été de **maintenir la couverture** (taux de couverture arborée ou densité de peuplement) de la forêt, pour **éviter qu'une lumière excessive n'atteigne le sol** et favorise la repousse du sous-bois et la perte d'humidité du sol, puisqu'il s'agit de sols sablonneux. Les mesures prises ont été très douces et ont porté principalement sur la gestion de la biomasse du sous-bois afin d'éviter la continuité verticale en cas d'incendie.



Visite terrain. Parcelles expérimentales du projet SUDOE MONTCLIMA dans le massif du Montnegre-Corredor

Suivi de l'action

Pour suivre l'action, un **réseau de suivi** a été installé, composé de **8 parcelles circulaires permanentes**, 5 dans la zone gérée et 3 dans la zone de contrôle. Un suivi de différentes variables est réalisé sur ces parcelles depuis 2020:

- ▶ La structure de la forêt (diamètre, croissance, etc.).
- ▶ La continuité du combustible.
- ▶ Le dépérissement forestier (décoloration, défoliation, mortalité).
- ▶ L'humidité ou la teneur en eau de la végétation.
- ▶ L'humidité du sol.
- ▶ L'humidité relative et la température.

Grâce à ce suivi réalisé en 2020 et 2021, il a été possible de constater, par exemple, que la **teneur en eau du chêne vert et de la bruyère est différente dans la zone traitée et dans la zone de contrôle**. Les premiers résultats montrent une **teneur en eau plus élevée dans la zone traitée**, ce qui indique une **plus faible inflammabilité du combustible**. Toutefois, ces différences n'ont pas été statistiquement significatives.



Un **relevé visuel annuel de la décoloration, la défoliation et la mortalité** est également effectué, dans le but de déterminer si la gestion forestière adaptative augmente la résilience de ces forêts contre la sécheresse ou les ravageurs. Cependant, l'attaque du ravageur *Lymantria* en 2020, qui a touché plus de 3 800 ha du parc naturel, a provoqué la défoliation d'environ 50 % de la canopée dans la zone d'étude, avec le même effet dans la zone gérée et la zone de contrôle. Il faudra attendre d'**autres années de suivi** pour voir si les stratégies de gestion appliquées ont un impact sur la récupération de la forêt après cette attaque par rapport à la zone de contrôle.

Conclusions et orientations: les leçons apprises

Lors du troisième séminaire du projet SUDOE MONTCLIMA, des **expériences** ont été partagées **sur l'impact des sécheresses sur les forêts de montagne dans le territoire SUDOE**, en **rassemblant et en comparant les pratiques et les études du Portugal, de la France, d'Andorre et de l'Espagne**.

Eva García-Balaguer ([CTP-OPCC](#) , coordinatrice de l'OPCC, Communauté de Travail des Pyrénées) a ouvert le séminaire en soulignant la nécessité de partager les informations et les expériences afin d'améliorer la gestion et la prévention des risques naturels dans l'espace sud-ouest européen dans le contexte du changement climatique. **L'approche multirisque est cruciale et la coopération entre les différents acteurs du territoire** est essentielle.

Rosa Amorós i Capdevila (présidente de la Communauté de travail des Pyrénées, Gouvernement de Catalogne) a souligné l'importance de coopérer dans la lutte contre le changement climatique et les catastrophes naturelles, à l'heure où la communauté scientifique a une fois de plus mis en évidence l'urgence climatique mondiale dans le [6ème rapport du GIEC](#) . En ce sens, des initiatives telles que la **stratégie pyrénéenne sur le changement climatique** sont cruciales.

Joan Pino Vilalta (directeur du CREAM) a souligné le stress croissant que subissent nos forêts en raison de la fréquence et de l'intensité accrues des phénomènes climatiques extrêmes. En ce sens, **l'étude et la connaissance de l'écologie des forêts et de leur interaction avec l'activité humaine** constituent un élément fondamental de l'adaptation des forêts au changement climatique et mondial.

Sergio M. Vicente-Serrano (Institut Pyrénéen d'Écologie, IPE-CSIC) a exposé les fondements théoriques du séminaire en expliquant les risques de sécheresse dans l'espace SUDOE, en examinant les données historiques et les projections futures. Les **sécheresses** se sont avérées être des **phénomènes récurrents, complexes et difficiles à prévoir**, avec une **grande variabilité spatiale et temporelle** à travers l'histoire. Ainsi, le signal d'une augmentation de la fréquence ou de l'intensité de ce phénomène n'est pas très clair.

L'augmentation de la demande en eau de l'atmosphère provenant de la hausse des températures a un effet direct sur les niveaux d'évapotranspiration. Cela a des effets négatifs sur les forêts lorsque la disponibilité hydrique est faible (principalement en été), ce qui entraîne un stress hydrique (fermeture des stomates, dépérissement, réduction de la fixation du carbone, etc.). Si les **scénarios futurs de hausse des températures moyennes se confirment, les forêts subiront un stress important**, surtout si elle s'accompagne d'une augmentation de la **fréquence et de l'intensité des sécheresses**. **Par conséquent, la demande hydrique augmentera dans l'avenir, à mesure de la hausse de la température moyenne due au changement climatique**.

Jordi Martínez-Vilalta (CREAF) a souligné que les cas de **dépérissement forestier augmentent progressivement au niveau mondial en raison des sécheresses**, en particulier dans les zones de **montagne**. En outre, tous les **modèles futurs s'accordent pour prédire une incidence accrue** de ce phénomène dans les décennies à venir, bien que l'impact des sécheresses sur la mortalité forestière soit difficile à modéliser.

Conclusions et orientations: les leçons apprises

avec précision. Outre le dépérissement, des changements dans la distribution, la densité et la composition des forêts sont également attendus. Dans ce contexte, il est **plus difficile de prévoir quand et où un événement catastrophique aura lieu, en raison des mécanismes de compensation (et de la résilience naturelle)** des peuplements forestiers. Nous avons déjà quelques indices sur les facteurs à prendre en compte. Les principaux changements historiques détectés dans les forêts sont principalement dus à des **modifications de l'utilisation des sols et à d'autres facteurs** humains. D'autre part, on constate que la **diversité fonctionnelle** augmente la résilience des forêts aux catastrophes. Cependant, il reste encore du chemin à parcourir pour comprendre quelles variables et quels processus sont impliqués dans les mécanismes à l'origine de la mortalité due à la sécheresse. **Il est essentiel de prendre en compte toutes les perturbations affectant les forêts, et à cette fin les programmes de suivi et de surveillance sont cruciaux.**

Comment effectuer le suivi des impacts de la sécheresse sur les forêts?

Célia Gouveia (Universidade de Lisboa) a présenté une étude basée sur l'**analyse d'images satellites** pour analyser les altérations de la surface et la dégradation de la végétation dans la péninsule ibérique en utilisant l'indice NDVI. Cet indice permet de définir l'impact des sécheresses sur la végétation. Les résultats de l'étude ont montré que les **arbres à feuilles persistantes semblent être plus résistants à la sécheresse.**

Mireia Banqué (CREAF) a présenté le **programme DEBOSCAT** dédié au suivi du dépérissement des forêts en Catalogne au

cours des 10 dernières années. Ce programme vise à détecter le lieu de survenue des épisodes de dépérissement et leur fréquence et comment les forêts se rétablissent après un épisode. Les conclusions de ce suivi sont cruciales pour définir les **zones prioritaires et ainsi accompagner la gestion forestière adaptative du territoire.**

Morgane Goudet (Département de la santé des forêts, DSF, du ministère français de l'agriculture et de l'alimentation) a présenté les différentes actions que le département mène à bien pour surveiller la santé des forêts en France. Un système de fiches permet de réaliser un suivi détaillé des zones touchées par les sécheresses. Sa vaste **base de données** sur le dépérissement, les ravageurs, etc., croisée avec les **informations météorologiques et les projections climatiques futures**, permet d'**identifier les zones les plus vulnérables.**

Comment gérer les forêts et les paysages forestiers pour réduire les impacts de la sécheresse à l'échelle locale?

Alfonso González Romero (Gouvernement régional de Castille-et-León) a présenté les **stratégies de la gestion forestière durable** appliquées dans les pinèdes de **Valladolid**. Dans cette province, les peuplements de *Pinus pinaster* sont particulièrement touchés par le phénomène de dépérissement, qui est dû à une combinaison de facteurs climatiques, humains et géologiques. Certaines stratégies développées pour limiter le phénomène de dépérissement consisteraient à appliquer des **méthodes de gestion de plus en plus flexibles** (par peuplements), une **sylviculture adaptative** en profitant de chaque fenêtre ou épisode de régénération pouvant avoir

Conclusions et orientations: les leçons apprises

lieu, la **protection des plantules**, les **actions structurelles** (éclaircies et coupes) et de **diversification** (plantations ponctuelles d'enrichissement), entre autres.

Thierry Sardin (Office National des Forêts, ONF) a présenté les **stratégies et les outils de gestion sylvicole** appliqués dans les **forêts publiques françaises**. L'objectif de ces outils est de garantir le maintien de la **multifonctionnalité** des forêts et d'accroître leur **résilience au changement climatique**, en appliquant des décisions et des mesures appropriées. **Promouvoir la diversité des espèces, accroître la fréquence des interventions et protéger les sols**, entre autres, semblent être des aspects clés.

Diana Pascual Sánchez (CREAF) a présenté l'**expérience pilote du projet SUDOE MONTCLIMA** sur la gestion forestière adaptative dans une chênaie du massif du Montnegre-Corredor (Barcelone). Le suivi dans 8 parcelles permanentes (5 dans la zone gérée et 3 dans une zone de contrôle sans intervention) de variables telles que la structure de la forêt, la teneur hydrique de la végétation, la continuité du combustible, le dépérissement forestier (défoliation, décoloration, mortalité) permettra d'évaluer si la **gestion forestière adaptative peut être la clé pour améliorer la résilience des forêts de moyenne montagne face à la sécheresse et aux risques d'incendie**.

Marc Font (Andorra Recerca + Innovació), a présenté l'**expérience pilote du projet SUDOE MONTCLIMA en relation avec la planification forestière multirisque**, axée sur la gestion de la vulnérabilité aux incendies des **forêts de protection** de blocs rocheux. À cette fin, les objectifs de l'action se sont concentrés sur la catégorisation du degré de protection

des forêts et la réduction de la vulnérabilité aux feux de cimes sans affecter le degré de protection. Cela a conduit à diverses mesures telles que le **défrichement sélectif** pour réduire la couverture, la **réduction de la hauteur du combustible à l'échelle**, la **coupe sanitaire** des arbres sur pied morts, mourants ou non viables et la **protection des repousses d'espèces arborées** pour diversifier la forêt.

Outils de modélisation pour accroître la résilience à la sécheresse par la mise en œuvre de stratégies de gestion forestière

María González Sanchís (Universitat Politècnica de València, UPV) a présenté le modèle C.A.F.E du projet LIFE RESILIENT FORESTS. Ce projet évalue différents traitements sylvicoles pour l'amélioration et la régénération qui permettent des améliorations opérationnelles dans la gestion et l'aide à la décision. Ce projet a généré un **outil d'aide à la décision (OAD)** qui vise à promouvoir la **gestion durable des forêts en incluant jusqu'à 5 objectifs** pondérés en fonction de l'intérêt des utilisateurs, fournissant une liste de solutions possibles.

João A. Santos (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD) a présenté les résultats d'une étude sur les **changements potentiels des niches climatiques des principales espèces forestières** au Portugal (49 espèces étudiées). Le modèle consiste à pondérer deux indices bioclimatiques observés (indice d'aridité et de thermicité) pour les analyser avec les scénarios de changement climatique. Les zones de distribution touchées pourraient être **colonisées par des espèces thermophiles plus adaptées aux nouvelles conditions**. L'étude permet également de prédire quelles

Conclusions et orientations: les leçons apprises

espèces devraient être repeuplées afin que le Portugal conserve un poids économique dans son PIB grâce à l'exploitation forestière.

Xavier Bartet (Office National des Forêts, ONF-RMT AFORCE) a présenté l'**outil CLIMESSENCES** conçu pour suivre l'**évolution des différentes espèces forestières en raison du changement climatique**. Il s'agit d'un outil utile pour l'élaboration de **plans de gestion**, d'orientations et d'actions à mener dans les forêts au cours des 20 prochaines années. Le modèle est basé sur les scénarios du GIEC pour obtenir des scénarios futurs de répartition (probabilité de présence/absence) des espèces. Le modèle génère deux types de cartes: celles des **climats analogues**, qui répondent à la question de savoir où trouver aujourd'hui un climat similaire au **climat futur** dans une région donnée, et les cartes de compatibilité climatique, qui évaluent dans quelle mesure le climat futur sera compatible avec chaque espèce.

Juan Terrádez (CTP-OPCC) a réalisé une exposition finale dans laquelle il a rassemblé les conclusions de chacun des intervenants et a terminé l'acte en rappelant les principales idées et conclusions du séminaire.

Enfin, **Eduard Pla** (CREAF), qui a dirigé le séminaire avec Diana Pascual (CREAF), a remercié toutes les personnes qui ont rendu cet événement possible, des intervenants aux techniciens et traducteurs, ainsi que les participants et les personnes qui ont suivi le séminaire virtuellement. Les circonstances exceptionnelles de la pandémie ont conduit l'organisation à déployer un effort supplémentaire par le biais d'un système hybride présentiel/en ligne pour atteindre le plus grand nombre de personnes possible et partager les connaissances et les expériences concernant les **effets des sécheresses sur les forêts de montagne de l'espace SUDOE et les options de gestion pour faire face à ce grave risque lié au changement climatique**.



Interreg
Sudoe



EUROPEAN UNION

MONTCLIMA 

European Regional Development Fund

www.montclima.eu

En plus de la CTP, qui coordonne le projet, les partenaires de MONTCLIMA sont:

