

FORRISK. Réseau pour l'innovation dans les sylvicultures et les systèmes de gestion intégrée des risques de forêt

Christophe Orazio, Sarah Fermet Quinet, Manuela Branco, Liliana Vilas Boas, Maria Helena Almeida, Manuel Madeira, Graça Abrantes, Margarida Tomé, Joao Palma, Paula Soares, et al.

▶ **To cite this version:**

Christophe Orazio, Sarah Fermet Quinet, Manuela Branco, Liliana Vilas Boas, Maria Helena Almeida, et al.. FORRISK. Réseau pour l'innovation dans les sylvicultures et les systèmes de gestion intégrée des risques de forêt. European Forest Institute, 144 p., 2014, 978-2-9519296-2-9. hal-02798046

HAL Id: hal-02798046
https://hal.inrae.fr/hal-02798046

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

FORRISK

GESTION INTÉGRÉE DES RISQUES EN FORÊT CULTIVÉE

GESTION INTEGRADA DE LOS RIESGOS EN LOS BOSQUES PLANTADOS

GESTÃO INTEGRADA DOS RISCOS NAS FLORESTAS CULTIVADAS





FORRISK

Réseau pour l'innovation dans les sylvicultures et les systèmes de gestion intégrée des risques de forêt.

Red para la innovación en la selvicultura y los sistemas de integración de riesgos en la gestión forestal.

Rede para a inovação na silvicultura e para os sistemas de integração do risco na gestão florestal.

FR **Auteurs**

Christophe Orazio, Sarah Fermet Quinet

Manuela Branco, Liliana Vilas Boas, Maria Helena Almeida, Manuel Madeira, Graça Abrantes, Margarida Tomé, João Palma, Paula Soares, Clara Araújo, Ana Raquel Reis, Luís Ferreira, Luís Leal

Andrea Hevia, Juan Majada, Juan Gabriel Álvarez-González, Eduardo González-Ferreiro, Covadonga Prendes, Elena Canga, Ana Daría Ruiz González

Nahia Gartzia-Bengoetxea, Lur Moragues-Saitua, Ander Arias-González, Fernando Blanco

Alejandro Cantero Amiano

Margot Régolini, Céline Meredieu, Barry Gardiner, Cyril Dutech, Hervé Jactel, Fréderic Bernier, Thierry Labbé, Brigitte Lung-Escarmant, Fréderic Labbé, Kana Kamimura, Xavier Capdevielle, Didier Bert

Amélie Castro, Cécile Maris, Julia Morin

François Didolot, Olivier Picard, Pascal Mathieu, Christophe Drenou

Jean-Yves Fraysse, Pierre Alazard, Matthieu Chevereau, Jean-Pierre Rousseau, Daniel Michaud, Nicolas Eisner, Philippe Lapeyre, Priscilla Cailly, Jean-Mathieu de Boisseson

Francisco José Lario

http://forrisk.efiatlantic.efi.int/

Une réalisation c'est du joli · Crédits photographiques : Carlos Valente, Stephanie Hayes (EFIATLANTIC), Ana Raquel Reis (ALTRI FLORESTAL), Inge van Halder (INRA).
Cet ouvrage a été achevé d'imprimer en décembre 2014.
ISBN : 978-2-9519296-2-9

1

FR INTRODUCTION 4
ES INTRODUCCIÓN 5
PT INTRODUÇÃO 6

2

FR OUTILS INSTITUTIONNELS DE GESTION DES RISQUES 8
ES HERRAMIENTAS INSTITUCIONALES DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS 15
PT FERRAMENTAS INSTITUCIONAIS PARA A GESTÃO DOS RISCOS 22

3

FR GESTION DU RISQUE EN FORÊT
ES GESTIÓN DEL RIESGO EN LOS BOSQUES
PT GESTÃO DO RISCO NA FLORESTA 29

PT 3.1. Gestão de Riscos na floresta 30
FR 3.1. Gestion du Risque en Forêt 33
ES 3.1. Gestión del Riesgo en los Bosques 37

PT 3.1.1. Instalação de bordaduras armadilha para *Gonipterus platensis* como estratégia de protecção de parcelas de *Eucalyptus globulus* 30

FR 3.1.2. Effets des ilots de feuillus sur la santé des forêts 33

FR 3.1.3. Implantation de lisières feuillues pour étudier leurs effets de protection des peuplements de pin face à des aléas multiples 36

ES 3.1.3. Protección de los pinares de múltiples riesgos con barreras experimentales de frondosas 37

PT 3.2. Gestão Genética 39
ES 3.2. Gestión Genética 42
FR 3.2. Gestion Génétique 48

PT 3.2.1. Identificação de materiais genéticos de *Eucalyptus* mais resistentes e tolerantes a *Gonipterus platensis* 39

ES 3.2.2. Establecimiento de parcelas de *Pinus radiata* resistentes a *Fusarium* 42

ES 3.2.3. Recomendaciones de uso de Material Forestal de Reproducción de pino negral (*Pinus pinaster* Ait) en áreas no costeras de Galicia. Evaluación del comportamiento juvenil. 45

FR 3.2.4. Faisabilité de l'utilisation des techniques de mesure de vitesse acoustique pour évaluer l'aptitude à la tolérance au vent du pin maritime dans les tests génétiques 48





ES 3.3. Gestión selvícola 51
FR 3.3. Gestion silvicole 54

ES 3.3.1. Gestión selvícola integral en masas de *Pinus radiata* y *Pinus pinaster* 51

FR 3.3.2. Gestion sylvicole et tolérance à la sècheresse des plantations de douglas en France 54

FR 3.3.3. Analyse des comportements des propriétaires forestiers face au risque en Midi-Pyrénées et Limousin et conclusions sur les messages à diffuser 57

ES 3.3.4. Contrarrestando las consecuencias del fuego con el suministro de planta de alta calidad de pino negral (*Pinus pinaster* Ait) por amplificación vegetativa: una estrategia de emergencia 60

FR 3.3.5. Valorisation des dispositifs de méthodes de lutte sylvicole contre le fomès pour la régénération des peuplements 63

ES 3.3.6. Manejo del suelo contra la sequía y las plagas y enfermedades 66

4 FR ANALYSE DU RISQUE ET OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION
ES ANÁLISIS DEL RIESGO Y HERRAMIENTAS DE AYUDA PARA LA TOMA DE DECISIONES
PT ANÁLISE DO RISCO E FERRAMENTAS DE AJUDA À DECISÃO 69

ES 4.1. Análisis del riesgo 70
PT 4.1. Análise do risco 76
FR 4.1. Analyse du risque 84

ES 4.1.1. Análisis del riesgo de toxicidad de las estrategias adaptativas de manejo de suelo 70

ES 4.1.2. Evaluación de los riesgos de erosión y compactación del suelo en plantaciones de *Pinus radiata* en el País Vasco 73

PT 4.1.2. Avaliação dos riscos de erosão e compactação do solo em plantações de *Pinus radiata* no País Basco 76

PT 4.1.3. Avaliação de riscos de erosão e disponibilidade de nutrientes do solo em povoamentos de eucaliptos em Portugal 79

ES 4.1.3. Evaluación de los riesgos de erosión y agotamiento de nutrientes del suelo en plantaciones de eucalipto en Portugal 82

FR 4.1.4. Cartographie du risque vent dans les régions Aquitaine, Pays Basque et Asturies 84

ES 4.1.4. Cartografía del riesgo de tormentas en Aquitania, el País Vasco y Asturias 86

ES 4.1.5. Mapas de vulnerabilidad al viento y al fuego en el País Vasco, basados en el vuelo Lidar 2012 88

FR 4.1.6. Évaluation du risque causé par l'armillaire dans un contexte d'intensification de la sylviculture de la forêt des Landes de Gascogne 91

FR 4.1.7. Gestion du risque fomès dans les peuplements de douglas en Midi-Pyrénées et Limousin 94

ES 4.1.8. Uso de imágenes aéreas para la detección de decaimiento de árboles en masas forestales 97

PT 4.1.9. Desenvolvimento de um mapa de risco para *Gonipterus platensis* em Portugal 100

FR 4.2 Outils de modélisation 102
ES 4.2 Herramientas de modelización 105

FR 4.2.1. Evaluer l'impact de différentes pratiques sylvicoles sur la résistance au vent du pin maritime 102

ES 4.2.2. Modelos de estimación de biomasa arbórea y predicción del riesgo de incendio en masas de coníferas gestionadas bajo una selvicultura de podas y claras 105

FR 4.2.3. Modélisation du risque processionnaire sur pin maritime en Aquitaine 109

FR 4.2.4. Modélisation du risque sanitaire causé par le fomès (*Heterobasidion annosum*) à l'échelle du peuplement et mise au point d'un outil d'aide à la décision 112

FR 4.3. Outils d'aide à la décision 115
ES 4.3. Herramientas de ayuda para la toma de decisiones 124
PT 4.3. Ferramentas de ajuda à decisão 130

FR 4.3.1. Développer et tester un outil intégré de gestion du risque dans différentes propriétés forestières : quelle efficacité pour réduire les risques multiples ? 115

FR 4.3.2. Analyse de risque multicritère : comparaison de différents scénarios sylvicoles en fonction de risques multiples pour les essences productives de la zone SUDOE 118

ES 4.3.2. Análisis de riesgos multicriterio: comparación de diferentes escenarios selvícolas en función de los múltiples riesgos para las especies productivas de la zona SUDOE 124

PT 4.3.2. Análise de riscos multi-critério: comparação de diferentes tipos de gestão florestal em função de múltiplos riscos de pragas-chave da região SUDOE 130

5

FR CONCLUSION 136
ES CONCLUSIONES 137
PT CONCLUSÃOS 138



2

FR OUTILS INSTITUTIONNELS DE GESTION DES RISQUES 8

ES HERRAMIENTAS INSTITUCIONALES DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS 15

PT FERRAMENTAS INSTITUCIONAIS PARA A GESTÃO DOS RISCOS 22

3

FR 3.1.2. Effets des ilots de feuillus sur la santé des forêts 33

3.1.3. Implantation de lisières feuillues pour étudier leurs effets de protection des peuplements de pin face à des aléas multiples 36

3.2.4. Faisabilité de l'utilisation des techniques de mesure de vitesse acoustique pour évaluer l'aptitude à la tolérance au vent du pin maritime dans les tests génétiques 48

3.3.2. Gestion sylvicole et tolérance à la sècheresse des plantations de douglas en France 54

3.3.3. Analyse des comportements des propriétaires forestiers face au risque en Midi-Pyrénées et Limousin et conclusions sur les messages à diffuser 57

3.3.5. Valorisation des dispositifs de méthodes de lutte sylvicole contre le fomès pour la régénération des peuplements 63

ES 3.1.3. Protección de los pinares de múltiples riesgos con barreras experimentales de frondosas 37

3.2.2. Establecimiento de parcelas de *Pinus radiata* resistentes a *Fusarium* 42

3.2.3. Recomendaciones de uso de Material Forestal de Reproducción de pino negral (*Pinus pinaster* Ait) en áreas no costeras de Galicia. Evaluación del comportamiento juvenil. 45

3.3.1. Gestión selvícola integral en masas de *Pinus radiata* y *Pinus pinaster* 51

3.3.4. Contrarrestando las consecuencias del fuego con el suministro de planta de alta calidad de pino negral (*Pinus pinaster* Ait) por amplificación vegetativa: una estrategia de emergencia 60

3.3.6. Manejo del suelo contra la sequía y las plagas y enfermedades 66

PT 3.1.1. Instalação de bordaduras armadilha para *Gonipterus platensis* como estratégia de protecção de parcelas de *Eucalyptus globulus* 30

3.2.1. Identificação de materiais genéticos de *Eucalyptus* mais resistentes e tolerantes a *Gonipterus platensis* 39

4

FR 4.1.4. Cartographie du risque vent dans les régions Aquitaine, Pays Basque et Asturies 84

4.1.6. Évaluation du risque causé par l'armillaire dans le contexte d'intensification de la sylviculture de la forêt des Landes de Gascogne 91

4.1.7. Gestion du risque fomès dans les peuplements de douglas en Midi-Pyrénées et Limousin 94

4.2.1. Evaluer l'impact de différentes pratiques sylvicoles sur la résistance au vent du pin maritime 102

4.2.3. Modélisation du risque processionnaire sur pin maritime en Aquitaine 109

4.2.4. Modélisation du risque sanitaire causé par le fomès (*Heterobasidion annosum*) à l'échelle du peuplement et mise au point d'un outil d'aide à la décision 112

4.3.1. Développer et tester un outil intégré de gestion du risque dans différentes propriétés forestières : quelle efficacité pour réduire les risques multiples ? 115

4.3.2. Analyse de risque multicritère : comparaison de différents scénarios sylvicoles en fonction de risques multiples pour les essences productives de la zone SUDOE 118

ES 4.1.1. Análisis del riesgo de toxicidad de las estrategias adaptativas de manejo de suelo 70

4.1.2. Evaluación de los riesgos de erosión y compactación del suelo en plantaciones de *Pinus radiata* en el País Vasco 73

4.1.3. Evaluación de los riesgos de erosión y agotamiento de nutrientes del suelo en plantaciones de eucaliptos en Portugal 82

4.1.4. Cartografía del riesgo de tormentas en Aquitania, el País Vasco y Asturias 86

4.1.5. Mapas de vulnerabilidad al viento y al fuego en el País Vasco, basados en el vuelo Lidar 2012 88

4.1.8. Uso de imágenes aéreas para la detección de decaimiento de árboles en masas forestales 97

4.2.2. Modelos de estimación de biomasa arbórea y predicción del riesgo de incendio en masas de coníferas gestionadas bajo una selvicultura de podas y claras 105

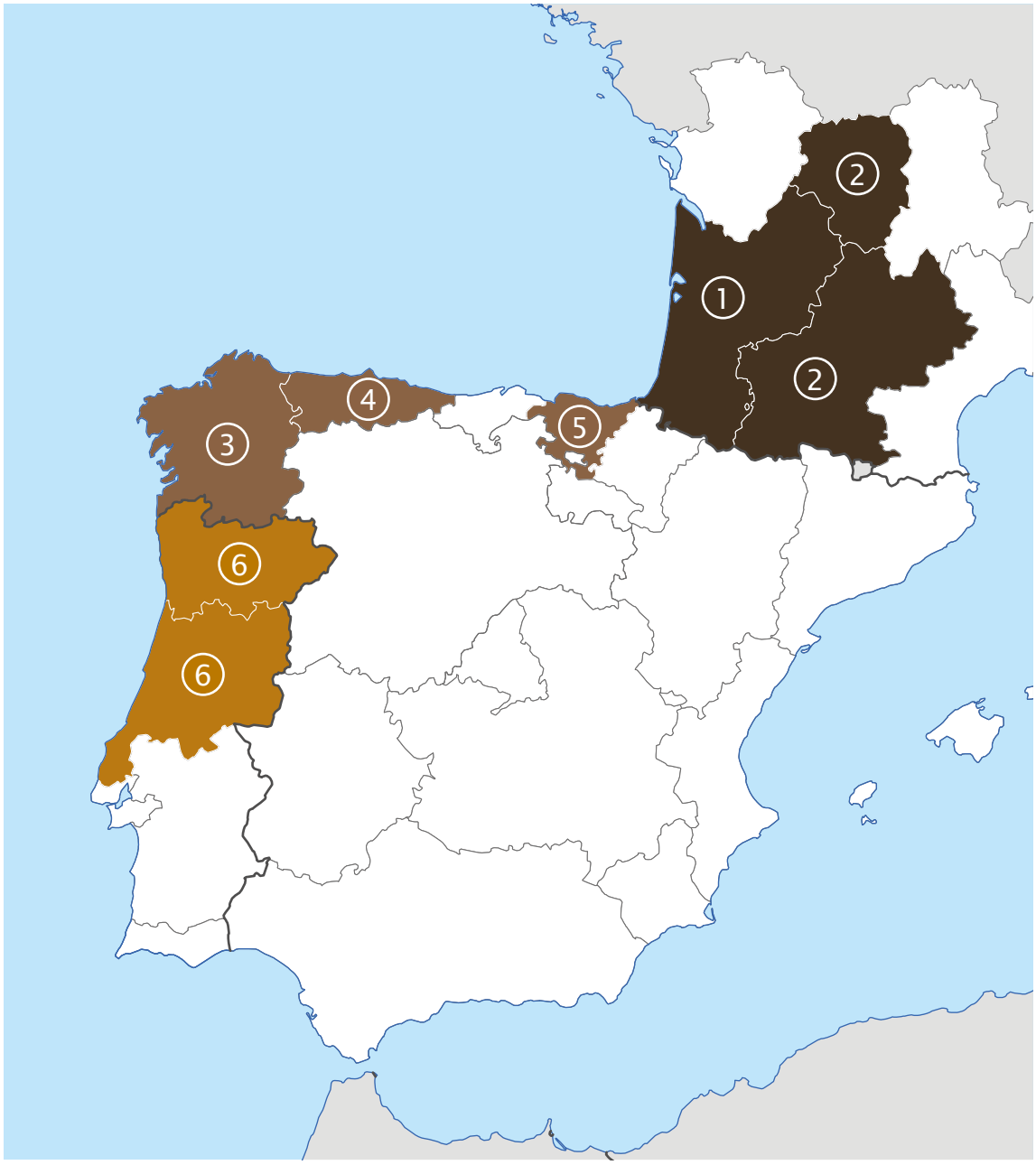
4.3.2. Análisis de riesgos multicriterio: comparación de diferentes escenarios selvícolas en función de los múltiples riesgos para las especies productivas de la zona SUDOE 124

PT 4.1.2. Avaliação dos riscos de erosão e compactação do solo em plantações de Pinus radiata no País Basco 76

4.1.3. Avaliação de riscos de erosão e disponibilidade de nutrientes do solo em povoamentos de eucaliptos em Portugal 79

4.1.9. Desenvolvimento de um mapa de risco para *Gonipterus platensis* em Portugal 100

4.3.2. Análise de riscos multi-critério: comparação de diferentes tipos de gestão florestal em função de múltiplos riscos de pragas-chave da região SUDOE 130



© EuroGeographics Association for the administrative boundaries.

Régions et partenaires

FR

1 Bureau régional atlantique de l'EFI (European Forest Institute).

Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF Aquitaine).

Institut Technologique Forêt, Cellulose, Bois construction, Ameublement (FCBA).

Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).

2 Institut pour le Développement Forestier (CNPF/IDF).

Institut Technologique Forêt, Cellulose, Bois construction, Ameublement (FCBA).

Regiones y socios

ES

3 Empresa de Transformación Agraria (TRAGSA).

4 Centro Tecnológico Forestal y de la Madera (CETEMAS).

5 Corporación del Gobierno Vasco para el Desarrollo del Medio Rural y Marino (HAZI FUNDAZIOA).

Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (NEIKER-Tecnalia).

Regiões e parceiros

PT

6 Instituto Superior de Agronomica, Universidade de Lisboa (ISA, Ulisboa ULisboa).

FR

1 INTRODUCTION

Présentation générale du Projet

FORRISK

Les forêts cultivées de l'espace atlantique jouent un rôle important dans les économies locales des régions partenaires du projet : Aquitaine, Midi-Pyrénées, Limousin, Euskadi, Asturies, Galice et Portugal. Ces forêts à croissance rapide sont en général issues de plantation et présentent la particularité de former de grands massifs monospécifiques. Dès leur création, les forestiers se sont inquiétés de leur vulnérabilité et ont cherché des solutions pour limiter les risques sur ces espaces stratégiques. Cependant, depuis le début des années 2000, on observe une augmentation des dégâts subis par les forêts. Une partie de cette évolution est liée à l'augmentation des volumes de bois sur pied, mais de nombreuses études considèrent que cette tendance a aussi deux causes majeures :

· l'explosion des échanges commerciaux qui favorise l'introduction de nouveaux agents pathogènes,
· le changement climatique qui perturbe les équilibres des écosystèmes et qui modifie les régimes des agents abiotiques (feux, vents, pluies, etc.).

Il était donc important de transmettre aux acteurs forestiers les solutions les plus récentes en préparation dans les laboratoires pour qu'ils puissent bénéficier de ces outils et de ces résultats afin de mettre en place une gestion intégrée et transfrontalière des risques en forêt.

Il est nécessaire d'évoluer vers une gestion intégrée car avec la multiplication des causes de dégâts en forêt et des paramètres à prendre en compte dans la gestion des risques, il faut accorder les discours des spécialistes pour permettre une approche globale combinant les dimensions suivantes :

· une approche technique sur la parcelle avec des mesures préventives et curatives,
· une approche qui intègre la dimension économique pour évaluer la faisabilité et éliminer les contradictions entre les recommandations préconisées pour chacun des aléas,
· une approche qui intègre l'échelle territoire pour pouvoir identifier les espaces les plus à risques et l'adéquation entre pratiques et sites,
· une approche qui intègre la dimension systémique avec les différentes organisations et réglementations qui ont un impact sur la gestion des risques.

Ce projet n'étant qu'une première tentative d'avancer vers une gestion intégrée des risques, ne pourra pas apporter des réponses à tous les problèmes qui se posent sur l'ensemble de la zone d'étude, mais constitue une première étape en ce sens. Après deux ans de travail et un budget de 1.3 M€, les 10 partenaires du projet peuvent fournir aux décideurs politiques, aux gestionnaires et aux scientifiques un premier panel d'outils et de recommandations qui permettront de mieux appréhender les risques en forêts.

Cet ouvrage est organisé en 3 parties qui regroupent les grands types d'actions mises en œuvre :

· la section 2 s'intéresse aux outils institutionnels de la gestion du risque en forêt,
· la section 3 propose surtout des outils adaptés à la gestion du risque au niveau de la parcelle,
· la section 4 présente plutôt des outils d'aide à la décision insérés dans des modèles simulant la croissance des forêts ou sous forme de cartes, ainsi que des approches multirisques et multicritères.

Ce document ne présente qu'une synthèse rapide des travaux effectués par chacun des partenaires, mais les personnes qui souhaitent approfondir un des sujets abordés dans ce document peuvent consulter les rapports plus détaillés et complets en ligne sur le site web du projet : www.forrisk.efiatlantic.efi.int

Les coordonnées de chaque partenaire sont également disponibles sur le site web du projet.

ES

1 INTRODUCCIÓN

Presentación general del Proyecto

FORRISK

Los bosques cultivados del Espacio Atlántico juegan un papel importante en las economías locales de las regiones socias del proyecto Aquitania, Midi Pyrénées, Limousin, País Vasco, Asturias, Galicia y Portugal. Estos bosques de crecimiento rápido provienen habitualmente de plantaciones y tienen la particularidad de formar grandes áreas boscosas monoespecíficas. Desde su creación, los forestales se han preocupado por su vulnerabilidad y se han esforzado por encontrar formas de reducir los riesgos a los que estas masas están sometidas. Sin embargo, se ha observado un incremento en el daño sufrido por estos bosques desde el año 2000. Si bien esto puede atribuirse, en parte, al aumento de las existencias en pie, algunos estudios vinculan otras dos causas principales para esta tendencia:

· la explosión del comercio globalizado que puede introducir nuevos patógenos;
· el cambio climático, que altera el equilibrio de los ecosistemas y las características de los agentes abióticos (el fuego, el viento, la lluvia, etc.).

Por tanto, es importante proporcionar a los forestales las últimas soluciones obtenidas directamente del laboratorio, de modo que puedan beneficiarse de estas herramientas y resultados con el fin de establecer sistemas de gestión de riesgos de los bosques integrados y transfronterizos.

Es necesario avanzar hacia un sistema de gestión integrada; a la vista de las múltiples causas que pueden causar daños a los bosques y de los numerosos parámetros que deben tenerse en cuenta en la gestión de riesgos, los especialistas tienen que encontrar un ámbito común en el que sea posible desarrollar un enfoque general donde se combinen los siguientes aspectos:

· un aspecto técnico en campo donde se puedan establecer medidas preventivas y correctivas;
· un enfoque que tenga en cuenta el aspecto económico derivado de evaluar su viabilidad para evitar las contradicciones en las recomendaciones de tratamiento de cada peligro;
· un enfoque que integre las diferentes áreas/ regiones administrativas con el fin de ser capaz de identificar aquéllas de mayor riesgo y que muestren la posibilidad de compatibilizar las prácticas con los lugares concretos;
· un enfoque que integre todo el sistema con los vínculos existentes entre las diferentes organizaciones junto a los reglamentos que regulan la gestión de los riesgos.

Siendo únicamente un primer intento de avanzar hacia la gestión integral del riesgo, el proyecto FORRISK no puede dar respuestas a todos los problemas que surgen a lo largo del área de estudio. Sin embargo, puede ser considerado como un primer paso en esa dirección. Después de dos años de trabajo y con un presupuesto de 1,3 M de euros, los diez socios del proyecto pueden proporcionar a los responsables políticos, gestores forestales y científicos un conjunto inicial de herramientas y recomendaciones que les dará una mejor comprensión de los riesgos a los que se enfrentan los bosques.

Esta publicación se divide en tres secciones principales en las que se da cuenta del conjunto de acciones llevadas a cabo en el proyecto:

· sección 2 explora las herramientas institucionales para la gestión del riesgo de los bosques;
· sección 3 explora las herramientas adaptadas a la gestión de riesgos a nivel de rodal;
· sección 4 explora las herramientas para la toma de decisiones incorporadas en los modelos que simulan el crecimiento de los bosques o en forma de mapas así como enfoques multirriesgo y multicriterio.

Este documento es sólo un resumen de la labor realizada por cada uno de los socios. Para aquellos que deseen saber más acerca de los temas explorados, en este enlace de la web de FORRISK se pueden consultar los informes detallados completos: www.forrisk.efiatlantic.efi.int

Los datos de contacto de cada socio también están disponibles en el citado sitio web.

PT

1 INTRODUÇÃO

Apresentação geral do projecto

As plantações florestais na região Atlântica são muito importantes a nível económico para as regiões a que pertencem os parceiros deste projecto: Aquitânia, "Midi Pyrenees", Limusine, País Basco, Galiza e Portugal.

Estas florestas de crescimento rápido resultantes de plantações, têm a particularidade de formarem grandes áreas arborizadas normalmente constituídas apenas por uma cultura.

Desde a sua criação que os silvicultores se preocupam com a sua vulnerabilidade e têm-se esforçado para encontrar formas de reduzir os riscos a que as florestas estão sujeitas. No entanto, desde o ano 2000, que se tem observado um aumento no número de riscos florestais, o que pode ser parcialmente atribuído ao aumento da necessidade de madeira sendo que alguns estudos associam outras duas causas a esta tendência:

· aumento das trocas comerciais que levam à introdução de novas doenças;
· alterações climáticas que podem perturbar o equilíbrio do ecossistema e alterar as características dos agentes abióticos (fogo, vento, chuva, etc.).

É portanto, muito importante fornecer aos actores florestais as soluções mais recentes para que estes possam beneficiar das ferramentas e dos resultados e possam posteriormente, integrá-los em sistemas de gestão do risco florestal transfronteiriços.

É necessário avançar no sentido de um sistema de gestão integrada; tendo em vista as múltiplas causas de danos florestais e os inúmeros parâmetros que precisam de ser tidos em conta na gestão de riscos. Os especialistas precisam de encontrar estratégias comuns para desenvolver uma abordagem geral com uma combinação dos seguintes elementos:

· abordagem técnica ao nível do povoamento, utilizando medidas preventivas e correctivas;
· abordagem que integre os valores económicos de modo a avaliar a viabilidade e a evitar contradições nas recomendações para cada risco;
· abordagem que integre todas as diferentes áreas/regiões administrativas, para que se possa identificar as zonas em maior risco e a compatibilidade entre práticas silvícolas e locais;
· abordagem que integre todo o sistema com as ligações entre as diferentes organizações e regulamentos com impacto sobre a gestão de risco.

Sendo apenas uma primeira tentativa de avançar para a gestão integrada dos riscos, o projecto FORRISK não consegue dar respostas a todos os problemas que surgem no âmbito da área de estudo mas pode ser considerado como um primeiro passo nessa direcção. Depois de dois anos de trabalho e um orçamento de 1,3 milhões de euros, os dez parceiros do projecto podem fornecer ao poder político, gestores florestais e cientistas, um conjunto de ferramentas e recomendações que permitirão uma melhor compreensão dos riscos a que as florestas estão sujeitas.

Esta publicação é dividida em três partes principais, contendo o conjunto de acções realizadas no projecto:

· a secção 2.0. explora ferramentas institucionais para a gestão do risco nas florestas;
· a secção 3.0. propõe ferramentas adaptadas à gestão de riscos nos povoamentos;
· a secção 4.0. explora ferramentas de tomada de decisão incorporadas em modelos que simulam o crescimento das florestas ou incorporadas em mapas, bem como de múltiplos riscos e de abordagens multicritério.

Este documento é apenas um resumo dos trabalhos desenvolvido por cada um dos parceiros do projecto. Para quem desejar conhecer mais sobre os temas estudados, os relatórios completos podem ser consultados no website do projecto FORRISK: www.forrisk.efiatlantic.efi.int.

Os contactos detalhados de cada parceiro também podem ser consultados no website do projecto.



2 OUTILS INSTITUTIONNELS DE GESTION DES RISQUES

FR

L'analyse et la comparaison des institutions existantes dans les régions du projet FORRISK.

2 HERRAMIENTAS INSTITUCIONALES DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS

ES

Análisis de las herramientas institucionales existentes para cada región del proyecto FORRISK.

2 FERRAMENTAS INSTITUCIONAIS PARA A GESTÃO DOS RISCOS

PT

Análise dos instrumentos institucionais existentes para cada região do projecto FORRISK.

2 OUTILS INSTITUTIONNELS DE GESTION DES RISQUES

Contexte

Tous les partenaires du projet FORRISK ont participé à la réalisation de cette tâche dite transversale ayant pour but de proposer des améliorations de la gestion des risques. Ce travail a été réalisé grâce à l'analyse et la comparaison des organisations et outils existants (procédures, orientations de gestion, réseaux, etc.) dans les régions du projet FORRISK. Dans un premier temps, l'analyse a été conduite risque par risque dans toutes les régions, puis région par région pour tous les risques. La combinaison de ces deux approches a permis de dégager des propositions d'amélioration des systèmes de gestion des risques qui soient régionales, interrégionales, par risque et multirisques.

Méthode

Risques étudiés

- Feu de forêt
- Insectes et maladies
- Événements climatiques extrêmes (tempête, sécheresse, gel)
- Dégâts de gibier
- Dégradation du sol

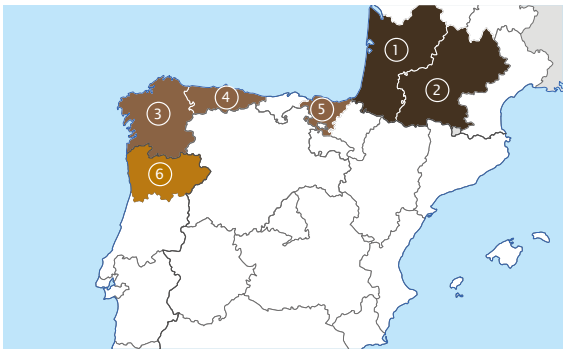


Figure 1 : Emprise géographique. © EuroGeographics Association for the administrative boundaries.

Étape 1 :
Un inventaire et une analyse des outils existants de suivi, d'anticipation et de gestion des risques a été réalisé dans chaque région. L'efficacité de ces outils et l'existence ou non d'une approche multirisque ont été mises en évidence.

Étape 2 :
Les outils existants dans les régions du projet ont été comparés.

Étape 3 :
Grâce aux informations collectées dans les étapes 1 et 2, des suggestions d'amélioration des outils de gestion des risques dans les régions du projet ont été proposées. Les éventuelles coopérations entre régions ont été soulignées.

Afin d'assurer une récolte de données harmonisée entre les régions, l'inventaire des outils de gestion des risques a été réalisé à l'aide d'une grille commune. Certaines données n'étaient cependant pas disponibles dans toutes les régions.

1 Aquitaine 2 Midi-Pyrénées 3 Galice 4 Asturies 5 Pays Basque 6 Vale do Sousa

STRUCTURE DE LA GRILLE	OBJECTIF
Contexte du risque dans la région	Comprendre les choix et stratégies de gestion du risque dans chaque région afin de proposer des améliorations en cohérence avec le contexte régional
Évolutions et changement climatique	
Législation en lien avec le risque	
Panorama des organismes de gestion du risque et de leurs actions	Comprendre les systèmes de gestion des risques dans leur globalité
Présentation des organismes de gestion du risque	Acquérir une connaissance plus approfondie des éléments composant les systèmes
Analyse AFOM du système global de gestion du risque	Synthétiser les atouts, faiblesses, opportunités et menaces des systèmes
Diagramme des acteurs de la gestion du risque	Visualiser la stratégie de gestion des risques choisie : au niveau géographique, au niveau de la protection

Tableau 1 : Structure générale de la grille d'inventaire.

Résultats

Douze points clefs et recommandations en faveur de la protection des forêts

Au niveau régional :

1. Rassembler les propriétaires et renforcer les réseaux d'acteurs de la protection responsables de la gestion quotidienne du risque et de la gestion de crise :

- pour adopter des mesures de protection communes et collectives pouvant impacter les trois composantes du risque : l'aléa, la vulnérabilité et les enjeux,
- pour être force de proposition auprès des pouvoirs publics.

Les forêts des régions du projet FORRISK sont majoritairement privées. Leur grand nombre et le morcellement des propriétés peuvent constituer un frein à la gestion forestière, à l'affirmation et à la défense des intérêts de la forêt auprès des pouvoirs publics et à la mise en place d'actions de prévention communes. Il est également essentiel de renforcer les réseaux d'acteurs professionnels (dont les institutions publiques), performants pour la prévention et la gestion de crise.

RÉSEAU DE PROTECTION

Réseaux de propriétaires privés :

En Aquitaine, France : les Associations Syndicales Autorisées de Défense des Forêts Contre l'Incendie (ASA de DFCI).

Au Portugal : les Zones d'Intervention Forestière (ZIF).

Réseaux d'acteurs :

France : le réseau des correspondants observateurs qui assurent le suivi de la santé des forêts pour le DSF.
Dans toutes les régions : réseaux de pompiers, professionnels de la filière, etc.

2. Encourager l'économie et le développement forestier en faveur de la gestion des forêts et de leur protection.

Le développement des activités et de l'économie forestière est un atout pour la protection des forêts, il permet de valoriser les forêts en tant qu'enjeu à protéger, ce qui favorise la mise en place et l'implication des acteurs dans un système de protection.

IMPLICATION DES PROPRIÉTAIRES FORESTIERS EN AQUITAINE

La forêt des Landes de Gascogne dans le Sud-Ouest de la France est la source d'une activité économique importante en Aquitaine. Afin de protéger leurs forêts, les propriétaires forestiers se sont regroupés en associations et participent au financement du système de protection des forêts contre les incendies..

3. Assurer l'implication des élus locaux dans le système de protection du milieu forestier.

L'implication des élus locaux dans la protection est essentielle. Ils doivent pouvoir prendre des décisions en connaissance des risques ou participer à des conciliations d'acteurs et ce indépendamment des pressions extérieures.

QUELQUES EXEMPLES D'IMPLICATION DES ÉLUS LOCAUX

Rassembler et concilier les différents acteurs autour de la chasse ou de la pratique des écobuages (risques gibier et feu de forêt).

Prendre en compte le risque d'érosion dans l'attribution des permis de construire.

Surveillance des zones récemment incendiées (garde du feu) pour détecter les éventuelles reprises de feu.

4. Consolider et concilier la perception du risque du grand public, des élus et des propriétaires forestiers.

Un risque est souvent perçu différemment selon les types d'acteurs. Ceci pose problème lorsqu'ils doivent gérer le risque ensemble. L'amélioration de la culture du risque passe par des opérations de communication et de sensibilisation afin que les acteurs associent la notion d'usage du territoire à la notion de risque. La conciliation de la perception du risque passe par le dialogue et par l'utilisation d'outils d'évaluation du niveau de risque objectifs et indiscutables.

EXEMPLES DE MOYENS D'AMÉLIORATION DE LA CULTURE DU RISQUE

Communication et sensibilisation du grand public sur l'usage du feu en milieu naturel notamment des populations de passage en saison de feux de forêt.

Conciliation de la perception du risque de groupes d'acteurs différents (ex : forestiers et chasseurs autour des dégâts de gibier, promeneurs et chasseurs autour des enjeux de la chasse, etc.) via des commissions, groupes de travail, rencontres et projets de coopération.

5. Adapter et simplifier l'outil législatif

Afin qu'il soit incitatif à la protection et à la gestion durable des forêts et dans certains cas répressif mais surtout évolutif au regard des situations souvent particulières rencontrées en foresterie. Une législation trop complexe ou inadaptée au contexte forestier est problématique voire peut décourager les propriétaires et les initiatives de protection. En plus d'une nécessaire simplification, le contrôle de l'application de la législation doit être renforcé afin d'éviter les situations où elle n'est pas respectée.

EXEMPLE DE COMPLEXITÉ DE LA LÉGISLATION

En Aquitaine, France : multiplicité de la législation (loi sur l'eau, marchés publics, déclarations d'intention de travaux) qui freinent les travaux de DFCI.

Au Portugal : le pin est régi par 68 différents instruments juridiques et les propriétaires forestiers doivent jongler avec sept organismes institutionnels différents.

EXEMPLE DE LÉGISLATION NON RESPECTÉE

En Aquitaine, France : les obligations légales de débroussaillement qui ne sont pas toujours respectées et qui n'ont jamais fait dans la pratique l'objet de contrôles avec contravention.

Au Portugal : les lois de gestion des rémanents pour limiter le risque feu de forêt ne sont pas respectées et ne font pas l'objet d'un suivi.

EXEMPLE DE LÉGISLATION INCITATIVE

Au Pays Basque, des aides publiques sont disponibles pour les professionnels de la filière et les propriétaires privés qui investissent dans un équipement et qui appliquent des pratiques moins dommageables pour le sol.

6. Développer des outils d'aide à la décision multirisques et régionalisés pour les propriétaires afin qu'ils puissent intégrer plus facilement les risques dans leur gestion forestière.

L'approche multirisque, complexe et moins souvent étudiée n'en demeure pas moins essentielle. Elle doit être accompagnée d'outils d'aide à la décision pour le propriétaire, incluant des paramètres régionaux, afin de le guider parmi les informations et recommandations parfois antagonistes d'un risque à l'autre.

EXEMPLES DE LIEN ENTRE LES RISQUES

Association feu de forêt, pente et pluie qui augmente sévèrement les risques d'érosion.

Dégâts de tempête qui augmentent les risques d'insectes et de maladie, de cervidés, de feu de forêt, etc.

7. Partager les mesures de protection à l'échelle du bassin de risque.

Les limites géographiques du bassin de risque varient en fonction de l'aléa et sont très généralement supérieures à la taille d'une propriété forestière. Il est préférable de combiner les efforts et d'établir une stratégie à l'échelle du bassin de risque, qui d'une part peut s'avérer moins coûteuse (répartition des coûts) et d'autre part s'avérera plus efficace.

IMPORTANCE DE L'ÉCHELLE DU BASSIN DE RISQUE

Un propriétaire forestier qui met en place de bonnes pratiques pour limiter les dégâts sur sa parcelle pourra malgré ses efforts être victime de dégâts dus à l'absence d'actions de protection dans les propriétés voisines.

Au niveau interrégional, pouvant bénéficier d'une harmonisation entre pays :

8. Instaurer un système d'évaluation de la qualité de l'analyse et de la gestion des risques qui soit indépendant.

L'évaluation de l'appréciation des risques et des mesures de protection peut se faire grâce à la mise en place d'outils de performance et d'indicateurs de l'efficacité et de la qualité. Ce système ne se limiterait pas à un simple suivi des dégâts mais il pourrait reposer sur d'autres composantes : ressources, adaptabilité et résilience du système, interaction entre acteurs, harmonisation avec les régions voisines etc.



EXEMPLE DE SYSTÈME D'ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ

Ce type de système existe déjà dans d'autres secteurs, notamment en santé animale à l'OIE (Organisation Internationale des Épizooties).

9. Développer et pérenniser les outils de monitoring pour : lancer l'alerte et engager les opérations de lutte ; suivre l'évolution des risques et adapter les méthodes de protection aux niveaux de risques et aux changements globaux ; améliorer les connaissances sur les risques.

Les changements globaux regroupent :

- Le changement climatique : augmentation des aléas à laquelle il faudra s'adapter (choix d'essences avec une plus grande plasticité climatique, nouvelles infrastructures DFCI, ...).

- Échanges commerciaux : menace du système de protection sanitaire de part la facilité et l'augmentation des échanges commerciaux.

- Pratiques forestières : production de bois énergie (peut favoriser dans certains cas la gestion et l'entretien de la forêt, mais les scénarios dédiés entièrement à la biomasse augmentent le risque feu de forêt et la pression sur le sol).

- Comportement de la population et évolution de l'usage du sol : urbanisation (augmentation des enjeux et fragmentation du territoire), exode rural (propriétaires forestiers de moins en moins présents à l'année sur leur propriété, peu de gestion du gibier dans certaines régions, visions différentes de la nature par les néo-ruraux).

Une problématique et un enjeu pour ces outils de monitoring est leur harmonisation entre pays.



OUTILS DE SUIVI

Réseau de surveillance de niveau I de la santé des forêts de l'ICPF (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) → terminé en 2006.

Observatoire de la reconstitution de la forêt du GIP ATGeRI, qui permet une meilleure connaissance des risques et de la forêt.

INDICATEURS QUI PERMETTENT DE SUIVRE LE NIVEAU DE RISQUE

Indice Forêt Météo (IFM).

Observatoire des dégâts de gibier du GIP ATGeRI à partir des déclarations de propriétaires forestiers et des professionnels de la filière.

Alertes sanitaires de la Station Phytopathologique d'Areeiro et conseils de prévention.

RÉSEAUX DE SURVEILLANCE QUI PERMETTENT DE LANCER L'ALERTE

Tours de guet et patrouilles pour les feux de forêt.

Réseau de surveillance des introductions de nouveaux pathogènes du DSF.

10. Encadrer la gestion de crise par des plans de contingence : qui puissent notamment intégrer et anticiper des procédures pour limiter l'effondrement des cours du bois à une échelle transnationale.

Pour les zones les plus vulnérables et les aléas causant des dégâts de grande ampleur, la création automatique de plans de contingence permettrait d'encadrer, en amont de la crise, les procédures, les acteurs et contacts clefs, leurs méthodes de coordination, leurs rôles et les outils utilisés pour la gestion de crise.



EXEMPLE DE PLAN DE GESTION DE CRISE

Plan de contingence nématode du pin demandé par l'Union Européenne pour les états membres dans le bassin de risque.

11. Développer et partager la connaissance sur les risques afin de disposer de données de référence.

L'accès à des données de références permet de diffuser des conseils et développer des méthodes de protection. Ces références peuvent porter sur les aléas, la vulnérabilité, **les interactions entre les risques**, la réponse des systèmes aux moyens de protection engagés.

Pour certains risques, l'absence de données régionales de références ne permet pas de conseiller ou d'alerter sur les pratiques. L'amélioration de la connaissance des aléas et de la vulnérabilité des forêts permettrait d'enrichir la gestion des risques.

Les données sur le suivi sanitaire des forêts sont conséquentes dans la plupart des régions et ne sont pas toujours étudiées faute de temps ou de moyens. Il est nécessaire de communiquer sur les données disponibles pour l'analyse et de disposer de protocoles communs entre pays afin de pouvoir les comparer.



PARTAGE DE CONNAISSANCE

Exploitation des données du réseau de placette de niveau I de l'ICPF.

Amélioration de l'étude des causes de départs de feux.

Améliorer la connaissance sur la réponse des populations de gibier aux pratiques de chasse.

12. Développer la formation sur la gestion des risques dans les réseaux de formation forestière : dans les universités forestières et centres de formation pour propriétaires et professionnels.

Points clefs et recommandations par risque

Feu de forêt

La prévention des feux de forêts se révèle efficace lorsqu'un réseau de gestion du risque quotidien existe et qu'il est soutenu par une organisation institutionnelle ou professionnelle de la forêt et du feu.

La réalisation des opérations de prévention des feux de forêts par les propriétaires est directement liée au retour économique de la production forestière.

Les opérations de lutte sont organisées par une chaine de commande et de procédures quasi militaire, dans laquelle les sapeurs spécialisés dans la lutte contre les feux de forêt est essentielle.

La détermination des causes de départs de feux pourrait être améliorée et ce dans toutes les régions puisque l'origine de la majorité des feux est inconnue. Afin de pouvoir comparer les différents pays, la récolte de cette donnée doit être harmonisée par une classification commune des origines.

Événements climatiques extrêmes

Lors de récentes gestion de crise, l'implication des professionnels de la filière (coopératives, techniciens forestiers…) s'est révélé efficace en terme de nettoyage et de reconstitution de la forêt. L'élaboration de plans de contingence devrait permettre de définir les rôles, coopérations et procédures à réaliser par ces acteurs et d'intégrer des moyens pour limiter la chute des cours du bois.

Insectes et maladies

La propagation des insectes et maladies entre pays, l'augmentation de leur adaptation et l'évolution des menaces liées aux changements globaux sont les principales préoccupations. Les échanges commerciaux de produits établis comme risqués doivent être évités, les contrôles sanitaires aux frontières renforcés ainsi que l'implication des industries forestières dans un commerce de bois sain.

Gibier

Un des principaux défis de la chasse est la conciliation des acteurs et de leur perception des risques. Il convient d'instaurer un dialogue entre acteurs fondé sur des outils objectifs, des rencontres, des visites de terrain, une répartition équilibrée de représentants des forestiers et des chasseurs aux instances de chasse.

Dégradation du sol

Il convient d'identifier les menaces, pressions et risques de dégradation du sol liés à la gestion forestière. La méthode proposée par l'Union Européenne via le JRC, de cartographier les zones sensibles à la dégradation du sol, peut constituer un outil valorisable pour les décideurs. Ceci pourrait favoriser les pratiques forestières durables et encourager les activités avec moins d'impact sur le sol (ex : câble). Les PES (Paiement des services environnementaux) sont également une piste à explorer pour inciter à la gestion durable.

2 HERRAMIENTAS INSTITUCIONALES DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS

Antecedentes

Los socios del proyecto FORRISK han trabajado juntos en lo que se conoce como una "tarea transversal" con el objetivo de proponer mejoras en la gestión de riesgos. Se realizó un análisis comparativo de las instituciones existentes y de las herramientas (procedimientos, directrices, actividades de redes, etc.) que cada una de ellas proporcionan dentro de las regiones FORRISK. En primer lugar, se analizaron los diferentes sistemas de gestión de riesgos, riesgo a riesgo en todas las regiones; y posteriormente región a región para todos los riesgos. Después de haber completado este ejercicio, se pudieron proponer mejoras a los sistemas de gestión de riesgos dentro de cada región así como entre regiones, además de recomendaciones para la gestión de riesgos individuales o de riesgos múltiples.

Método

Riesgos estudiados

- Incendios forestales
- Plagas y enfermedades
- Eventos climáticos extremos (tormentas, sequías, heladas)
- Animales salvajes (caza)
- Degradación del suelo

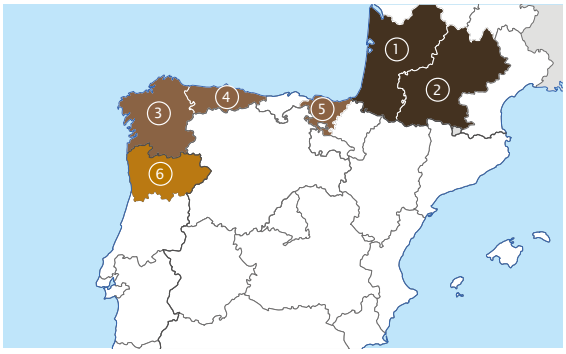


Figura 1: Áreas estudiadas. © EuroGeographics Association for the administrative boundaries.

1 Aquitania 2 Midi-Pyrénées 3 Galicia 4 Asturias 5 País Vasco 6 Vale do Sousa

Primera etapa:
En cada región se realizó un inventario y un análisis de las herramientas existentes para la gestión del riesgo, para la anticipación a los riesgos y para la monitorización de los riesgos. Se evaluó la eficiencia de las herramientas y la existencia de un enfoque multirriesgo.

Segunda etapa:
Se compararon las herramientas existentes en las regiones estudiadas en el proyecto.

Tercera etapa:
A partir de la información adquirida en las etapas 1 y 2, se sugirieron mejoras en las herramientas de gestión de riesgos en el sur-oeste de Europa y se propuso una metodología para realizar una cooperación inter-regional efectiva.

Con el objetivo de asegurar la estandarización en la recogida de datos, se diseñó y utilizó un formato único en todas las regiones.

INFORMACIÓN RECOGIDA	OBJETIVO
Antecedentes del riesgo	Entender las opciones y estrategias de gestión del riesgo en cada región con el fin de ser capaz de proponer mejoras regionales
Desarrollo del riesgo y cambio climático	
Legislación referente al riesgo	
Resumen de las organizaciones relacionadas con la gestión de riesgos y principales acciones desarrolladas por ellas	Obtener una visión completa de los sistemas generales de gestión de riesgos
Información detallada sobre las organizaciones encargadas de la gestión de riesgos	Mejorar el conocimiento de las entidades que componen los sistemas de gestión de riesgos
Análisis DAFO del Sistema general de gestión de riesgos	Obtener una visión general de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de los sistemas de gestión de riesgos
Diagrama de los actores relevantes	Obtener una visión general de la estrategia de gestión de riesgos: en términos de ubicación geográfica y de protección frente a los riesgos

Tabla 1: Resumen del formato de toma de datos.

Resultados

Doce recomendaciones clave para la mejora de la protección de los bosques

Recomendaciones regionales:

1. Fomentar la interacción y la colaboración de los diferentes propietarios forestales y fortalecer la red de actores involucrados en la protección de las masas forestales, y en la gestión diaria de los riesgos y de las crisis.

De esta manera, se podrán adoptar y aplicar de manera colectiva medidas de protección comunes que afecten a los tres componentes del riesgo, peligro, vulnerabilidad e impacto potencial. Además, así las partes interesadas tendrán más peso y serán más eficaces cuando traten con las autoridades públicas.

Las masas forestales de la región del proyecto FORRISK son mayoritariamente de propiedad privada. Su gran número y fragmentación pueden dificultar la gestión forestal y obstaculizar cualquier intento de defender los intereses del sector forestal al tratar con las autoridades públicas así como la puesta en marcha de medidas de protección comunes. Se necesita establecer y reforzar las redes de actores relevantes (incluidas las instituciones públicas) con el fin de asegurar que se llevan a cabo medidas de prevención y de gestión de las crisis eficaces.

REDES DE PROTECCIÓN DE LOS BOSQUES

Redes de propietarios forestales:

En Aquitania, Francia: Asociaciones Sindicales Autorizadas, coordinadas a través de la Asociación Regional de Defensa de los Bosques Contra los Incendios (ASA de DFCI AQUITANIA)

En Portugal: Zonas de Intervención Forestal (ZIF)

Redes profesionales:

Francia: una red de forestales conocida como “Corresponsales-Observadores” desarrolla el trabajo de vigilancia para el Departamento de Sanidad Forestal (DSF)
En todas las regiones: bomberos, profesionales forestales

2. Impulsar el desarrollo de negocios y actividades del sector forestal.

Los negocios y las actividades del sector forestal son beneficiosos para los bosques, debido a que el interés de los propietarios y gestores forestales es reducir en sus terrenos cualquier tipo de riesgo que tenga como resultado la disminución de su valor económico y su aprovechamiento. Por tanto, están activamente implicados en su gestión y protección.

LA IMPLICACIÓN DE LOS PROPIETARIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE AQUITANIA

Los bosques de las Landas de Gascuña, en el sudoeste de Francia, constituyen una importante fuente de actividad económica en la región de Aquitania. Con el fin de proteger sus bosques, los propietarios forestales se agrupan en ASA de DFCI y contribuyen a financiar el sistema de protección del bosque contra el fuego.

3. Implicar a las entidades locales en la protección del bosque.

Para poder implicarse en la protección del bosque, las entidades locales pueden participar en la toma de decisiones relacionadas con los riesgos y fomentar la discusión entre propietarios y empresas forestales con el fin de participar en grupos de presión ("lobbying").

CÓMO SE PUEDE IMPLICAR A LAS ENTIDADES LOCALES

Agrupar a propietarios y empresas forestales y animar discusiones constructivas sobre aspectos relacionados con la caza o la práctica de la "tala y quema" (impactos sobre la caza y riesgo de incendio forestal).

Tener en cuenta el posible riesgo de erosión en la concesión de permisos de manejo.

Realizar el seguimiento de un lugar concreto donde un incendio haya sido recientemente extinguido para poder asegurarse de que no se reproduce en el futuro.

4. Consolidar y mejorar la percepción sobre los riesgos entre toda la comunidad (incluida la población en general, las autoridades locales y los propietarios forestales).

Nadie percibe de la misma manera el riesgo y ello plantea un problema cuando ese riesgo necesita ser gestionado colectivamente. Las partes interesadas necesitan mejorar su conocimiento sobre un riesgo concreto y ser capaces de asociar la noción de uso de la tierra con la del propio riesgo. Ello puede conseguirse mediante el diálogo y el uso de herramientas de gestión objetivas y fiables.

EJEMPLOS DE CÓMO MEJORAR EL CONOCIMIENTO DE UN RIESGO

Organizar la comunicación y la organización de campañas de concienciación en la comunidad en relación con el uso del fuego en el medio natural, en particular en relación a la población visitante durante la temporada de mayor riesgo de incendio.

Establecer comités, grupos de trabajo, reuniones colaborativas y proyectos concretos dirigidos a los diferentes usuarios de los terrenos (gestores forestales y cazadores, en relación a daños por caza, excursionistas, bomberos, eliminar, etc.) y aplicar herramientas fiables de gestión del riesgo.

5. Adaptar y simplificar la legislación

Antes que represiva, la legislación forestal de protección debería ser un incentivo para la protección del bosque y la gestión forestal sostenible y adaptarse a las distintas situaciones particulares en los bosques y otros terrenos forestales. Si la legislación es demasiado complicada y no está bien adaptada al sector forestal, constituye un problema y en ocasiones puede desincentivar a los propietarios forestales e incluso llegar a frenar las iniciativas de protección. También debe realizarse un seguimiento de su nivel de aplicación para poder asegurarse de que se respeta su cumplimiento.

EFECTOS DE LEGISLACIÓN COMPLEJA

En Aquitania, Francia: leyes múltiples (con relación con el agua, contratos gubernamentales, construcción, etc.), superpuestas a la labor desarrollada por las DFCI.

En el País Vasco español: también leyes múltiples, más o menos restrictivas, y aplicadas por múltiples administraciones o entidades públicas.

En Portugal: el pino está sometido a 68 leyes diferentes y los propietarios forestales deben hacer equilibrios con hasta siete cuerpos institucionales distintos.

EJEMPLOS DE NO CUMPLIMIENTO DE LA LEGISLACIÓN

En Aquitania, Francia: las leyes que regulan la gestión del sotobosque no suelen ser respetadas, no se realiza su seguimiento y es muy poco frecuente la imposición de multas con tal motivo.

En Portugal: las leyes que regulan la eliminación de residuos de cortas para reducir el riesgo de incendio no suelen respetarse ni se realiza su seguimiento.

EFECTOS DE LEGISLACIÓN CONSTRUCTIVA

En el País Vasco español, se dispone de distintas subvenciones, tanto para empresas y profesionales como para propietarios forestales privados, para la adquisición de maquinaria y para la aplicación de buenas prácticas de gestión con el fin de disminuir el impacto en los suelos.

6. Desarrollar herramientas regionales de apoyo a la toma de decisiones de tipo multirriesgo, destinadas a los propietarios forestales, con el fin de que puedan integrar fácilmente los riesgos en su propia gestión forestal.

Las aproximaciones multirriesgo aún son complejas y poco estudiadas, pero no por ese motivo deberían dejar de ser esenciales. Cuando fuera posible su aplicación, debería suministrarse a los propietarios forestales estas herramientas de apoyo a la toma de decisiones basadas en parámetros regionales con el fin de ayudarles a ordenar toda la información y recomendaciones disponibles, las cuales, en ocasiones, pueden llegar a ser contradictorias.

RELACIONES ENTRE RIESGOS

Los incendios forestales, la pendiente y la lluvia aumentan el riesgo de erosión.

Los daños ocasionados por tormentas incrementan el riesgo de incendios forestales, plagas de insectos, la difusión de enfermedades y de caza, etc.

7. Aplicar medidas comunes de protección en una zona de riesgo.

Los límites geográficos de una zona de riesgo(s) cambiarán en función de la amenaza(s) implicada(s) y serán mayores que el tamaño de la propiedad. Por eso resulta más eficaz y rentable que los propietarios forestales en esa zona se junten para establecer estrategias de gestión del riesgo.

IMPORTANCIA DE LA ESCALA DE LA CUENCA BAJO RIESGO

Un propietario forestal que aplica buenas prácticas en su bosque con el fin de limitar posibles daños potenciales podría sufrir daños si no se aplican las mismas prácticas en las propiedades colindantes.

Recomendaciones inter-regionales (con posible estandarización en todos los países):

8. Implementar un sistema para evaluar la eficiencia de las medidas de protección tomadas, independiente del sistema de gestión de riesgos.

El análisis y la gestión de riesgos se pueden valorar a través de la implementación de herramientas de rendimiento e indicadores de eficiencia y calidad. Dicho sistema no solo sería la base de la monitorización de daños, sino también, por ejemplo, de recursos usados, de la adaptabilidad y capacidad de recuperación del sistema, de la interacción entre las partes interesadas, y de la estandarización con las regiones vecinas.



EJEMPLO DE SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA EFICACIA

Este tipo de sistema de valoración ya existe en otros sectores, como la herramienta de Prestación de Servicios Veterinarios (Performance of Veterinary Services, PVS) utilizada por la Organización Mundial de la Salud Animal (World Organization for Animal Health, OIE).

9. Desarrollar herramientas de seguimiento duraderas con el objetivo de dar la alarma y asegurarse de que se toman las medidas adecuadas; monitorizar el desarrollo de los peligros y adaptar los métodos de protección según el grado del riesgo y el cambio global (ver a continuación); mejorar el conocimiento de los riesgos.

El cambio global incluye:

- El cambio climático: incrementará los peligros a los que tendremos que adaptarnos (seleccionar especies con una mayor flexibilidad climática, crear nuevas infraestructuras como el DFCI).

- El comercio: un aumento en el comercio amenazará los sistemas existentes de protección contra insectos y enfermedades.

- Prácticas forestales/selvícolas: Un incremento en la producción de energía puede, en algunos casos, resultar beneficioso en la gestión y mantenimiento de masas forestales, pero, en otros casos (escenarios de producción de biomasa), puede aumentar el riesgo de incendios forestales.
La producción en plantaciones de corta rotación incrementa el riesgo de degradación del suelo.

- El comportamiento ciudadano y cambios en el uso del suelo: la urbanización llega a un nivel de fragmentación más alto y hace que el uso del suelo pueda ocasionar un incremento en el nivel de ciertos riesgos. La despoblación rural conlleva una menor presencia de los propietarios en sus montes y un menor control de la fauna a través de la caza en algunas zonas. No toda la gente que se desplaza para vivir en el campo tiene la misma idea de lo que es la naturaleza.

Estas herramientas de seguimiento deberían estar estandarizadas a nivel europeo.

HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO

ICP (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) nivel 1 del red de seguimiento de la salud forestal.

Centro para la Restauración de Bosques (Centre for Forest Restoration, France) gestionado por el Grupo Público de Intereses para la gestión del suelo y el riesgo (GIP ATGeRI)

INDICES DEL NIVEL DE RIESGO

Índice del Tiempo para Fuegos Forestales (Forest Fire Weather Index (IFM)), Centro regional para el seguimiento de daños provocado por cérvidos gestionado por el GIP ATGeRI, y basado en los testimonios de propietarios forestales y profesionales del sector de la madera.

Alertas sanitarias y consejos de prevención divulgado por la estación de fitopatológica de Areeiro (Galicia).

REDES DE VIGILANCIA

Torres de observación.

Redes de vigilancia para la introducción de nuevos patógenos dirigido por el Departamento de Salud Forestal (DSF) de Francia.

10. Incorporar planes de contingencia en la gestión de la crisis.

Estos planes deberían definir el papel de cada parte interesada además de integrar y anticipar procedimientos para que se evite el colapso del mercado de la madera.

La idea que respalda la planificación de contingencia para las zonas más vulnerables y para las amenazas más dañinas es prepararse para la crisis antes de que suceda. Los procedimientos a llevar a cabo deberían estar identificados, además de los principales interesados y sus contactos, sus métodos de coordinación, sus papeles y las herramientas necesarias para gestionar la crisis.

EJEMPLO DE PLAN DE GESTIÓN DE CRISIS

La Unión Europea requiere a los estados miembros en zonas de riesgo del nematodo del pino adoptar planes de contingencia para evitar su dispersión por ella.

11. Desarrollo y puesta a disposición del conocimiento y de los datos relacionados con los riesgos con el fin de construir una base de datos de referencia.

Tener acceso a datos de referencia sólidos es básico para dar recomendaciones robustas y desarrollar medidas de protección sólidas. Tales datos de referencia incluyen información sobre amenazas, vulnerabilidad del bosque, interacciones entre distintos riesgos y respuestas de sistemas a las medidas de protección tomadas.

Para determinados riesgos, la ausencia de datos de referencia regionales implica que no es posible recomendar o informar a los grupos de interés acerca de las mejores prácticas que llevar a cabo. Por lo tanto, cualquier mejora en el conocimiento de las amenazas y vulnerabilidades de los bosques sería un activo para la gestión del riesgo.

Así como hay una gran cantidad de datos relacionados con la monitorización de la salud del bosque para la mayoría de regiones, estos datos no son siempre analizados y por tanto no son explotados, debido a la falta de tiempo y medios económicos. Por lo tanto, se debe mejorar la comunicación sobre la disponibilidad de datos. Se deben estandarizar los protocolos para poder comparar datos y resultados entre países.

COMPARTIR EL CONOCIMIENTO

Los datos relacionados con la monitorización de la salud del bosque de la red ICP1 deben ser explotados.

Mejorar los estudios sobre las causas de los incendios.

Mejorar el conocimiento sobre la respuesta de las especies cinegéticas a las prácticas de caza.

12. Desarrollar programas de formación para la gestión del riesgo en el sector de la enseñanza relacionada con los bosques.

Recomendaciones relativas a los riesgos

Incendios forestales

La prevención eficiente de los incendios forestales recae en una red de gestores del riesgo mantenidos por organizaciones institucionales o de profesionales competentes en incendios forestales.

Las medidas de prevención de incendios forestales tomadas por los gestores forestales están directamente conectadas a los beneficios económicos esperados en la producción de las plantaciones.

Las operaciones de lucha contra incendios se ejecutan por una cadena de mando y siguiendo procedimientos análogos a los militares. Los servicios de extinción necesitan especializarse en la lucha contra incendios forestales.

Se desconoce en la mayoría de las regiones las causas del inicio de los incendios. Los estudios sobre las causas de inicio de fuegos necesitan ser mejorados. Hay que estandarizar la clasificación de los fuegos forestales y sus orígenes, de tal manera que la experiencia de los distintos países pueda ser comparada.

Eventos Climáticos Extremos

Durante la gestión de crisis recientes, la participación activa de los grupos de interés forestal (cooperativas forestales y técnicos forestales, etc.) ha demostrado ser eficiente en las tareas de limpieza y restauración forestal. El desarrollo de planes de contingencia ayudaría a definir sus papeles, cómo deberían cooperar y qué procedimientos deberían seguir, así como a evitar la caída de precios de la madera integrando medidas para tal efecto.

Enfermedades y plagas

Las preocupaciones principales en este aspecto son la dispersión de enfermedades y plagas de país a país, el aumento de su capacidad para adaptarse y la aparición de impactos relacionados con el cambio climático. Se debería evitar el comercio de productos que suponen un riesgo conocido, se deberían fortalecer los controles sanitarios en las fronteras y se debería animar a las industrias del sector forestal para comprometerse con el mercado de madera sana.

Caza

Uno de los retos de la caza es el acuerdo de los grupos de interés en la percepción de los riesgos. Por tanto, ellos deberían comprometerse a dialogar en la determinación de herramientas objetivas de evaluación, participando en reuniones y visitas de campo. Hay, además, necesidad de equilibrar la participación de representantes del sector forestal y del sector de la caza en los comités sobre la caza.

Degradación del suelo

Las amenazas, presiones y riesgos de degradación del suelo deben ser identificados en relación a la gestión forestal. Las herramientas que pueden ser útiles para la redacción de políticas incluyen la metodología de cartografiado de áreas sensibles a la degradación del suelo propuesta por la JRC (Unión Europea) y la metodología de cartografiado de riesgos potenciales de erosión propuesta en el proyecto FORSEE. Su uso aseguraría la aplicación de prácticas forestales sostenibles y promocionaría actividades con menor impacto sobre el suelo (por ejemplo la extracción de madera con cable). Las operaciones de gestión en suelos sensibles deben ser reguladas eliminando las prácticas no sostenibles e incentivando las sostenibles con subsidios (por ejemplo, el pago de servicios ambientales (*Payments for Environmental services PES*, en inglés, incentivos ofrecidos como contrapartida a servicios ecológicos).

2 FERRAMENTAS INSTITUCIONAIS PARA A GESTÃO DOS RISCOS

Fundamento

Os parceiros do projecto FORRISK trabalharam em conjunto numa tarefa transversal a todos, cujo objectivo era propor algumas melhorias na gestão do risco. Este objectivo foi alcançado através da análise e comparação das organizações e ferramentas institucionais (procedimentos, orientações, actividades conjuntas, etc.) existentes em todas as regiões do projecto FORRISK. Em primeiro lugar, diferentes sistemas de gestão do risco foram analisados, um a um em todas as regiões; posteriormente, as regiões foram analisadas uma a uma para todos os riscos. Tendo completado esta tarefa, foi então possível propor melhorias nos sistemas de gestão de risco para cada região em particular e, para todas as regiões em conjunto, bem como propor recomendações individuais para cada risco ou para cada conjunto de vários riscos.

Método

Riscos estudados

· Fogos florestais
· Pragas e doenças
· Eventos climáticos extremos (tempestades, secas, geadas)
· Caça
· Erosão do solo

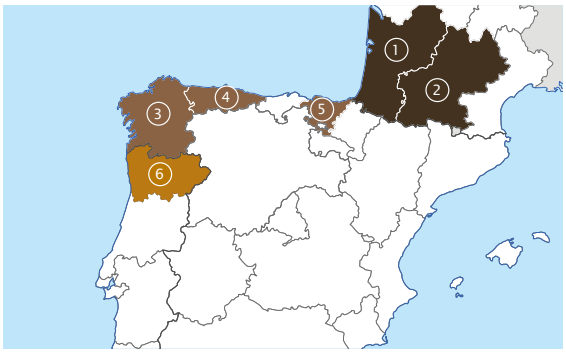


Figure 1: Áreas estudadas. © EuroGeographics Association for the administrative boundaries.

Primeiro passo:
Foi realizado um inventário e posteriormente uma análise das ferramentas existentes em cada região do projecto relacionadas com a gestão, antecipação e monitorização do risco. A eficácia das ferramentas e a existência ou não de uma abordagem multi-riscos foram tidos em consideração.

Segundo passo:
As ferramentas existentes foram comparadas entre as várias regiões do projecto.

Terceiro passo:
Tendo por base as informações obtidas nas alíneas anteriores (1 e 2), foram feitas sugestões para a melhoria das ferramentas de gestão no Sudoeste Europeu, e foram identificadas os modos segundo os quais as várias regiões poderiam cooperar entre si.

Para assegurar a uniformização dos dados, foi criada uma tabela que permitisse recolher a mesma informação em todas as regiões, sempre que tal fosse possível (alguns dados não estavam disponíveis para todas as regiões):

1 Aquitânia 2 "Midi-Pyrénées" 3 Galiza 4 Astúrias 5 País Basco 6 Vale do Sousa

INFORMAÇÃO RECOLHIDA	OBJECTIVO
Conhecimentos sobre o risco	Compreender as escolhas e estratégias na gestão do risco em cada região para que fosse possível propor melhorias na gestão a nível regional
Desenvolvimento do risco e alterações climáticas	
Legislação existente para o risco	
Organizações de gestão de risco e as suas principais acções	Obter uma visão geral sobre os sistemas de gestão de risco
Informação detalhada sobre as organizações que são responsáveis pela gestão do risco	Melhorar o conhecimento sobre as entidades que constituem os sistemas de gestão de risco
Análise SWOT para todos os sistemas de gestão de risco	Obter uma visão geral dos pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças dos sistemas de gestão de risco
Diagrama de actores	Obter uma visão geral da estratégia de gestão de risco: relativamente à localização geográfica e à protecção contra o risco

Tabela 1: Resumo da tabela de inventário

Resultados

Vinte recomendações chave para melhorar da protecção das florestas.

Recomendações regionais:

1. Estimular a interacção e colaboração dos proprietários florestais e fortalecer a rede de actores envolvidos na protecção da floresta e na gestão diária de riscos e crises:

As medidas de protecção comuns que têm impacto sobre os três componentes do risco (os riscos, a vulnerabilidade e os valores em risco) podem ser aceites e aplicadas colectivamente, para que os actores possam lidar mais eficazmente com as autoridades públicas.

O facto de as florestas serem muito fragmentadas e serem em grande número pode dificultar a gestão florestal e impedir qualquer tentativa de defesa dos interesses florestais quando se lida com as autoridades públicas e, qualquer tentativa de criação de medidas de protecção comuns. É necessário construir e reforçar a ligação entre os actores (incluindo as instituições públicas) a fim de se conseguir assegurar que as medidas de prevenção e gestão são executadas de forma eficaz.

REDE DE PROTECÇÃO FLORESTAL

Rede de proprietários florestais:

Na Aquitânia, França: União Sindical de Associações de protecção da floresta contra os incêndios (ASA para DFCI).

Em Portugal: Áreas de intervenção florestal (ZIF).

Redes de actores:

França: rede de proprietários conhecidos como "Correspondentes-Observadores" que realizam vigilâncias para o Departamento de Sanidade Florestal (DSF).

Em todas as restantes regiões: bombeiros, profissionais florestais.

2. Incentivar o desenvolvimento de negócios e actividades relacionadas com o sector florestal.

Os negócios e as actividades relacionadas com o sector florestal são benéficas para as florestas, uma vez que, é do interesse dos gestores florestais reduzirem quaisquer riscos nos seus povoamentos, que possam posteriormente reduzir o valor económico dos mesmos. Estes gestores estão activamente envolvidos em gestão e protecção das florestas.

ENVOLVIMENTO DOS PROPRIETÁRIOS FLORESTAIS NA REGIÃO DA AQUITÂNIA

As florestas da Gasconha no Sudoeste de França são uma fonte da actividade económica na região de Aquitânia. Com o objectivo de proteger as suas florestas, os proprietários florestais têm-se associado no ASA para DFCI e contribuído para o financiamento do sistema de defesa das florestas contra incêndios.

3. Envolvimento das autarquias na protecção florestal.

Por estarem envolvidos na protecção da floresta, as autarquias podem tomar decisões sobre os riscos e incentivar a discussão entre as partes interessadas, deixando de parte as pressões institucionais.

COMO DEVEM AS AUTARQUIAS ENVOLVER-SE

Reunir as partes interessadas e incentivar uma discussão construtiva relativamente a questões relacionadas com a caça ou a prática das queimadas (impactos na caça e no risco de incêndios florestais).

Considerar qualquer risco de erosão antes de permitir licenças de construção.

Monitorizar um local onde um incêndio tenha sido recentemente extinto para ter certeza de que este não vai reacender.

4. Consolidar e melhorar a percepção sobre o risco na comunidade (incluindo o público em geral, autarquias e proprietários florestais).

O risco pode ser compreendido de diferentes formas por diferentes pessoas, o que pode constituir um problema quando a gestão tem de ser realizada em conjunto. Os actores têm de melhorar os seus conhecimentos sobre os riscos e serem capazes de associar a forma como usam a terra à noção da presença de riscos. Para isso, é necessário que exista diálogo entre as partes interessadas e uso de ferramentas de avaliação de riscos que sejam objectivas e fiáveis.

EXEMPLOS DE COMO SE PODE MELHORAR O CONHECIMENTO SOBRE OS RISCOS

Organizar campanhas de sensibilização da comunidade sobre o uso de queimadas, em particular em relação a populações com breves estadias na região durante a época de incêndios.

Criar comissões, grupos de trabalho, organizar reuniões e propor projectos que juntem em colaboração diferentes proprietários florestais (gestores florestais e caçadores sobre os danos causados pela caça, caminhantes, bombeiros, caçadores, etc.) e aplicar ferramentas de avaliação de risco que sejam credíveis.

5. Adaptar e simplificar a legislação

Para além de ser repressiva, a legislação sobre a protecção florestal deve ser um incentivo à protecção das florestas e um incentivo a uma gestão florestal sustentável, devendo ser adaptada a situações particulares relacionadas quer com a silvicultura, quer com as florestas em si. Se a legislação for muito complexa e não foi adaptada ao sector florestal de forma correcta, pode torna-se problemática e pode até desencorajar os proprietários florestais a aceitarem iniciativas de protecção das florestas. A sua aplicação deve ser monitorizada, para que se tenha a certeza de que é aplicada..

EXEMPLOS DA COMPLEXIDADE DA LEGISLAÇÃO

Na Aquitânia, França: existem várias leis, (relacionadas com as águas, contractos com o governo, construções, etc.) para além do trabalho já realizado pelo DFCI.

No País Basco: múltiplas leis, mais ou menos restritivas, aplicadas por diferentes administrações ou organismos públicos.

Em Portugal, o pinheiro bravo está sujeito a 68 instrumentos jurídicos diferentes e os proprietários florestais têm de lidar com sete organismos institucionais.

EXEMPLOS DA NÃO APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO

Na Aquitânia, França: as leis de gestão do sub-bosque raramente são respeitadas, não são monitorizadas e é rara a aplicação de coimas.

Em Portugal: as leis relativas à remoção de todos os resíduos produzidos durante o corte de árvores (que podem aumentar o risco de incêndio) não são respeitadas nem são objecto de acompanhamento.

EXEMPLOS DE LEGISLAÇÃO CONSTRUTIVA

No País Basco, os subsídios para a compra de máquinas e para a aplicação de práticas silvícolas com baixo impacto sobre o solo estão disponíveis tanto para os proprietários florestais profissionais como para os privados.

6. Desenvolver ferramentas regionais de apoio à decisão para múltiplos riscos para que os proprietários florestais possam integrar com maior facilidade os riscos na gestão florestal.

A abordagem multi-risco é complexa e está ainda pouco estudada, mas no entanto é essencial. Os proprietários florestais devem possuir ferramentas de apoio à decisão com parâmetros regionais para que possam resolver os problemas através das suas informações e recomendações.

LIGAÇÕES ENTRE RISCOS

Os fogos florestais, os declives e a chuva aumentam o risco de erosão.

Os danos causados pelas tempestades aumentam o risco de incêndio florestal, invasão por insectos, propagação de doenças, caça, etc.

7. Aplicar medidas de protecção comuns a uma área de risco.

Os limites geográficos de uma área em risco mudam de acordo com o (s) risco (s) envolvido (s) e são maiores do que o tamanho de uma dada propriedade. É portanto, mais económico e mais eficaz, se os proprietários florestais da área em risco conciliarem esforços entre si e estabelecerem uma estratégia para a gestão do risco comum a todos.

IMPORTÂNCIA DA ESCALA DA BACIA EM RELAÇÃO AO RISCO

O proprietário de uma área florestal que aplica boas práticas na sua propriedade num esforço de limitar os danos potenciais causados por um dado risco, pode no entanto, ser vítima de estragos se as mesmas práticas não forem aplicadas nas propriedades vizinhas.

Recomendações inter-regionais (com possibilidade de uniformização em todos os países):

8. Implementar um sistema para avaliar a eficácia das medidas de protecção, independentemente do sistema de gestão de riscos.

A análise e gestão do risco podem ser avaliadas através da implementação de ferramentas de desempenho, de eficácia e através de indicadores de qualidade. Para além do acompanhamento dos danos causados por um dado risco, devem ser tidos em conta os recursos utilizados, a adaptabilidade e resiliência do sistema, a interacção entre as partes interessadas, e a uniformização entre as regiões vizinhas.



EXEMPLO DE UM SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA

Este tipo de sistema de avaliação já existe em outros sectores, como no sector do Desempenho dos Serviços Veterinários (DVE), que é uma ferramenta utilizada pela Organização Mundial de Saúde Animal (OIE).

9. Desenvolver ferramentas de monitorização duradouras, com o objectivo de alertar e assegurar que todas as medidas sejam tomadas; acompanhar o desenvolvimento dos riscos e, adaptar os métodos de protecção ao grau de risco e às alterações globais (ver abaixo); melhorar o conhecimento sobre o risco.

As mudanças globais incluem:

- Alterações climáticas: irão fazer aumentar os riscos a que teremos de nos adaptar (devem ser escolhidas espécies com uma maior flexibilidade climática e devem ser criadas novas infra-estruturas como o DFCI);

- Trocas comerciais: um aumento no número de trocas comerciais irá ameaçar os sistemas de protecção contra insectos e doenças;

- Práticas florestais: um aumento na produção de energia proveniente do uso de biomassa pode ser benéfica para a gestão florestal mas em algumas situações (cenários envolvendo a produção de biomassa) pode aumentar o risco de fogo florestal. A produção de madeira com rotações mais curtas pode aumentar o risco de erosão dos solos;

- Comportamento do público em geral e mudanças no uso do solo: a urbanização leva a um aumento da fragmentação. O êxodo rural tornou os proprietários florestais menos presentes nas suas propriedades e reduziu a caça em algumas áreas, para valores insuficientes para controlar as populações de determinadas espécies cinegéticas. As pessoas que se deslocam para viver no campo têm muitas vezes uma visão diferente da natureza.

As ferramentas de monitorização necessitam de ser uniformizadas por toda a Europa.

FERRAMENTAS DE MONITORIZAÇÃO

ICP (Programa de Cooperação Internacional para a Avaliação e Controlo dos Efeitos da Poluição Atmosférica nas Florestas) – rede nível 1 para monitorizar a saúde das florestas → (terminou em 2006).

Centro de Restauração Florestal (França) gerido pelo Grupo de Interesse Público pela terra e gestão de riscos (GIP ATGeRI).

INDICADORES DO NIVEL DE RISCO

Índice das condições meteorológicas propícias à ocorrência de fogos florestais (IFM), Centro Regional para o monitoramento de danos causados por cervos gerido pelo GIP ATGeRI, declaração dos proprietários florestais e profissionais do sector de madeira.

Alertas sanitários e conselhos de prevenção fornecidos pela estação de Fitopatologia do Areeiro (Galiza).

REDES DE VIGILÂNCIA

Torres de vigia.

Rede de vigilância para a introdução de novas doenças coordenada pelo Departamento de Sanidade Florestal (DSF), em França.

10. Incorporar os planos de contingência na gestão de crises.

Os planos de contingência devem definir o papel dos actores florestais, integrando e antecipando procedimentos, a fim de evitar o colapso do mercado de madeira.

A ideia adjacente aos planos de contingência para as áreas mais vulneráveis e para os riscos mais prejudiciais é que seja feita uma preparação para a crise antes que esta aconteça. Os procedimentos a serem realizados devem ser identificados, bem como os principais actores e entidades patronais, devem também ser identificados os métodos de coordenação, as funções e as ferramentas utilizadas para a gestão da crise.

EXEMPLO DE UM PLANO DE GESTÃO DE CRISES

A União Europeia exige que os Estados-Membros que estão em áreas de risco de serem atacadas pelo nemátode do pinheiro, adoptem planos de contingência para evitar a sua propagação por toda a União Europeia.

11. Desenvolver e tornar disponíveis os conhecimentos e os dados relacionados com os vários riscos, com o objectivo de construir um conjunto de dados de referência.

Ter acesso a dados de referência é a base para que se possa dar bons conselhos e desenvolver medidas de protecção. Esses dados devem incluir informações sobre riscos, a vulnerabilidade da floresta, as interacções entre os diferentes riscos e as respostas do sistema relativamente às medidas de protecção adoptadas. Para alguns riscos, a falta de dados de referência a nível regional significa que não é possível aconselhar ou informar as partes interessadas sobre as melhores práticas a serem aplicadas. Portanto, o conhecimento sobre os riscos e sobre a vulnerabilidade das florestas deve ser melhorado de forma a ser uma mais-valia para a gestão de riscos. Embora existam vários dados relacionados com o acompanhamento da sanidade florestal para a maioria das regiões, os dados nem sempre são analisados ou explorados devido à falta de tempo e de recursos financeiros. Portanto, é necessário melhorar a comunicação relativamente à quantidade de dados que estão disponíveis e os protocolos precisam de ser uniformizados para que se possam comparar dados e resultados entre diferentes países.

PARTILHA DO CONHECIMENTO

Os dados relacionados com o acompanhamento da sanidade florestal a partir da rede ICP1 devem ser explorados.

Melhorar estudos relacionados com a forma como se iniciam os incêndios florestais.

Melhorar o conhecimento sobre a forma como as espécies cinegéticas respondem às práticas utilizadas na caça.

12. Desenvolver programas sobre a gestão de risco para a área da silvicultura no sector educacional.

Recomendações relacionadas com os riscos

Fogos florestais

A prevenção eficaz dos incêndios florestais baseia-se numa rede de gestores de risco suportado por uma organização institucional ou profissional de luta contra os incêndios florestais. As medidas de prevenção dos incêndios florestais postas em prática pelos gestores florestais estão directamente ligadas aos lucros económicos obtidos na produção florestal.

As operações de combate a incêndios são executadas seguindo uma cadeia de comando e são executadas através de procedimentos militares, sendo que os bombeiros precisam de ser especializados na luta contra os incêndios florestais. Em todas as regiões estudadas no âmbito do projecto, a causa da maioria dos incêndios florestais é desconhecida. Portanto, os estudos sobre as causas responsáveis pelo início de um incêndio florestal precisam de ser melhorados. A classificação dos incêndios florestais e suas origens precisam de ser uniformizados, para que diferentes países podem ser comparados entre si.

Eventos climáticos extremos

Durante a gestão recente de várias crises, o envolvimento de actores florestais (cooperativas florestais, técnicos florestais, etc.) provou ser eficiente quando o objectivo era limpar e restaurar as florestas. O desenvolvimento de planos de contingência com medidas adequadas, ajudará a definir os papéis de cada um, a forma como deve ser realizada a cooperação, os procedimentos que devem ser tomados e a forma de evitar de queda dos preços da madeira.

Pragas e doenças

As principais preocupações são a propagação de pragas e doenças entre países, o aumento da sua capacidade de adaptação e, o desenvolvimento de impactos relacionados com as alterações globais. O comércio de produtos que são conhecidos por representarem um risco deve ser evitado, devem ser reforçados os controlos sanitários nas fronteiras e as indústrias do sector florestal devem ser encorajadas a comercializarem madeira saudável.

Caça

Um dos principais desafios da caça é chegar a um acordo entre os actores sobre a percepção de cada um sobre o que são os riscos; existe a necessidade de um diálogo sobre o uso de ferramentas objectivas, assim como é necessário que exista uma maior participação em reuniões e visitas de campo. Existe também a necessidade de um equilíbrio no número de representantes do sector florestal e do sector da caça a participar em comissões de caça.

Erosão do solo

As ameaças, pressões e riscos de erosão do solo precisam de ser identificados relativamente à gestão florestal. As ferramentas que podem ser úteis para as decisões políticas incluem a utilização de metodologias para o mapeamento de áreas identificadas como sendo sensíveis à degradação dos solos proposto pelo CCI (União Europeia) e para os riscos potenciais de erosão propostos pelo projecto FORSEE. O uso destas ferramentas garantiria a aplicação de práticas florestais sustentáveis e incentivaria o uso de actividades que têm menos impacto sobre os solos (por exemplo, transporte de troncos através de cabos suspensos). As operações de gestão de solos sensíveis precisam de ser regulada, eliminando práticas insustentáveis e incentivos sob a forma de subsídios precisam ser fornecidos para garantir que estas práticas sustentáveis são realizadas (por exemplo, Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) ou incentivos oferecidos em troca de um serviço ecológico).



3 GESTION DU RISQUE EN FORÊT

FR

Installation et évaluation de dispositifs et analyses pour identifier des modes de luttes contre les risques (écologique, génétique et sylvicole).

3 GESTIÓN DEL RIESGO EN LOS BOSQUES



ES

Instalación, evaluación y análisis de dispositivos para definir métodos de lucha contra los riesgos (ecológicos, genéticos y silvícolas).

3 GESTÃO DO RISCO NA FLORESTA



PT

Instalação e avaliação de dispositivos e análises para identificar modos de lutas contra os riscos (ecológico, genético e silvícola).

3.1.1. Instalação de bordaduras armadilha para *Gonipterus platensis* como estratégia de protecção de parcelas de *Eucalyptus globulus*

PT Regiões: Centro de Portugal

Fundamento

A manipulação do comportamento dos insectos através de estímulos que os atraem para uma determinada armadilha ou cultura armadilha e de estímulos que os afastam dos recursos a proteger, são estratégias de controlo ecológico que poderão revelar resultados muito positivos (Cook *et al.*, 2006; Shelton *et al.*, 2006).

Observações anteriores de campo e de laboratório evidenciaram diferenças na atractividade entre genótipos de eucaliptos às fêmeas do gorgulho do eucalipto *Gonipterus platensis* (Marelli) para a postura dos seus ovos. Alguns materiais genéticos mostraram-se muito atractivos enquanto outros se revelaram pouco atractivos (Reis, 2010). Substâncias químicas emitidas pelas folhas dos eucaliptos e características físicas das folhas poderão justificar este resultado. Neste trabalho, procurou-se usar este conhecimento para manipular o comportamento de oviposição das fêmeas atraindo-as para uma bordadura armadilha.

Objectivo

Avaliar o efeito da plantação em bordadura de eucalipto *(Eucalyptus globulus x Eucalyptus cypellocarpa)* muito atractivo a *G. platensis*, sobre o ataque da praga na parcela central de *E. globulus*, de modo a obter indicações de gestão no controle químico da praga.





Figura 1 – A: Vista sobre uma das parcelas sem bordadura.
Figura 1 – B: exemplo de uma das filas da bordadura. (Fotos: Ana Raquel Reis, ALTRI FLORESTAL).

Instalação do ensaio

O ensaio, instalado em Pampilhosa da Serra, é constituído por quatro parcelas de *E. globulus*, duas com e duas sem bordadura atractiva (Figura 1 – A e B). As plantações envolventes são de *E. nitens* (Figura 2), espécie menos atractiva para *G. platensis*.

O ensaio foi seguido durante os anos de 2012, 2013 e 2014. As árvores da bordadura foram tratadas com insecticida uma vez por ano, durante a Primavera, de modo a eliminar os insectos adultos atraídos pela bordadura assim como as larvas resultantes das posturas aí colocadas.

Na Primavera de 2013 e de 2014, avaliou-se a altura, o diâmetro à altura do peito (DAP), o volume e a percentagem de desfolha por árvore, segundo três transectos em cada parcela (Figura 2).

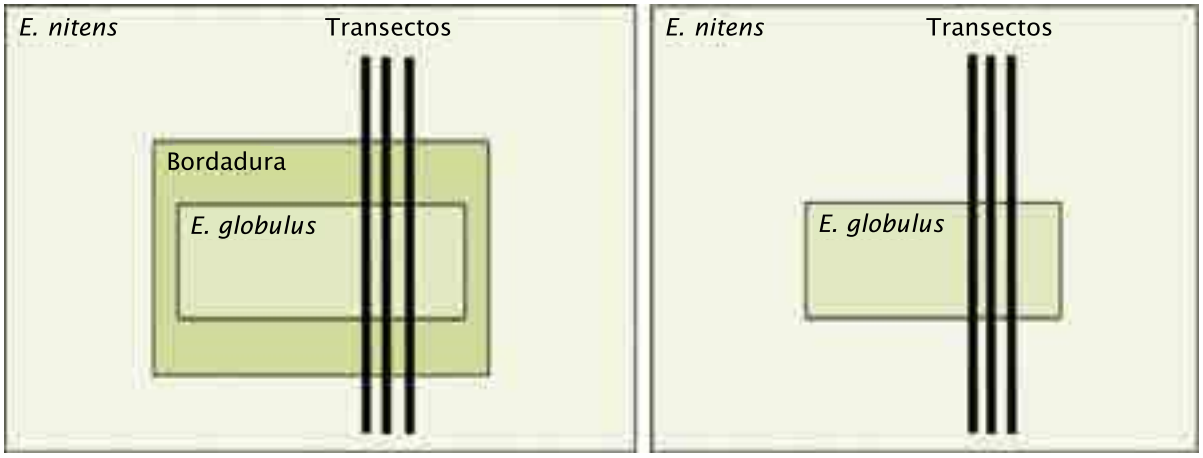


Figura 2: Esquema dos transectos efectuados para avaliar as árvores das parcelas com (esquerda) e sem bordadura (direita).

Resultados

Nos dois anos amostrados, verificou-se um maior aumento do diâmetro, da altura e, consequentemente, do volume nas parcelas com bordadura comparativamente às parcelas sem bordadura (Tabela 1).

Tipo parcela	Medida dendrométrica	Média ± erro padrão	F	*p*
com bordadura	DAP	81,7 ± 2,5	7,418	0,007
sem bordadura		73,5 ± 2,7		
com bordadura	Altura	77,8 ± 2,0	13,396	0,0001
sem bordadura		69,5 ± 2,3		
com bordadura	Volume	1,4 ± 0,1	13,547	0,0001
sem bordadura		1,0 ± 0,1		

Tabela 1: DAP, altura e volume das parcelas com e sem bordadura para os anos de 2013 e 2014. Os dados representam a média ± erro padrão, o valor de F e de p.

Em 2013, as parcelas sem bordadura apresentaram valores de desfolha superiores às parcelas com bordadura (Z= -2,437; p= 0,015). Em 2014, não se registaram diferenças entre parcela o que se poderá justificar pelo baixo nível de desfolha causado por *G. platensis* que se observou em Portugal durante este ano.

O ensaio de controlo ecológico reduziu em cerca de 22% as perdas de madeira. Numa perspectiva económica, considerando apenas os custos-benefícios dos tratamentos, o controlo ecológico é mais favorável que o não controlo da praga, mas menos que o controlo químico (Tabela 3).

Cenário	Estratégia de gestão	Produção de madeira m³/ ha.10 anos	Produção de madeira (€ / ha.10 anos)[a]	Custos tratamento €/ha/10 anos	Perda de volume de madeira m³/ ha.10 anos
Sem praga *	*E. globulus*	205	5125	-	-
Sem controlo da praga	*E. globulus*	149	3722	0	40-45% **
Controlo ecológico -1	1 ha de bordadura por 3 ha de *E. globulus*	173[d]	4300	120[b]	21%
Controlo ecológico -2	1 ha de bordadura por 6 ha de *E. globulus*	172[d]	4300	67,2[c]	22%
Controlo químico	Controlo químico	200	4950	160	10% ***

Tabela 3: Cenários possíveis para diferentes estratégias de gestão.

* Antes da chegada de *Gonipterus platensis*
** Reis *et al.*, 2012
*** Conhecimento empírico
a - valor da madeira – 25 €/m³ ; b -3 tratamentos/ano x 4 anos x 40€ x 0,25 (1ha tratado por 4 ha); c - 1ha tratado por 6 ha, d – considera-se que as árvores da bordadura apenas produzem cerca de 76m³/ha;



Fotos: Ana Raquel Reis, ALTRI FLORESTAL.

Conclusões/Recomendações

Em dois anos consecutivos, verificou-se um crescimento superior nas árvores das parcelas com bordadura quando comparado com as parcelas sem bordadura. As perdas de madeira foram reduzidas em cerca de 22%, sendo economicamente preferível ao não controlo, onde se obtêm perdas de 40%. No entanto, as bordaduras têm de ser instaladas em proporções relativamente elevadas para serem eficazes, o que reduz a produtividade do eucaliptal. Por serem constituídas por genótipos de eucalipto muito atractivos para *G. platensis*, as bordaduras requerem tratamentos periódicos, caso contrário terão um efeito oposto ao desejado, favorecendo a população de praga, o que implica custos de gestão do ponto de vista operacional. O controlo químico mostrou-se economicamente mais favorável. Todavia, não se considerou para estes cálculos outros impactos negativos e custos potenciais que serão desfavoráveis ao controlo químico. Do ponto de vista ambiental, o controlo ecológico é preferível ao controlo químico, dado que não obriga ao tratamento com insecticida de áreas contínuas de povoamento.

3.1.2. Effets des ilots de feuillus sur la santé des forêts

FR Région : Aquitaine

Contexte

Des études ont montré l'intérêt du mélange d'essences dans la résilience des forêts (Jactel & Brockerhoff, 2007 ; Castagneyrol *et al.,* 2014). Dans les Landes de Gascogne, dont les forêts sont composées à plus de 80 % de peuplements purs de pin maritime, il a été montré que les pins situés près des ripisylves composées majoritairement de feuillus (Samalens, 2009) ou de haies de feuillus (Dulaurent *et al.,* 2012), sont moins infestés par la chenille processionnaire que les pins qui en sont éloignés (Jactel *et al.,* 2014). Une hypothèse liée à ces observations est que les forêts de feuillus offrent des habitats favorables aux prédateurs et parasitoïdes des ravageurs forestiers. Ainsi, l'implantation d'ilots de feuillus dans les forêts de pins, pourrait être un moyen de diminution des populations d'insectes ravageurs forestiers.

Objectif

Tester l'effet des ilots de feuillus comme fournisseurs d'habitats favorables aux prédateurs et parasitoïdes des ravageurs de pins sur la santé des forêts.

Méthode

Le projet ISLANDES (projet GIP ECOFOR) avait permis la plantation d'ilots de feuillus entre 1994 et 1996 sur différents sites des Landes de Gascogne (Figure 1). Six espèces de feuillus ont été plantées : le chêne pédonculé *(Quercus robur)*, le chêne tauzin *(Quercus pyrenaica)*, le chêne rouge d'Amérique *(Quercus rubra)*, le bouleau verruqueux *(Betula pendula)*, le cerisier tardif *(Prunus serotina)*, et le robinier (*Robinia pseudacacia)*.

En 2013, des mesures de croissances ont été réalisées sur l'ensemble des parcelles (feuillus et pins).

En 2014, les attaques de chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) et de pyrale du tronc (*Dyorictria sylvestrella*) ont été relevées sur deux bordures autour de 4 ilots (deux ilots de feuillus de 4 ha et deux ilots de 1 ha, choisis comme étant les plus vigoureux) (Figures 2 et 3), soit 8 bordures en tout.

Les mêmes données ont été collectées sur 8 bordures témoins, de même orientation que les bordures testées, mais faisant face à des peuplements de pins (Figure 2) et sur les 3 premières rangées de pin constituant la bordure (Figure 3).



Figure 1 : Ilots de feuillus et de pins installés dans le cadre du projet ISLANDES sur la commune de Biscarosse (France, 40).



Figure 2 : Dispositifs d'observations des lisières de pins à proximité d'un ilot feuillu de 4 ha et de peuplements de pins (Photo : INRA).



Figure 3 : Les observations ont été réalisées par les techniciens de l'UE Forêt Pierroton (Photo : INRA).

Des analyses statistiques ont ensuite été effectuées pour déterminer si les attaques de processionnaire et de pyrale du tronc étaient significativement différentes à proximité des feuillus ou à proximité des pins.

Résultats

Les analyses statistiques ont montré que les attaques de pyrale du tronc (Figure 4) et de chenille processionnaire (Figure 5) n'étaient pas significativement différentes entre les plantations de pin maritime situées près des ilots de feuillus ou éloignées de ces ilots. En revanche, l'effet de la circonférence de l'arbre, déjà établi par d'autres études pour les deux insectes (Jactel *et al.,* 1996 ; Régolini *et al.,* 2014), a été confirmé.

Les peuplements des ilots de feuillus étant assez jeunes (environ 20 ans), il pourra être intéressant de revenir effectuer ces mêmes relevés dans quelques années ; en effet, certains prédateurs ou parasitoïdes ont besoin de vieux arbres dans leurs habitats (Dulaurent *et al.,* 2010). Il conviendrait également de tester l'effet du voisinage des îlots de feuillus en utilisant une autre approche, moins dépendante de la qualité des témoins, en mesurant l'évolution du taux d'attaque des pins avec la distance aux feuillus (sur transects).

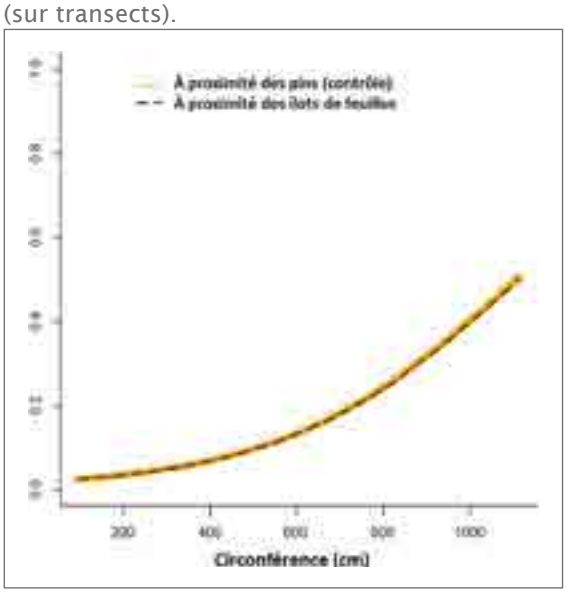


Figure 4 : Prédiction de la probabilité des attaques de pyrale du tronc sur les pins situés à proximité des ilots de feuillus et à proximité de pins.

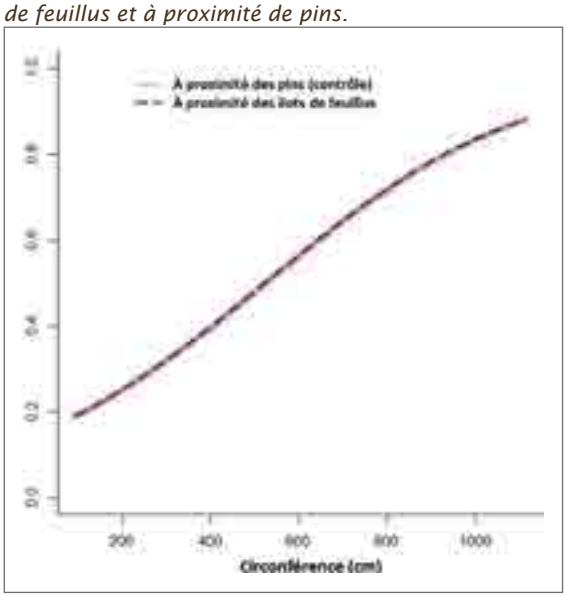


Figure 5 : Prédiction de la probabilité des attaques de chenille processionnaire sur les pins situés à proximité des ilots de feuillus et à proximité de pins.



Photo : INRA.

Conséquences pour la gestion

L'effet des peuplements de feuillus, s'il est visible à grande échelle avec des peuplements âgés tels que les ripisylves dans les Landes de Gascogne, n'est pas confirmé à petite échelle avec des ilots de feuillus jeunes et de petites surfaces. Il est ainsi possible que la gestion des feuillus dans le but d'augmenter les prédateurs et parasitoïdes des insectes ravageurs ne puisse pas se faire à petite échelle et nécessiterait des surfaces importantes de peuplements feuillus, pouvant former un réseau. Les études menées à l'échelle du paysage ont en effet montré qu'un minimum de 10 % de la surface forestière devait être occupé par des bois de feuillus pour contribuer de façon significative à une réduction des attaques de processionnaire du pin (Jactel *et al.,* 2014).

3.1.3. Implantation de lisières feuillues pour étudier leurs effets de protection des peuplements de pin face à des aléas multiples

FR Régions : Aquitaine (France) et Pays-Basque (Espagne)

Contexte

Des observations ont montré l'effet des lisières de feuillus sur la diminution de l'impact de certains aléas sur les peuplements de résineux associés. On a remarqué notamment un effet de ces lisières sur la chenille processionnaire du pin (Dulaurent *et al.,* 2012), sur les incendies (IEFC-Projet FORSEE, 2006), sur le vent (Gardiner & Stacey, 1996) et sur la stabilisation des sols (exemple de la stabilisation des berges, Dufour & Piégay, 2006). Ainsi, il serait intéressant de pouvoir mettre en place une expérimentation permettant de valider scientifiquement ces diverses observations de terrain.

Objectif

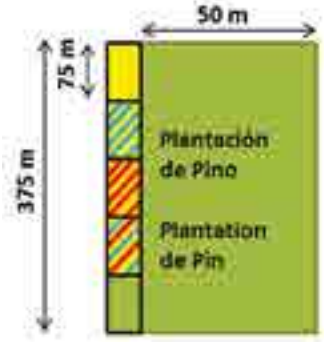
Plantation de lisières feuillues testant l'effet de plusieurs essences sur la limitation des impacts d'aléas multiples sur les peuplements de pins.

Protocole

Dans chaque région, l'expérimentation a été mise en place sur 4 sites afin d'assurer la réplication des tests. Sur chaque site, 4 modalités ont été implantées, combinant les trois espèces à tester.

Une modalité supplémentaire sans lisière feuillue sert de témoin. Chaque modalité a été implantée sur 75 m de long et 3 rangées de large, en bordure d'un peuplement de pin d'une profondeur d'au moins 50 m (Figure 1).

Les espèces feuillues testées sont adaptées aux régions où elles ont été plantées. Le but est de mettre en place une lisière à croissance assez rapide pour cacher physiquement le peuplement de pin. Dans les deux régions, c'est le bouleau (*Betula pendula* pour l'Aquitaine et *Betula celtiberica* pour le Pays-Basque), essence endémique qui est l'espèce feuillue principale testée, et présente dans toutes les modalités.



4 modalités (avec 3 rangées de feuillus) + 1 témoin
4 molidades (con 3 líneas de caducifolias) + 1 testigo
1 - Bouleau / Abedul
2 - Bouleau + Eucalyptus / Abedul + Tilo
3 - Bouleau + Chêne rouge / Abedul + Roble común
4 - Bouleau + Eucalyptus + Chêne rouge / Abedul + Tilo + Roble común
- Témoin : pas de lisière (pin maritime seul) / Testigo : sin setos de caducifolias (solamente *Pino radiata*)

Figure 1 : Modalités d'installation de l'expérimentation des lisières feuillues.
Figura 1: Diseño experimental de las parcelas de la plantación de bordes de pinares con frondosas.



Figure 2 : Plantation de lisière pour le projet FORRISK en Aquitaine (Photo : INRA).
Figura 2: Plantación FORRISK del borde del rodal de pinos en Aquitania (Foto: INRA).

En Aquitaine (Figure 2), le bouleau est testé avec l'eucalyptus *(Eucalyptus gunii)* et le chêne rouge d'Amérique *(Quercus rubra)*. Au Pays-Basque (Figure 3), le bouleau est testé avec le tilleul *(Tilia cordata)* et le chêne pédonculé *(Quercus robur)*.



Figure 3 : Plantation de lisière pour le projet FORRISK sur un terrain en pente au Pays-Basque (Photo : Ander Arias González, NEIKER).
Figura 3: Plantación FORRISK del borde del rodal de pinos en una ladera del País Vasco (Foto: Ander Arias González, NEIKER).

Observations à venir

La faisabilité technique de l'implantation de ces lisières feuillues sera vérifiée (en évaluant le taux de mortalité), puis, après quelques années, des données relatives aux aléas seront relevées. Par exemple, les attaques de chenille processionnaires sur les différentes modalités pourront être relevées à partir de 7 ans (début moyen des attaques sur les peuplements). D'autres relevés sur l'impact du vent, la protection des sols, et le risque incendie pourront également être effectués.

3.1.3. Protección de los pinares de múltiples riesgos con barreras experimentales de frondosas

ES Regiones: Aquitania (Francia) y País Vasco (España)

Antecedentes

Observaciones previas han demostrado que las barreras de frondosas pueden proteger el interior de las plantaciones de pino de ciertos peligros. Por ejemplo, se han realizado observaciones sobre el efecto protector de dichos bordes sobre la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) (Dulaurent *et al.*, 2012), sobre los incendios forestales (IEFC proyecto FORSEE, 2006), sobre los vendavales (Gardiner & Stacey, 1996), y sobre la protección del suelo (por ejemplo, la estabilización de los márgenes de los ríos, Dufour & Stacey, 1996). Por lo tanto, esta experimentación consistente en la plantación de bordes de frondosas, refuerza nuestra capacidad para explorar científicamente los resultados de los estudios anteriormente mencionados sobre el terreno.

Objetivo

Plantación de bordes experimentales de rodales de pino con frondosas con el fin de estudiar sus efectos sobre la protección de los pinares de múltiples peligros.

Diseño experimental

En cada una de las dos regiones se han establecido cuatro sitios experimentales para asegurar la correcta replicación de los ensayos. En cada uno de estos cuatro sitios, se han plantado cuatro parcelas con especies de frondosas a lo largo del borde de la plantación de pino. Un quinto tratamiento consiste en la plantación del pino sin frondosa que sirve como control. Cada parcela es de 15 árboles de largo y de una anchura igual a tres hileras de árboles (Figura 1, página 36).

Las especies de frondosas que se estudiarán están bien adaptadas a la región en la que se han plantado. Se han elegido por su rápido crecimiento para que puedan actuar como una barrera física para la protección de los pinos en poco tiempo. En ambas regiones, la principal especie de frondosa a ensayar es el abedul (*Betula pendula* de Aquitania y *Betula celtiberica* el País Vasco), una especie endémica que está presente en todas las parcelas.

En la región de Aquitania (Figura 2, página 37), se ha plantado abedul junto a eucalipto (*Eucalyptus gunii*) y roble americano (*Quercus rubra*), mientras que en el País Vasco (Figura 3, página 37) se ha plantado junto a tilo de hoja pequeña (*Tilia cordata*) y roble común (*Quercus robur*).

Monitorización Futura

Se comprobará la viabilidad técnica de la plantación de los bordes de los rodales de pinos mediante la evaluación de la tasa de supervivencia de las frondosas. Más adelante, cuando la plantación esté completamente establecida, se recopilarán los datos relacionados con la protección de los pinos a los peligros anteriormente mencionados. Por ejemplo, se podrán tomar datos relacionados con la protección de los pinos frente a ataques de la polilla procesionaria en las diferentes parcelas tras siete años (la duración media de tiempo antes de la infestación del rodal). También se recogerán otros datos relacionados con la protección frente al impacto del viento y al riesgo de incendios forestales y de protección del suelo.



Photo : Ander Arias González, NEIKER.
Foto: Ander Arias González, NEIKER.

3.2.1. Identificação de materiais genéticos de *Eucalyptus* mais resistentes e tolerantes a *Gonipterus platensis*

PT Regiões: Norte e Centro de Portugal

Fundamento

A resistência (cujo reverso é a susceptibilidade) das plantas a uma praga específica reflecte a sua capacidade para evitar o ataque por um dado insecto. Esta capacidade pode passar, por exemplo, pelo facto de a planta ser pouco atractiva, ou pelo impedimento de desenvolvimento do insecto após o início do consumo deste ou através da libertação de compostos defensivos secundários. Estas defesas da planta poderão nalguns casos originar a morte do insecto. Por outro lado, a tolerância da reflecte o grau em que a planta pode desenvolver-se e crescer após sofrer os estragos causados pelos herbívoros. Quer a resistência, quer a tolerância, dependem da arquitectura genética da planta variando entre espécies e dentro da mesma espécie de planta, sendo em parte determinadas por processos coevolutivos (Strauss & Agrawal, 1999; Rausher, 2001).

Observações anteriores de campo e de laboratório evidenciaram diferenças na atractividade de diferentes materiais genéticos de eucaliptos a *Gonipterus platensis* (Marelli), assim como diferenças no desenvolvimento das larvas quando alimentadas com diferentes materiais genéticos (Reis, 2010). Por outro lado, observações de campo sugerem que a tolerância à desfolha pelo gorgulho varia também com o genótipo dos eucaliptos. Neste trabalho procurou-se confirmar, através de ensaios de campos com diferentes materiais genéticos em várias localidades, diferenças significativas na resistência e na tolerância dos eucaliptos àquela praga.

Objectivo

Este trabalho teve como principal objectivo estimar a variabilidade genética entre clones e famílias de eucaliptos, na expressão da sua susceptibilidade e tolerância ao ataque de *G. platensis*, que sejam mantidas independentemente do local. O trabalho visa ainda identificar materiais que possam ser usados em regiões de elevado risco para *G. platensis*.

Instalação do ensaio

A avaliação da susceptibilidade de diferentes materiais genéticos de eucalipto a *G. platensis*, foi efetuada em ensaios da ALTRI FLORESTAL, instalados entre 2004 e 2010, situados em áreas de risco de presença *G. platensis*. Foram amostrados cinco locais onde existiam ensaios: Pampilhosa da Serra (Coimbra), Águeda (Aveiro), Santo Tirso (Porto), Oleiros 1 e Oleiros 2 (Castelo Branco) e Fundão (Castelo Branco). Nos 5 locais e para 34 diferentes materiais genéticos, foi avaliada a desfolha por *G. platensis* como medida da sua susceptibilidade a esta praga. A tolerância dos diferentes genótipos de eucalipto ao ataque de *G. platensis* foi determinada através do crescimento das árvores, expresso em volume de madeira projectado para os 10 anos de idade (período de revolução). Para a avaliação da tolerância, foram avaliadas as duas parcelas localizadas em Oleiros, com características e produtividades distintas, expressa pelo índice de qualidade da estação (IQE): Oleiros 1 (IQE = 17) e Oleiros 2 (IQE = 25,1).

Resultados

Observaram-se diferenças significativas na susceptibilidade dos 34 materiais genéticos ao ataque por *G. platensis* (Figura 1) (F34,1072 = 1,374; p <0,001). Os genótipos mais e menos susceptíveis mantiveram estas características independentemente do local (Figura 2).



Figura 1: Genótipo MB412 sem sinais de ataque (esquerda) e genótipo YG15 com ataque elevado, Oleiros (Castelo Branco). (Fotos: Ana Raquel Reis, ALTRI FLORESTAL).

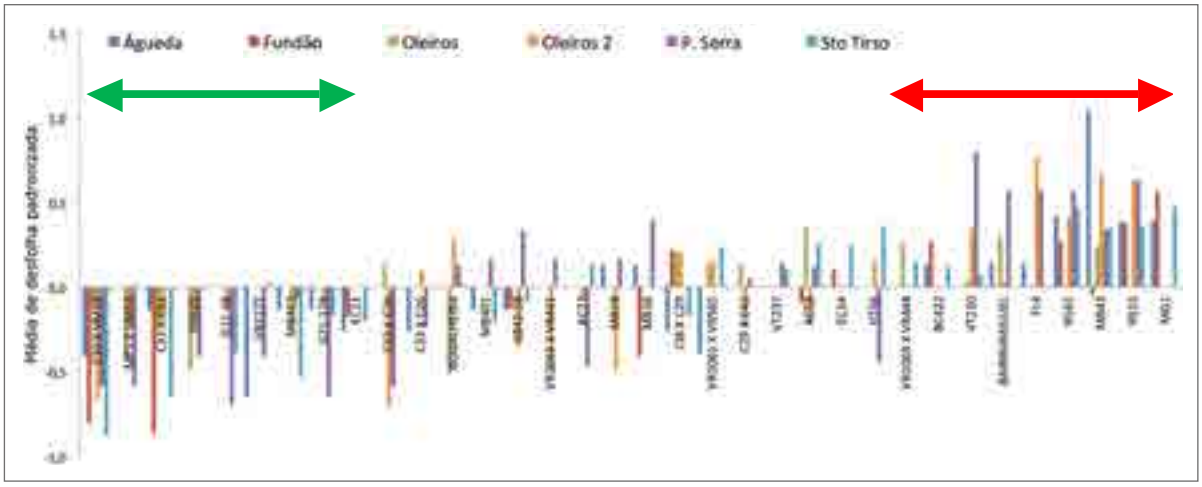


Figura 2: Desvio da desfolha comparativamente à média estimada para cada local, genótipos com desvios negativos são menos susceptíveis (seta verde), genótipos com desvios positivos são mais susceptíveis (seta vermelha).

O crescimento das árvores (tolerância) e a desfolha (susceptibilidade) não estiveram correlacionados. Verificou-se que árvores de genótipos como BAIRROMIGUEL, VR1061xVR585, AC58 ou C33xVM14 tiveram uma desfolha elevada nos dois locais mas as árvores conseguiram recuperar e apresentaram valores de crescimento positivos (Figura 3).

No entanto, alguns dos genótipos mais resistentes mostraram ser também os que apresentaram maior crescimento, em particular C33XC51 e C33XC29. Apesar dos locais amostrados, Oleiros 1 e Oleiros 2 terem características muito diferentes em termos de IQE, os resultados relativos entre genótipos foram muito semelhantes (Figura 3).

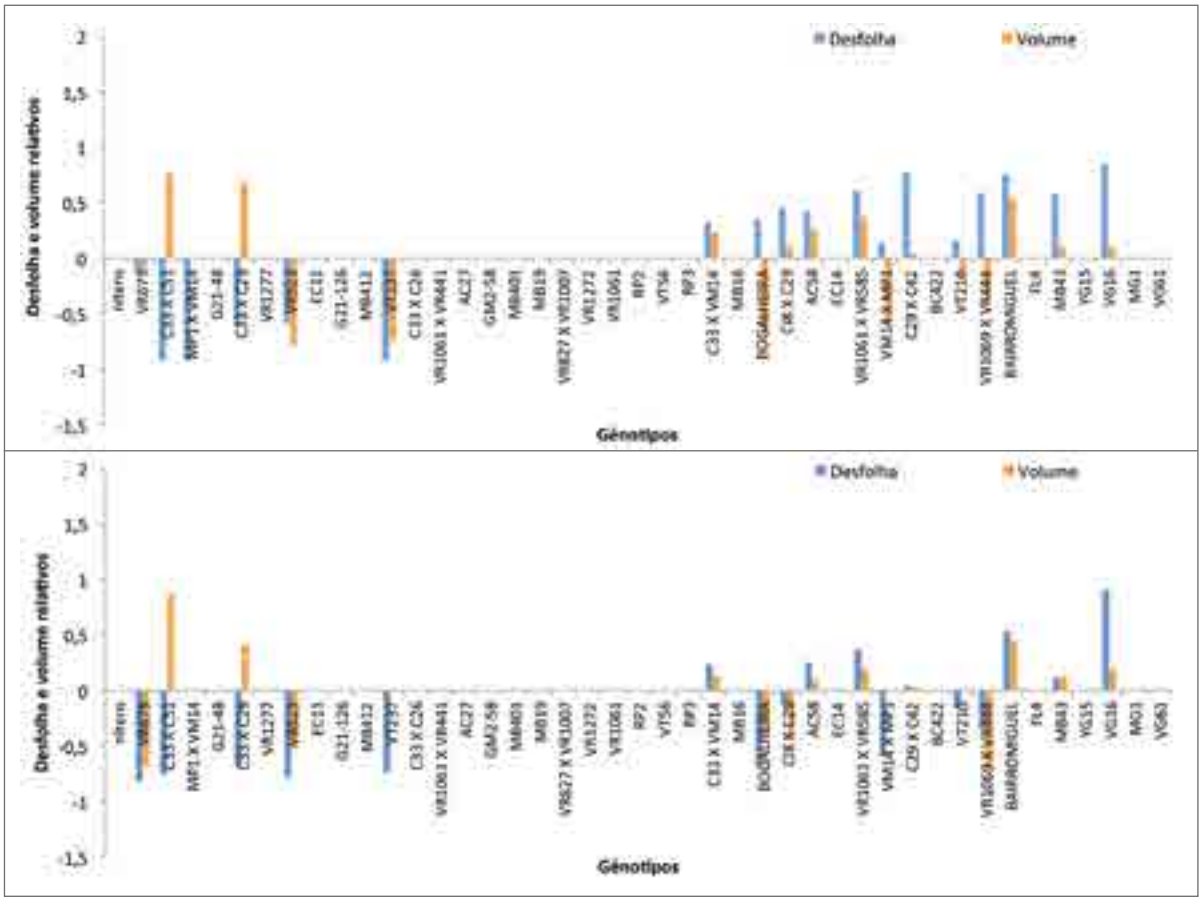


Figura 3: Desfolha e volume relativos dos vários materiais genéticos no povoamento de Oleiros 1 (cima) e de Oleiros 2 (em baixo).

Conclusões/ Recomendações

A análise de 34 genótipos em parcelas pertencentes à empresa ALTRI FLORESTAL demonstrou a existência de diferenças significativas na susceptibilidade, e na tolerância de diferentes materiais genéticos em relação ao gorgulho do eucalipto, *G. platensis*.

Apenas dois dos genótipos mais resistentes mostraram crescimentos acima da média, sendo os maiores em valor absoluto. Por outro lado, alguns genótipos mais susceptíveis, isto é, que apresentaram maior desfolha, compensaram fisiologicamente os estragos da desfolha, apresentando também crescimentos acima da média.

Concluiu-se que se pode seleccionar materiais genéticos para plantações em zonas com elevado risco de *G. platensis*, tendo em consideração a sua susceptibilidade e tolerância a esta praga de modo a que se obtenham melhores resultados em termos de produtividade. De futuro será também importante de analisar a interacção genótipo x ambiente.

3.2.2. Establecimiento de parcelas de *Pinus radiata* resistentes a *Fusarium*

ES Región: País Vasco

Resumen

Tras elegir la ubicación de una red de parcelas representativas, se han medido los principales parámetros de una gran cantidad de pinos radiata enfermos y sanos. Se constata que la incidencia de esta enfermedad debilita a los árboles y puede causar una menor resistencia de estos pinares frente a otros riesgos naturales, como otros agentes bióticos, el viento o la nieve.

Objetivo

Establecer una red experimental de parcelas de *Pinus radiata* en pinares jóvenes en el País Vasco, con el fin de analizar la evolución de los daños causados por *Fusarium circinatum* y otros agentes de daños.

Establecimiento de parcelas

La enfermedad del "chancro resinoso del pino", originada por el hongo *Fusarium circinatum* es, actualmente, la causante de los principales problemas sanitarios asociados al género Pinus en la Cornisa Cantábrica. Dicha enfermedad fue detectada por primera vez en 1986 en California, lugar de procedencia de *Pinus radiata*. La primera observación en plantaciones del País Vasco se hizo en 2004, también en *Pinus radiata* (Iturritxa *et al.,* 2011).

Una vez detectada la enfermedad en el País Vasco, se elaboró conjuntamente un protocolo de actuación de acuerdo con el marco competencial, correspondiendo las actuaciones de detección en los montes y erradicación a las Diputaciones Forales y las actuaciones en materia de control en el transporte y procesado de la madera al Gobierno Vasco.

El control de *Fusarium circinatum*, lo mismo que en el caso de Diplodia pinea, es complicado al tratarse de hongos capaces de sobrevivir en las acículas, ramas, brotes, madera y piñas durante un amplio periodo de tiempo, generando en la actualidad una gestión bastante difícil y costosa. El ataque de *Fusarium* forma chancros en las partes del árbol atacadas, los tejidos infectados aparecen necróticos y el xilema exuda grandes cantidades de resina, saturando la madera y dándole una apariencia oscura.

El protocolo de actuación establecido en el País Vasco ha ido en paralelo a una serie de medidas tendentes al establecimiento de un programa de control y erradicación de la enfermedad basado en la selección de ejemplares de *Pinus radiata* resistentes. Este programa ha supuesto la plantación de material seleccionado en 4 montes de Bizkaia, en zonas dañadas por *F. circinatum* donde se había talado el pinar anterior. Estas parcelas son regularmente monitorizadas para comprobar la evolución del hongo.

Con el fin de no interferir en este programa ya existente desde hace años, sino de complementarlo, se ha decidido instalar las parcelas del proyecto FORRISK en áreas distintas, siguiendo estas premisas:

- Pinares jóvenes (10-20 años)
- Unos situados en zonas afectadas por *Fusarium* y otros alejadas de esas zonas

- Variedad en factores como altitud, distancia a la costa, propiedad pública o privada

En verano de 2013 se visitaron diversas localizaciones de pinares afectados por *Fusarium* con el fin de elegir dos ubicaciones en monte público afectadas por *Fusarium* que no fueran a ser cortadas en breve y que, por tanto, pudieran medirse en los meses siguientes: Gipuzkoa (1) y Bizkaia (2). También se eligieron otras dos ubicaciones, en montes privados de Alava, no afectadas por *Fusarium* y que pudieran complementar las mediciones en montes afectados: Luiando (3) e Urkillo (4).

En invierno de 2013/2014 se ha procedido a medir 1.456 pinos de estas 4 localizaciones: 504 en Gipuzkoa (4.100 m^2), 599 en Bizkaia (3.300 m^2), 321 en Luiando (3.500 m^2) y 32 en Urkillo (1.000 m^2). En todos ellos se han medido el diámetro normal, la altura total y la presencia de chancros. Además, todos esos árboles se han dejado marcados con una pequeña chapa numerada en el tronco y se han georreferenciado con GPS centimétrico.

Aleatoriamente, en uno de cada 20 pinos se ha medido la velocidad de transmisión de la onda sónica en su troza basal, empleando un Fakopp Microsecond Timer. Los sensores se han colocado a una distancia de 80 cm entre sí y se han realizado dos mediciones opuestas por árbol. Este parámetro está directamente relacionado con la calidad de la madera y con la resistencia del tronco a la rotura por viento o nieve. Se ha procedido así a medir 105 pinos de estas 4 localizaciones: 31 en Gipuzkoa, 29 en Bizkaia, 13 en Luiando y los mismos 32 en Urkillo.

Resultados

Los primeros resultados muestran una evidente relación entre presencia de la enfermedad y calidad de la madera. Las velocidades promedio en el conjunto de los pinares sanos (Luiando y Urkillo) es significativamente superior a los pinares enfermos (Gipuzkoa y Bizkaia): 4,115 km/s frente a 3,256 km/s. En ambos grupos de pinares, la velocidad se mantiene independiente respecto al diámetro normal y aumenta conforme lo hace la relación de esbeltez (altura total frente a diámetro normal), tendencias que suelen darse en general en los arbolados de todo tipo medidos con este tipo de aparatos sónicos.

Esta mejor calidad de la madera de la troza basal en los pinares sanos se traduce, en general, en una mejor resistencia a la rotura del tronco ante agentes meteorológicos (viento, nieve). Ello puede comprobarse visualmente en ambos tipos de pinares: sólo aparecen pinos rotos en los pinares enfermos.

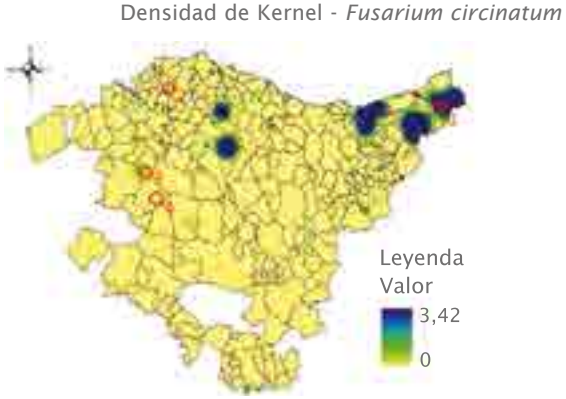


Figura 1: Ubicación de las parcelas establecidas en relación al mapa de afección de Pinus radiata *por* Fusarium *(mapa extraído de García Serna et al., 2011).*



Figura 2: Parcela experimental en Gipuzkoa. (Foto: HAZI).



Figura 3: Parcela experimental en Bizkaia. (Foto: HAZI).

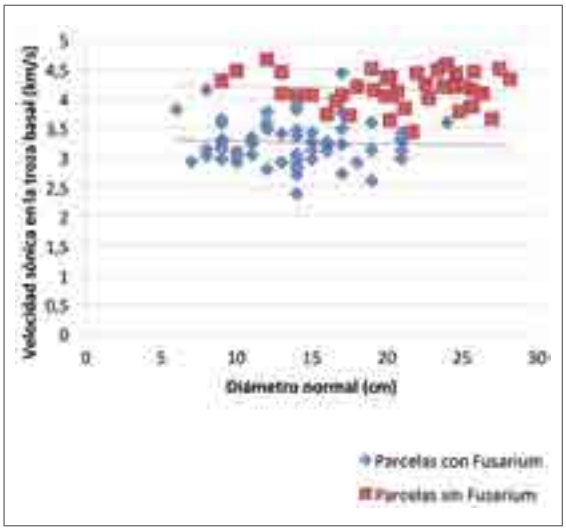


Figura 4: Relación entre diámetro normal y velocidad sónica en la troza basal.

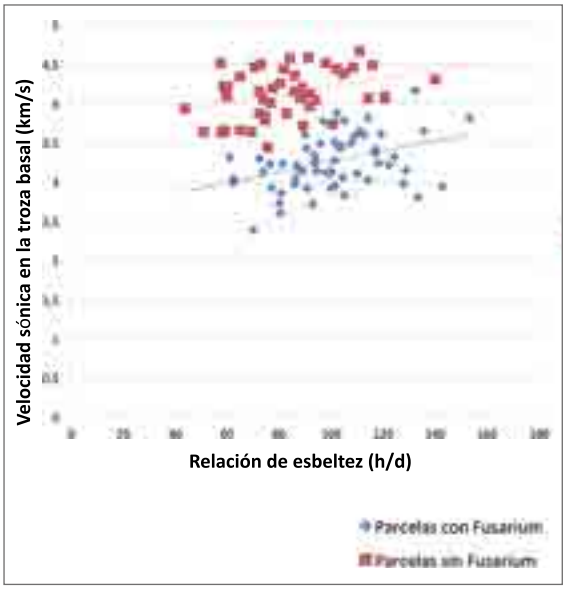


Figura 5: Relación entre coeficiente de esbeltez y velocidad sónica en la troza basal.



Figura 6: Pino partido en Gipuzkoa. (Foto: HAZI).



Figura 7: Chancros resinosos en un pino afectado en Bizkaia. (Foto: HAZI).

Futuras observaciones

Una vez establecidas las parcelas, se prevé en los próximos meses comenzar un tratamiento que también se está testando en Nueva Zelanda. Se prevé emplear en las parcelas afectadas diversas bacterias y otros organismos beneficiosos nativos, obtenidos a partir de 50 puntos seleccionados por sus buenas condiciones de crecimiento en el País Vasco.

Igualmente, a lo largo de los próximos años se espera repetir las mediciones en los pinos seleccionados, con el fin de ir cuantificando su crecimiento y la evolución de los daños bióticos y abióticos.

3.2.3. Recomendaciones de uso de Material Forestal de Reproducción de pino negral (*Pinus pinaster* Ait) en áreas no costeras de Galicia. Evaluación del comportamiento juvenil.

ES Región: Galicia

Antecedentes

La caracterización fenotípica del Material Forestal de Reproducción (MFR), es decir, procedencias, es un paso clave para el establecimiento de recomendaciones de uso. En un siguiente paso estas recomendaciones deberían fundamentarse no sólo en base al crecimiento si no también en base a otras funciones vitales para la supervivencia y la regeneración. Entre ellas se encuentran la asignación de recursos a mecanismos de protección frente a antagonistas bióticos y helada de acículas. Por otro lado, los parámetros comerciales importantes son aquellos que pudieran dar calidad a los productos finales procedentes de las plantaciones. La rectitud del fuste es clave para optimizar la eficiencia de los procesos industriales, y por tanto, la rentabilidad de la producción de madera.

Objetivo

Estudiar las relaciones entre crecimiento, defensas constitutivas contra herbivorías y sensibilidad a la helada en procedencias de *Pinus pinaster* Ait ensayadas en climas no costeros de Galicia. Finalmente, hacer consideraciones sobre la posible rectitud de las mismas procedencias estudiadas en otros climas.

Protocolos experimentales

Las procedencias ensayadas se seleccionaron entre MFR Controlados, Cualificados y Seleccionados en Catálogos Europeos de Materiales Forestales de Base, y algunas más fueron propuestas por el Servicio Forestal de Galicia.

Primero, se hizo una caracterización morfológica del crecimiento en altura y diámetro en 25 procedencias sobre 8 ensayos de campo, con 48 plantas por cada procedencia y ensayo, de 6 años de edad (Ocaña *et al.*, 2013). Aunque las evaluaciones del crecimiento en pino negral a los 6 años son demasiado tempranas para ser definitivas, el ranking final de procedencias podía, por lo menos, ser aproximado.

Segundo, se caracterizó la asignación de defensas químicas basadas en 10 procedencias y 2 campos de ensayo con 12 plantas por procedencia y ensayo a los 7 años de edad. Estas defensas se parametrizaron con la medición de la concentración de resinas no volátiles en las acículas (Lario *et al.*, 2014).

Finalmente, las mismas 25 procedencias se testaron en un ensayo de vivero en macetas de 30 litros, 9 plantas por procedencia a los 4 años de edad. Para cada procedencia se tomaron cuatro muestras de acículas adultas cada una procedente de 3 plantas de la misma unidad experimental. La sensibilidad a la helada a -16 ºC se midió por evaluación de electrolitos liberados en un test en cámara de tolerancia al

frío, siguiendo la metodología de Royo *et al.*, 2003.

Finalmente, las posibles cualidades de los FRM en cuanto a verticalidad-rectitud se consideraron y discutieron en base a otros trabajos de campo para climas interiores de España.

Resultados

Las procedencias originarias de áreas costeras asignaron más recursos a la defensa contra patógenos foliares y herbívoros y mostraron mayor tolerancia a la helada, menor crecimiento diametral y mayor crecimiento en altura. Por otro lado, las procedencias mediterráneas y continentales, originarias de áreas centrales de España, fueron más sensibles a la helada otoñal, una vez que el endurecimiento de la planta se había completado, y mostraron baja concentración de defensas químicas en las acículas, lo que podría conducirlos a ser más sensibles a daños bióticos.

Alía *et al.*, 1995 mostró que la región de procedencias más rectas de las incluidas en los estudios anteriores eran Serranía de Cuenca (SeCu), Montaña de Soria-Burgos (MSoB) y Sierra de Gredos (SeGr), testadas en climas interiores de España a los 19 años de edad. Alía *et al.*, 1995, mostró que el crecimiento y la rectitud de SeCu era altamente variable entre sus procedencias pero no pudo concluir nada de las otras dos áreas. Ocaña *et al.*, 2013, confirmó que el crecimiento de las procedencias de SeCu era también altamente variable entre sus procedencias pero era bastante estable entre las procedencias de MSoB y SeGr en ensayos de campo en climas no costeros de Galicia a los 6 años de edad.

A la luz de estos resultados, elegir procedencias de SeGr para plantar en climas no costeros de Galicia podría optimizar el comportamiento de *Pinus pinaster* Ait en tres aspectos diferentes: defensas contra el daño en acículas, tolerancia foliar a la helada, rectitud y crecimiento.

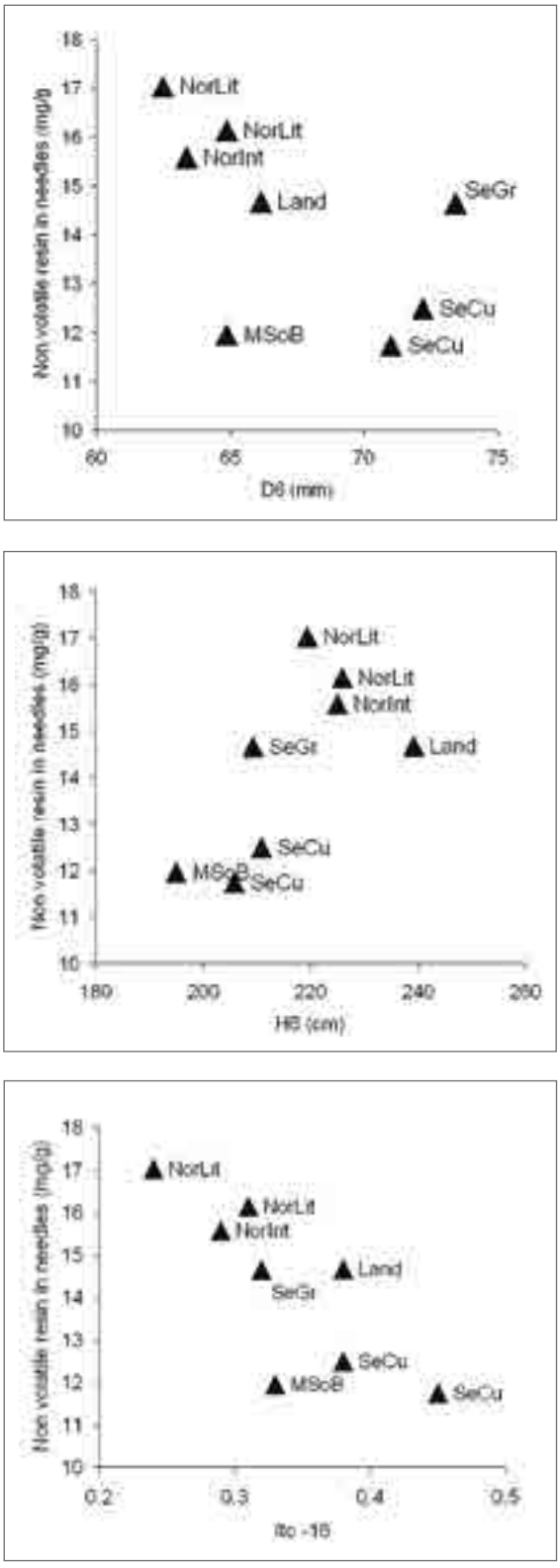


Figura 1: Comportamiento de 10 procedencias procedente de 6 diferentes regiones (NorInt: Noroeste Interior Galicia; NorLit: Noroeste Litoral Galicia; SeCu: Serranía de Cuenca; SeGr: Sierra de Gredos; Land: Landes –Francia-; MSoB: Montaña de Soria-Burgos) en crecimiento diametral (D), crecimiento en altura (H), daño por helada a -16 ºC en test en cámara (Itc-16) y defensas contra herbivoría y patógenos foliares (Resinas no volátiles en acículas o Non volatile resin in needles en inglés).



Figura 2: Uno de los 8 ensayos de campo para el estudio del crecimiento situado en áreas de clima no costero de Galicia a los 7 años de edad (Foto: L. Ocaña, TRAGSA).



Figura 3: Ensayo de vivero de 25 procedencias donde se muestrearon acículas para el test de helada a los 4 años de edad (Foto: F.J. Lario, TRAGSA)



Figura 4: Daño de helada en individuo juvenil de Pinus pinaster *Ait en Galicia (Foto: F.J. Lario, TRAGSA).*



Figura 5: Thaumetopoea pityocampa *alimentándose de acículas (Foto: L. Sampedro, MBG-CSIC).*



Figura 6: Hylobius abietis *sobre acículas de pino (Foto: L. Sampedro, MBG-CSIC).*

FCBA
INSTITUT TECHNOLOGIQUE

3.2.4. Faisabilité de l'utilisation des techniques de mesure de vitesse acoustique pour évaluer l'aptitude à la tolérance au vent du pin maritime dans les tests génétiques

FR Région : Aquitaine

Contexte

Suite aux tempêtes Martin (1999) et Klaus (2009), les observations réalisées sur les tests de descendances ont mis en évidence un effet génétique marqué (Figure 1) sur l'aptitude à la tolérance au vent du pin maritime (Bouffier, 2014). Cette tolérance au vent est liée (i) à la qualité d'ancrage du système racinaire, (ii) aux qualités mécaniques de la partie aérienne : dimensions, flexibilité de la tige, qualité du bois. Des études récentes ont montré l'intérêt de l'utilisation des techniques acoustiques permettant de mesurer la vitesse de propagation d'une onde acoustique sur "arbre debout" en forêt. Cette vitesse est directement liée aux propriétés mécaniques du bois : densité, module d'élasticité (MOE), humidité (Lenz *et al.*, 2013 ; Paradis *et al.*, 2013).



Figure 1 : Effet génétique sur la sensibilité au vent dans un test de descendance de pin maritime en Aquitaine (France). On observe une descendance très sensible au vent à gauche sur la photo, à côté d'une descendance tolérante, non affectée par le vent, sur la droite. (Photo : P. Alazard, FCBA).

Objectif

Mesurer sur un test de descendance de pin maritime les relations, au niveau individuel et familial, entre la rectitude des arbres, les caractéristiques morphologiques et mécaniques (hauteur, diamètre, densité du bois, angle du fil) et la vitesse de propagation d'une onde sonore mesurée sur arbre debout. Vérifier si l'utilisation de la technique de mesure de la vélocité de propagation d'ondes dans le bois pourrait avoir un intérêt pour faire une sélection sur la tolérance au vent, à partir de tests rapides et non destructifs dans les essais génétiques.

Dispositif expérimental

Localisation	Cestas (Gironde, France)
Age	14 ans
Dispositif	Parcelle monoarbre, 30 répétitions (30 arbres par descendance)
Traitements	140 descendances de demi-frères
Densité de plantation	1250 arbres par hectare
Densité actuelle	600 arbres par hectares

Matériel

Le matériel utilisé est le Hitman ST300® de Fibre-gen company en Nouvelle-Zélande (Paradis *et al.,* 2013). Deux sondes sont insérées dans la partie basse du tronc sur une ligne verticale à environ 60 cm l'une de l'autre. L'alignement entre les deux sondes est contrôlé par un faisceau laser. Une onde mécanique est émise en frappant à l'aide d'un marteau la sonde du bas. Le temps de parcours de l'onde entre les deux sondes est mesuré par un accéléromètre sur la sonde supérieure. La distance (d) entre les deux sondes est mesurée par un capteur à ultrasons. La vitesse de propagation de l'onde entre les deux sondes (v = t/d) varie en fonction des propriétés mécaniques de la longueur du tronc traversé.



Figure 2 : Mesures effectuées avec Hitman ST300® sur le test de descendances de Cestas en Aquitaine. (Photo : J.Y. Fraysse, FCBA).

Mesures et observations

Un échantillon de 36 descendances a été constitué avec 3 groupes distincts sélectionnés sur la tolérance au vent : descendances très sensibles vent, descendances moyennement sensibles au vent et descendance tolérantes au vent avec une bonne rectitude. La tolérance au vent est évaluée par la valeur du plus grand écart à la verticale du tronc (EV) mesuré à 8 ans à l'aide d'une pige à 1,50 m de hauteur. La vélocité acoustique a été mesurée avec le Hitman ST300® sur un échantillon de 12 à 14 arbres pour chaque descendance. Pour chaque arbre on dispose des données suivantes :

- croissance : hauteur et diamètre à 8 ans, hauteur et diamètre à 12 ans,
- écart à la verticalité à 8 ans,
- angle du fil à 14 ans,
- vélocité acoustique à 14 ans,
- densité du bois mesurée par radiographie sur une carotte échantillon prélevée à 1,30 m sur le rayon (écorce au cœur).

Résultats

La variation de vélocité acoustique (v) mesurée au niveau individuel est forte, pour l'ensemble des 419 arbres mesurés, elle varie de 2,41 $km.s^{-1}$ à 6,73 $km.s^{-1}$. On n'observe, au niveau arbre aucune corrélation ($r^2<0,01$) entre la vélocité et la rectitude des arbres mesurée par l'écart à la verticalité EV (Figure 3b). Au niveau familial l'effet descendance est significatif, la vélocité acoustique varie de 3,29 $km.s^{-1}$ pour la descendance 308, à 4,15 $km.s^{-1}$, pour la descendance 386. La relation entre v et EV est plus marquée qu'au niveau individuel (arbre) mais reste relativement faible, en particulier dans le cas du groupe des descendances sensibles au vent : $r^2 = 0,21$ pour les descendances tolérantes au vent, $r^2 = 0,23$ pour les descendances moyennement sensibles au vent et $r^2 = 0,01$ pour les descendances sensibles au vent (Figure 3a). Les données de croissance : hauteur (H),

diamètre (D) et ratio H/D à 8 et 12 ans ainsi que les données de qualité du bois : angle du fil et densité du bois à 14 ans ne sont pas corrélées avec la vélocité mesurée sur les arbres sur pied pour ce test. Des différences de vélocité acoustiques ont été mises en évidence entre les 39 descendances, mais ces différences ne sont pas clairement corrélées, au niveau phénotypique, avec la stabilité des arbres et la tolérance au vent. Ces écarts de vélocité entre descendance, sont cependant vraisemblablement liés à la qualité du bois (MOE), une étude au niveau génétique et une étude sur la qualité des sciages (résistance mécanique des plots) devront compléter cette analyse.

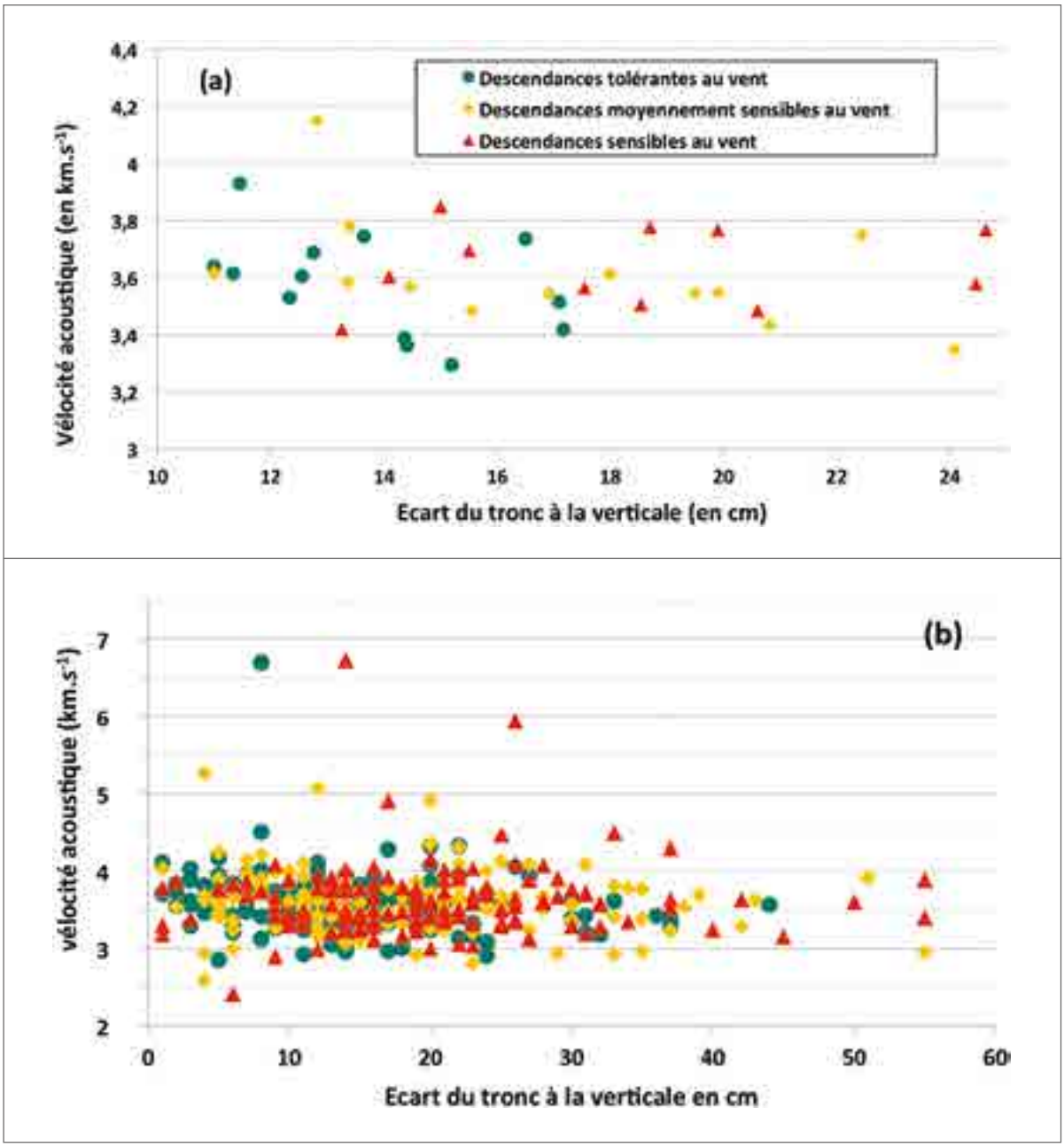


Figure 3 : Relation entre la vélocité acoustique mesuré sur arbre debout (Hitman ST300®) et l'écart maximum du tronc par rapport à la verticale à 1,50 m de hauteur pour 39 descendances de pin maritime classées selon leur tolérance au vent sur le test de Cestas en Aquitaine (France). (a) résultats au niveau familial (moyenne de 11 à 14 arbres par famille) et (b) résultats au niveau individuel.

3.3.1. Gestión selvícola integral en masas de *Pinus radiata* y *Pinus pinaster*

ES Región: Asturias

Antecedentes

Pinus radiata y *Pinus pinaster* son las coníferas de mayor importancia para la producción de madera en el área atlántica. Una selvicultura integral bajo una gestión sostenible minimiza entre otros los riesgos abióticos y bióticos en las masas y facilita al mismo tiempo la obtención de madera de calidad. Para la definición de modelos de gestión selvícola integral en el marco del proyecto FORRISK se ha utilizado una red experimental de ensayos permanentes de podas y claras establecida en masas de *Pinus radiata* y *Pinus pinaster* del Principado de Asturias, gestionada bajo dos sistemas: selvicultura intensiva y sistema silvopastoral.

Objetivo

Realizar el seguimiento de la red de parcelas permanentes de podas y claras con el fin de evaluar la influencia de la selvicultura en la calidad de la madera y el riesgo de incendio en dos tipos de sistemas de gestión: intensivo y silvopastoral.

Dispositivo experimental

Sistema de gestión intensivo (*P. radiata* y *P. pinaster*)
La red de parcelas permanentes de podas y claras gestionadas bajo un sistema intensivo consta de una superficie aproximada de 8 hectáreas, con cuatro sitios de ensayo (1 hectárea/sitio) para cada especie (*P. radiata* y *P. pinaster*). En todos estos ensayos se estableció un diseño experimental realizado en dos fases (Figura 1, izquierda): (1) primera poda distribuida aleatoriamente en subparcelas de diferente intensidad de poda (0%, 20% y 40% de longitud de copa viva eliminada) y (2) poda alta en los mejores pies de la masa (árboles de porvenir) combinada con diferentes tipos de clara (control, selectiva con 150 pies/ha árboles de porvenir y baja fuerte con un 30-40% de área basimétrica eliminada).

Sistema de gestión silvopastoral (*P. pinaster*)
En el ensayo permanente de *P. pinaster* gestionado como un sistema silvopastoral, de 7 hectáreas de superficie, se realizó un proceso gradual de conversión de una masa monoespecífica procedente de regeneración tras incendio, con una primera clara por lo bajo (eliminación del 69% de los pies) y una segunda clara baja (eliminación del 45% de los pies) combinada con poda alta en los mejores pies dentro de 5 subparcelas circulares de 15 metros de radio (radio ampliado a 18 metros para el inventario realizado en 2013-2014 dentro del proyecto FORRISK) (ver Figura 1, derecha). En el área destinada al control no se realizó ningún tipo de tratamiento selvícola.

Inventarios de campo: mediciones dendrométricas y estimación de biomasa
En todos los ensayos de podas y claras estudiados en el proyecto FORRISK (sistemas de gestión intensivo y silvopastoral), fueron realizados inventarios de campo antes y después de los tratamientos selvícolas, con un último inventario en el invierno 2013-2014 dentro del proyecto FORRISK. Para este último inventario se establecieron varias subparcelas de muestreo

que incluyeran todas las combinaciones de podas y claras junto con el control (ver Figura 1). En todas estas subparcelas se tomaron datos de árbol individual (diámetro normal, altura total, alturas de copa viva y muerta) para su relación con el crecimiento y producción, así como medidas no destructivas de velocidad acústica (NDT) en árboles en pie (Fakopp y ST-300) para la determinación de la calidad de la madera en función del tratamiento selvícola. Por último, fue realizado un inventario de biomasa de matorral en algunas de las parcelas de ensayo para el estudio del riesgo de incendio en relación con los diferentes esquemas selvícolas aplicados.



Figura 1: Diseño experimental de podas y claras del dispositivo de parcelas permanentes estudiado en el marco del proyecto FORRISK: Sistema de gestión intensivo para masas de Pinus radiata *y* Pinus pinaster *(izquierda, basado en Hevia Cabal (2013)) y sistema silvopastoral para* Pinus pinaster.





Figura 2: Sitios experimentales de podas y claras estudiados dentro del proyecto FORRISK en Asturias (Fotos: CETEMAS).

Resultados

Los datos procedentes de los inventarios realizados en la red experimental de podas y claras han sido utilizados en la evaluación de la influencia de la selvicultura sobre el crecimiento y producción de las masas forestales de *P. radiata* y *P. pinaster* en Asturias. Actualmente se están llevando a cabo nuevos análisis en los que se incluyen las podas y las claras para ambas especies (*P. radiata* y *P. pinaster*) y sistemas de gestión (intensivo y silvopastoral).

La estimación de la influencia de la gestión selvícola en la calidad de la madera de árboles en pie se está llevando a cabo en colaboración con HAZI para masas gestionadas de *P. radiata* (Asturias y País Vasco), *P. pinaster* (Asturias) y *Pseudotsuga menziesii* (País Vasco).

Las ecuaciones de biomasa arbórea desarrolladas en un estudio previo de *P. pinaster* (ver Hevia Cabal, 2013) están siendo utilizadas en este proyecto para relacionar el riesgo de incendio y la selvicultura aplicada bajo diferentes escenarios de podas y claras, incluyendo los estratos arbóreo y subarbóreo (información obtenida en el inventario de biomasa de matorral realizado en el marco del proyecto FORRISK).

Trabajo futuro

El efecto de la selvicultura aplicada sobre el crecimiento y producción de los árboles, la calidad de su madera y el riesgo de factores bióticos y abióticos seguirá siendo evaluado en los próximos años. Así, se realizarán nuevos inventarios dendrométricos, mediciones con equipos de velocidad acústica no destructivos y se recogerán datos de árboles caídos por viento, localización en campo de los árboles, evaluación del estado sanitario de las masas, caracterización de la distribución y carga de la biomasa en los estratos arbóreo y subarbóreo y su relación con el riesgo de incendio. Con todo ello, y dada la importante fuente de información que se espera obtener de esta red de ensayos permanentes, se construirán modelos de predicción que ayuden a mejorar la gestión de las masas de coníferas del área atlántica, minimizando los riesgos bióticos y abióticos y obteniendo una madera de calidad bajo una selvicultura sostenible aplicada en dichas especies.

Recomendaciones

Se recomienda continuar con el seguimiento y análisis de los datos obtenidos en esta red de ensayos permanentes para establecer unas pautas de gestión que ayuden a la toma de decisiones sobre la selvicultura a aplicar en estas especies en el ámbito atlántico.

3.3.2. Gestion sylvicole et tolérance à la sècheresse des plantations de douglas en France

FR Régions : Midi-Pyrénées et Limousin

Objectif et dispositifs

L'objectif était ici de voir ici quelles pouvaient être les conséquences d'accidents climatiques (sècheresse) sur le comportement de jeunes douglas plantés à des espacements très contrastés. Deux dispositifs FCBA ont été utilisés pour cette étude : les essais de Saint Victor (Creuse) et Massaguel (Tarn) (Figure 1). Ces deux dispositifs font partie de la coopérative de données douglas qui regroupe les organismes de recherche forestière en France.

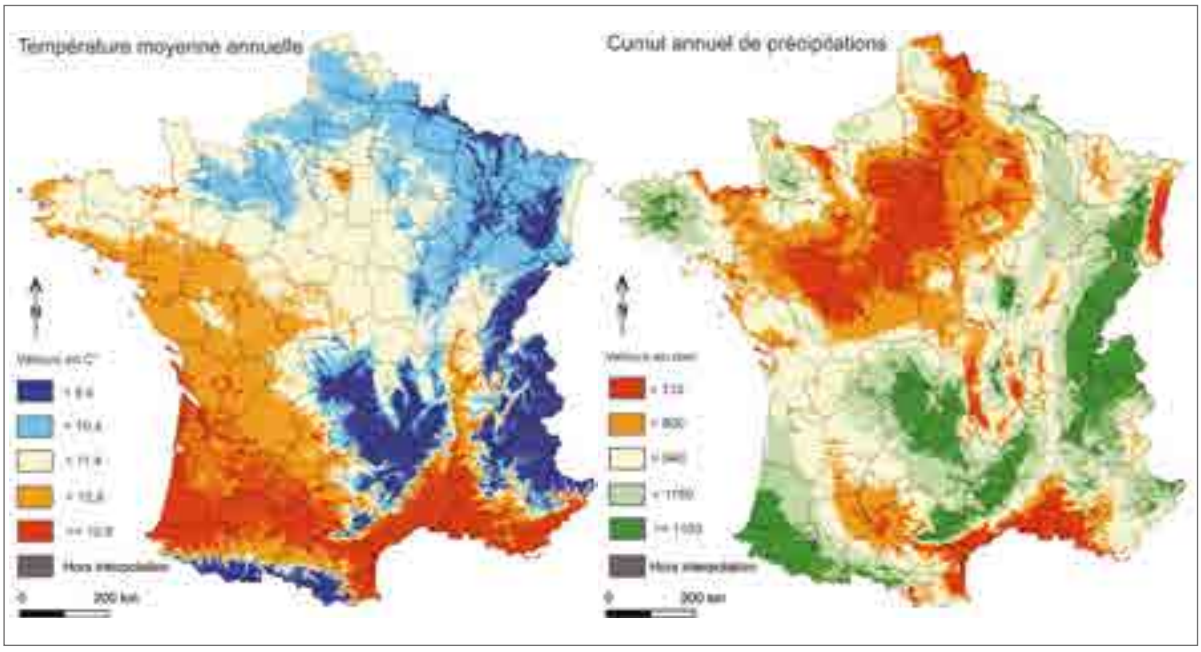


Figure 1 : Localisation géographique de ces dispositifs et conditions météorologiques des sites.

Les dépressages et éclaircies sont réalisés en fonction de la hauteur dominante. On peut observer que les densités sont très contrastées, puisque par exemple des placeaux qui ne seront pas éclaircis sont plantés à 2500 tiges/ha et d'autres à 350/ha. (Tableau 1).

Scénario		1	2	3	4	5	6
Motif de plantation et densité (Tiges/ ha)		3 X 1,33 m	3 X 2 m	3 X 3 m	3 X 3 m	6 X 3,33 m	6 X 4,75 m
		2506	**1667**	1111	1111	501	**351**
Densité retenue (Tiges/ ha) en fonction de la hauteur dominante	6 m				**750** (2004)	**250** (2004)	
	13 m			**500** (2010)			
	18 m		1100	250	500	180	
	23 m		750	180			
	27 m		500				
	31 m		350				
	35 m		250				
Légende du tableau			Densité finale		**1667**	Densité actuelle	

Tableau 1 : Description des scénarios sylvicoles testés sur les sites expérimentaux de Saint Victor en Creuse et Massaguel dans le Tarn.

Méthode

Des carottes ont été prélevées à 1.30 m sur les deux dispositifs pour 20 arbres pour les 6 scénarios sylvicoles soit au total 120 carottes par site (Figure 2).



Figure 2 : Prélèvement de carottes à la tarrière de Pressler sur les dispositif expérimentaux (Photo : D.Michaud).

Ces carottes ont été analysées sur la plateforme Xyloforest à l'INRA de Pierroton. Les rayons X sont projetés sur les échantillons de bois et sur une cale d'étalonnage qui sont posés sur un film. Le film est ensuite développé, scanné et analysé par le logiciel Windendro Density. On obtient de très nombreuses données : la largeur des cernes, la densité du bois tous les 0.002 mm pour chaque cerne.

Résultats

On observe de gros écarts entre les traitements et logiquement les traitements avec un faible nombre d'arbres par hectare ont les diamètres les plus élevés (Figure 3).



Figure 3 : Site de Saint Victor (Région Limousin), modalité 1 plantée à 2506 tiges/ha (3 m X 1,33 m) (Photo : N.Eisner).

Globalement, on constate que l'accroissement est plus faible pour les fortes densités. A Saint Victor, les accroissements sont plus faibles pour les années 2000 et 2003 (Figure 4a). Pour 2003, ce résultat n'est pas surprenant puisque c'est l'année où le mois d'août a été marqué par une période de canicule (Martinez Meier A.G.,2008). Cette diminution de l'accroissement affecte tous les traitements. A Massaguel, on retrouve également l'année 2003 avec un accroissement plus faible que l'on observe également pour les années 2006 et 2009 (Figure 4b). Ces résultats laissent penser que pour ces deux années, les conditions météorologiques ont été très différentes sur les deux sites. Mais ce qu'il faut surtout noter, c'est qu'en 2003, 2006 et 2009, tous les traitements ont été affectés. Des analyses sont en cours pour voir quels sont les paramètres météorologiques qui jouent un rôle sur l'accroissement des arbres.

Ces analyses sont complexes puisque les paramètres météorologiques ne sont pas indépendants les uns des autres et c'est vraisemblablement la combinaison de plusieurs de ces paramètres qui peut influencer la croissance des arbres : par exemple la combinaison d'une période de sécheresse associée à une forte chaleur et à une période de l'année.

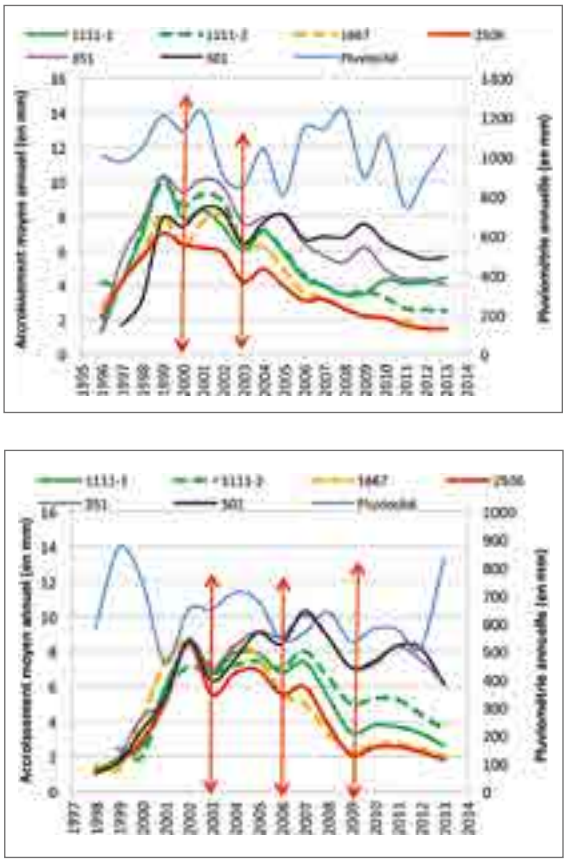


Figure 4 : Accroissement annuels pour les 6 scénarios sylvicoles et données de pluviométrie annuelle sur (a) Saint Victor en Creuse (Limousin) et (b) Massaguel dans le Tarn (Midi-Pyrénées).

On constate que pour les années 1999 et 2000, l'accroissement à St Victor semble suivre la courbe des précipitations, mais ce n'est plus vrai pour les années suivantes. Les précipitations annuelles n'expliquent donc pas seules les écarts d'accroissement d'une année à l'autre. D'où la nécessité d'analyses plus poussée intégrant d'autres paramètres météorologiques.

Conclusion

Dans l'état actuel des analyses, on ne peut pas expliquer clairement quels sont les paramètres météorologiques qui entrainent des accroissements plus faibles certaines années, même si 2003 montre que les fortes chaleurs estivales jouent un rôle. Cependant, on constate clairement que lorsqu'un accroissement annuel est faible, il est faible pour tous les traitements, quel que soient la modalité et le nombre d'arbres à l'hectare. Ce point doit certes être vérifié, quoi qu'il en soit ceci semble montrer que la réduction du nombre d'arbres à l'hectare n'est pas une solution pertinente pour diminuer les conséquences de sècheresse sur les douglas. Ceci peut d'ailleurs s'expliquer : dans les larges espacements, les arbres disposent chacun d'une réserve en eau plus importante que les arbres à fort espacement, mais ces arbres ont un houppier très développé : ils ont donc besoin d'une quantité d'eau plus importante que les arbres à densité plus élevée qui ont des houppiers moins développés du fait de la concurrence entre les arbres.

3.3.3. Analyse des comportements des propriétaires forestiers face au risque en Midi-Pyrénées et Limousin et conclusions sur les messages à diffuser

FR Région : Midi-Pyrénées et Limousin

Contexte

Après les tempêtes de 1999, de 2009, de la canicule de 2003, ou les années sèches qui ont suivi en 2005 et 2006, les massifs forestiers du Sud de Massif Central ont été mis à rude épreuve. Il était donc intéressant de comprendre comment les propriétaires forestiers envisagent leur prise en compte dans la gestion de leur forêt.

Le risque a été défini dans le cadre de cette étude comme étant de nature technique ; il ne comprend pas les incertitudes liées aux évolutions des contextes sociétaux, économiques et législatifs sur lesquels le propriétaire forestier n'a que peu de moyens d'actions à l'échelle individuelle.

Objectif

L'objectif de l'enquête était de disposer d'un tableau complet sur la nature des risques redoutés et subis, leur importance, et la manière dont les forestiers envisagent leur prise en compte dans la gestion de leur bois.

Protocole

Le choix de la région Limousin et des départements du Tarn et de l'Aveyron a été guidé par l'existence d'une forêt privée importante et d'un massif de douglas, et qui sont, au vu des comparaisons de données nationales et régionales, représentatives de la France pour le comportement des propriétaires forestiers. Une enquête téléphonique a été menée par le CREDOC auprès de 592 propriétaires forestiers tirés au sort dans la base de données du cadastre détenu par le CNPF. L'échantillon est stratifié par classe de surface.

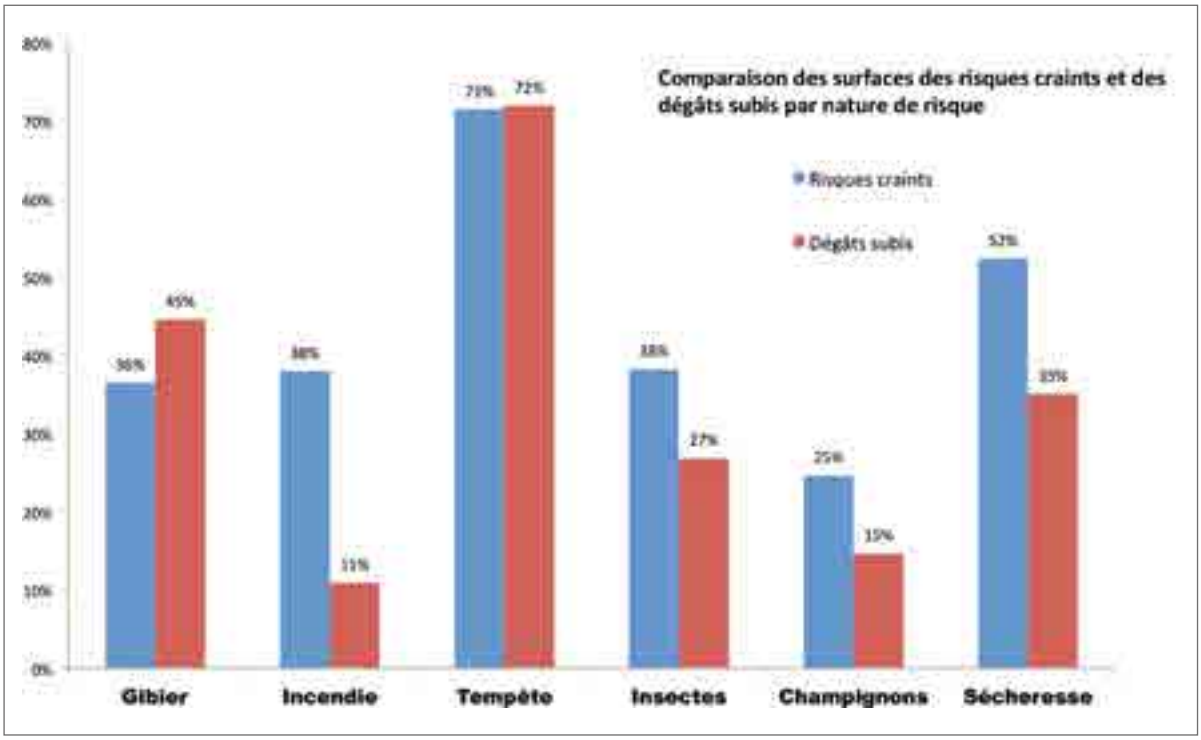


Figure 1 : Répartition des surfaces possédées en fonction des réponses à : Avez-vous subi des dégâts de ? En forêt privée sur la région Limousin et les départements de l'Aveyron et du Tarn en % de la surface totale de la forêt privée de plus de 4 hectares (source : FORRISK – Crédoc – Analyse CNPF 2014).

Les risques sont donc multiples.

Cette crainte est cohérente avec les dégâts subis : la tempête de décembre 1999 a marqué les esprits, que ce soit directement avec les chablis et les volis, soit indirectement avec le développement des dégâts d'insectes, de champignons, et, dans une moindre mesure de gibier. Vient ensuite la sécheresse qui est citée par 52 % des personnes interrogées. Bien entendu, les dégâts liés au gibier, aux insectes, et aux incendies sont présents, mais dans une moindre mesure.

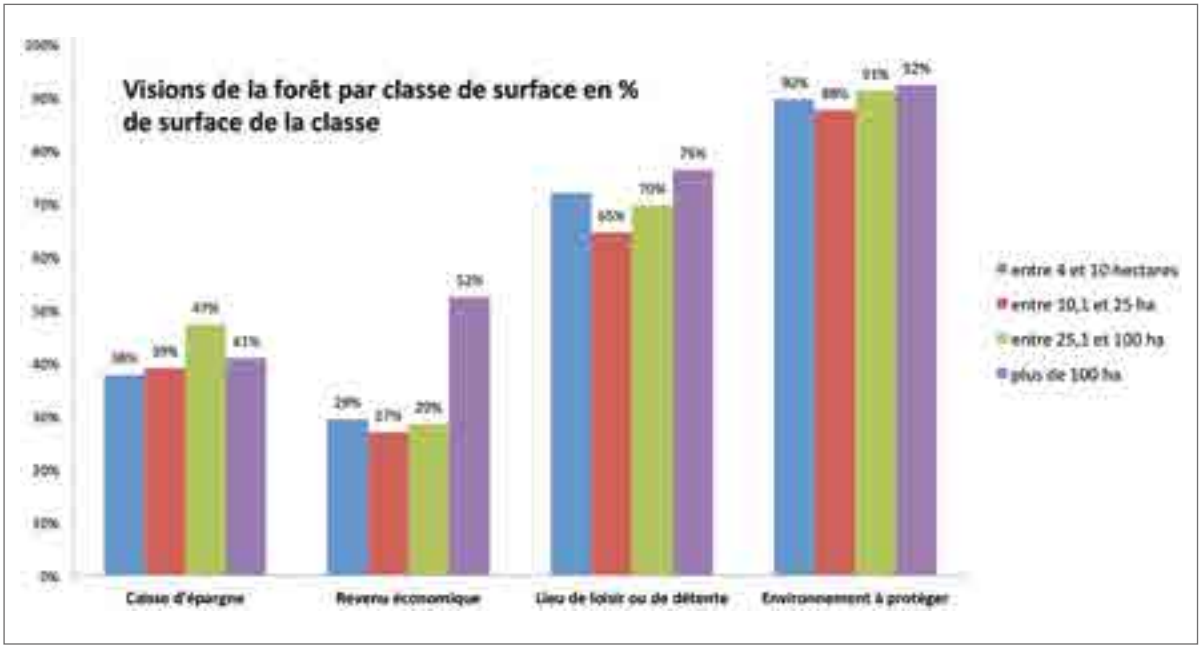


Figure 2 : Répartition des surfaces possédées par classe de surface en fonction des réponses à : c'est quoi votre forêt pour vous ? En forêt privée sur la région Limousin et les départements de l'Aveyron et du Tarn en % de la surface de la classe de surface de la forêt privée de plus de 4 hectares (source : FORRISK – Crédoc – Analyse CNPF 2014).

Ces questions de risque surviennent alors même que les attentes et les représentations des propriétaires évoluent. En ce qui concerne les représentations, la forêt est perçue comme un **environnement à protéger par neuf propriétaires sur dix** – ce qui ne signifie pas nécessairement à une adhésion aux politiques de l'environnement – suivie du lieu de loisir et de détente (70 %) et enfin de la caisse d'épargne (41 %) et du revenu économique (32 %).

En ce qui concerne les attentes, l'attachement affectif arrive en premier avec deux propriétaires sur trois concernés, suivi de la constitution du patrimoine et en troisième rang de la production de bois alors même que de façon intrinsèque la forêt produit du bois.

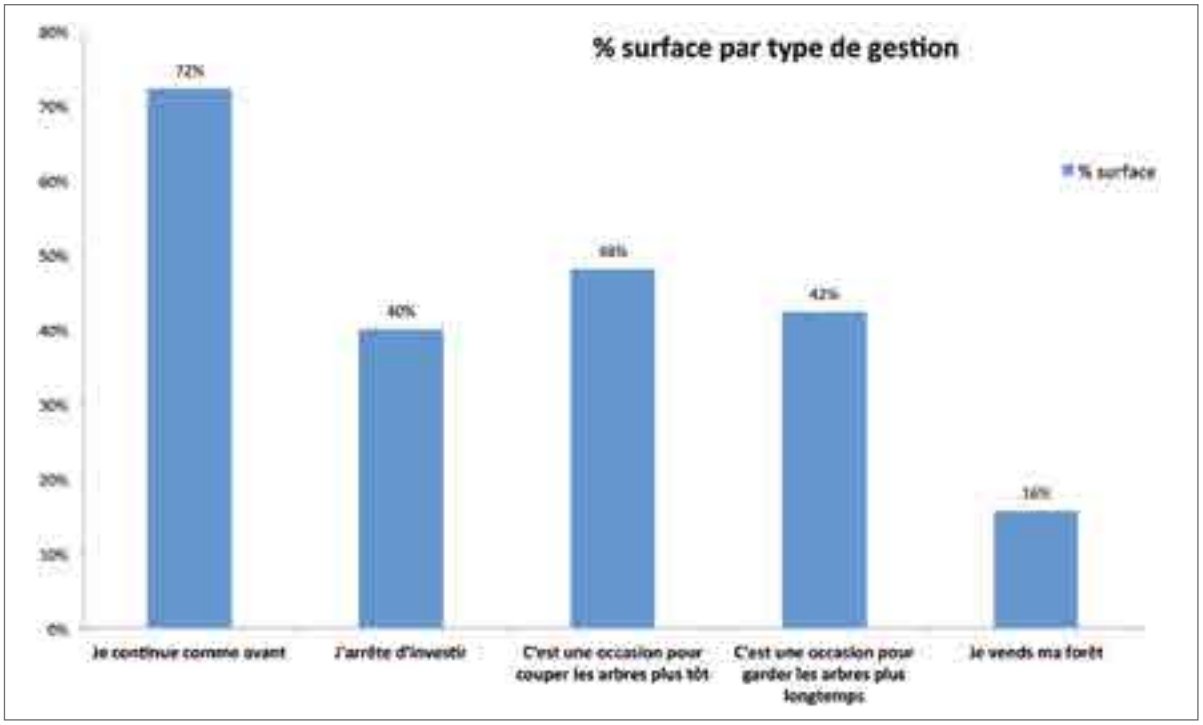


Figure 3 : Répartition des surfaces possédées en fonction des réponses à : Si votre bois est touchée par des dégâts, que faites-vous… ? En forêt privée sur la région Limousin et les départements de l'Aveyron et du Tarn en % de la surface totale de la forêt privée de plus de 4 hectares (source : FORRISK – Crédoc – Analyse CNPF 2014).

Au final, **les réactions aux dégâts sont variées :** La majorité des forestiers continue comme avant – quel que soit le mode de gestion pratiquée. Nombre d'entre eux arrêteraient d'investir. Les réactions par rapport au message technique classique d'avoir des révolutions plus courtes sont mitigées : pour presque la moitié d'entre eux en surface, c'est une occasion pour couper les arbres plus tôt, et ils sont à peine moins nombreux à considérer que c'est une occasion pour garder les arbres plus longtemps.

Les sources d'informations des propriétaires forestiers se diversifient. Le technicien reste la référence, mais les informations sont croisées, vérifiées, notamment avec l'arrivée des outils WEB.

Observations à venir

1. Les risques sont perçus comme multiples, dans des situations variées… Pas de réponse unique, les réactions sont très variées.

2. Emergence du risque climatique bouscule les solutions traditionnelles, il faut apporter des innovations.

3. La gestion des risques et leur prise en compte dans la gestion nécessitent des réponses techniques, mais aussi sociétales, innovation en terme d'organisation professionnelle, partage de l'information…

4. Décalage entre la perception de la forêt par les techniciens forestiers et les propriétaires (90 % considèrent la forêt comme un environnement à protéger).

5. L'assurance n'apparait pas comme la solution pour couvrir les risques.

6. Sortir de la dictature de la "plaquette d'information", diversifier les supports, informer en pluri canaux.

7. Proposer des supports d'informations utilisables en forêt.

3.3.4. Contrarrestando las consecuencias del fuego con el suministro de planta de alta calidad de pino negral (*Pinus pinaster* Ait) por amplificación vegetativa: una estrategia de emergencia

ES Región: Galicia

Antecedentes

En áreas donde las actividades de restauración son necesarias por episodios de fuego forestal y donde grandes superficies se queman casi todos los años, en Galicia entre 2002 y 2012 hubo 1113 inicios de incendio y la superficie media del incendio fue de 4.42 ha, la productividad del suelo y los riesgos de colmatación aguas abajo, entre otros, están en juego. Cuanto antes se acometen las actividades de restauración mejor para conservar el suelo en la cuenca.

Por otro lado, la valorización del monte es un elemento clave para reducir la ocurrencia de fuegos, y para alcanzarla transformar áreas quemadas en áreas forestales productivas debería ser un argumento para que la gente cuidara el monte, como pasa en otras regiones como el País Vasco, Nueva Zelanda, etc.

Habitualmente la planta brinzal en bandeja de vivero se siembra en primavera y comienzo del verano para que pueda conseguir un adecuado crecimiento y endurecimiento antes de ser plantada. Sin embargo, los episodios de fuego alcanzan su máximo al final del verano. Esto conduce a que plantas de años anteriores, no recomendado, se utilicen, si es que hay disponibilidad, o que haya que esperar un año más para producir la planta con calidad adecuada para su plantación. Durante el primer año después de un incendio de matorral, las pérdidas de suelo fueron de 20.4 t/ha, en las condiciones del experimento llevado a cabo por Vega *et al.*, 2013, aunque se redujeron a sólo el 6% con la aplicación de *mulching* de paja.

Si se prescribe la utilización de material genético de alta calidad de *Pinus pinaster* Ait se podría ahorrar tiempo en la implantación con el suministro de estaquillas enraizadas y ya endurecidas cultivadas en bandejas de alvéolos pequeños (6 cm^3) desde el final del verano hasta el siguiente invierno, permitiendo que las plantaciones pudieran hacerse sólo 4 meses después del fuego. Con este esquema, plantas de estaquilla podrían pedirse al vivero al finalizar la época de riesgo de incendios y una vez que se conociera la superficie afectada por los mismos, y por tanto, también las necesidades de planta.



Figura 1: Desde campos de pies madre ya existentes de material super-seleccionado los esquejes se pueden cosechar al final de septiembre para su puesta a enraizar en las instalaciones del vivero y pueden estar listos para plantar al siguiente febrero. (Foto: Lario F.J., TRAGSA; R. Álvarez, TRAGSA; A. Carrascosa, TRAGSA).

Objetivo

Suministrar Material Forestal de Reproducción de pino negral (*Pinus pinaster* Ait) de alta calidad por amplificación vegetativa para contrarrestar las consecuencias del fuego, añadiendo así, valor a las estrategias de restauración.

Desarrollo de actuaciones

Primero, el material genético de alta calidad fue obtenido seleccionando las 12 mejores familias de la población base del programa de mejora Galicia-Costa de la Xunta de Galicia. Se cosecharon semillas de estas familias y, en 2009, se creó un campo de pies madre. Se puso a punto el enraizamiento de esquejes en las instalaciones de Tragsa en Maceda, y se alcanzó un máximo de producción de alrededor de 80 esquejes por año y planta madre y más del 90% de capacidad de enraizamiento.

La mejora de las familias super-seleccionadas alcanza hasta 13.3% de ganancia en altura y producirían una mejora de la tasa interna de retorno (TIR) del 0.16% en zonas costeras de Galicia, donde, además, la producción de madera pasaría de 13.26 a 16.17 m^3/ha y año (Lario, 2013).

El testaje de los clones de las familias super-seleccionadas comenzó con la plantación en repoblaciones comerciales en el invierno de 2014. Con anterioridad, una primera prueba se había realizado con estaquillas en mini-alvéolos en una zona de clima no costero de Galicia con pobres resultados. Por tanto, posteriormente, se prescribió el uso de este formato sólo en zonas de climas costeros de Galicia donde las precipitaciones de verano están garantizadas. A continuación se relacionan las 4 plantaciones hasta ahora se han realizado en Galicia. (Tabla 1).

LOCALIZACIÓN	TIPO DE PLANTA TESTADA
Mañón (A Coruña)	esquejes enraizados en mini-alveólos y en alvéolos estándares/ brinzales de controles genéticos
Crecente (Pontevedra)	esquejes enraizados en mini-alvéolos y alvéolos estándares /brinzales de controles genéticos
Sordos (Ourense)	esquejes enraizados en mini-alvéolos
Parderrubias (Ourense)	esquejes enraizados en alvéolos estándares/brinzales de controles genéticos

Tabla 1: Localización de las plantaciones y tipo de planta ensayadas con material super-seleccionado y amplificado vegetativamente.

En la actualidad, se está ensayando distintas vías de automatización del proceso de enraizamiento en vivero para la reducción de los costes de producción, ensayo de enraizamiento directamente en alvéolos grandes, automatización del riego, etc., y se planea realizar más campañas de suministro demostrativo de planta.

Observación futura

Las plantaciones realizadas con material super-seleccionado de familias se re-visitarán para determinar supervivencia y desarrollos frente a las plantaciones en las que se enmarcan.



Figura 2: Diferentes formatos de esquejes enraizados de material de alta calidad genética listos para su plantación. (Arriba derecha) Aspecto de la planta brinzal de control (Fotos: Lario F.J., TRAGSA).

3.3.5. Valorisation des dispositifs de méthodes de lutte sylvicole contre le fomès pour la régénération des peuplements

FR Région : Aquitaine

Contexte

Le fomès (*Heterobasidion annosum*) est un champignon racinaire affectant les résineux et capable de provoquer des mortalités disséminées puis en tâche dans les peuplements de pins. Cette progression s'explique par son mode de dissémination et de propagation. Les spores produites par les carpophores du champignon sont émises dans l'air et peuvent être véhiculées par les vents sur de très grandes distances. Elles peuvent germer sur le bois frais suite à l'exploitation des arbres. Le mycélium envahit la souche puis tout le système racinaire car c'est avant tout un saprophyte du bois. Le fomès, dans sa forme parasite, est alors capable de contaminer les arbres voisins, même sains, par contact racinaire.

Depuis une vingtaine d'année, le fomès progresse régulièrement dans le massif des Landes de Gascogne (Lung-Escarmant & Aumonier, 2008) et suscite des inquiétudes assez vives. Le reboisement des parcelles fortement contaminées, selon les méthodes habituelles, risque de donner lieu à des mortalités précoces en raison de la contamination secondaire via les souches contaminées du peuplement précédent. En l'absence d'informations quantitatives sur l'efficacité des traitements curatifs (Vasaitis *et al.*, 2008 ; Cleary *et al.*, 2013), en particulier pour le pin maritime, on pourrait craindre la diminution des surfaces reboisées affectant alors notablement la capacité productive du massif.

Objectif

Recenser les dispositifs expérimentaux testant les méthodes de dessouchage sur le massif comme moyen de lutte curative et en assurer leur pérennité.

Protocole

Dans le cadre du projet Sylvogène (Chantre *et al.*, 2008) du pôle de compétitivité Xylofutur, un certain nombre de dispositifs avaient été installés. Deux de ces dispositifs ont fait l'objet d'une mise à jour de leur dossier et d'un premier passage en mesures :

Nom de l'expérimentation	Surface (ha)	Date de plantation	Modalités testées
Lapeyrade/Losse	4	2012	Dessouchage
Arx	7,5	10/2008	Dessouchage

Sur chaque site, trois modalités ont été implantées, combinant trois méthodes de prise en charge des souches du précédent peuplement avec le niveau de contamination du peuplement. Les modalités de traitement des souches sont : 1) le dessouchage avec enlèvement des souches, 2) le croquage de souches ou le dessouchage avec fragmentation et répartition des fragments sur la parcelle, 3) le non-dessouchage, comme modalité témoin. Avant le dessouchage, la localisation des souches contaminées puis le repérage des zones pour l'installation des modalités avaient été effectués au GPS.

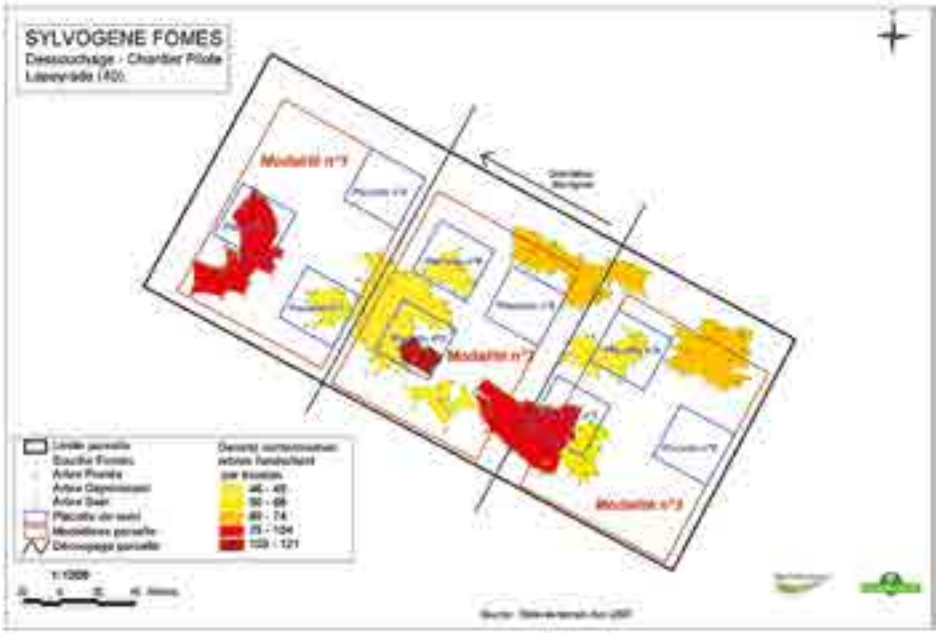


Figure 1 : Carte d'installation du dispositif de dessouchage de Lapeyrade (Source : ONF, Destribats 2007).



Figure 2 : Résultat du krigeage dans le dispositif d'Arx (Source : ONF, Destribats 2007 et © IGN, 2012).

Observations réalisées

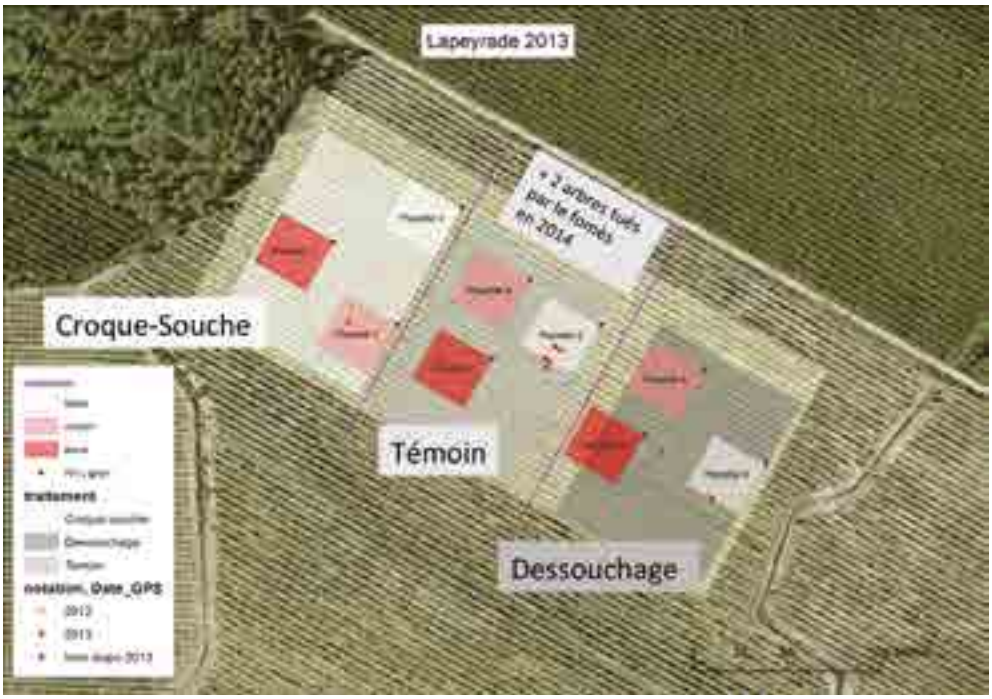


Figure 3 : Repérage des arbres morts par le fomès dans le dispositif de Lapeyrade (Source : © IGN, 2012).

Dans le cadre du projet FORRISK, les dossiers de ces deux expérimentations ont été mis à jour (nouveaux relevés GPS, numérotation des arbres, nouvelle carte) et tous les arbres ont été notés : sain, mort ou disparus. Les causes de mortalité ont été examinées soigneusement pour distinguer la mortalité due au fomès des mortalités liées aux autres causes habituelles (hylobe, gibier…).

Dans le dispositif de Lapeyrade des premières mortalités dues au fomès ont été constatées dans toutes les modalités y compris dans la modalité “dessouchage” (Figure 3).



Photo : Xavier Capdevielle, INRA.

Observations à venir

Ces dispositifs ont été confiés en gestion au CRPF qui en assurera des relevés réguliers : notation de la mortalité (annuelle) et mesures de croissance (tous les 3 ans). Ces données seront mises à disposition de l’INRA car elles sont fondamentales pour le module FomPine (Voir section 4.2.4.). A notre connaissance, il n’existe pas d’autres dispositifs d’expérimentation traitant des méthodes curatives lors du renouvellement des peuplements pour cette espèce et ce pathogène en Europe.

3.3.6. Manejo del suelo contra la sequía y las plagas y enfermedades

ES Región: País Vasco

Antecedentes

Se prevé que el cambio climático no afectará a toda la Europa con la misma intensidad pero se espera que las sequías estivales en Europa Meridional sean cada vez más frecuentes e intensas debido a los efectos combinados del aumento de las temperaturas y de la disminución de las precipitaciones. Además, las plagas y enfermedades forestales se beneficiarán con el cambio climático, debido esta sequía. La aplicación de biochar y cenizas de caldera de biomasa a los suelos de los bosques del sur de Europa puede, por un lado, aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo, aumentando la capacidad de almacenar la humedad recibida con las escasas e irregulares lluvias en la zona radical que se liberaría a las raíces cuando fuera necesario, y por el otro, mejorar el estado nutricional de los árboles que aumentará la resistencia del árbol a la sequía ya que la vegetación sometida a desequilibrios nutritivos es más sensible al estrés ambiental. Este estrés ambiental cambia el estado fisiológico de los árboles, lo que les predispone a ataques letales por organismos patógenos oportunistas.

Objetivo

El objetivo de la aplicación experimental de biochar y cenizas de caldera de biomasa a los suelos forestales es probar y demostrar medidas innovadoras de gestión del suelo - alternativas al riego y a la fertilización tradicional, que tienen como propósito aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo así como mejorar estado nutricional de los árboles. Los resultados de estos ensayos serán útiles para los gestores forestales, para las organizaciones públicas y para los centros de investigación.



Figura 1: Aplicación experimental de biochar y cenizas de caldera de biomasa en suelos forestales de Bizkaia. (Foto: Ander Arias González, NEIKER).

Diseño experimental

Se estableció una parcela experimental en una plantación de *Pinus radiata* en Bizkaia (propiedad de la Diputación Foral de Bizkaia), donde la temperatura media anual es de 12,7ºC y la media de precipitación anual de 1100 mm, con el apoyo financiero del proyecto REINFFORCE, que fue co-financiado por el Programa Operativo del Atlántico a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Gobierno Vasco.

Los tratamientos experimentales probados consistieron en 1) 9 Mg C / ha de biochar, 2) 3 Mg C / ha de biochar, 3) 9 Mg C / ha de biochar + 200 kg de nitrato de amonio, 4) 4.5 Mg / ha de cenizas de caldera de biomasa, 5) 1.5 Mg / ha de cenizas de caldera de biomasa, 6) 4.5 Mg / ha de cenizas de caldera de biomasa + 200 kg de nitrato de amonio y 7) sin ninguna aplicación (control). Cada parcela tiene una superficie de 64 m^2 con 4 árboles en el interior (Figura 1).

Los resultados preliminares obtenidos durante el proyecto REINFFORCE mostraron que la adición de cenizas de caldera de biomasa, tuvo un efecto positivo en la nutrición de magnesio del pino radiata. Sin embargo, no pareció tener efecto en ningún otro de los nutrientes analizados. Se concluyó que es posible que el efecto de esta fertilización pueda ser más obvio en un futuro.

Se analizó también el contenido de humedad del suelo de los suelos tratados con biochar y cenizas de caldera y no se observaron diferencias en la cantidad de agua que presentaron.

Valorización

Como no se encontraron diferencias en la aplicación del biochar y las cenizas de caldera en campo tras varios meses desde su aplicación, establecimos un experimento de laboratorio para observar si la adición de biochar tenía efecto en la formación de macroagregados (Moragues-Saitua, 2014). Las propiedades hídricas del suelo, especialmente su capacidad de retención de agua, están relacionadas con su textura y, fundamentalmente, con su estructura (cantidad y estabilidad de los agregados que forman el suelo) (Nimmo, 1997). Entender el proceso de formación y estabilización de los agregados nos ayudará a entender y predecir la retención y el movimiento de gases, agua y solutos en el suelo; el crecimiento, el vigor y la productividad de las plantas; y la actividad, el crecimiento y el movimiento de los organismos del suelo (Six *et al.*, 2004). En este estudio, el suelo del ensayo se mezcló con biochar de miscanthus (que está marcado de manera natural con el isótopo 13C) y se incubó durante 28 días. En los días 0, 1, 3, 7, 14 y 28 de la incubación, se procesaron las muestras para el fraccionamiento de tamaño de agregado, la determinación del carbono orgánico total y el análisis isotópico de 13C.

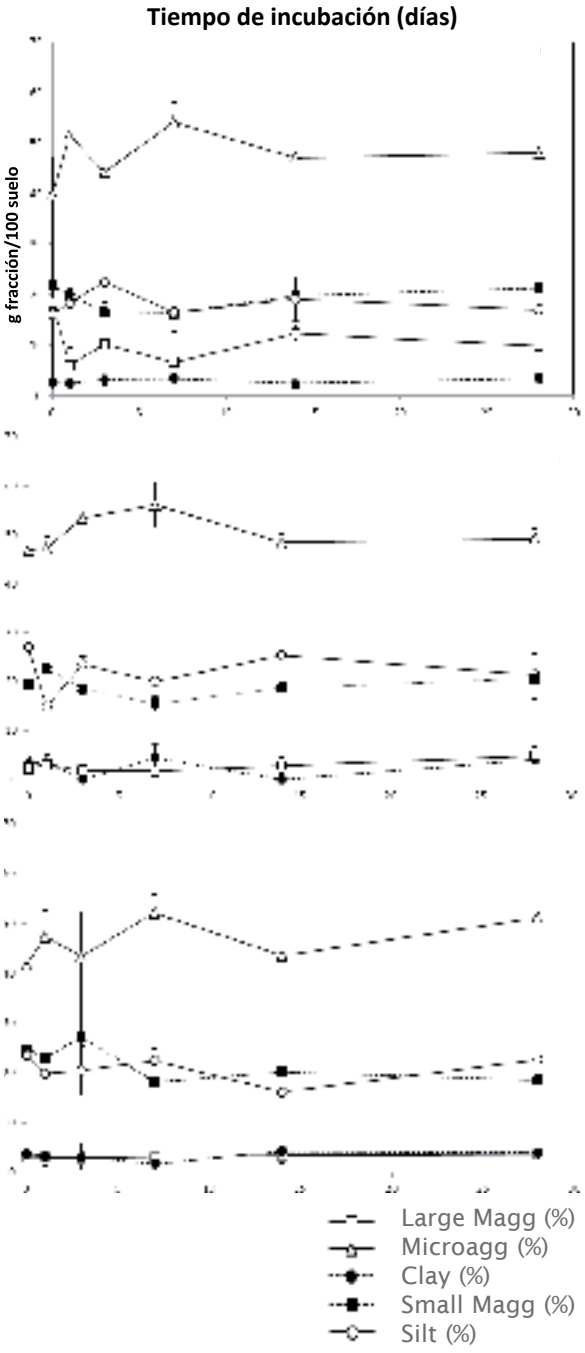


Figura 2: Dinámica de agregación en cada tiempo de incubación, para cada tratamiento. En la izquierda (a) sin enmiendas, en el centro (b) biochar + nitrógeno, y en la derecha (c) biochar.

La adición de biochar alteró significativamente la dinámica de la formación de microagregados en el suelo (Figura 2), inhibiendo la formación de macroagregados grandes, probablemente debido a las propiedades de biochar y su capacidad de adsorción, y su interacción con los agentes de unión. La enmienda con biochar no promovió la formación y estabilización de macroagregados en este suelo franco arcilloso. El C derivado del biochar, calculado gracias a la proporción de 13C frente a la materia orgánica del suelo, cambió significativamente con el tiempo en la fracción de microagregados que muestra un enriquecimiento en este C del día 1 al día 28. Estos resultados confirmaron una transferencia de esta materia orgánica añadida desde los macroagregados a los microagregados. Esto se puede considerar como un proceso de estabilización de carbono a largo plazo.

Teniendo en cuenta que el biochar tiene una mayor área superficial y mayor porosidad en relación con la materia orgánica del suelo (SOM), y que su adición puede mejorar la agregación del suelo y su estructura gracias al aumento de las interacciones con la SOM nativa, con los minerales y con los microorganismos (Six *et al.*, 2004), desarrollamos otro estudio con el suelo tomado en el sitio de demostración para medir la tasa de incorporación de biochar a las asociaciones órgano-minerales del suelo en condiciones de campo y probar la función de la composición mineral del suelo en la formación de estas asociaciones órgano-minerales.

Glaser *et al.* (2002) mostró que la formación de complejos de biochar con los minerales, como resultado de las interacciones entre los grupos reactivos en la superficie de las partículas de biochar, puede ser el responsable de la estabilidad de los agregados del suelo enmendado con este producto.

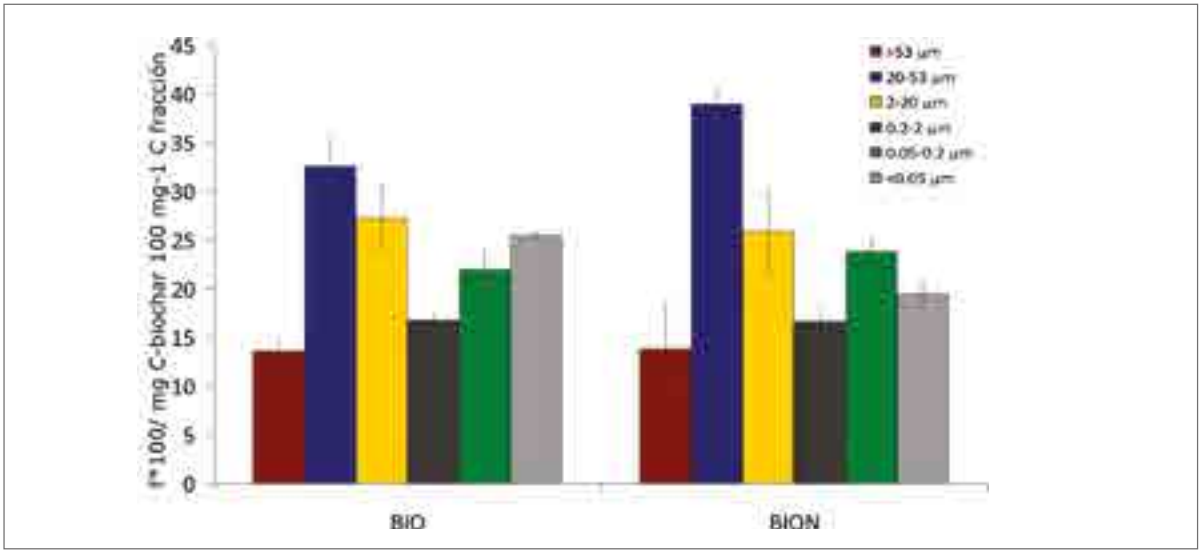


Figura 3: Proporción de carbono procedente del biochar en diferentes fracciones de tamaño de partículas del suelo del ensayo, un año después de la aplicación de biochar. BIO, 9 Mg C / ha de biochar y BION, 9 Mg C / ha de biochar + 200 kg de nitrato de amonio.

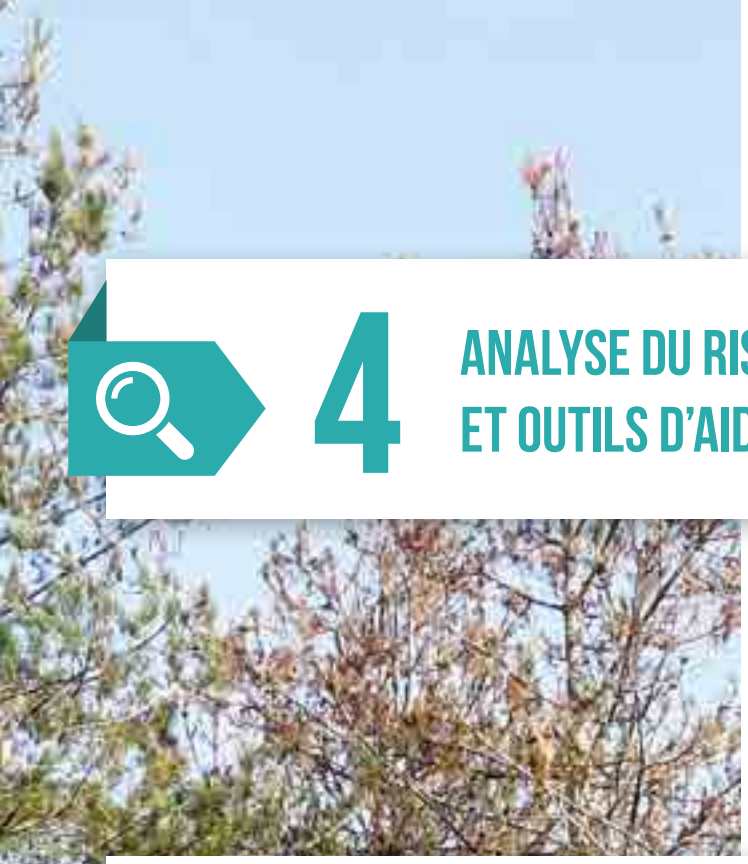
Se vio que el bichar tomaba parte en la formación de microagregados en el suelo, mostrando que interactúa con la SOM y con las partículas del suelo (Figura 3). Por otro lado, y como se dijo anteriormente, esto significa que podría haber sido transferido de macroagregados a esta fracción más pequeña, mostrando su capacidad para estimular la dinámica de agregación del suelo.

Además, como no se han observado diferencias significativas en la estructura y las propiedades hídricas del suelo del ensayo, y como se podría deber a su textura franco arcillosa, hemos establecido otro sitio experimental en un lugar con suelo de textura franco arenosa gracias a

la financiación del proyecto CHARFOR que está co-financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad español.

Observaciones futuras

Se estudiará la capacidad de retención hídrica del suelo en la zona radicular gracias al uso de sensores de humedad del suelo in situ. Además se estudiará con mayor precisión la modificación que potencialmente han supuesto estas enmiendas para comprobar su contribución a la reducción de los efectos de la sequía.



4 ANALYSE DU RISQUE ET OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION

FR

Analyses de risques (cartographie, évaluation de vulnérabilités, etc.). Création et adaptation d'outils de modélisation et d'outils d'aide à la décision.



4 ANÁLISIS DEL RIESGO Y HERRAMIENTAS DE AYUDA PARA LA TOMA DE DECISIONES

ES

Análisis de riesgos (cartografía, evaluación de vulnerabilidades). Creación y adaptación de herramientas de modeliza ción y herramientas de ayuda para la toma de decisiones.



4 ANÁLISE DO RISCO E FERRAMENTAS DE AJUDA À DECISÃO

PT

Análises de riscos (cartografia, avaliação de vulnerabilidades). Criação e adaptação de instrumentos de modelização e instru-mentos de ajuda à decisão.

4 ANÁLISIS DEL RIESGO Y HERRAMIENTAS DE AYUDA PARA LA TOMA DE DECISIONES

4.1. Análisis del riesgo

4.1.1. Análisis del riesgo de toxicidad de las estrategias adaptativas de manejo de suelo

ES Región: País Vasco

Antecedentes

El uso de madera como combustible para la producción de energía en la UE aumentará en un futuro próximo, como parte de los compromisos adquiridos por los gobiernos para aumentar la proporción de energía proveniente de fuentes renovables al 20 por ciento en 2020. La **ceniza** generada como subproducto de la combustión para generación de energía, tiene un uso potencial como fertilizante en los sistemas forestales y puede contribuir al desarrollo de nuevos modelos de implementación de una economía verde y circular, convirtiendo un residuo en un recurso. Sin embargo, aunque parece poco probable que la adición de ceniza de caldera de biomasa en suelos de clima templados pueda dar lugar a ningún tipo de toxicidad, hacen falta nuevas técnicas para garantizar que este "nuevo" recurso no amenaza la salud del ecosistema.

En el escenario de Cambio Climático, los científicos proponen el uso del "biochar" como elemento reductor de los gases de efecto invernadero, y que mejora la fertilidad del suelo. Con su generación se puede, además, producir energía limpia. La pirólisis de los residuos forestales genera energía y biochar, materia orgánica difícilmente degradable. Sin embargo, evidencias científicas recientes indican que la aplicación de biochar puede tener efectos perniciosos sobre la biota del suelo.

Ya se han desarrollado algunas técnicas para determinar la toxicidad potencial de los residuos. Con la utilización de estas técnicas se puede proponer el mejor destino para cada producto.

Objetivo

El propósito de esta actividad era adaptar e implementar diferentes técnicas para determinar la ecotoxicidad potencial de diferentes residuos y asegurar así, su uso seguro como enmiendas de suelos.

Diseño experimental

Se adaptaron procedimientos de ensayo existentes para tres técnicas diferentes de evaluación de la ecotoxicidad potencial y se desarrollaron dichos procedimientos para determinar la ecotoxicidad potencial del biochar y las cenizas de caldera de biomasa:

Microtox es un sistema de ensayo in vitro que utiliza una bacteria bioluminiscente (*Vibrio fischeri*) para detectar sustancias tóxicas en diferentes sustratos tales como agua, aire, suelos y sedimentos. Cuando la bacteria se expone a una sustancia tóxica, se interrumpe el proceso respiratorio de la misma, lo que reduce su producción de luz. La respuesta a la toxicidad se observa como un cambio en la luminiscencia, que es el resultado de la disminución de la respiración celular. Este cambio se puede utilizar para calcular un porcentaje de inhibición de *Vibrio fischeri* que se correlaciona directamente a la toxicidad.

MARA (Microbial Assay for Risk Assessment) consiste en un conjunto de once microorganismos genéticamente diversos (diez bacterias y una levadura), liofilizados en una placa de microtitulación (Figura 1). Los organismos se exponen a concentraciones crecientes del sustrato que se quiere probar y se incuba durante 18 horas en un medio de crecimiento. El crecimiento de los microorganismos en la matriz se mide mediante el registro del cambio de color de un colorante mediante el uso de un escáner de sobremesa y software de análisis de imagen plana (Figura 1).

LumiMARA es un ensayo que emplea un conjunto de 11 bacterias bioluminiscentes que consta de 9 especies de agua marina y 2 de agua dulce. El LumiMARA, como Microtox, hace uso de bacterias luminiscentes naturales, sin embargo, LumiMARA consta de bacterias de diferentes hábitats. Cuando estas bacterias se exponen a un ambiente tóxico su luminiscencia es inhibida. El nivel de toxicidad se determina midiendo el grado de inhibición de luz con resultados en sólo 30 minutos.

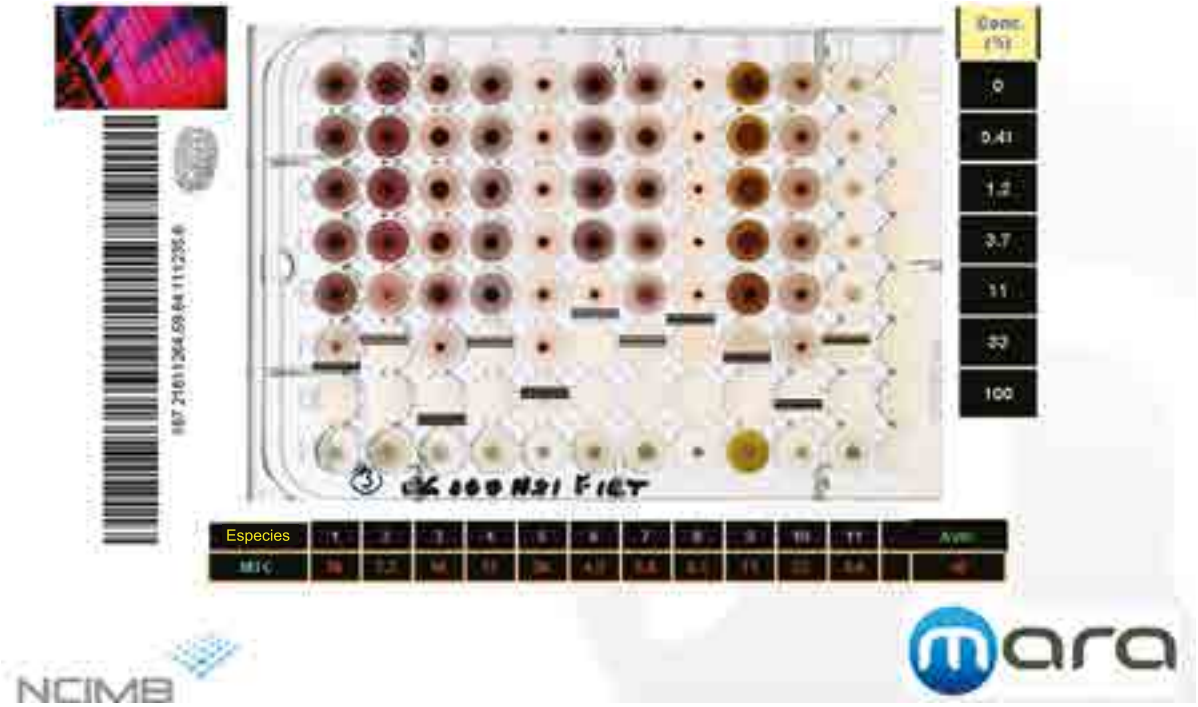


Figura 1: Ejemplo de una placa de microtitulación de MARA.

Resultados

La ecotoxicidad potencial de biochar y cenizas de caldera de biomasa se determinó por el método de extracción de acuerdo con la normativa de la legislación española (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1989). Los extractos se inocularon a los diferentes microorganismos. La bioluminiscencia de *Vibrio fischeri* no se alteró significativamente cuando se expuso a los extractos de biochar o ceniza de caldera de biomasa. Sin embargo, las pruebas microbianas MARA y LumiMARA indican toxicidad para algunos de los microorganismos, como por ejemplo, Micobacteria y Serratia. Esta última cepa fue la más sensible al extracto biochar y la Micobacteria la más sensible al extracto de ceniza de caldera de biomasa. (Figura 2). De la misma manera, el extracto de biochar en LumiMARA mostró cierta toxicidad para las bacterias de agua dulce (Figura 3a) y ninguna toxicidad para las bacterias bioluminiscentes marinas (Figura 3a), al igual que Microtox.

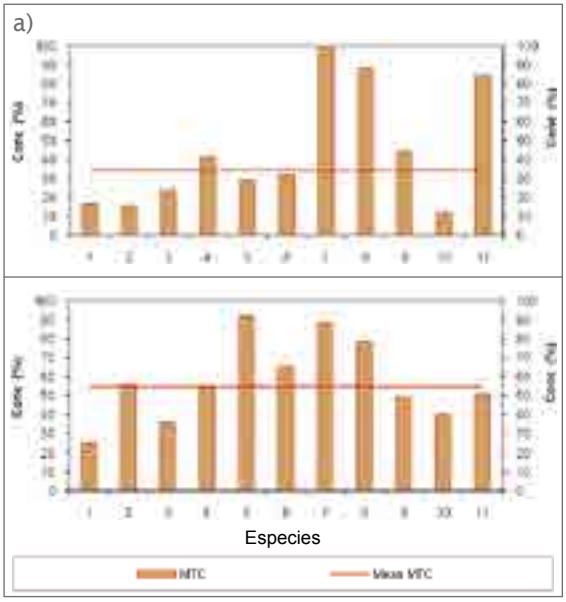


Figura 2: Las barras por debajo de línea roja significan toxicidad para esa especie. a) Perfil de MARA para el extracto de biochar (1:16) y b) Perfil de MARA para el extracto de ceniza de caldera de biomasa (1:16).

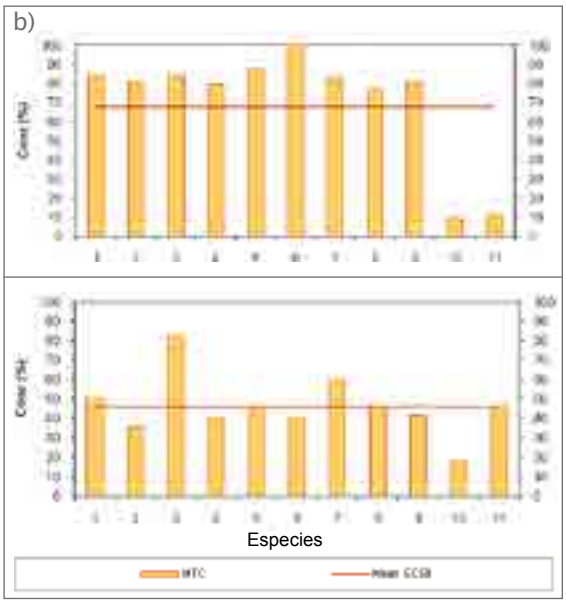


Figura 3: Las barras por debajo de línea roja significan toxicidad para esa especie. a) Perfil de LumiMARA para el extracto de biochar (1:16) y b) Perfil de LumiMARA para el extracto de ceniza de caldera de biomasa (1:16).

Así mismo, se determinó la ecotoxicidad del agua matricial de la zona radicular mediante el muestreo con capsulas de succión (Figura 4). Se recogió el agua matricial un año después de la aplicación del biochar y las cenizas de caldera de biomasa en la parcela experimental establecida con el apoyo financiero del proyecto REINFFORCE, que fue co-financiado por el Programa Operativo del Atlántico a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Gobierno Vasco. En estas muestras de agua matricial se realizó un test de cribado de MARA y ninguna de las muestras recogidas fue clasificada como tóxica, por lo que podemos concluir que el biochar y la ceniza de caldera de biomasa aplicadas en esta parcela experimental eran seguros.



Figura 4: Capsula de succión establecida en campo para la monitorización de la ecotoxicidad de la aplicación de biochar y ceniza de caldera de biomasa. (Foto: Ander Arias González, NEIKER).

Observaciones futuras

La ecotoxicidad del agua matricial de la zona radicular se seguirá monitorizando durante los próximos 3 años para asegurarse de que la aplicación de este biochar y ceniza de caldera de biomasa es seguro para los organismos acuáticos.

4 ANÁLISIS DEL RIESGO Y HERRAMIENTAS DE AYUDA PARA LA TOMA DE DECISIONES

ANÁLISE DO RISCO E FERRAMENTAS DE AJUDA À DECISÃO

4.1. Análisis del riesgo
4.1. Análise do risco

4.1.2. Evaluación de los riesgos de erosión y compactación del suelo en plantaciones de *Pinus radiata* en el País Vasco

ES Región: País Vasco y Portugal

Antecedentes

Los bosques son la mejor infraestructura para evitar la degradación del suelo y para prevenir la erosión hídrica y eólica del suelo. El primer metro de suelo superficial acumula 15x 1.011 toneladas de carbono a nivel mundial (Eswaran *et al.*, 1993) y 36% de ellos corresponde a los suelos forestales (FAO, 2002). Sin embargo, el uso de maquinaria pesada de forma inadecuada puede conducir a la degradación de suelo: la erosión, la compactación, la pérdida de materia orgánica del suelo y la pérdida de biodiversidad.

La erosión del suelo es el desgaste de la superficie de la tierra por el agua y el viento. Se trata de un proceso natural, pero puede ser "acelerado" por las actividades humanas. La erosión causa efectos in situ (la pérdida de suelo, la pérdida de nutrientes, menor productividad) y ex situ (reducción de la calidad del agua, aumento de la sedimentación, la pérdida de hábitat). Pero también es un problema económico serio, por ejemplo, se estima que la erosión cuesta 53 millones € al año, sólo en el Reino Unido (DEFRA 2009). La erosión del suelo es un problema para Europa (Kirbi *et al.*, 2004). En Portugal muchas de las plantaciones de eucalipto, así como en el País Vasco la mayoría de las plantaciones de pino radiata se establecen en laderas con alto potencial de problemas de erosión.

La compactación del suelo es el aumento de la densidad aparente del suelo que resulta de la reordenación de las partículas del suelo en respuesta a fuerzas externas aplicadas. Por lo general es un problema cuando se utiliza maquinaria pesada en suelos húmedos. La compactación no sólo puede reducir la capacidad de infiltración del agua y por lo tanto aumentar el riesgo de erosión, acelerando la escorrentía sino que también puede afectar al desarrollo/expansión de las raíces y, por tanto, a la productividad de las plantaciones (BC Ministerio de Bosques, 1999).

Durante el período de interrotación (el período entre la cosecha y el establecimiento definitivo de la nueva plantación) ambos problemas pueden verse agravados ya que la cobertura arbórea desaparece y, en la silvicultura comercial, se utiliza maquinaria pesada para la cosecha y preparación del terreno. La gestión forestal juega un papel vital para evitar efectos no deseados derivados de la erosión y la compactación.

Objetivo

El propósito de esta acción es adecuar y aplicar un nuevo método para determinar el riesgo de la erosión y la compactación. De esta manera, los gestores forestales tendrían una herramienta para planificar las operaciones forestales como la cosecha y la preparación del terreno para evitar la erosión y la compactación. Como consecuencia, la productividad de los bosques se verá reforzada y se protegerán los suelos de los bosques y el agua.

Diseño experimental

Se utilizó la guía de evaluación de riesgo para estimar la sensibilidad del sitio a los procesos de degradación publicado por el Ministerio de Bosques de la Columbia Británica en 1999, con el objetivo de adecuar un método científicamente sólido para evaluar los riesgos de erosión y compactación a las características de las plantaciones del sur de Europa.

Instituto Superior de Agronomía (ISA) en colaboración con ALTRI FLORESTAL propuso la guía para la evaluación de riesgo de erosión (ver sección 4.1.3.) que posteriormente sería probado en diferentes masas forestales. De la misma manera, NEIKER ha adaptado la guía de evaluación de riesgo de compactación del suelo (Tabla 1).

Textura (0-20 cm)		**Calificación del riesgo**	
		De suelos secos o excesivamente drenados hasta suelos húmedos la mayor parte del periodo de crecimiento Horizonte orgánico <5cm	De suelos húmedos la mayor parte del periodo de crecimiento hasta suelos con la capa freática al nivel o muy cerca de la superficie durante la mayor parte del año Horizonte orgánico ≥5cm
Elementos gruesos (0 – 15 cm)> 70%		Bajo	Medio
Elementos gruesos (0 – 15 cm)≤ 70%	Arenoso Franco arenoso Limoso/Franco Arcillosos	Bajo Medio Alto Muy Alto	Muy Alto

Tabla 1: Guía de evaluación del riesgo de compactación adaptada por NEIKER del Ministerio de Bosques de la Columbia Británica (1999).

Se estudiaron 12 parcelas en el País Vasco y su riesgo de compactación y la erosión se determinó para todos ellos (Figura 1) con la metodología propuesta. Se encontró que el riesgo de erosión era alta en 8 de las parcelas estudiadas y el riesgo de compactación era alto o muy alto en todas las parcelas estudiadas (Tabla 2). No se proporcionó por parte de las compañías que realizaron los trabajos forestales ningún plan técnico para el sistema de extracción de fustes, ni para la preparación del terreno (limpieza de los residuos de la cosecha, la preparación del suelo para la siembra), o asesoría técnica sobre el contenido de humedad del suelo.



Figura 1: Vista de Santa Lucia, una de las parcelas estudiadas después de la cosecha y preparación del terreno (a) y signos de erosión del suelo en Sarasolalde tras la utilización maquinaria pesada (b). (Fotos: Ander Arias González, NEIKER).

Nombre	UTM_X	UTM_Y	Textura	Pendiente (%)	Riesgo de erosión	Riesgo de compactación
Arbaliza I	483654	4781268	Franco	18	**Alto**	**Alto**
Arbaliza II	484856	4781044	Franco	14	**Alto**	**Alto**
Kolitxa	479932	4783301	Franco	29	**Alto**	**Alto**
La Guinea	481433	4784039	Franco arcilloso	40	**Alto**	**Muy Alto**
La Herbosa I	483205	4785522	Franco	25	**Alto**	**Alto**
La Herbosa II	483763	4785707	Franco	25	**Alto**	**Alto**
La Sancha I	481387	4786796	Franco arcilloso	13	**Medio**	**Muy Alto**
La Sancha II	481458	4786635	Franco arcilloso	11	**Medio**	**Muy Alto**
Aretxabalagane	520125	4792200	Franco arcillo limoso	15	**Medio**	**Muy Alto**
Sarasolalde	514000	4776450	Franco arcillo limoso	10	**Medio**	**Muy Alto**
Santa Lucia	523300	4795550	Franco arcillo limoso	46	**Alto**	**Muy Alto**
Baluga	488175	4784250	Franco arcillo limoso	25	**Alto**	**Muy Alto**

Tabla 2: Riesgos de Erosión y Compactación de las 12 parcelas estudiadas en el País Vasco.

Observaciones futuras

La información recogida en esta acción se puede usar para producir diferentes mapas de ayuda a la toma de decisiones, de esta forma los gestores forestales podrían planificar las actividades forestales y la administración asegurar la sostenibilidad de las operaciones forestales. Hace falta generar directrices sobre cuándo y cómo se debe utilizar o prohibir la maquinaria pesada en las labores forestales. Los socios en este grupo de trabajo están trabajando en conjunto con los órganos de la administración con el fin de definir las zonas sensibles a la erosión y a la compactación con el fin de promover y fomentar una gestión sostenible para el período de interrotación.

4.1.2. Avaliação dos riscos de erosão e compactação do solo em plantações de *Pinus radiata* no País Basco

PT Regiões: País Basco e Portugal

Fundamento

As florestas são a melhor infra-estrutura para evitar a degradação do solo e para evitar a erosão hídrica e eólica. O primeiro metro de solo acumula a nível mundial, 15x 1.011 toneladas de carbono (Eswaran *et al.*, 1993) e 36% destes correspondem a solos florestais (FAO, 2002). No entanto, o uso inadequado de equipamentos pesados pode levar à degradação do solo: erosão, compactação, perda de matéria orgânica do solo e a perda de biodiversidade.

A erosão do solo é o desgaste da superfície da terra pela água e pelo vento. Este é um processo natural, mas pode ser "acelerado" pelas actividades humanas. A erosão provoca efeitos in situ (perda de solo, perda de nutrientes, redução da produtividade) e *ex situ* (redução da qualidade da água, o aumento da sedimentação, perda de habitat). Mas também é um grave problema económico, por exemplo, estima-se que a erosão custe cerca de 53milhões de euros por ano, só no Reino Unido (DEFRA, 2009). A erosão do solo é um problema para a Europa (Kirbi *et al.*, 2004). Em Portugal, as plantações de eucalipto e no País Basco, as plantações de *Pinus radiata* são estabelecidas em encostas com elevado potencial de possuírem problemas de erosão.

A compactação do solo resulta de um aumento da sua densidade devido ao rearranjo das partículas de terra, em resposta à aplicação de forças externas. Geralmente este tipo de problema ocorre quando se utiliza equipamento pesado em solos húmidos. A compactação pode reduzir a capacidade de infiltração da água e, assim, aumentar o risco de erosão e pode também afectar o desenvolvimento/expansão das raízes e, por conseguinte, a produtividade das plantações (BC Ministério das Florestas, 1999).

Durante o período que existe entre rotações (o período entre a colheita e o estabelecimento definitivo da nova plantação), os dois problemas podem ser agravados devido à perda da cobertura arbórea e devido ao uso de equipamentos pesados para a colheita e preparação do local, frequentemente utilizados na silvicultura comercial. A gestão florestal tem um papel vital para evitar efeitos indesejáveis resultantes da erosão e compactação do solo.

Objectivo

O objectivo desta tarefa é adaptar e aplicar um novo método para determinar o risco de erosão e compactação dos solos. Assim, os gestores florestais teriam uma ferramenta útil no planeamento de operações florestais tais como, na colheita e na preparação do solo, de forma a evitar a erosão e compactação do mesmo. Como resultado, a produtividade da floresta será reforçada, assim como a protecção dos solos florestais e da água.

Actividades experimentais

Utilizou-se o guia de avaliação de risco publicado pelo Ministério das Florestas da British Columbia (1999) para estimar a sensibilidade de um dado local aos processos de degradação e, para que fosse possível adequar um método cientificamente sólido de avaliação do risco de erosão e compactação às características das plantações no sul da Europa.

O Instituto Superior de Agronomia (ISA) em colaboração com a empresa ALTRI FLORESTAL propôs um guia de avaliação do risco de erosão (Wood *et al.*, 2014; esta publicação) que posteriormente será testado em diferentes florestas. Da mesma forma, o Neiker adaptou o guia de avaliação do risco de compactação do solo (Tabela 1).

Textura (0-20 cm)		**Classificação do risco**	
		Em solos secos ou excessivamente drenados até solos húmidos, na maior parte do período de crescimento Horizonte orgânico <5cm	Em solos húmidos na maior parte do período de crescimento até solos com um nível freático à superfície ou próximo desta, durante a maior parte do ano Horizonte orgânico ≥5cm
Elementos grosseiros (0 – 15 cm) > 70%		Baixo	Médio
Elementos grosseiros (0 – 15 cm) ≤ 70%	Arenoso Franco arenoso Limoso/Franco Argiloso	Baixo Médio Alto Muito alto	Muito alto

Tabela 1: Guia para a avaliação do risco de compactação adaptada do British Columbia (B. C. Ministry of Forests, 1999) pelo NEIKER.

Foram estudadas 12 parcelas no País Basco, sendo que o risco de compactação e erosão foi determinado para todos elas através da metodologia proposta (Figura 1). Registou-se um risco de erosão elevado em 8 das 12 parcelas monitorizadas e, um risco de compactação elevado ou muito elevado, em todas as outras parcelas observadas (Tabela 2).

As empresas que fizeram os trabalhos silvícolas não disponibilizaram qualquer plano técnico para a extracção de troncos, para a preparação do local (limpeza resíduos de culturas, preparação do solo para o plantio), ou qualquer aconselhamento técnico sobre o teor de humidade no solo.



Figura 1: Vista de uma das parcelas em Santa Lúcia, estudadas após a colheita e preparação do local (a); sinais de erosão do solo em Sarasolalde devido ao uso de máquinas pesadas (b). (Fotos: Ander Arias González, NEIKER).

Nome	UTM_X	UTM_Y	Textura	Declive (%)	Risco de erosão	Risco de compactação
Arbaliza I	483654	4781268	Franco	18	**Alto**	**Alto**
Arbaliza II	484856	4781044	Franco	14	**Alto**	**Alto**
Kolitxa	479932	4783301	Franco	29	**Alto**	**Alto**
La Guinea	481433	4784039	Franco argiloso	40	**Alto**	**Muito Alto**
La Herbosa I	483205	4785522	Franco	25	**Alto**	**Alto**
La Herbosa II	483763	4785707	Franco	25	**Alto**	**Alto**
La Sancha I	481387	4786796	Franco arcilloso	13	**Médio**	**Muito Alto**
La Sancha II	481458	4786635	Franco arcilloso	11	**Médio**	**Muito Alto**
Aretxabalagane	520125	4792200	Franco arcillo limoso	15	**Médio**	**Muito Alto**
Sarasolalde	514000	4776450	Franco arcillo limoso	10	**Médio**	**Muito Alto**
Santa Lucia	523300	4795550	Franco arcillo limoso	46	**Alto**	**Muito Alto**
Baluga	488175	4784250	Franco arcillo limoso	25	**Alto**	**Muito Alto**

Tabela 2: Risco de erosão e de compactação de 12 parcelas estudadas no País Basco.

Conclusões/Recomendações

As informações contidas neste guia podem ser utilizadas para produzir diferentes mapas que ajudem os gestores a planear e a garantir a sustentabilidade das operações florestais. É necessário gerar directrizes sobre quando e como se deve utilizar ou quando se deve proibir o uso de máquinas pesadas no trabalho florestal.

Os parceiros deste grupo de trabalho estão a trabalhar em conjunto com as organizações governamentais para definir as áreas mais sensíveis à erosão e compactação, para que se possa promover e incentivar a gestão sustentável do solo no período entre rotações.

4 ANÁLISE DO RISCO E FERRAMENTAS DE AJUDA À DECISÃO

ANÁLISIS DEL RIESGO Y HERRAMIENTAS DE AYUDA PARA LA TOMA DE DECISIONES

4.1. Análise do risco
4.1. Análisis del riesgo

4.1.3. Avaliação de riscos de erosão e disponibilidade de nutrientes do solo em povoamentos de eucaliptos em Portugal

PT Regiões: Norte e Centro de Portugal

Fundamento

A erosão acelerada implica a perda de solo e de nutrientes e o decréscimo de produtividade. As formações florestais constituem uma infra-estrutura de controlo da erosão. Porém, a instalação ou reinstalação de plantações florestais podem apresentar ameaças para o recurso solo, devido à modificação das suas características e à perda por erosão (Figura 1). Esta abrange também estruturas como caminhos (Figura 1), aceiros e linhas eléctricas. Assim, em cooperação com a ALTRI FLORESTAL, desenvolveu-se à escala da unidade de gestão um sistema de avaliação do risco de erosão para identificar medidas de gestão apropriadas, bem como um sistema de monitorização para avaliar in situ o desempenho dessas medidas.



Figura 1: Áreas de instalação de plantações (esquerda) e caminho com erosão ravina (direita) (Fotos: ALTRI FLORESTAL).
Figura 1: Una unidad de gestión preparada para una plantación de eucalipto (izquierda) y una pista forestal con evidentes cárcavas de erosión (derecha) (Fotos: ALTRI FLORESTAL).

Actividades

O estudo envolveu a elaboração de um sistema de avaliação do risco de erosão do solo associado aos factores determinantes da erosão potencial natural, considerando o clima (precipitação média anual), a topografia do terreno (declive e o comprimento e uniformidade da encosta) e características relevantes do solo (elementos grosseiros, destacabilidade das partículas, a permeabilidade e a profundidade de camadas restritivas do movimento de água). A notação desses factores permite obter um score global para notação do grau de risco de erosão. Seguiram-se de perto as metodologias desenvolvidas na British Columbia (B. C. Ministry of Forests, 1999) e tendo também em conta normas legislativas associadas à instalação de plantações florestais em Portugal (ICNF, 2013). No futuro, visa-se a simplificação do sistema no que toca às variáveis do factor solo.

As especificidades do sítio e os riscos de erosão inerentes permitem identificar as medidas apropriadas para minimizar os processos de perda de solo (Figura 2) e da conservação das estruturas associadas à gestão e exploração florestal. Porém, as medidas implantadas no terreno necessitam de ser objecto de monitorização (Figura 2) para avaliar a sua eficiência e potencial extrapolação para outros sítios. Para o efeito, desenvolveu-se uma ficha para essa monitorização expedita in situ (Quadro 1).





Figura 2: Sistemas de instalação das plantações para controlo do processo erosivo no âmbito da unidade de exploração e actividade de teste do sistema de monitorização da erosão (Foto: ALTRI FLORESTAL).
Figura 2: Plantaciones de eucalipto para controlar el proceso erosivo en una unidad de gestión y prueba del sistema de monitorización de la erosión (Foto: ALTRI FLORESTAL).

Propriedade x		Tipo de erosão						Deposição de sedimentos[A]	Deslizamento de terras[B]
		Laminar		Sulcos		Ravinas			
Unidade de gestão (UG)		Intens	Exten	Intens	Exten	Intens	Exten		
UG	Plantação								
	Caminhos								
	Aceiros								
	Linha de água								

Int – Intensidade; **Ext** – Extensão;); **Extensão (% area):** ausente – 0; baixa (< 10%) – 1; média (10-25%) – 2; alta (> 25%) – 3; **A:** 0 - Ausência; 1 - <10 m; 2 -10-100 m; 3 -> 100 m; **B:** 0 - Ausência; 1 - Presença.
Quadro 1: Ficha preliminar de avaliação in situ da ocorrência e da intensidade de erosão, da deposição de sedimentos e de deslizamento de terras.

A disponibilidade de nutrientes nas plantações de *Eucalyptus*

A disponibilidade de nutrientes no solo é um dos factores essenciais para optimizar a produtividade florestal nas mais variadas condições ecológicas (Foelkel, 2005). Para avaliar as eventuais restrições nutricionais no âmbito do universo das áreas de plantações de *Eucalyptus globulus*, exploradas directa ou indirectamente pela ALTRI FLORESTAL, foram consideradas as características genéricas dos solos mais relevantes quanto à disponibilidade de nutrientes. A organização da informação foi efectuada por quatro grandes regiões tendo em consideração a natureza do material originário do solo e as condições climáticas: as regiões Norte (a mais pluviosa) e Interior

Centro correspondem a solos desenvolvidos sobre rochas graníticas e xistentas; as regiões do Oeste (arenitos da Orla Meso-Cenozóica do Litoral) e do Tejo (arenitos da Bacia Cenozóica do Tejo/Sado) correspondem a solos sobrejacentes a formações sedimentares.

As características dos solos apresentam variações genericamente relacionadas com a quantidade de precipitação, como é o caso do pH, do teor de matéria orgânica e dos teores de Ca e de Mg extraíveis, bem como do teor de Al extraível e do respectivo grau de saturação. Por seu turno, os teores de P e de K extraíveis, bem como de boro, parecem associadas à natureza do material originário. Exceptuando o caso Ca na Região Norte, genericamente os teores dos nutrientes considerados estão no limite ou acima do limiar considerado necessário para atingir produtividades até 30 $m^3\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de Eucalyptus sp. em áreas de clima quente e húmido (Novais *et al.*, 1986). Porém, estas tendências têm de ser especificadas para o *E. globulus* no âmbito das condições ecológicas de Portugal (clima Mediterrâneo).



Figura 3: Grandes regiões florestais e locais de colheita de informação sobre os respectivos solos.
Figura 3: Las grandes regiones forestales y los sitios de recogida de información de los suelos.

Região	pH H_2O	MO %	P_2O_5 mg kg^{-1}	K_2O mg kg^{-1}	Ca^{2+} $cmol_c\ kg^{-1}$	Mg^{2+} $cmol_c\ kg^{-1}$	K^+ $cmol_c\ kg^{-1}$	Al^{3+} $cmol_c\ kg^{-1}$	SAl %	Zn mg kg^{-1}	Cu mg kg^{-1}	Mn mg kg^{-1}	Fe mg kg^{-1}	B mg kg^{-1}
Norte	4,81	7,7	8,3	53,0	0,37	0,18	0,13	1,85	67	1,3	1,2	17,9	189	1,02
Interior Centro	4,88	3,6	12,2	89,9	0,99	0,80	0,19	1,84	53	2,5	1,4	17,3	136	0,70
Oeste	5,04	3,7	7,5	69,5	1,13	0,44	0,12	0,66	34	2,4	1,0	15,8	171	0,82
Tejo	5,30	2,1	12,0	79,5	2,68	0,61	0,16	0,40	25	1,3	0,7	19,0	91	0,65

Quadro 2: Características gerais dos solos das quatro regiões consideradas (SAl – grau de saturação em alumínio).

Os teores foliares de nutrientes nas plantações de *Eucalyptus* espelham as características dos solos em que as mesmas ocorrem. Os baixos teores de Ca na região mais pluviosa (a Norte) reflectem os baixos teores deste nutriente no solo e o elevado grau de saturação em alumínio; por outro lado, os teores foliares de B expressam a variação do teor do mesmo no solo e sugerem que em algumas plantações, nomeadamente na região Interior Centro, poderá ocorrer deficiência deste elemento. De acordo com a interpretação do estado nutricional do *E. globulus* (Dell *et al.*, 2003) os teores de N, P e S estão no limiar da deficiência, nomeadamente nas áreas com menor teor de matéria orgânica.

	N mg kg^{-1}	P mg kg^{-1}	K mg kg^{-1}	Ca mg kg^{-1}	Mg mg kg^{-1}	S mg kg^{-1}	B mg kg^{-1}	Fe mg kg^{-1}	Cu mg kg^{-1}	Zn mg kg^{-1}	Mn mg kg^{-1}
Norte	16,5	1,1	7,6	3,8	1,7	1,2	38,9	48,3	7,5	12,6	253
Interior Centro	14,3	0,9	7,9	6,6	1,7	1,1	13,2	65,1	7,1	13,2	356
Oeste	16,2	0,9	8,4	8,0	1,8	1,2	25,3	52,7	8,9	15,8	326
Tejo	13,5	0,8	7,9	8,8	1,6	1,1	18,3	56,6	5,9	12,4	468

Quadro 3: Análise foliar de plantações de Eucalyptus localizadas nas quatro regiões consideradas.

Esta informação vai ser organizada mais detalhadamente e por frequências para conhecer o grau de gravidade de deficiências nutricionais em cada região (e por material originário) para desenvolver uma estratégia de amostragem e georreferenciação e analítica a fim de eliminar as restrições à expressão do potencial genético das plantas utilizadas nas plantações.

4.1.3. Evaluación de los riesgos de erosión y agotamiento de nutrientes del suelo en plantaciones de eucalipto en Portugal

ES Regiones: Norte y Centro de Portugal

Antecedentes

La erosión acelerada implica la pérdida de suelo y nutrientes y por consiguiente, pérdida de productividad. Es bien sabido que los bosques son la mejor infraestructura para el control de la erosión. Sin embargo, una inadecuada gestión de las plantaciones forestales puede suponer una amenaza para el suelo, ya que una inapropiada utilización de la maquinaria en las labores selvícolas puede alterar las funciones del suelo y producir una pérdida irrecuperable de este recurso. (Figura 1 - izquierda, página 79). Así mismo, las infraestructuras ligadas a los sistemas forestales tales como pistas (Figura 1 - derecha, página 79), cortafuegos o líneas eléctricas incrementan el riesgo de erosión. Por todo ello, se desarrolló un sistema para evaluar el riesgo de erosión e identificar las medidas de gestión adecuadas, así como un sistema de monitorización para evaluar in situ el funcionamiento de estas medidas a escala de unidad de gestión en cooperación con la empresa ALTRI FLORESTAL.

Actividades

El estudio incluyó el desarrollo de un sistema para evaluar el riesgo de erosión asociado con factores determinantes de erosión natural potencial (considerando factores de clima, topografía y características del suelo) (Tabla 1). La suma de estos factores da una puntuación global del grado de riesgo de erosión (Tabla 1). Este sistema es una adaptación de la metodología desarrollada por el Ministerio de Bosques de la Columbia Británica (BC Ministerio de Bosques, 1999), y que tiene en cuenta las normas legislativas relacionadas con el establecimiento de plantaciones forestales en Portugal (ICNF, 2013). En el futuro, se quiere simplificar el sistema para las variables de suelo.

Las características del sitio y el riesgo de erosión permiten identificar las medidas apropiadas para minimizar los procesos de pérdida de suelo (Figura 2, página 80). Sin embargo, las medidas aplicadas sobre el terreno deben ser monitorizadas (Figura 2, página 80) para evaluar su eficacia y su posible extrapolación a otros sitios. Con este fin, hemos desarrollado una ficha de monitorización in situ (Tabla 1).

Propiedad x		**Tipo de erosión**						**Deposición de sedimentos[A]**	**Deslizamento de tierras[B]**
		Laminar		**Surcos**		**Cárcavas**			
Unidad de gestión (UG)		**Intens**	**Exten**	**Intens**	**Exten**	**Intens**	**Exten**		
UG	**Plantación**								
	Pista								
	Cortafuegos								
	Curso de agua								

Int – Intensidad; **Ext** – Extensión;); **Extensión (% area):** ausente – 0; baja (< 10%) – 1; media (10-25%) – 2; alta (> 25%) – 3; **A:** 0 - Ausencia; 1 - <10 m; 2 -10-100 m; 3 -> 100 m; **B:** 0 - Ausencia; 1 - Presencia.

Tabla 1: Ficha preliminar de evaluación in situ de la ocurrencia y la intensidad de la erosión, la deposición de sedimentos y deslizamientos de tierra.

Agotamiento de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus*

La disponibilidad de nutrientes en el suelo es uno de los factores esenciales para optimizar la productividad de los bosques en diferentes condiciones ecológicas (Foelkel, 2005). Para evaluar las posibles restricciones nutricionales dentro del universo de las plantaciones de *Eucalyptus globulus*, directa o indirectamente explotado por ALTRI FLORESTAL, se consideraron las características genéricas más relevantes de los suelos en la disponibilidad de nutrientes. Se diferenciaron cuatro regiones principales, teniendo en cuenta la naturaleza del material parental de los suelos y condiciones climáticas: el norte (la más lluviosa) e Interior Centro regiones que corresponden a suelos desarrollados sobre rocas graníticas y xistentas; regiones del Oeste (areniscas de Meso-Cenozoico Orla Costera) y Tajo (areniscas de cuenca cenozoica del Tajo/Sado) que corresponden a los suelos de material parental sedimentario.

Las diferencias en las propiedades de suelos son debidos generalmente por variaciones relacionadas con la cantidad de lluvia, como es el caso del pH, contenido de materia orgánica y de los niveles de Ca y Mg extraíble, así como el contenido de Al extractable y su grado de saturación. A su vez, los niveles de P y K extractable, así como los del boro, parecen estar vinculados a la naturaleza del material parental. Salvo en el caso del Ca en el norte, en general, los niveles de de nutrientes se consideran iguales o por encima del umbral considerado necesario para lograr una productividad de hasta 30 m^3 ha^{-1} $año^{-1}$ de Eucalyptus sp. en zonas con clima cálido y húmedo (Novais *et al.*, 1986). Sin embargo, estos niveles se deben especificar para *E. globulus* en las condiciones ecológicas de Portugal (clima mediterráneo).

Región	pH H_2O	MO %	P_2O_5 mg kg^{-1}	K_2O mg kg^{-1}	Ca^{2+} $cmol_c$ kg^{-1}	Mg^{2+} $cmol_c$ kg^{-1}	K^+ $cmol_c$ kg^{-1}	Al^{3+} $cmol_c$ kg^{-1}	SAI %	Zn mg kg^{-1}	Cu mg kg^{-1}	Mn mg kg^{-1}	Fe mg kg^{-1}	B mg kg^{-1}
Norte	4,81	7,7	8,3	53,0	0,37	0,18	0,13	1,85	67	1,3	1,2	17,9	189	1,02
Interior Centro	4,88	3,6	12,2	89,9	0,99	0,80	0,19	1,84	53	2,5	1,4	17,3	136	0,70
Oeste	5,04	3,7	7,5	69,5	1,13	0,44	0,12	0,66	34	2,4	1,0	15,8	171	0,82
Tejo	5,30	2,1	12,0	79,5	2,68	0,61	0,16	0,40	25	1,3	0,7	19,0	91	0,65

Tabla 2: Características generales de los suelos de las cuatro grandes regiones forestales consideradas (SAI- grado de saturación de aluminio).

Las concentraciones foliares de nutrientes en plantaciones de eucalipto son indicadores de las características del suelo sobre el que se desarrolla la plantación. Por lo tanto, la baja concentración de Ca en la región más lluviosa (la región norte) refleja los bajos niveles de este nutriente en el suelo y el alto grado de saturación de aluminio; Por otro lado, la concentración de B foliar demuestra una variación de su contenido en el suelo y sugiere que en algunas plantaciones, en particular en las regiones Interior Centro pueden sufrir deficiencia de este elemento. De acuerdo con la interpretación de la situación nutricional de *E. globulus* (Dell *et al.*, 2003) las concentraciones de N, P y S se encuentran en el umbral de la deficiencia, en particular en las zonas con menor contenido de materia orgánica.

	N mg kg^{-1}	P mg kg^{-1}	K mg kg^{-1}	Ca mg kg^{-1}	Mg mg kg^{-1}	S mg kg^{-1}	B mg kg^{-1}	Fe mg kg^{-1}	Cu mg kg^{-1}	Zn mg kg^{-1}	Mn mg kg^{-1}
Norte	16,5	1,1	7,6	3,8	1,7	1,2	38,9	48,3	7,5	12,6	253
Interior Centro	14,3	0,9	7,9	6,6	1,7	1,1	13,2	65,1	7,1	13,2	356
Oeste	16,2	0,9	8,4	8,0	1,8	1,2	25,3	52,7	8,9	15,8	326
Tejo	13,5	0,8	7,9	8,8	1,6	1,1	18,3	56,6	5,9	12,4	468

Tabla 3: Análisis foliar de las plantaciones de Eucalyptus en las cuatro grandes regiones forestales.

Esta información se va a organizar en más detalle y se recogerá con frecuencia para conocer la gravedad de las deficiencias nutricionales en cada región (y el material parental) para desarrollar una estrategia de muestreo y georeferenciación de los análisis con el fin de eliminar las restricciones a la expresión del potencial genético de plantas utilizadas en las plantaciones.

4 ANALYSE DU RISQUE ET OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION
ANÁLISIS DEL RIESGO Y HERRAMIENTAS DE AYUDA PARA LA TOMA DE DECISIONES

4.1. Analyse du risque
4.1. Análisis del riesgo

4.1.4. Cartographie du risque vent dans les régions Aquitaine, Pays Basque et Asturies

FR Région : Aquitaine, Pays Basque et Asturies

Contexte

Les tempêtes sont à l'origine de la majorité des dégâts forestiers en Europe, générant plus de 50 % des volumes de dégâts observés (Gardiner *et al.*, 2010). Dans le passé, ces dégâts avaient lieu essentiellement en Europe du nord et en Europe centrale, mais récemment les tempêtes ont causé des dégâts importants dans le sud ouest de la France et même dans le nord de l'Espagne et du Portugal. Les exemples les plus remarquables sont la tempête Martin en Aquitaine (décembre 1999), la tempête Klaus qui affecta l'Aquitaine et le nord de l'Espagne en janvier 2009, et la tempête Xynthia qui fit des dégâts dans l'ouest de la France, le nord de l'Espagne et le nord du Portugal en février 2010.

Objectif

L'objectif du travail réalisé dans le cadre du projet FORRISK était de développer un modèle de risque vent utilisable dans le sud-ouest de la France, le nord de l'Espagne et le nord du Portugal. Ceci nécessita d'adapter le modèle ForestGALES développé au Royaume-Uni (Gardiner *et al.*, 2008), pour les espèces prépondérantes dans les régions du projet : le pin maritime, le pin radiata, l'eucalyptus et le hêtre. Une des premières informations nécessaires à la calibration du modèle est l'évaluation de la résistance de l'appareil racinaire et du tronc de chacune de ces espèces. Pour utiliser le modèle, il est aussi nécessaire d'avoir des cartes de vent détaillées. Ce travail fut fait en Aquitaine, au Pays Basque et dans les Asturies et validé par la confrontation avec les dégâts observés lors des tempêtes Klaus et Xynthia.

Méthode

Expérimentation de résistance à la traction

La résistance du pin maritime au vent avait déjà été étudiée en Aquitaine, mais pour les trois autres espèces, il n'y avait que très peu de donnés disponibles. Il a donc fallu organiser des campagnes de traction sur le terrain pour mesurer la résistance à l'arrachage des ces

espèces. Des arbres de plusieurs tailles sur des sols représentatifs de la région ont été renversés à l'aide d'un treuil automatique tout en mesurant la tension exercée pour renverser ces arbres. Une fois les arbres couchés, le tronc, le houppier et l'appareil racinaire sont mesurés pour identifier les caractéristiques les mieux corrélées à la résistance à l'arrachage.

Régime des vents

En général, le régime des vents dans une région n'est disponible que pour un nombre limité de stations météorologiques. En Aquitaine, ce problème n'est pas gênant, le faible relief permettant de faire des extrapolations entre les stations de manière relativement aisée. En revanche, la topographie accidentée de régions comme le Pays Basque rend l'exercice bien plus difficile. Par chance, le maillage de stations météorologiques dans cette région au cours des 2-5 dernières années est assez dense avec 57 stations météo étagées du niveau de la mer à 1147 m. Ces données ont permis de construire un modèle pour généraliser les paramètres Weibull A et Weibull k (nécessaires pour décrire la probabilité des différentes vitesses de vent) en fonction de l'altitude, de l'exposition et de la distance à la mer.



Figure 1 : Petit Eucalytpus globulus *après arrachage montrant le capteur de force servant à mesurer la force de tractions, et des inclinomètres utilisés dans la mesure d'inclinaison de la tige.*
Figura1: Eucalyptus globulus *de pequeño tamaño después de ser derribado, mostrando la célula de carga para medir la fuerza de empuje, junto a inclinómetros para medir la inclinación del tronco.*

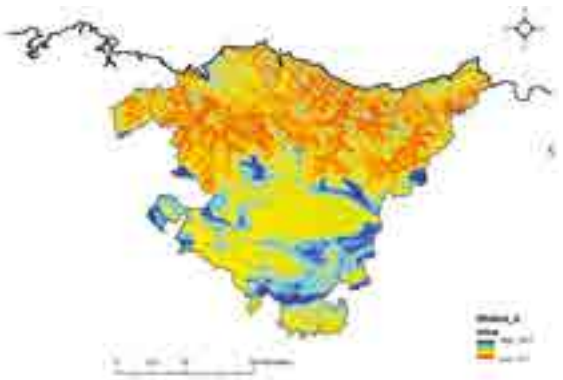


Figure 2 : Carte du paramètre Weibull A pour le Pays Basque.
Figura 2: Mapa del parámetro A de Weibull para el País Vasco.

Resultats

Les cartes caractérisant le regime des vents ont été produites pour tout le Pays Basque afin que l'aléa vent puisse être déterminé en tout point de la région. Les formules pour calculer les paramètres weibull permettant d'établir les cartes ci-dessous sont disponible sur le site web du projet.

Au moment où ces lignes sont écrites, l'expérience de traction a été réalisée sur 24 eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) en Asturies et 19 pins radiata (*Pinus radiata*) dans le Pays Basque en Espagne en octobre 2014. La traction des arbres sera terminée avec l'abatage de 15 hêtres (*Fagus sylvatica*) à Álava (Pays Basque) au début de 2015. Les donnés collectées lors de l'arrachage ont été utilisées pour paramétrer le modèle forestGALES et un exemple sur le pin radiata est montré sur la figure 3 pour illustrer de quelle façon les vitesses critiques et la période de retour (nombre d'années moyen entre les périodes de dégâts) varient avec l'âge dans une région ventée.

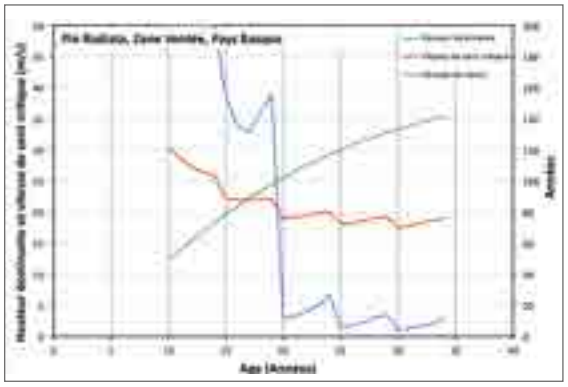


Figure 3 : Hauteur dominante, vitesse de vent critique, et période de retour pour un peuplement de pin radiata éclairci situé dans une zone ventée (crête) dans le Pays Basque.

Perspectives

Le modèle forestGALES a été utilisé pour calculer la vitesse critique de vent générant des dégâts sur tous les points de l'inventaire forestier basque en 2010. Ces données on été confrontées à la carte des vents enregistrés pendant la tempête Xynthia le 27 février 2010 (Gaztelumendi *et al.*, 2011), fournie gracieusement par Santiago Gaztelumendi d'EUSKALMET pour comparer les dégâts prédits par le modèle et les dégâts réellement observés. Cette validation était importante pour confirmer que la carte de risque vent pouvait être utilisée de manière fiable dans la région

Recommandations

Il est recommandé que la nouvelle version de forestGALES décrite ci-dessus soit utilisée pour cartographier le risque vent pour le pin maritime, le pin radiata, l'eucalyptus et le hêtre. Cet outil peut aider à déterminer la durée de révolution et le régime d'éclaircies à appliquer aux forêts de la région. Le modèle pourrait aussi être traduit en français et en espagnol et mis a disposition en téléchargement pour les forestiers, les gestionnaires et les entreprises forestières de la région.

4.1.4. Cartografía del riesgo de tormentas en Aquitania, el País Vasco y Asturias

ES Regiones: Aquitania, el País Vasco y Asturias

Resumen

Los vendavales causan los mayores daños en los bosques de Europa, produciendo más del 50% del total del volumen de madera dañado (Gardiner *et al.*, 2010). En el pasado, este tipo de daños se ubicaban principalmente en Europa Septentrional y Central, pero recientemente las tormentas han causado graves daños en los bosques del suroeste de Francia y del norte de España y Portugal. Las tormentas Martin en diciembre de 1999 y Klaus en enero de 2009 en Aquitania y norte de España y la tormenta Xynthia en febrero de 2010 en el oeste de Francia, norte de España y norte de Portugal son ejemplos relevantes para el Sur de Europa.

Objetivo

El objetivo de este trabajo incluido en FORRISK era desarrollar un modelo de riesgo de viento para los bosques del suroeste de Francia, norte de España y norte de Portugal. Ello requiere adaptar el modelo de riesgo de viento ForestGALES, desarrollado en el Reino Unido (Gardiner *et al.*, 2008), para las principales especies forestales del área de proyecto: pino marítimo, pino radiata, eucalipto y haya. Los requerimientos básicos para el modelo son el conocimiento de la resistencia radicular y la fuerza del tronco de las especies de interés y un mapa detallado de las características del viento en el área donde crecen las mismas. En este proyecto, nuestro objetivo fue parametrizar el modelo para las citadas cuatro especies de interés, desarrollar un mapa detallado de las características del viento para el País Vasco y validar el modelo frente a daños realmente observados en las tormentas Klaus y Xynthia.

Establecimiento del experimento

Experimentos de derribo de árboles

Ya existe información sobre la resistencia radicular para el pino marítimo que crece en Aquitania, pero los datos para las otras 3 especies son muy escasos. Por tanto, ha sido necesario organizar estudios de derribo de árboles para medir la resistencia radicular de las mismas (Nicoll *et al.*, 2006). Se han buscado

árboles con una suficiente variedad de tamaños y creciendo sobre los principales tipos de suelos en cada región, con el fin de derribarlos usando un cable motorizado que permitiera medir la fuerza necesaria para tumbarlos en el proceso de derribo. Después de su derribo, se han realizado medidas detalladas de las características de tronco, copa y raíces (Figura 1, página 85) con el fin de encontrar características (normalmente, el peso del tronco) que estén bien correlacionadas con la resistencia radicular.

Características del viento

A menudo las características del viento en un área sólo pueden conocerse a partir de estaciones provistas de anemómetros. En Aquitania esto no es un problema de difícil solución porque como es un territorio llano, la extrapolación entre los datos de las estaciones existentes proporciona valores adecuados. Sin embargo, en áreas como el País Vasco es mucho más difícil debido a la irregularidad de su topografía. Afortunadamente, existen datos de velocidad de viento en esta región procedentes de 57 estaciones meteorológicas de la red de Euskalmet (Agencia Vasca de Meteorología) a lo largo de un periodo que oscila entre 2 y 5 años y que se encuentran situadas en elevaciones desde el nivel del mar hasta 1.147 m. Se emplearon estos datos para desarrollar un modelo estadístico para predecir los parámetros A y k de Weibull (necesarios para describir la probabilidad de diferentes velocidades del viento) mediante funciones de altitud, exposición topográfica local (TOPEX) y distancia a la costa.

Resultados

Se han realizado mapas de los parámetros que explican la velocidad del viento para todo el País Vasco (Figura 2, página 85) y que permiten el cálculo del riesgo de daño por viento para toda la región. Las fórmulas utilizadas para el cálculo de los parámetros de Weibull están disponibles en el sitio Web del proyecto.

En 2014, el apeo de árboles ha sido completado con 24 eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) en Asturias y 19 pinos radiata (*Pinus radiata*) en Bizkaia (País Vasco). El trabajo será finalizado con el previsto derribo de 15 hayas (*Fagus sylvatica*) en Álava a principios de 2015. Los datos de eucalipto han sido utilizados para la parametrización del modelo ForestGALES. De igual manera, actualmente se están utilizando los datos de apeo de radiata.

En la Figura 3, se muestra un ejemplo de la velocidad crítica de viento para causar daño al pino radiata y el periodo de retorno (número medio de años entre eventos que causan daño), mostrando que estos parámetros cambian con la edad para un sitio expuesto al viento.

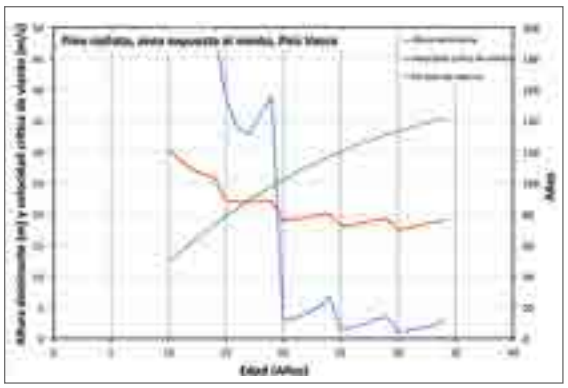


Figura 3: Altura dominante, velocidad crítica de viento y periodo de retorno para una masa aclarada de pino radiata en una zona expuesta al viento (cima de una loma) en el País Vasco.

Trabajo futuro

El modelo ForestGALES ha sido utilizado para calcular velocidades críticas de daños por viento para todas las parcelas del inventario forestal nacional del País Vasco del año 2010 y junto a las velocidades de viento observadas durante la tormenta Xynthia, ocurrida el 27 de Febrero de 2010 (Gaztelumendi *et al.*, 2011), información que fue generosamente aportada por Santiago Gaztelumendi de EUSKALMET, permitió comparar el daño predicho por el modelo ForestGALES con el daño real producido tras la tormenta. La validación del nuevo modelo de riesgo de daños por viento permite garantizar su utilización de forma fiable en la región.

Recomendaciones

Se recomienda la utilización del nuevo modelo ForestGALES, descrita anteriormente, para la cartografía de mapas de riesgo de daños por viento para los pinos marítimo y radiata, eucalipto y haya en la región. Este modelo podría ser utilizado como una herramienta de ayuda a la toma de decisiones sobre el periodo de rotación y la realización de claras en la región. El modelo debería ser, además, traducido al francés y español, y estar disponible para su descarga por parte de los propietarios, gestores, y empresas forestales de la región.

4.1.5. Mapas de vulnerabilidad al viento y al fuego en el País Vasco, basados en el vuelo Lidar 2012

ES Región: País Vasco

Resumen

Se han elaborado diversos Mapas de vulnerabilidad al viento y al fuego en el País Vasco, basados en la información forestal disponible, pública y gratuita. La fuente principal de información han sido el Inventario Forestal Nacional (IFN) y el vuelo Lidar 2012 propio del País Vasco.

Objetivo

Establecer una metodología, extrapolable a otras regiones españolas, con el fin de aprovechar las fuentes de información disponibles para elaborar, en este caso, diversos Mapas de vulnerabilidad a agentes de daños.

Elaboración del Mapa de riesgo de viento

El País Vasco cuenta con las siguientes fuentes de información forestal:
- Parcelas de muestreo del Inventario Forestal Nacional (IFN) de 2005 y 2011medidas cada 10 años y ubicadas en una red UTM de 1 km*1 km.
- Vuelos completos Lidar en 2008 y 2012. Este último está incluido en el programa PNOA 2008-2012 para toda España.

Al igual que otras regiones vecinas, en los últimos años, el País Vasco ha sufrido la incidencia de las tormentas Klaus (enero de 2009) y Xynthia (febrero de 2010).

Para complementar esta información, se ha contado con un mapa de parcelas forestales afectadas por ambos vendavales, parcelas que sobre todo se concentran en la comarca Cantábrica Alavesa. Se conocen así las superficies más afectadas por ambos vendavales y se han podido analizar qué parámetros están más directamente relacionados con la magnitud de los daños.

A partir de los datos de las parcelas de campo del citado Inventario Forestal Nacional de 2011 y el vuelo Lidar de 2012 (altura media de los rebotes situados por encima de 4 metros respecto al suelo en un radio de 25 m), se pueden estimar para cualquier masa forestal parámetros como la altura media (hm), el diámetro medio (dg) o el volumen maderable (Figura 2). También pueden estimarse otros parámetros relacionados, como la relación de esbeltez (hm/dg), la altura dominante o el área basimétrica.

Se ha comprobado, en primer lugar, que la altitud es un factor básico en la distribución de las parcelas afectadas por las tormentas, hasta los 600 metros de cota, que suelen ser el límite de plantación del pino radiata. Este hecho suele estar relacionado, en territorios montañosos como el vasco, con una mayor exposición al viento en zonas altas.

En cuanto a datos forestales, se ha podido comprobar que la relación de esbeltez es otro factor directamente relacionado con la magnitud de daños por viento. También se han encontrado otros dos parámetros directamente relacionados con la magnitud de daños por viento:

- Modelo 1: relaciona el riesgo de daños por viento con el área basimétrica
- Modelo 2: relaciona el riesgo de daños por viento con un factor basado en el tamaño del árbol medio de un arbolado, como diámetro medio o altura media

Esta misma información procedente del IFN ha sido empleada para elaborar los modelos correspondientes a otras especies vulnerables ante el riesgo de viento: eucalipto, pino marítimo y abeto douglas. Estas especies son de crecimiento rápido y hoja perenne, lo que aumenta el riesgo de derribos en vendavales invernales.

Los modelos así construidos para el pino radiata basados en el Lidar 2012 han podido aplicarse con los datos del Lidar 2008 en la misma comarca Cantábrica Alavesa y así se ha podido calcular el riesgo de derribo por viento antes de las tormentas Klaus y Xynthia (Figura 5). La aplicación de todos estos modelos a las masas forestales actuales del País Vasco ha permitido elaborar distintos mapas de vulnerabilidad al viento empleando los datos del Lidar 2012 (Figura 6).

Como cifra significativa, cerca del 28% de la superficie actual de pino radiata del País Vasco presenta alto riesgo de derribo por el viento.

Elaboración del Mapa de riesgo de incendio

Al igual que en el caso anterior, se cuenta en el País Vasco con la información procedente de las parcelas de muestreo del citado Inventario Forestal Nacional de 2011 y el vuelo Lidar de 2012. Los parámetros forestales del total de las masas forestales del País Vasco se han calculado en esas parcelas de campo. Para ello se han tomado, dentro de un radio de 25 metros alrededor del punto central de cada parcela de campo, los datos del sotobosque medido en el IFN (básicamente, altura y densidad del matorral) y los rebotes del vuelo Lidar situados por debajo de 3 metros respecto al suelo. Así se han calculado parámetros como la altura media ponderada del matorral y su peso seco.

Con estos parámetros, se han podido construir dos modelos de riesgo de incendio forestal:
- Modelo 1, basado en la diferencia relativa de altura entre el arbolado y el sotobosque: alto riesgo de incendio si la diferencia entre altura media de los rebotes Lidar y la altura media ponderada del matorral es inferior a 2 metros.
- Modelo 2, basado en la diferencia relativa de altura entre las ramas y el sotobosque: alto riesgo si la altura prevista de llama es mayor que la altura de la primera rama viva.

Estos modelos, lo mismo que otros modelos semejantes, pueden ser construidos con información forestal disponible en toda España: las propias parcelas de muestreo del Inventario Forestal Nacional y el Lidar más cercano en el tiempo a ese inventario.

La aplicación de ambos modelos a la totalidad del País Vasco, empleando los datos del Lidar 2012, ha permitido elaborar distintos mapas de vulnerabilidad al incendio de las masas forestales actuales. Como primer resultado obtenido (Figura 8), los tipos de arbolado con mayor riesgo medio de incendio forestal en el País Vasco son los montes bajos y densos de quejigo y encina, junto con las plantaciones forestales jóvenes.



Figura 1: Ejemplo de parcela IFN y del volumen del cilindro del que se extraen los rebotes Lidar. (Foto: HAZI).

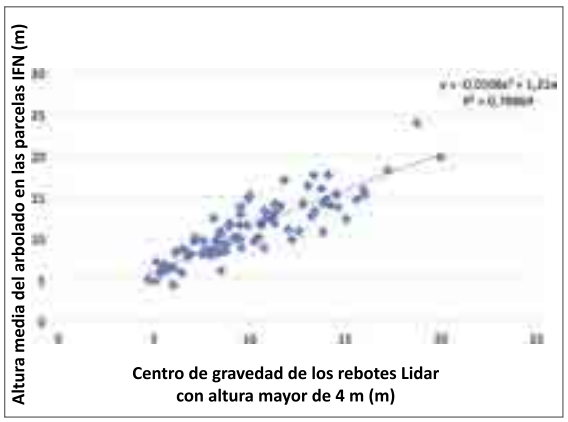


Figura 2: Ejemplo de regresión polinómica para el pino silvestre, para ajustar la altura media del arbolado de cada parcela IFN con la altura media de los rebotes situados por encima de 4 metros respecto al suelo.



Figura 3: Parcelas afectadas por las tormentas Klaus y Xynthia en Álava y Bizkaia. La comarca Cantábrica Alavesa aparece marcada con una elipse. (Foto: HAZI).

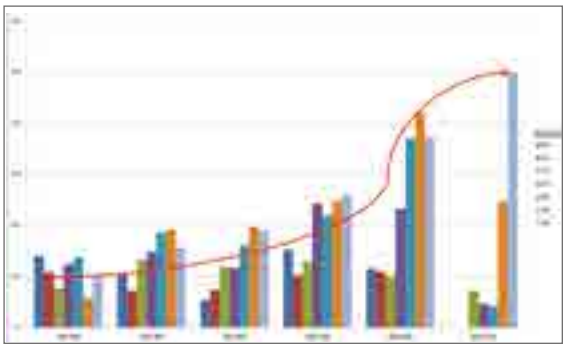


Figura 4: Probabilidad de sufrir daños por viento (eje vertical) en función de la altitud (eje horizontal) y de la relación de esbeltez HDom (dividiendo la altura dominante por el diámetro medio del pinar).



Figura 5: Mapa de riesgo de derribo por viento antes de las tormentas, generado con el Lidar 2008. (Foto: HAZI).



Figura 6: Mapa de riesgo actual de derribo por viento, generado con el Lidar 2012. (Foto: HAZI).



Figura 7: Mapa de riesgo de incendio forestal en la misma zona de Amurrio. (Foto: HAZI).



Figura 8: Zonas arboladas de alto riesgo de incendio según el mapa de vulnerabilidad elaborado. (Foto: HAZI).

Futuras observaciones

A lo largo de los próximos años se irá ajustando la fiabilidad de estos mapas a las observaciones que se vayan realizando.

A más corto plazo, se prevé en los próximos meses realizar diversos trabajos complementarios:

- Integrar los citados Mapas de vulnerabilidad del arbolado con mapas físicos relacionados como mapas topográficos (mayor riesgo de viento en zonas expuestas, mayor riesgo de incendio en solanas de fuerte pendiente), …
- Mapa de riesgo de incendio en áreas de matorral
- Elaboración de una Guía dirigida a propietarios y gestores forestales del País Vasco para aconsejar las posibles selviculturas mejor adaptadas a cada tipo de riesgo. Colaboración con el equipo INRA de Barry Gardiner.
- Preparación de un visor web con estos mapas
- Integración de los datos Lidar con las mediciones obtenidas con Laser 3D terrestre. Colaboración con CETEMAS (Asturias).

4.1.6. Évaluation du risque causé par l'armillaire dans le contexte d'intensification de la sylviculture de la forêt des Landes de Gascogne

FR Région : Aquitaine

Contexte

Parmi les différentes espèces d'armillaire présentes en forêt landaise, *Armillaria ostoyae* peut causer d'importants dégâts sur les pins maritimes à certains stades de la révolution sylvicole, notamment dans les jeunes plantations et les peuplements matures de plus de 30 ans (Figure 1). Avec le fomès *(Heterobasidion annosum sensus stricto)*, ces deux champignons s'attaquant aux racines des pins, sont parmi les principales causes des dépérissements observés sur le massif selon les données du Département Santé des Forêts (DSF).

Dans un premier temps, essentiellement concentrés sur la bande littorale, une recrudescence des dégâts liés à l'armillaire est observée à l'est du massif depuis une vingtaine d'années (Aumonier, 2007).

Ces observations suggèrent que les populations de *A. ostoyae* progressent lentement à partir de foyers historiques associés aux peuplements forestiers pré-existant aux grands travaux de plantations de pins du 19ème siècle, et concentrés sur le littoral et le long des cours d'eau principaux du plateau landais. Cependant, du fait d'une manifestation des dégâts limitée à certains stades du cycle sylvicole, généralement peu spectaculaires à l'échelle de la parcelle, et d'une présence dans le sol difficilement détectable en dehors des observations de mortalité, il reste difficile d'identifier l'importance de cet agent pathogène sur le massif et de confirmer cette apparente expansion.

Objectif

L'objectif de ce travail a été d'inventorier les foyers de mortalité associés à la présence d'*A. ostoyae* dans une zone au sud du bassin d'Arcachon et proche de la zone littorale où se concentrent de nombreux foyers déjà répertoriés. Cet inventaire visait à vérifier la présence hétérogène des foyers de mortalité sur le plateau landais et de tester si leur répartition spatiale était compatible avec une expansion graduelle à partir des forêts originelles d'avant le boisement du plateau landais.



*Figure 1 : Mortalités associées à la présence d'*Armillaria ostoyae *dans un peuplement de pins maritimes du massif landais. (Photo : F. Labbé, INRA).*

Méthode

La méthode repose sur un inventaire itinérant le long de routes et de pistes forestières. Les foyers de mortalité sont repérés à partir de l'identification visuelle d'arbres morts récemment et sur lesquels la présence de l'armillaire est notée au collet de l'arbre. Chaque foyer est cartographié à l'aide d'un GPS. Une carte d'intensité de présence de la maladie est ensuite construite par une méthode d'estimation tenant compte de l'intensité d'échantillonnage au voisinage des foyers (CERTU, 2006).

Résultats

Plus de 1100 km ont été parcourus et plus de 200 foyers de mortalité liés à au moins un arbre attaqué par l'armillaire ont été détectés. Ce premier inventaire fait apparaître deux zones plus denses au nord et au sud de la zone d'échantillonnage (Figure 2). La construction de la carte de densités confirme ces zones de fortes densités et l'absence apparente de l'armillaire dans les zones inter-fluviales (Figure 3).



*Figure 2 : Inventaire des foyers de mortalité associés à la présence d'*Armillaria ostoyae *(point orange) au sud du bassin d'Arcachon. Les lignes jaunes représentent l'itinéraire de l'échantillonnage.*

Des tests à affiner suggèrent une présence significativement plus importante d'*A. ostoyae* dans et à proximité des noyaux forestiers originels identifiés à partir de cartographies anciennes (cartes de Cassini du 18ème siècle et cartes d'état-major du 19ème siècle) (travaux en cours de la thèse Inra-Région Aquitaine de F. Labbé).

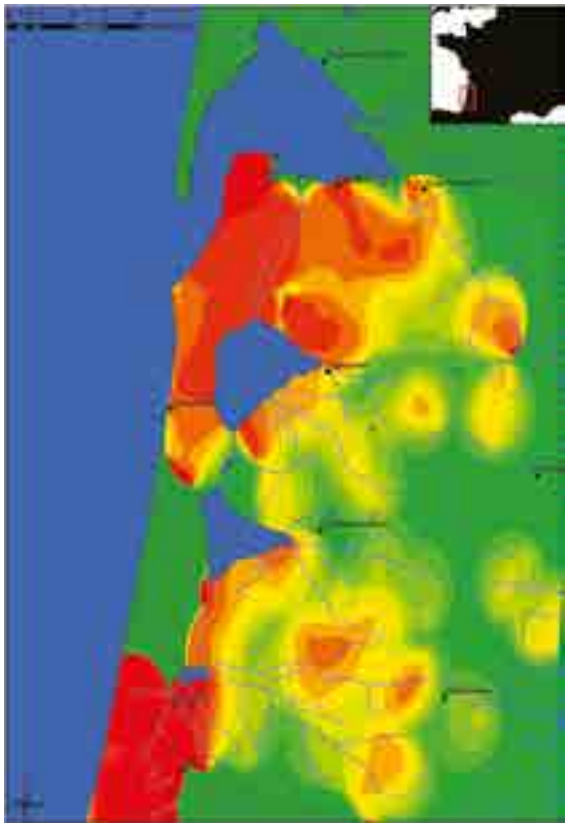


Figure 3 : Carte de densité de présence de foyers de mortalité associés à Armillaria ostoyae *au sud du bassin d'Arcachon. Les zones non prospectées sont indiquées par des hachures. Les fortes densités d'armillaire sont mentionnées en rouge et les plus faibles en vert.*

Perspectives

Cette première cartographie dans une zone où les observations de dégâts dus à l'armillaire étaient limitées à moins d'une dizaine de points sur une période de 30 ans, confirme une présence du champignon plus importante qu'attendue. Des travaux sont en cours pour estimer sur une zone d'échantillonnage plus réduite, la gravité de ces foyers de mortalité (arbre isolé ou rond de mortalité de grande superficie) et faire le lien avec les observations de la base du DSF qui ne recensent en général que les gros foyers de mortalité. Il conviendrait aussi d'évaluer cette méthode d'échantillonnage dans des zones plus éloignées du littoral où il est attendu une

présence moindre du champignon du fait de l'absence de zones forestières anciennes.

L'hypothèse d'une expansion probable du champignon à partir de quelques sources forestières originelles sera aussi testée au moyen de méthodes de génétique des populations dans le cadre de la thèse en cours de F. Labbé.

Enfin, des études sont en cours pour caractériser la variabilité de l'agressivité des souches d'armillaire du massif landais vis-à-vis du pin maritime. Les premiers résultats démontrent l'existence de quelques souches très agressives pouvant tuer en quelques mois la presque totalité de jeunes plants de pins testés. Si l'hypothèse d'une expansion récente du champignon est confirmée, différentes populations d'armillaire pourraient être présentes sur le massif. Des populations colonisatrices aux comportements parasitaires plus marqués pourraient avoir été sélectionnées au cours du temps du fait de l'homogénéité des peuplements actuels. La plupart des modèles théoriques prédisent en effet que l'agressivité d'une population de parasites tend à augmenter lorsque la transmission dans la population hôte est favorisée.

Conséquences pour la gestion

Bien que l'armillaire soit encore peu considéré sur le massif à l'exception de la zone littorale, sa possible expansion vers l'intérieur du plateau landais laisse présager une augmentation des risques dans les prochaines années et des pertes économiques de plus en plus importantes.

A l'échelle de la parcelle, un dessouchage systématique et méticuleux est préconisé dès lors que la maladie est diagnostiquée. Ce traitement reste à évaluer à long terme sur le massif. Bien que réduisant les risques de contaminations des arbres dans les premiers stades de la plantation, les infections pourraient réapparaître après quelques années et le dessouchage favoriser la dispersion de la maladie en enfouissant des fragments de racines contaminées.

En outre, dans les zones de fortes présences de la maladie, il reste à évaluer l'importance de l'installation de nouveaux foyers. Des études récentes ont montré que les spores du champignon produites à l'automne participent à l'installation de nouvelles colonies mycéliennes dans une parcelle. Les zones de fortes densités en armillaire pourraient constituer des zones de multiplication rapide de nouveaux foyers qu'il convient de surveiller dans les prochaines années. Les observations contenues dans la base DSF complétées par des inventaires plus systématiques dans les zones d'apparente forte densité constitueraient une première cartographie utilisable pour définir ces zones de surveillance.

L'expansion de l'armillaire pose plus globalement des questions sur la nécessité de diversification des plantations du massif landais. L'homogénéité à l'échelle du massif et la replantation systématique du pin maritime sur les parcelles apparaissent comme des situations particulièrement favorables à la dispersion et à l'évolution de l'agressivité du champignon. La plantation d'autres ligneux, notamment des feuillus, peu ou pas sensibles à ce parasite racinaire contribuerait sans aucun doute à réduire ces risques. Ces plantations pourraient aussi contribuer à diminuer naturellement la pression d'inoculum sur les parcelles déjà contaminées en vue d'une replantation future en pins maritimes.



Photo : Xavier Capdevielle, INRA.

4.1.7. Gestion du risque fomès dans les peuplements de douglas en Midi-Pyrénées et Limousin

FR Région : Midi-Pyrénées et Limousin

Contexte

L'observation des chablis causés en 2009 par la tempête Klaus sur le Tarn, l'Aude et l'Aveyron, a montré que la majorité des arbres déracinés avaient leurs systèmes racinaires pourris, le fomès (*Heterobasidion annosum*) ayant été identifié sur la plupart d'entre eux (CRPF, 2012).

Depuis 2004, un premier bilan des dépérissements des plantations de douglas a été réalisé par le CRPF en partenariat avec le DSF grâce à l'installation et le suivi de placettes représentatives dans le Tarn et en Aveyron. Ce réseau donne une bonne image de l'évolution de l'état sanitaire des douglasaies suite à la canicule de 2003, mais les causes ne sont pas étudiées.

Dès 1994, les premières mortalités sont signalées sur de jeunes plantations succédant à des pessières contaminées, le taux de mortalité atteignant 20 % des plants. Des fructifications de fomès sont souvent trouvées au niveau du collet des plants morts.

Or, ce champignon paraît impliqué de façon certaine dans au moins 40 % des mortalités recensées dans des futaies de douglas du Tarn depuis le début des années 1990.

Objectif

Ce projet comprend trois parties, test du ROTSTOP™ (http://www.arole-pfb.fr/produits-foret/fongicide/rotstop/, Soutrenon *et al.*, 2000), nouveau produit homologué contre le fomès, état des lieux des contaminations, et corrélation entre état des houppiers et niveau de contamination des racines et dynamique du fomès dans les systèmes racinaires.

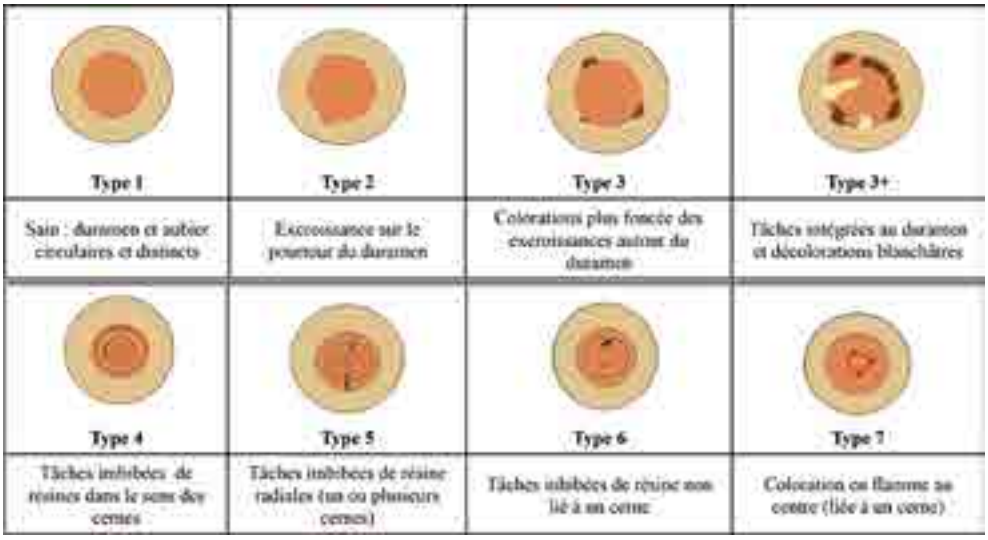
Protocole

Test ROTSTOP™ : Cette étude a montré que le ROTSTOP™ est un substitut satisfaisant aux produits anciennement utilisés. En effet, les 2 sites d'études présentant respectivement 50 souches traitées au ROTSTOP™, puis inoculées par une suspension de spores de fomès, ont montré une efficacité de 74 % sur l'un des sites et 100 % sur l'autre.

a) b) c)



Figure 1 : Préparation et épandage du ROTSTOP™. a) Traitement ROTSTOP™ et colorant TURF. b) Préparation de la bouillie dosée à : 1 g de ROTSTOP™/litres d'eau/m². c) Application du traitement sur souches fraiches à l'aide d'un pulvérisateur.



Relation entre état du houppier et présence de fomès.
Figure 2 : Typologie des tâches d'altération du fomès sur douglas.

A partir de ces descriptions des tâches de décolorations du bois (aubier et duramen), il sera possible d'en tirer des éléments de l'importance de la contamination par le fomès. L'observation a concerné 250 souches d'arbres à des âges différents (éclaircies ou coupes définitives).

Observations des souches et des systèmes racinaires : 20 souches ont été déracinées à la pelleteuse, pour ensuite être décortiquées afin d'identifier les zones de décoloration, et donc de progression de la contamination par le fomès.

Mais au total, sur les 250 arbres dont les houppiers ont été observés puis coupés, **60 %** des souches offrent différents degrés d'altération entre l'aubier et le duramen et seulement 39 % des arbres sont indemnes de fomès. Le fomès est très présent, mais le diagnostic ARCHI ne suffit pas pour déceler sa présence.

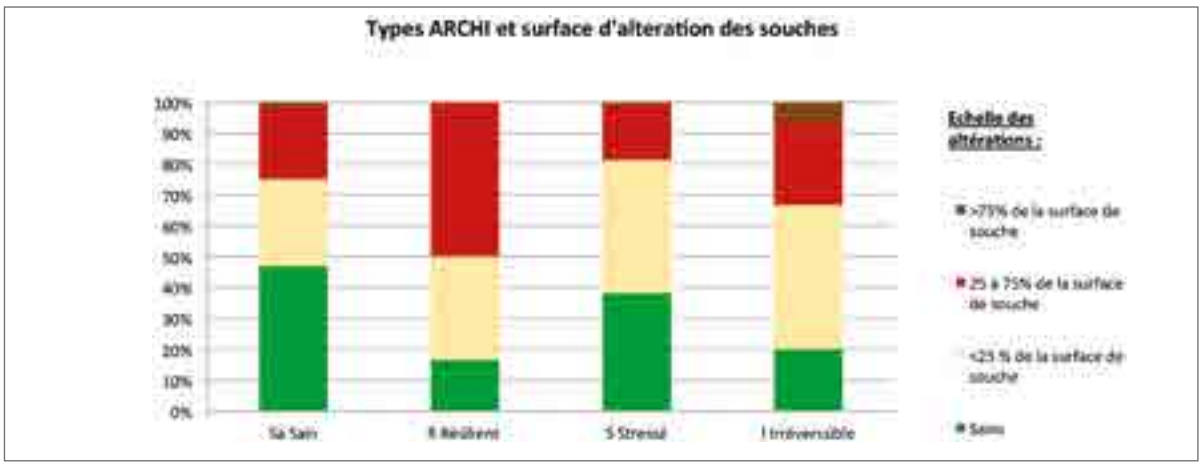


Figure 3 : Corrélations entre les catégories ARCHI et les altérations des souches par les champignons.

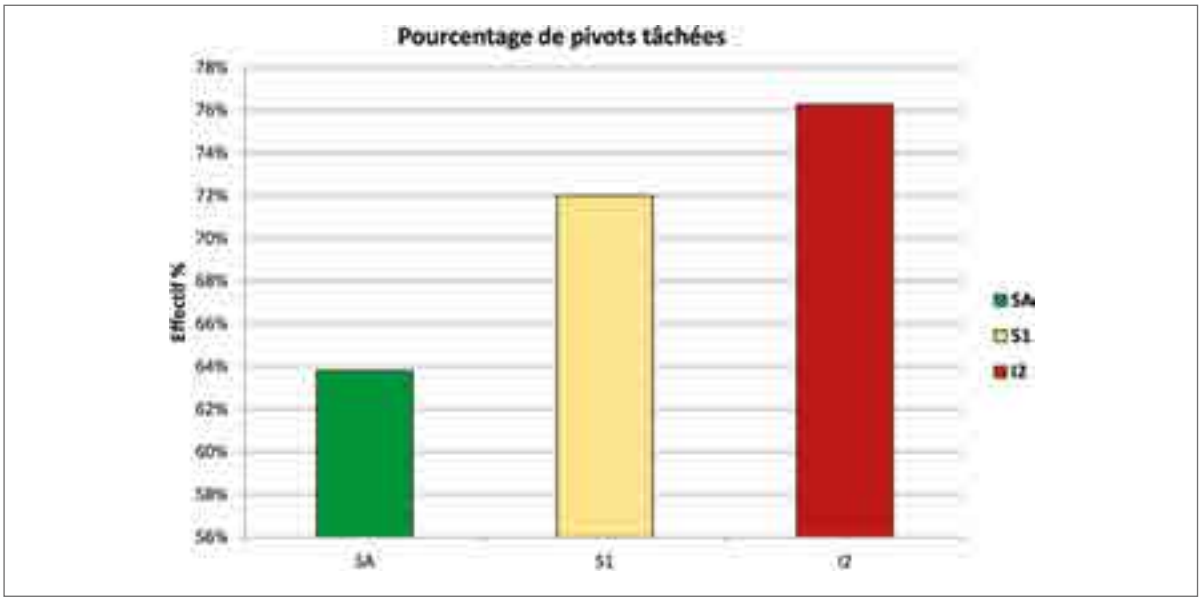


Figure 4 : Pourcentage de pivots tâchés et classés par classe de ARCHI.



Figure 5 : Souche de douglas avec pivot altéré. (Photo : CNPF/IDF).

Observations à venir

Lors d'une étude réalisée en 2002, par le CRPF Midi-Pyrénées, sur 41 peuplements, soit 150 hectares de forêts tarnaises représentatives, 46 % d'entre eux présentaient du fomès sur souche d'éclaircies. Dans 53 % des parcelles présentant des dépérissements ou des mortalités, le fomès est présent.

Cela indique que le fomès n'est certainement pas responsable de l'ensemble des mortalités observées dans les peuplements de douglas du Tarn, mais il y contribue fortement. Les risques de maladie et la sensibilité des arbres aux attaques de fomès dépendent aussi des conditions du milieu.

D'autre part, moins de 1 % des arbres sont altérés à plus de 75 % de la surface de souches ce qui appuie le fait que peu de purges sont effectuées à cause du fomès. Le fomès ne cause pas de pertes économiques importantes. En revanche, sur les arbres âgés, les altérations du fomès sont plus importantes.

Cependant, compte tenu de l'âge des douglas, et les grandes surfaces où le fomès est présent, on peut s'attendre avec le vieillissement des arbres à une augmentation des altérations.

Aujourd'hui, le fomès est plus un facteur d'affaiblissement de la stabilité des arbres par l'altération des systèmes racinaires.



Figure 6 : L'équipe (Photo: CNPF/IDF).

4.1.8. Uso de imágenes aéreas para la detección de decaimiento de árboles en masas forestales

ES Región: Galicia

Antecedentes

Fusarium circinatum, Bursaphelenchus xylophilus, Gonipterus platensis son ejemplos de patógenos de gran impacto que influyen en las políticas forestales y las actividades selvícolas. Las empresas y las Administraciones invirtieron, invierten e invertirán gran cantidad de dinero en programas de vigilancia, control y eradicación de estos patógenos. La detección en grandes superficies de terreno a través del análisis de imágenes tomadas por aviones pilotados en remoto (Remotely Piloted Aircraft Systems o RAPS, en inglés) o satélite abaratarían costes en vigilancia fitosanitaria al permitir la detección de árboles en decaimiento en el inicio de la propagación de las enfermedades. Esta capacidad, permitiría retirar árboles sintomáticos y asintomáticos, e iniciar los protocolos de control contra brotes virulentos.

Objetivo

Dentro del desarrollo del proyecto se pretende establecer relaciones experimentales precisas entre variables fisiológicas asociadas a estrés o daño (biótico o abiótico) e Índices de Vegetación (Vegetative Index VI, en inglés) derivados de datos espectrales de imágenes aéreas. A corto plazo, se pretende realizar valoraciones tempranas y previsuales de daños en el bosque con la ayuda de técnicas de teledetección.

Protocolo experimental

Tras la búsqueda de un monte adecuado (con árboles afectados y no afectados en sitios de condiciones ambientales homogéneas, como exposición, densidad, material genético plantado, etc.) nos centramos una masa juvenil de *Pinus pinaster Ait* afectada por *Armillaria mellea*, situada en el Noroeste de España. El monte de estudio es el Monte Vecinal en Mano Común de Peña de Francia, Dozón, Pontevedra, España. En 2010, varios focos de *Armillaria mellea* fueron detectados. Después de retirar los árboles muertos las calvas resultantes se podían ver desde imágenes aéreas (Figura 1). El área de estudio fue de 12,5 ha. La densidad inicial de la plantación fue de 1111 pies/ha y, hoy día, la plantación tiene 14 años.



Figura 1: Área de estudio de campo con indicación de claros afectados por Armillaria mellea (TRAGSATEC).

En primer lugar, se realizó una campaña de toma de imágenes multiespectrales, que incluía la georeferenciación precisa de las imágenes tomadas. Se midió la reflectancia en una serie de diferentes longitudes de onda y se calcularon los VI (Tabla 1). La resolución final de las imágenes georeferenciadas sería de 10 cm.

Index	Author
ARI_700: Anthocyanin reflectance index 700	Gitelson *et al.*, 2001
ARI_NIR: Anthocyanin reflectance index NIR	Gitelson *et al.*, 2001
PRI: Photochemical Reflectance Index	Gamon *et al.*, 1992
NDVI: Normalized Difference Vegetation Index	Rouse *et al.*, 1973
GNDVI: Green Normalized Difference Vegetation Index	Gitelson *et al.*, 1996

Tabla 1: Índices de vegetación VI usados para detectar decaimiento en árboles.

Del análisis anterior un gradiante de valores de VI se observó de Noroeste a Sureste a nivel del conjunto de la masa. Debido a problemas de borrosidad y en menor medida de desalineamiento de bandas (de distintas longitudes de onda)se decidió trabajar con una sóla escena en vez de con el conjunto del mosaico. La escena seleccionada presentaba una zona visiblemente afectada, identificada por un claro casi sin árboles, y otras zonas alrededor con árboles bien desarrollados, por lo que muestreos de árboles a lo largo de transectos de dentro del claro a fuera del mismo deberían presentar diferentes valores de VI, y por consiguiente, mostrarían el lugar activo de avance de la enfermedad.

También, se tomaron parámetros fisiológicos en esos mismos árboles muestreados para determinar feacientemente el estado de decaimiento de cada uno de ellos: relativo a estrés por sequía (potencial hídrico a mediodía) y relativo al funcionamiento de la fotosíntesis (cosecha cuántica máxima y el Índice de comportamiento –Performance Index- según lo definió Strasser *et al.*, en 2004).



Figura 2: Configuración del muestreo de árboles en dos transectos de dentro a fuera del mismo, pasando de un área afectada a otra no afectada (Foto: M.J. Checa, TRAGSATEC).



Figura 3: Campaña de medición multiespectral a bordo de RAPS (Fotos: M.J. Checa, TRAGSATEC).



Figura 4: Mediciones fisiológicas de campo para testar feacientemente el decaimiento de los árboles: potencial hídrico a mediodía con una bomba de presión Scholander y capacidad fotosintética de las acículas con un fluorímetro (Fotos: FJ Lario, TRAGSA).

Resultados iniciales y observaciones futuras

Las medidas fisiológicas de campo a lo largo de los transectos indicaron que un frente de la enfermedad oculto estaba actuando en árboles asintomáticos. La baja densidad de las copas supuso un problema en el análisis de imágenes ya que las reflectancias del sotobosque aparecían mezcladas con las del propio árbol, por lo que un pixel podría estar configurado por la reflectancia de copa arbórea y matorral en este tipo de copas poco densas. Se espera conseguir pronto la segregación informática de los pixels de copa válidos para comprobar las relaciones definitivas.

4.1.9. Desenvolvimento de um mapa de risco para *Gonipterus platensis* em Portugal

PT Região: Portugal

Fundamento

Os mapas de risco podem constituir uma ferramenta útil à decisão na gestão de pragas, em particular quando se trata de espécies invasoras (Venette *et al.*, 2010). Os mapas são ainda ferramentas muito vantajosas do ponto de vista de comunicação visual permitindo descrever o local onde as espécies exóticas poderão ter maior impacto. No caso do gorgulho do eucalipto *Gonipterus platensis* (Marelli), sabe-se que a incidência dos estragos em Portugal está relacionada com factores climáticos e topográficos, que serão indirectamente determinados pela baixa eficácia do parasitóide dos ovos *Anaphes nitens* (Hymenoptera, Mymaridae) (Reis *et al.*, 2012). Neste trabalho procurou-se modelar as áreas de maior risco para *G. platensis* em função de variáveis climáticas e topográficas e reproduzir o modelo num mapa de risco.

Objectivo

Definir um modelo e mapa de risco para Portugal continental exprimindo a probabilidade de ataque de *G. platensis* em função de variáveis climáticas e topográficas.

Método experimental

Foi construída uma base de dados com valores dendrométricos e topográficos recolhidos entre 2010 e 2013, em 14.948 parcelas do inventário de *Eucalyptus globulus* da ALTRI FLORESTAL (Figura 1). Nas mesmas parcelas foi amostrada a presença de estragos por *G. platensis* através de classes de desfolha.

Para a modelação destes dados usou-se uma regressão logística recorrendo à função glm da linguagem R, considerando como variável binomial resposta, a presença ou ausência de ataque por *G. platensis*. Como variáveis preditivas usaram-se variáveis topográficas: declive (d), exposição (exp), classes de altitude (DTM), e climáticas: precipitação (P), média das temperaturas minimas e máximas dos três meses mais quentes (TminQ e TmaxQ) e dos três meses mais frios (TminF e TmaxF) e radiação (R). Foram utilizadas duas bases climáticas, Worldclim (Hijmans *et al.*, 2005), e a base de dados estimados pelo "Hadley Centre for Climate Prediction and Research" HadRM3Q0 (Collins *et al.*, 2006). Figura 1 – Mapa de Portugal com a distribuição dos 14.949 pontos amostrados entre 2010-2013.

Numa análise prévia excluíram-se variáveis muito correlacionadas (r >0.90). A seleção de variáveis baseou-se nos resultados de significância fornecidos pela função glm, obtidos pelo teste de Wald, confirmados por testes de hipóteses baseados na distribuição dos desvios entre os modelos saturados (envolvendo todas as variáveis) e os modelos reduzidos (após eliminação da variáveis não significativas) (Tarpey, 2012).



Figura 1: Mapa de Portugal com a distribuição dos 14.949 pontos amostrados entre 2010-2013.

Resultados

Para a base de dados Worldclim foram selecionadas as variáveis P, TmaxQ, TminQ, TmaxF, e classes DTM. Para a base de dados HadRM3Q0 foram selecionadas estas variáveis mais duas outras, R e TminF.

Com as estimativas dos parâmetros, e os valores climáticos estimados no Worldclim para Portugal Continental construiu-se um modelo de risco que reflete a probabilidade de ocorrer ataque pelo gorgulho do eucalipto (Figura 2).

O mapa de risco obtido com os dados do Worldclim, prevê que 40% da superfície do território está sob elevado risco de ataque por *G. platensis* (probabilidade superior a 0.6), compreendendo sobretudo as regiões do Centro, Norte e Interior do país, mas também algumas regiões no Sul (Figura 2). Uma parte das regiões de maior risco, Centro e Noroeste, incluem zonas onde atualmente se concentram áreas importantes de plantações de eucalipto.

O mapa de risco mostrou uma boa concordância com o universo amostrado. Efetivamente, 96% das amostras recolhidas em locais de risco mais baixo (0-0.2) correspondem a parcelas sem ataque, enquanto 82% das amostras recolhidas nos locais de risco mais elevado (> 0.8) correspondem a parcelas que apresentam alguma intensidade de ataque pelo gorgulho (1, 2 ou 3).

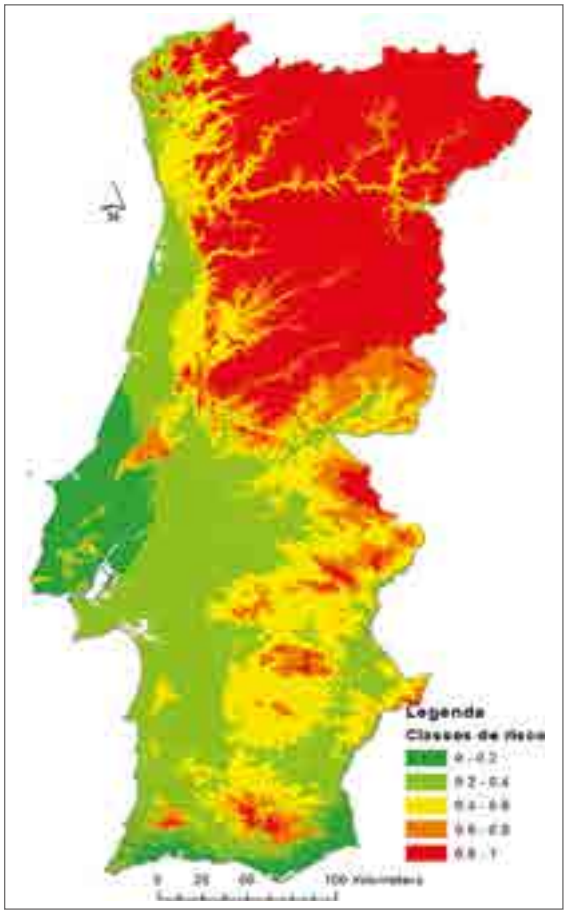


Figura 2: Mapa com as classes de risco de ataque de G. platensis *a* E. globulus*, a partir de dados climáticos obtidos no Worldclim.*

Conclusões/Recomendações

A construção de um modelo de risco permitiu seleccionar um conjunto de variáveis climáticas e topográficas que permitem prever as regiões de maior risco para esta praga. As variáveis selecionadas estão de acordo com resultados obtidos num trabalho anterior (Reis *et al.*, 2012). Este tipo de abordagem pode ser interessante na decisão do uso do solo para plantações de eucalipto e na selecção de materiais adequados nas zonas de maior risco. Resta-nos saber se os dois conjuntos de variáveis climáticas prevêem resultados semelhantes. Será ainda interessante aplicar este exercício a condições futuras de acordo com os modelos de alterações climáticas esperadas para esta região.

4.2.1. Evaluer l'impact de différentes pratiques sylvicoles sur la résistance au vent du pin maritime

FR Région : Aquitaine

Contexte

Région Aquitaine (Sud-Ouest de la France). A partir de nos essais touchés par les tempêtes de 1999 et de 2009, nous aimerions savoir si les effets observés dépendent de certaines caractéristiques dendrométriques (liées à l'arbre) et des pratiques de sylviculture.






Figures 1 : Dégâts de tempête sur les essais FCBA en Aquitaine (France) après la tempête Martin en 1999. (Photos : J.M. de Boisseso, FCBA).

Objectif

Produire un modèle de probabilité de résistance au vent en fonction de caractéristiques sylvicoles et de caractéristiques de l'arbre.

Méthode

Il s'agit d'essayer de trouver des interprétations au fait que l'arbre puisse être touché par la tempête. Il y a donc un facteur à expliquer par un certain nombre de facteurs. Ici, le facteur à expliquer est le fait que l'arbre soit coupé ou non après la tempête. La note Chablis nous indique de quelle manière l'arbre est touché par la tempête (Tableau 1, Figure 1). Les arbres qui ont la note 1 et 2 ne seront pas coupés après la tempête alors que les autres le seront.

Note Chablis	Description de l'arbre	Signification
1	Droit	pas atteint
2	penché <20° / verticale	penché mais peut rester à la prochaine éclaircie
3	penché >20° / verticale	penché, doit être enlevé
4	Arraché	doit être enlevé
5	Cassé (volis)	doit être enlevé

Tableau 1 : Définition de la note Chablis.

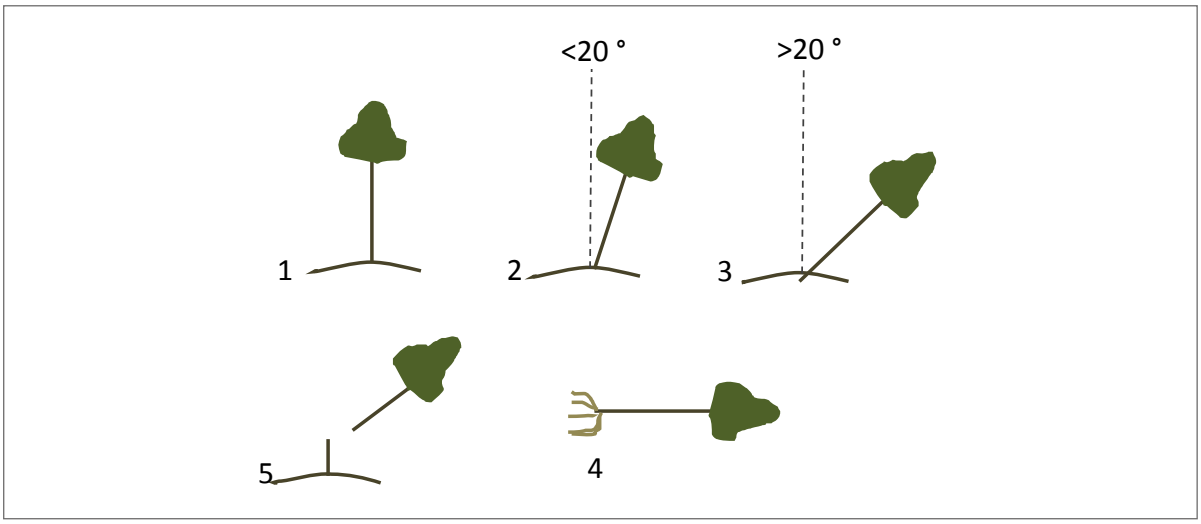


Figure 2 : Description de la note Chablis du tableau 1.

Les facteurs explicatifs testés sont ceux pour lesquels nous avions des informations. Ils sont de différents types :

Essai	Effet du site (N° d'essai)
Age	Age des arbres au moment de la tempête (ans)
Circonférence	Circonférence au moment de la tempête à 1m30 (cm)
Densité	Densité au moment de la tempête (nombre de tiges par ha)
Méthode de régénération	Semis naturel, semis en ligne, plantation en ligne, plantation en bande
Type de lande	Lande sèche, lande mésophyle, lande humide
Tempête	1999 (Martin) ou 2009 (Klaus)

Tableau 2 : Descriptif des facteurs explicatifs testés pour les 24 essais analysés et les 13 modèles statistiques testés.

Une méthode de modélisation statistique a été utilisée (modèle de régression logistique et validation croisée) afin de tenter d'analyser notre facteur à expliquer en fonction des facteurs explicatifs. Il s'agit de construire plusieurs modèles statistiques : un pour chaque facteur explicatif testé, d'autres avec plusieurs facteurs ensemble, d'autres avec des interactions entre facteurs explicatifs. Puis on teste l'adéquation de ces modèles avec les données du facteur à expliquer (ici coupé ou non) pour voir celui qui représente le mieux ces données. Treize modèles statistiques ont été testés (Tableau 2). Au total 24 essais et 34381 arbres ont été testés parmi notre réseau d'essais.

Model	**13**
Youden	**0,1923**
IC_min	0,1855
IC_max	0,2115
Kappa	**0,3075**
Kappa_ICmin	0,2791
Kappa_ICmax	0,3295

Tableau 3 : Coefficient pour le meilleur modèle testé (avec tous les facteurs explicatifs).

La capacité du modèle à traduire la réalité est notée par les indices de Youden et Kappa. Si l'indice vaut 1 c'est parfait, s'il vaut 0 c'est qu'il n'est pas bon. Ici le meilleur modèle (Tableau 2) a des indices très proches de 0. Le meilleur modèle testé n'est donc pas capable de traduire la réalité.

Il ressort de notre analyse que pour l'échantillon testé et les facteurs testés, aucun facteur ne peut expliquer le fait que les arbres soient coupés ou non après la tempête. Cependant, il est à noter que pour l'échantillon testé, la gamme de valeur des paramètres n'est pas entièrement explorée.

Résultats

Sur l'échantillon des 24 essais (34 381 arbres) testés, l'analyse effectuée n'a pas permis de mettre en évidence d'effet significatif des huit facteurs testés à savoir : site de l'essai, âge, circonférence, densité, méthode de régénération, type de lande et tempête (Martin ou Klauss) pouvant expliquer les différences observées sur la stabilité des arbres face au vent, en considérant d'une part, les arbres fortement déstabilisés (regroupement des notes 3, 4 et 5) qui ont été donc obligatoirement "coupés et récoltés" et d'autre part, les arbres pas ou peu déstabilisés (notes 1 et 2 regroupées) qui ont pu être maintenus.

4.2.2. Modelos de estimación de biomasa arbórea y predicción del riesgo de incendio en masas de coníferas gestionadas bajo una selvicultura de podas y claras

ES Región: Asturias

Antecedentes

Los incendios forestales son una amenaza común en la mayoría de los países europeos (p.e., Schmuck *et al.*, 2012). Este problema se acentúa en el noroeste de España donde la combinación de causas antrópicas y elevadas cargas de combustible favorecen el riesgo de incendio. La importancia de estos eventos en la zona sugiere la necesidad de programas de gestión del combustible para reducir la propagación y severidad de los incendios. La realización de una selvicultura de podas y claras en las masas forestales puede modificar la estructura del combustible, reduciendo su inflamabilidad mediante la ruptura de la continuidad vertical y horizontal del combustible; aspecto que por tanto debe ser considerado por los gestores forestales. Por otra parte, para una protección óptima de los bosques es necesaria una gestión del riesgo de incendio basada en el conocimiento del terreno, ya que la modelización y estudio del comportamiento de un incendio y la simulación de la propagación del fuego son totalmente dependientes del factor espacial (Finney, 2003). Por ello, la generación de mapas de combustible resulta esencial (Keane *et al.*, 2001). En este sentido, los sistemas LiDAR (*Ligth Detection and Ranging*) aerotransportados han demostrado su capacidad para la estimación y posterior mapeado de variables estructurales del complejo de combustibles de copa (carga de combustible disponible, densidad aparente del dosel y altura de la base del dosel) y de otras que influyen en el comportamiento del fuego de copas (altura de la masa y fracción de cabida cubierta), a lo largo de extensas áreas forestales (p.e., Andersen *et al.*, 2005 y González Ferreiro *et al.*, 2014). Así, la utilización de sistemas LiDAR supone una alternativa al trabajo tradicional de campo para la estimación de las características del combustible, aportando además, información espacialmente explícita para cada unidad de superficie del territorio y permitiendo su utilización en simuladores del comportamiento del fuego en los que se incluye, entre otros, el factor espacial (p.e., FARSITE (Finney, 2004) y FlamMap (Finney, 2006)).

Objetivo

El objetivo principal de este estudio (dentro del proyecto FORRISK) es modelizar, en masas de coníferas gestionadas con podas y claras, las principales variables estructurales del complejo de combustibles de copa; ya que son fundamentales a la hora de evaluar el riesgo potencial de un incendio forestal. La modelización se realiza estableciendo relaciones empíricas entre estadísticos extraídos de la nube de datos LiDAR aéreos y sus correspondientes mediciones en campo. Además, se analiza el efecto de los tratamientos selvícolas sobre las principales variables dasométricas a nivel de masa y también sobre los estadísticos extraídos de los datos LiDAR.



Figura 1: Nube de puntos normalizado para datos LiDAR de 8 pulsos m^{-2} en la subparcela control del monte de Barcia.

Dispositivo experimental

El dispositivo de parcelas empleado contó con 8 sitios de ensayo de podas y claras, cuyo diseño experimental ha sido mostrado en la sección 3.3.1. Esta red de parcelas cubre masas puras regulares de *Pinus radiata* y *Pinus pinaster*, siendo representativas, en cuanto a sitios y calidades, de la mayor parte del área de distribución de ambas especies en Asturias. Con el fin de simplificar esta sección, se analizan aquí únicamente los datos procedentes de las subparcelas de *P. pinaster* gestionadas de forma intensiva en el marco del proyecto FORRISK. Éstas cubrieron todas las alternativas selvícolas (podas y claras) realizadas en campo (ver Figura 1, sección 3.3.1.). En todos los casos, se intentó asegurar una superficie mínima para cada subparcela de muestreo de 1000 m^2, según recomienda Frazer (2011).

Caracterización de la masa: Variables estimadas a partir del inventario de campo

Los datos de campo fueron tomados en el invierno 2013-2014. En todos los árboles de cada subparcela se midieron: diámetro normal, altura total y alturas de copa viva y muerta. A continuación se estimaron variables estructurales del complejo de combustibles de copa usando las ecuaciones de Gómez-Vázquez *et al.* (2013), según las siguientes definiciones: CFL (carga de combustible disponible), CBD (densidad aparente del combustible en el dosel de copas), estas dos últimas según los criterios de Van Wagner (1977) y Sando y Wick (1972), de modo que cuando se usa este criterio se denominarán CBD y CBH efectivos(CBDe y CBHe). En este estudio el combustible disponible fue definido para las fracciones de acículas y ramas finas (hasta 6 mm de diámetro). La biomasa de las fracciones finas se estimó utilizando las ecuaciones de Hevia Cabal (2013).

Caracterización de la masa: Variables LiDAR

Los datos LiDAR fueron obtenidos en septiembre de 2013 utilizando un sensor Leica ALS50 II, con un máximo de 4 retornos por pulso. En la Tabla 1 se muestran los valores de densidad de muestreo LiDAR y las coordenadas de los centroides de las masas de *P. pinaster* gestionadas de forma intensiva.

Masas forestales	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Densidad media LiDAR (primeros retornos m^{-2})
Valsera	724,896	4.826,454	8
Barcia	703,633	4.821,205	8
Monteagudo	733,935	4.823,075	16
Uria	673,795	4.771,081	8

Tabla 1: Densidad promedio de muestreo LiDAR y coordenadas X e Y UTM 29T (Sistema de referencia ETRS89) de los centroides de las masas de gestión intensiva de P. pinaster *estudiadas.*

Se utilizó el software FUSION V. 3.4.2. (McGaughey, 2014) para el filtrado, interpolación, generación de los Modelos Digitales de Elevación (MDE) y de copas (MDC) y la Nube de Datos con Altura Normalizada (NDAN) así como para el cálculo de los estadísticos LiDAR que servirán como variables explicativas en la modelización (ver en González Ferreiro *et al.*, (2014)) una descripción completa de los estadísticos utilizados y de la metodología).

Análisis estadístico

Se realizaron tres tipos de análisis estadísticos: a) Análisis de la varianza (ANOVA) y test Tukey para estudiar la influencia de la intensidad y tipos de clara (control, selectiva —150 pies ha^{-1} árboles de porvenir— y baja fuerte —30 40% de área basimétrica eliminada—) sobre las variables de masa, variables estructurales del complejo de combustibles de copa y estadísticos LiDAR; *b*) Análisis de regresión lineal múltiple, usando el método de mínimos cuadrados ordinarios y selección paso a paso de las variables explicativas para la construcción de cada modelo y posterior validación cruzada del modelo finalmente propuesto para cada variable dependiente (todas y cada una de las variables estructurales del complejo de combustibles de copa) y *c*) Análisis discriminante no paramétrico utilizando árboles de regresión con el fin de determinar la importancia de cada estadístico LiDAR en la estimación de las variables estructurales del complejo de combustibles de copa.

Resultados

A continuación se presentan algunos de los resultados correspondientes a los análisis estadísticos *a* (Tabla 2) y *b* (Tabla 3).

La variable CBD mostró diferencias significativas en cuanto a la media entre las parcelas de control (no aclaradas) y las parcelas con clara selectiva y también entre las parcelas de control y las parcelas con clara baja fuerte. Los estadísticos LiDAR PAR_{Ahmode}, PFR_{Ahmode} mostraron diferencias significativas entre el control y la clara selectiva y también entre el control y la clara baja fuerte (Tabla 2).

Los resultados de la modelización de las principales variables estructurales del complejo de combustibles de copa ($R^2 > 0,92$) demostraron el potencial de los datos LiDAR aerotransportados para estimar variables relacionadas con el riesgo de incendios en masas gestionadas de *P. pinaster* en el arco atlántico (Tabla 3).

[A]Variables de masa	Tratamiento			[B]Estadísticos LiDAR	Tratamiento		
	Control	Selectiva	Baja Fuerte		Control	Selectiva	Baja Fuerte
W_{cff}	18,54[A]	11,90[A]	12,87[A]				
CFL	0,8540[A]	0,5143[B]	0,5583[AB]	PAR_{Ahmode}	32,92[A]	23,69[B]	20,93[B]
CBH	5,0935[A]	5,6858[A]	5,6970[A]	PFR_{Ahmode}	45,22[A]	32,30[B]	28,92[B]
CBD	0,1748[A]	0,1105[B]	0,1188[B]	PFR_{A2}	87,26[A]	70,92[B]	72,21[B]
CBHe	3,7383[A]	4,0453[A]	4,0650[A]	AR_{Ahmode}: *FR*	45,24[A]	32,40[B]	28,92[B]
CBDe	0,1353[A]	0,0825[B]	0,0878[AB]	AR_{A2}: *FR*	88,79[A]	71,90[B]	73,38[AB]

Donde W_{cff} es la biomasa de fracciones finas de copa (Mg ha^{-1}), CFL es la carga de combustible de copa (kg m^{-3}), CBH es la altura de la base de la copa (m), CBD es la densidad aparente de copa (kg m^{-2}), CBHe es la altura de la base de la copa "efectiva" (m) y CBDe es la densidad aparente de copa "efectiva" (kg m^{-2}).

Tabla 2: Resultados de Análisis de la varianza (ANOVA) y test Tukey ($P \leq 0.05$) para los diferentes tipos de claras. A la izquierda[A]: Valores medios de las variables estructurales del complejo de combustibles de copa para los diferentes tipos de claras. A la derecha[B]: valores medios de los estadísticos LiDAR para los diferentes tipos de claras (sólo se presentan aquellos estadísticos que mostraron medias significativamente diferentes para alguno de los tipos de tratamientos).

Variable dependiente	Variable independiente	Estimación del parámetro	Error estándar	Modelo ajustado		Validación cruzada	
				RMSE	R^2_{adj}	*REMC*	MEF_{adj}
W_{cff}	*Intercept* AR_{A2}: *FR* h_{10}	-27,4691 0,3286 2,6117	3,7143 0,0403 0,4763	1,3788	0,9210	1,8220	0,8621
CFL	*Intercept* AR_{A2}: *FR* h_{05}	-1,1754 0,01578 0,1055	0,1057 0,0011 0,0134	0,03969	0,9648	0,05880	0,9228
CBH	*Intercept* *AR* h_{lkurt}	6,3172 0,00007425 -24,8696	0,7630 0,0000075 5,1851	0,3489	0,9391	0,4824	0,8836
CBD	*Intercept* AR_{A2}:*FR* h_{01}	-0,1800 0,003070 0,01784	0,0231 0,0002512 0,00297	0,00892	0,9446	0,01342	0,8747
CBHe	*Intercept* *AR* h_{lkurt}	4,4102 0,00004070 -13,7009	0,4027 0,00000396 2,7365	0,1842	0,9435	0,2501	0,8951
CBDe	*Intercept* PFR_{A2} h_{01}	-0,1801 0,002800 0,01587	0,0221 0,0002451 0,00277	0,00832	0,9373	0,01277	0,8522

*Ver descripción de cada variable dependiente en Tabla 2.

Tabla 3: Estimación de los parámetros, errores standard y estadísticos de bondad del ajuste para los modelos ajustados relacionando las principales variables estructurales del complejo de combustibles de copa e información LiDAR.

Conclusiones

Las intervenciones selvícolas, como las podas o las claras pueden modificar la estructura del complejo de combustible, haciéndolo menos inflamable. El mapeo de los rodales aclarados y sin aclarar, podados y sin podar a partir de datos LiDAR proporcionaría información útil para los gestores forestales. Se deben llevar a cabo investigaciones más profundas, pero se ha demostrado que algunas variables LiDAR relacionadas con el cierre de copas podrían ser interesantes para este fin. Por otro lado, los modelos proporcionados para la estimación de variables estructurales del complejo de combustibles de copa pueden utilizarse para generar mapas que informen del tipo y cantidad de combustible, y éstos podrán ser útiles para modelizar y simular el comportamiento del fuego, para el estudio del riesgo de incendio y facilitar la toma de decisiones en programas de gestión del combustible forestal.

Trabajo futuro

El análisis y modelización a partir de datos LiDAR seguirá siendo un objetivo prioritario dentro de la red de parcelas de podas y claras en masas de coníferas de Asturias. La tecnología LiDAR aérea y también terrestre (ya se han comenzado a capturar datos de láser terrestre con la ayuda de HAZI) será utilizada, junto con los datos de campo, para aportar información a nivel de rodal y de árbol individual, con un enfoque espacialmente explícito. Esto permitirá generar mapas de riesgo de incendio en función de la gestión selvícola realizada. Esta información será de gran utilidad para la gestión y planificación forestal de éstas y otras especies en el arco atlántico.

4.2.3. Modélisation du risque processionnaire sur pin maritime en Aquitaine

FR Région : Aquitaine

Contexte

La chenille processionnaire du pin (PP), *Thaumetopoea pityocampa* est le principal insecte défoliateur des forêts de pin du Sud de l'Europe en termes de fréquence, d'emprise géographique et d'impact socioéconomique (Roques *(Ed.),* 2014). La PP présente des pullulations cycliques en France, avec des intervalles d'environ 7 ans en Aquitaine. Elle se propage également vers des latitudes plus hautes, en réponse au réchauffement climatique. Les défoliations causées par la PP entraînent des pertes de croissance pour les pins touchés (Jacquet *et al.,* 2012) ce qui soulève des questions concernant les conséquences économiques de la pullulation de cet insecte. Ce défoliateur a fait l'objet de nombreuses études et il est suivi depuis plus de 30 ans par le Département Santé des Forêts (DSF) en France. Les données accumulées permettent ainsi d'établir un premier modèle de risque de la PP intégrant toutes les composantes du risque : aléa, vulnérabilité et impact sur la croissance des arbres. Ces composantes peuvent être désormais assemblées dans un modèle de prévision du risque de défoliation, lui-même couplé à un modèle de dynamique forestière à l'échelle d'un peuplement de pins, pour proposer un outil d'aide à la gestion.

Objectif

Evaluer les conséquences économiques des attaques de chenille processionnaire sur la durée d'une révolution d'un peuplement de pin maritime en Aquitaine.

Méthode

Les données des dernières études sur la PP en Aquitaine (Samalens, 2009 ; Dulaurent, 2010 ; Jacquet, 2012) ont été rassemblées et parfois ré-analysées pour fournir les informations nécessaires à la construction du modèle (Régolini *et al*., 2014). De même, les données de suivi des attaques de PP enregistrées par le DSF depuis 1980 ont été utilisées d'une part comme données d'entrée dans le modèle et d'autre part pour compléter les diverses analyses.

Résultats

Les résultats ont permis de déterminer les trois composantes du risque : aléa, vulnérabilité et impact. Les analyses se sont basées sur les études réalisées ou les données récoltées par Samalens (2009), Dulaurent (2010) et Jacquet (2010).

Aléa : Les relevés annuels du DSF qui décrivent la variation de l'aléa au cours du temps ont permis d'établir la fréquence et l'intensité des attaques de PP depuis 30 ans dans le massif landais. Chaque année, le pourcentage moyen d'arbres attaqués est connu : les pics d'infestation de la chenille suivent un cycle de 7 ans et le taux moyen depuis 1981 est d'environ 15 % d'arbres attaqués par an.

Vulnérabilité : Les résultats agrégés pour le modèle ont montré que la probabilité d'attaque de PP dépend de certaines caractéristiques à

l'échelle globale du peuplement, puis de la position et de la taille de l'arbre au sein d'un peuplement (Régolini *et al.,* 2014).

A l'échelle du peuplement, le pourcentage moyen d'arbres attaqués dépend de la densité d'arbres : en effet, pour une population de chenilles processionnaires donnée, plus le nombre d'arbres par hectare est réduit, plus la proportion d'arbres infestés est élevée.

Dans un peuplement de pins, les arbres de bordures (qui représentent environ 16 % des arbres dans les Landes de Gascogne, selon Samalens (2009)) sont plus attaqués que les arbres d'intérieur. En effet, l'émergence du papillon se fait dans un milieu ouvert proche d'un peuplement de pins ; lorsque l'accouplement s'est effectué, la femelle papillon recherche un arbre hôte. Ainsi, les arbres de bordure sont à la fois les plus proches et les plus visibles par la femelle lorsqu'elle cherche à pondre ses œufs.

De même, les arbres les plus gros (diamètre plus élevé) ont une probabilité d'infestation plus élevée que les autres : en effet, ils sont généralement plus hauts, et sans doute plus facilement repérables par la femelle papillon lors de la ponte des œufs.

Impact : les données du DSF ont permis d'établir la relation entre pourcentage d'arbres attaqués et taux de défoliation du peuplement. De même, le lien entre classes de défoliation et perte de croissance a été modélisé (Jacquet *et al.,* 2012, 2014). Cette relation montre que les pertes de croissance radiale dépendent du taux de défoliation et de l'âge de l'arbre au moment de cette défoliation : les pertes sont plus importantes lorsque l'arbre a environ 25 à 30 ans.

Intégration du module Processionnaire dans le modèle de dynamique forestière du pin maritime :

Le modèle "pinuspinaster" (Meredieu et Labbé, 2014) implémenté sous la plateforme Capsis (Dufour-Kowalski *et al.,* 2012) est un modèle de croissance de type "Arbre, indépendant des distances" qui permet de simuler la dynamique de peuplements de pin maritime selon différents itinéraires sylvicoles. Pour initialiser un peuplement virtuel à 12 ans, il faut fournir le nombre de tiges à l'hectare et la hauteur dominante à 40 ans (indice de fertilité du peuplement). Dans ce modèle, le niveau de l'aléa, la vulnérabilité du peuplement et l'impact des défoliations ont été intégrés et permettent la comparaison des données d'évolution d'un peuplement indemne et celles d'un peuplement affecté par les attaques cycliques de la PP (Figure 1).

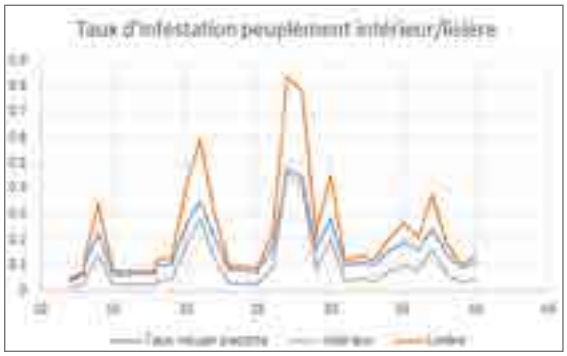


Figure 1 : Taux d'attaques de la chenille processionnaire correspondant à la vulnérabilité du peuplement virtuel infesté dans "pinuspinaster" sous Capsis. Les taux moyens général, de la lisière et de l'intérieur du peuplement sont représentés : ils dépendent de la séquence réelle de variation de l'aléa en Aquitaine (source DSF) et de l'évolution de la densité du peuplement simulé.

Résultats fournis par le modèle

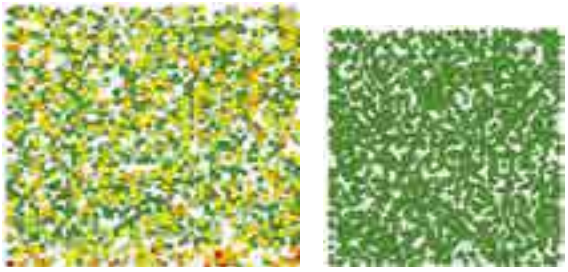


Figure 2 : Représentations des deux peuplements simulés avec "pinuspinaster" sous Capsis à 28 ans (âge auquel la plus forte infestation de PP subie par le peuplement a lieu). A droite, le peuplement est indemne, à gauche il subit les défoliations de PP. A cette étape de croissance, les arbres présentant une forte défoliation sont en rouge, en orange les arbres avec une défoliation moyenne, en jaune une défoliation faible, en vert pâle une défoliation très faible. Les arbres vert foncé sont indemnes. La lisière du peuplement est représentée sur la face inférieure du peuplement. Une surface de 5 ha est simulée.

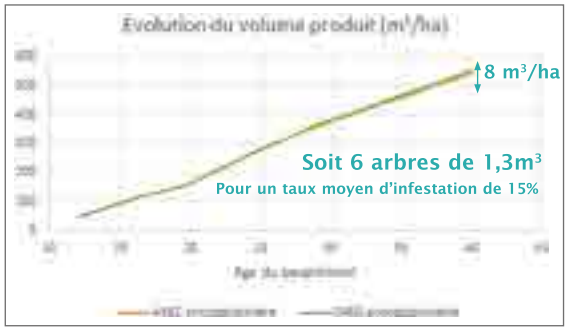


Figure 3 : Évolution du volume produit chaque année par un peuplement indemne comparé à un peuplement ayant subi les attaques cycliques de PP.

Le modèle “pinuspinaster” permet d’intégrer les attaques de PP au cours du temps. La figure 2 représente à gauche un peuplement régulièrement infesté par la chenille et à droite un peuplement indemne.

Au bout de 40 ans d’une sylviculture classique et exactement la même entre le peuplement indemne et le peuplement infesté, la différence de production est de 8 m^3/ha (Figure 3).

Perspectives du modèle

Ce premier modèle d’analyse du risque complet d’un insecte forestier va permettre de simuler différents scénarios sylvicoles avec ou sans attaque de PP, mais aussi de faire varier la séquence de l’aléa au cours de la vie du peuplement. Ces simulations pourront être réalisées par un utilisateur via un mode interactif ou sous forme d’une séquence de simulations sur un grand nombre de peuplements. De nouvelles fonctionnalités concernant la lutte contre la processionnaire sont déjà implémentées ou en cours d’implémentation comme la possibilité de tester l’impact d’une lisière feuillue.

Conséquences pour la gestion

La différence de production entre un peuplement indemne et un peuplement qui subit les attaques cycliques de la PP, comme c’est le cas dans les Landes de Gascogne, représente environ 6 arbres du peuplement final sur une révolution de 40 ans dans le cadre d’un scénario sylvicole classique et pour un alea de valeur moyenne (15 % d’infestation en moyenne). On remarquera aussi que les pertes de croissance sont d’autant plus importantes que la révolution est longue et que l’âge auquel interviennent les fortes infestations est important. Grâce à une gamme plus large de scénarios sylvicoles simulées, le gestionnaire forestier pourra connaître les niveaux moyens de perte avec ou sans une augmentation de l’aléa (prévue en cas de réchauffement climatique), analyser la réduction des pertes potentielles en cas de présence d’une lisière de feuillus. Il pourra ainsi décider d’investir ou non dans une lisière qui diminue de deux rangées l’emprise de son peuplement de pin maritime mais dont les effets seront intéressants sur le long terme, ou il pourra choisir d’intégrer ces pertes dans sa gestion courante.



Photo : Bastien Castagneyrol, INRA.

4.2.4. Modélisation du risque sanitaire causé par le fomès (*Heterobasidion annosum*) à l'échelle du peuplement et mise au point d'un outil d'aide à la décision

FR Région : Aquitaine

Contexte

Depuis une vingtaine d'année, le fomès (*Heterobasidion annosum*) (*cf.* Action 3.3.5.) progresse régulièrement dans le massif des Landes de Gascogne (Lung-Escarmant & Aumonier, 2008) et suscite des inquiétudes assez vives. Bien que les pratiques préventives visant à s'en prémunir aient fait la preuve de leur efficacité (Soutrenon *et al.,* 2000), les gestionnaires de forêts n'ont pas encore totalement intégré ces mesures dans les itinéraires sylvicoles et doivent les maîtriser. À ce jour, il n'existe pas de réponse claire quant à la stratégie à adopter sur les parcelles contaminées en cours de révolution forestière. Le reboisement des parcelles fortement contaminées, selon les méthodes habituelles, risque de donner lieu à des mortalités précoces dont la propagation peut être "explosive". A l'extrême, et en l'absence de traitement curatif, on pourrait craindre la diminution des surfaces reboisées affectant alors notablement la capacité productive du massif.

Objectif

L'objectif est de mobiliser tous les connaissances disponibles pour construire un modèle du risque fomès en Aquitaine puis de le coupler à un modèle de dynamique forestière à l'échelle d'un peuplement de pins pour proposer un outil d'aide à la gestion.

Méthode

Les données des études menées par Lung-Escarmant ces 10 dernières années ont été mobilisées et ont été ré analysées. La bibliographie sur la dispersion des spores de champignons a été synthétisée pour permettre l'analyse d'une expérimentation menée à Pierroton durant trois ans. Enfin, une étude dendrochronologique a analysé les conséquences en termes de perte de croissance et de mortalité dans des peuplements de pin maritime touchés par le fomès.

Un premier modèle de risque du fomès en Aquitaine intégrant toutes les composantes du risque, aléa, vulnérabilité et impact - sur la croissance des arbres - a été conçu puis a été couplé à un modèle de dynamique forestière.

Résultats

Aléa : Durant 3 ans, sur Pierroton, un comptage des spores de fomès qui se sont déposées sur les rondelles fraîches a été effectué toutes les semaines. Ce nombre de spores est sous dépendance climatique : plus la somme des températures est élevée plus le nombre de spores déposées est grand. Nous avons aussi confirmé qu'à toutes les périodes de l'année, la contamination est possible en Aquitaine.

Vulnérabilité : La mobilisation de toutes les études de Lung-Escarmant a permis de constituer un fichier des paramètres de propagation du fomès intégrant les différents types de milieu du massif landais (Tableau 1).

Paramètres du modèle	Adapté aux Landes de Gascogne
Probabilité d'infection	Oui et fixe, variable selon la saison
Probabilité de colonisation	Oui et variable
Probabilité de transfert Souche - Arbre	Oui et variable
Probabilité de transfert Arbre - Arbre	Littérature internationale
Vitesse de propagation du pathogène dans les souches	Oui et variable
Vitesse maximum de propagation du pathogène dans les souches	Oui et variable
Vitesse de propagation du pathogène dans les arbres	Oui et fixe
Perte de croissance	Oui et fixe

Tableau 1 : Liste des paramètres du module FomPine et de leur adaptation au contexte géographique et climatique.

Impact : Deux études dendrochronologiques ont montré que la période de perte de croissance est de très courte durée, 2 à 3 ans maximum, puis est suivie de la mort de l'arbre (Figure 1).

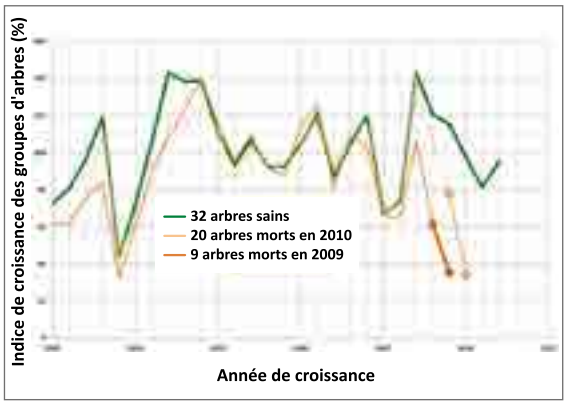


Figure 1 : Évolution de l'index de croissance pour des arbres indemnes de fomès et des arbres infectés.

Intégration du module FomPine dans le modèle de dynamique forestière du pin maritime :

Le modèle "pinuspinaster" (Meredieu & Labbé, 2014) implémenté sous la plateforme Capsis (Dufour-Kowalski *et al.*, 2012) est un modèle de croissance de type "Arbre, indépendant des distances" qui permet de simuler la dynamique de peuplements de pin maritime selon différents itinéraires sylvicoles. Pour initialiser un peuplement virtuel à 12 ans, il faut fournir, le nombre de tiges à l'hectare et la hauteur dominante à 40 ans (indice de fertilité du peuplement). Pour intégrer le risque fomès, l'utilisateur active le module "FomPine" et choisit le design de sa plantation mais également la contamination des souches du précédent peuplement. Dans ce module, les trois composantes du risque ont été modélisées puis intégrées pour permettre la comparaison des données d'évolution d'un peuplement indemne et celles d'un peuplement infecté.



Figure 2 : En haut, copie d'écran partielle de la boîte de dialogue permettant de générer un peuplement virtuel de départ : Visualisation des paramètres de génération des arbres et des souches du précédent peuplement. En bas copie d'écran de la boîte de dialogue d'un des outils pour simuler une éclaircie ou une coupe rase avec prise en compte du risque fomès.

Perspectives du modèle

Ce premier modèle d'analyse du risque complet d'un pathogène forestier pour le massif landais va permettre de simuler différents scénarios sylvicoles avec ou sans contamination initiale et secondaire, mais aussi de faire varier la séquence de l'aléa au cours de la vie du peuplement (à l'initialisation et à chaque éclaircie). Ces simulations pourront être réalisées par un utilisateur via un mode interactif ou sous forme d'une séquence de simulations sur un grand nombre de peuplements. A ce stade, la contamination initiale par les souches du précédent peuplement n'est pas encore activée car des données complémentaires sont nécessaires pour mieux modéliser les zones et la durée de contamination liées à la présence de ces vielles souches. Des fonctionnalités concernant la lutte contre le fomès sont déjà implémentées : l'utilisateur peut définir le niveau de contamination de son peuplement, l'emploi ou non du produit de protection des souches à chaque éclaircie et son niveau d'efficacité (ROTSTOP™ http://www.arole-pfb.fr/produits-foret/fongicide/rotstop/, Soutrenon *et al.*, 2000), les modalités de préparation du sol avant plantation (croquage, dessouchage, traitement *cf.* Figure 2).





Photos : Xavier Capdevielle, INRA.



Photo : Didier Bert, INRA.

Conséquences pour la gestion

En Aquitaine, le traitement de protection des souches est fortement recommandé quelle que soit la saison pour éviter la contamination primaire. Un catalogue de simulations sera à construire en coopération avec le groupe de travail interprofessionnel sur le fomès, groupe constitué sur le massif landais fin 2013. Les résultats attendus vont porter sur les pertes de production en volume (perte de croissance et volume de bois mort) comparés à des peuplements sains. Couplés à une analyse économique intégrant le coût des traitements (dessouchage, traitement au ROTSTOP™), la faisabilité économique des mesures de prévention sera enfin disponible pour les sylviculteurs ainsi que l'intérêt ou non des coupes rases anticipées dans les peuplements contaminés.

4.3.1. Développer et tester un outil intégré de gestion du risque dans différentes propriétés forestières : quelle efficacité pour réduire les risques multiples ?

FR Région : Aquitaine

Contexte

La tempête Klaus du 24 janvier 2009 a rappelé douloureusement la vulnérabilité des espaces forestiers face aux risques naturels.

Le risque était pourtant déjà intégré à la gestion forestière dans la région : incendies, maladies et ravageurs sont de vieux ennemis qui sont pris en considération de façon individuelle, par les sylviculteurs, et collective par des structures chargées de la prévention, de la détection ou de la lutte. La situation actuelle amène cependant à se reposer la question de la connaissance des risques et de leur gestion. La question des effets combinés de plusieurs risques (vent + incendie + attaques d'insectes) que l'on a l'habitude de traiter de façon séparée se pose. Enfin, il faut se poser la question de l'évolution des aléas sous l'influence du changement climatique et de la nécessité d'évaluer l'adaptabilité des systèmes actuels de gestion.

Objectif

Développer une approche multirisque (incendie, dégâts de vent, attaques sanitaires, dégâts de gibier) à l'échelle de la propriété forestière : définition d'une méthode simple d'analyse de risque, aide à la décision pour le gestionnaire en fonction des risques identifiés et hiérarchisés.

Méthode

Le Centre Régional de la Propriété Forestière d'Aquitaine a développé une méthode par paliers avec l'appui technique du Groupement d'Intérêt Public "Aménagement du Territoire et Gestion des Risques".

La première étape a consisté à rassembler le plus d'informations possible sur les principaux risques auxquels est exposée la forêt des



Figure 1 : Collecte de données sur le terrain. (Photo : Julia Morin).

Landes de Gascogne. L'information recueillie a été synthétisée sous forme d'un tableau comparatif pour les 19 risques identifiés. L'analyse des caractéristiques de l'aléa, de la vulnérabilité et des impacts a permis de réduire la liste.

A l'étape suivante, le vent, l'incendie, la sécheresse, le fomès, l'armillaire, le chevreuil, le cerf, la processionnaire du pin, l'hylobe, les scolytes et la pyrale du tronc ont été réexaminés. Pour chacun, une liste des facteurs explicatifs a été établie, suivant les composantes du risque : aléa, vulnérabilité et enjeux. Chaque facteur a été décomposé en différentes modalités s'appliquant au peuplement forestier, à la parcelle ou à son environnement proche. Un système de notation pondérée permet de calculer une note d'aléa, de vulnérabilité et d'enjeux. Elles se combinent dans une matrice pour déterminer une classe de risque (faible, moyen, fort).

Le niveau de risque peut alors être estimé pour chaque parcelle et pour chaque risque.

Un travail de compilation des facteurs et des modalités a alors permis d'établir une seule feuille de données pour l'ensemble des risques. Le recueil des données combine du travail de bureau (données cartographiques, plan simple de gestion), des relevés de terrain et des éléments qualitatifs approchés par une entrevue avec le propriétaire.



Figure 2 : Frottis de chevreuil, dégât sur jeune pin maritime. (Photo : Julia Morin).

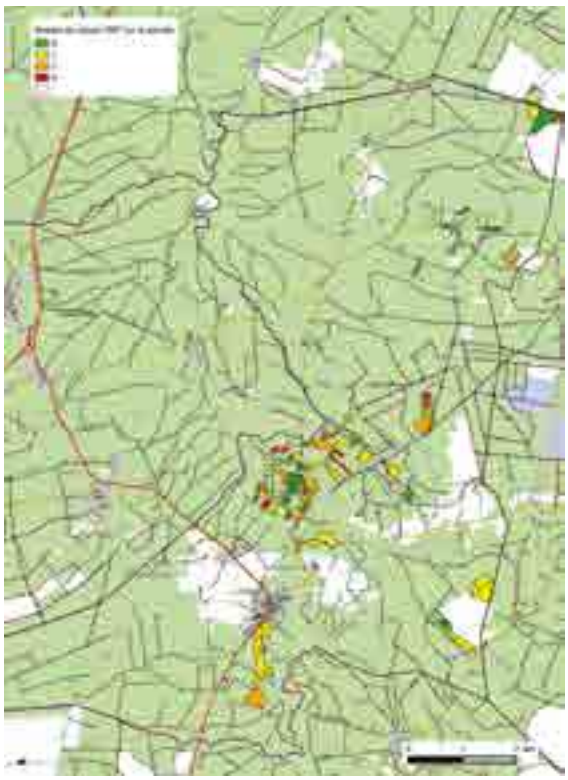


Figure 3 : Carte des niveaux forts de risque. La couleur indique le nombre de risques classés en niveau fort identifiés pour chaque parcelle.

Ce travail a été accompli en vraie grandeur sur une propriété test d'environ 230 ha, choisie dans le département des Landes.

L'étape d'analyse de risque a alors été développée en s'appuyant sur des cartes et des graphiques de synthèse à l'échelle de la propriété, qui permettent de définir les grands enjeux à prendre en compte dans la gestion du risque et de cartes détaillées par parcelle et par risque qui permettent de remonter aux facteurs expliquant la classe de risque.

En dernière étape, une stratégie de gestion des risques a été définie. Elle a permis d'identifier des actions attachées à chaque risque, à différentes échelles d'intervention. Cette base permet d'éclairer le choix du gestionnaire en donnant une estimation de l'efficacité, du coût et des interactions possibles avec d'autres risques.

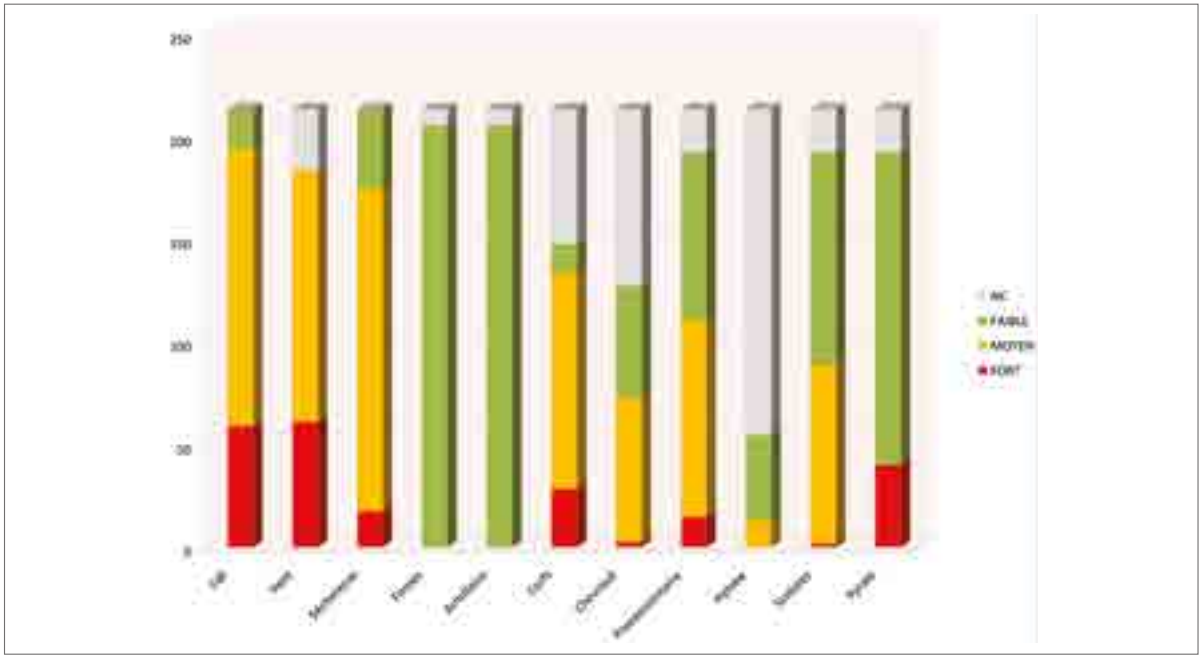


Figure 4 : Histogramme des % de la surface totale affectés par les différents niveaux de risque, pour chaque risque.

Conclusion et perspectives

La méthode par paliers permet une approche totalement transparente pour l'évaluation des risques. Ceci permet de retrouver facilement l'explication d'un classement mais aussi d'adapter la méthode en fonction des évolutions de la connaissance. Les premiers résultats sont très intéressants car ils révèlent des situations contrastées. Une gestion des risques ciblée serait alors envisageable. Il est prévu de répliquer les tests afin de tester la robustesse de la méthode et d'améliorer l'ergonomie et la maniabilité de l'outil qui nécessite pour le moment un accompagnement.



Figure 5 : Jeune peuplement de pin maritime débroussaillé récemment. (Photo : Sarah Fermet-Quinet).

4 ANALYSE DU RISQUE ET OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION

4.3. Outils d'aide à la décision

4.3.2. Analyse de risque multicritère : comparaison de différents scénarios sylvicoles en fonction de risques multiples pour les essences productives de la zone SUDOE

FR Régions : toutes

Contexte

Les aléas biotiques et abiotiques en forêt provoquent des dégâts parfois importants qui ont et auront tendance à augmenter avec les changements climatiques. Par ailleurs, ces aléas n'arrivent pas seul, et il se peut qu'un même peuplement soit soumis à la fois a un risque incendie, sécheresse ou biotique, pouvant donner lieu à des recommandations contradictoires. Ainsi, dans un contexte de changements globaux, il est crucial de considérer des analyses de risques multiples plutôt que les différents aléas séparément.

Objectif

Construire un outil d'analyse de risque multi-critères qui permettraient de classer plusieurs scénarios sylvicoles en fonction de risques multiples et pour les essences productives du Sud-Ouest de l'Europe.

Méthode

L'analyse de risque multi-critères a été une première fois explorée par Jactel *et al.*, 2012. Cette même méthode a été utilisée et adaptée au contexte du projet FORRISK.

De manière générale, l'analyse de risque consiste à définir la fréquence et l'intensité des aléas, la vulnérabilité des forêts aux aléas et l'impact des aléas sur les forêts (c'est-à-dire les enjeux) puis d'intégrer toutes ces données pour obtenir une valeur de risque globale (Figure 1). Dans notre cas toutes ces valeurs ont été utilisées dans l'outil d'aide à la décision Visual Prométhée (Mareschal, 2014), qui permet de comparer différentes options en faisant varier les poids des critères sur lesquels se fait la comparaison d'options.

Aléa x Vulnérabilité x Enjeux = Risque

Figure 1: Définition du risque.

Définitions des scénarios : pour plusieurs essences productives des régions du Sud-Ouest de l'Europe, des scénarios de gestion forestière contrastés ont été élaborés (Figure 1). La palette de ces scénarios va de la longue révolution pour

produire du bois d'œuvre (comme M1 ou R4) aux courtes rotations avec un objectif biomasse (comme M7, R7 et P5) en passant par des itinéraires plus classiques et certains scénarios mixant les essences (comme R5).

Une essence étudiée dans tous les Pays	**Aquitaine**	**Portugal**	**Galice**	**Asturies**
Pin maritime **M1- Haute qualité** **M2- Standard** **M3- Faible investissement** **M4- Court terme (avec subvention)** M5- Faible densité sans éclaircies **M6- Semi dédié à la biomasse** **M7- Biomasse** M8- Sans gestion	Vent, feu, gibier, sécheresse, PP, scolytes, fomès	Vent, feu, PP, scolytes, *Fusarium*, lourde pluie, gel	Vent, feu, gibier, *Fusarium*, nématode	Vent, feu, gibier, aléas biotiques
Une essence étudiée dans différentes régions d'un même Pays	**Galice**		**Pays Basque**	
Pin radiata **R1-Standard** **R2- Court terme** R3- Moyen terme **R4- Haute qualité** R5- Sophistiqué **R6- Semi dédié à la biomasse** **R7- Biomasse**	Vent, feu, gibier, *Fusarium*, nématode		Vent, feu, PP, *Diplodia, Dothistroma, Fusarium*	
Une essence atypique	**Vallée de la Garonne (Midi-Pyrénées et Aquitaine)**			
Peuplier **P1- Standard** **P2- Faible investissement** P3- Intensif **P4- Courte révolution** **P5- Très courte rotation** **P6- Semi dédié à la biomasse**	Vent, gibier, sécheresse, gel, inondation, puceron lanigère, rouille, pathogènes de faiblesse			

Figure 2 : Exemple de 3 essences étudiées dans les régions du projet. Pour chaque essence, plusieurs scénarios sylvicoles ont été identifiés. Les scénarios de mêmes couleurs (en dehors du noir) sont des scénarios d'esprit similaires (comme la production de biomasse sur de très courtes révolutions ou rotations pour M7, R7 et P5). Pour chaque région, les aléas étudiés sont indiqués dans les cases du tableau.

Pour chaque essence, les partenaires des régions du projet ont déterminé les aléas les plus importants dans leur région : les tempêtes et les incendies la plupart du temps, le gibier parfois, et un certain nombre de ravageurs et de pathogènes (Figure 2).

Aléa : pour définir l'aléa, les volumes ou surfaces impactés par chacun des aléas choisi ont été déterminés à l'aide d'études ou d'avis d'experts. Cela donne une première notation en pourcentage. Puis le type de dégâts causé par ces aléas a été qualifié (mortalité, perte de croissance, diminution de la qualité du bois) et le pourcentage de perte économique en cas d'occurrence de l'aléa a été déterminé. Cette information forme une deuxième note. Ces deux pourcentages ont été multipliés pour former une valeur d'aléa. Ainsi, les aléas ont pu être classés entre eux.

Exemple : pour le pin maritime, la chenille processionnaire du pin touche en moyenne 16 % des arbres chaque année. La première notation est donc 16 %. Des études portugaises ont montré une perte d'environ 17 % sur le revenu

net dû aux pertes de croissances moyennes établies dans d'autres études. La deuxième notation est donc 17 %. La notation globale pour définir l´aléa chenille processionnaire sur le pin maritime des Landes de Gascogne est 16 %x17 % = 2.7 %.

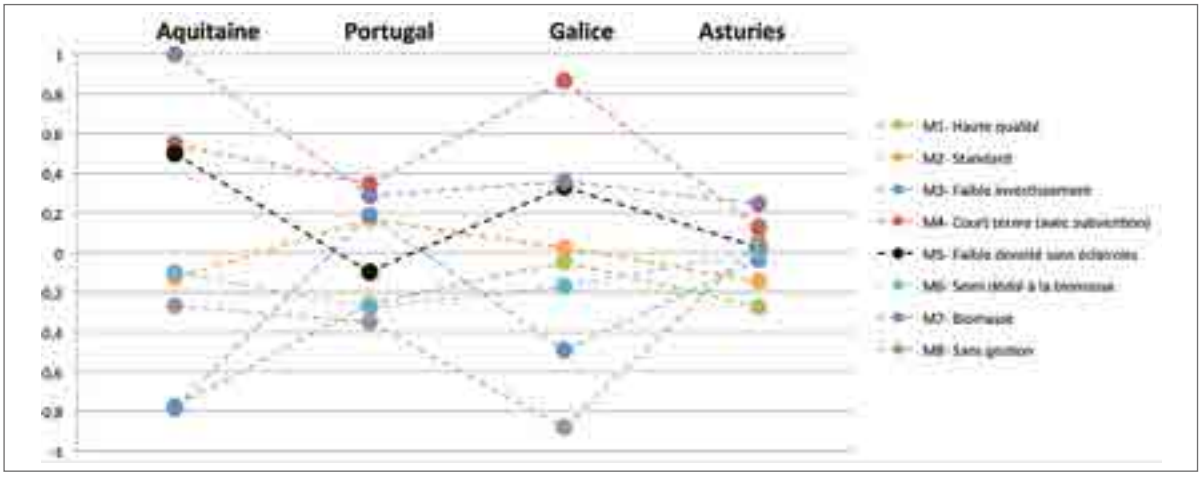
Vulnérabilité : pour déterminer la vulnérabilité, chaque scénario sylvicole a été décomposé en opérations sylvicoles. Ce travail a été fait pour toutes les essences choisies dans le projet. Les opérations sylvicoles qui décomposent les scénarios sont : la préparation du site, la fertilisation, la composition du peuplement, la structure du peuplement, le matériel génétique utilisé, le type de régénération, les nettoyages, les dégagements éventuels, les éclaircies, les élagages et enfin la longueur de révolution et l'objectif de récolte. Un panel d'experts sur des aléas forestiers différents a été réuni dans chaque région pour noter ces options sylvicoles les unes par rapport aux autres en fonction de la façon dont elle pouvait augmenter ou diminuer la vulnérabilité des forêts aux aléas considérés. Puis ces notes ont été sommées pour constituer une note unique par scénario et par aléa dans chaque région.

Enjeux : la valeur exposée aux risques a été calculée pour chaque scénario dans chaque région en fonction de la production des différentes essences dans les régions considérées, des coûts de réimplantation du même peuplement en cas de dégâts et du prix du bois dans chaque région. Pour notre étude de cas, une valeur moyenne en €/ha/an a été calculée, en considérant un peuplement idéal constitué d'une placette par année de la durée de révolution du scénario. Par exemple, pour un scénario avec une révolution de 60 ans, le peuplement idéal est constitué de 60 placettes âgées de 1 à 60 ans qui occupent un espace de 1/60 ha. On a donc une valeur de l'enjeu qui est indépendante de la durée de révolution et qui ne prend en compte que la valeur exposée a l'aléa sur le terrain et pas les bénéfices déjà engrangés lors des éclaircies.

Intégration des données dans le modèle : chacune des trois étapes décrites ci-dessus fournit une valeur chiffrée. Dans Visual Prométhée, les critères considérés sont les aléas, et les options à évaluer sont les scénarios sylvicoles. Les poids des critères sont alors la note relative donnée à chaque aléa, et, pour chaque scénario, le produit de sa note de vulnérabilité par sa valeur exposée (enjeux) sera intégré au modèle. Avec ces données, Visual Prométhée peut comparer les scénarios tous risques confondus, et effectuer ce type de comparaison en fonction de plusieurs régions du projet. On peut utiliser notamment le "Prométhée II ranking" : c'est un classement qui compare les scénarios les uns par rapport aux autres. Il est issu de deux classements partiels : l'un qui mesure à quel point un scénario est préféré aux autres (c'est-à-dire sa force par rapport aux autres), et l'autre qui mesure à quel point tous les scénarios sont préférée à un seul (c'est-à-dire la faiblesse de ce scénario par rapport aux autres). Puis Prométhée calcule la différence entre ces deux valeurs pour effectuer un classement.

On obtient ainsi un classement des scénarios sylvicoles en fonction de risques multiples, par région ou toutes régions confondues.

Résultats



Une essence commune à tous les pays : Le pin maritime
Figure 3 : Résultats du classement Prométhée II ranking pour le pin maritime en Aquitaine, au Portugal, en Galice et dans les Asturies (-1 est la valeur la plus à risque et 1 la moins à risque)

En Aquitaine et en Galice, les scénarios sont bien différenciés alors qu'au Portugal et en Asturies ils sont beaucoup plus proches (Figure 3). Certains scénarios comme le court-terme (M4), le biomasse (M7) sont toutefois toujours classés dans les scénarios les moins à risque. De même, les scénarios standard (M2) et semi-dédié à la biomasse (M6) sont souvent en milieu de classement. Il ne faut pas oublier que les aléas étudiés ne sont pas les mêmes dans toutes les régions et que cela influe sur le classement des scénarios à la fois pour la partie "aléa" et pour la partie "vulnérabilité aux aléas".

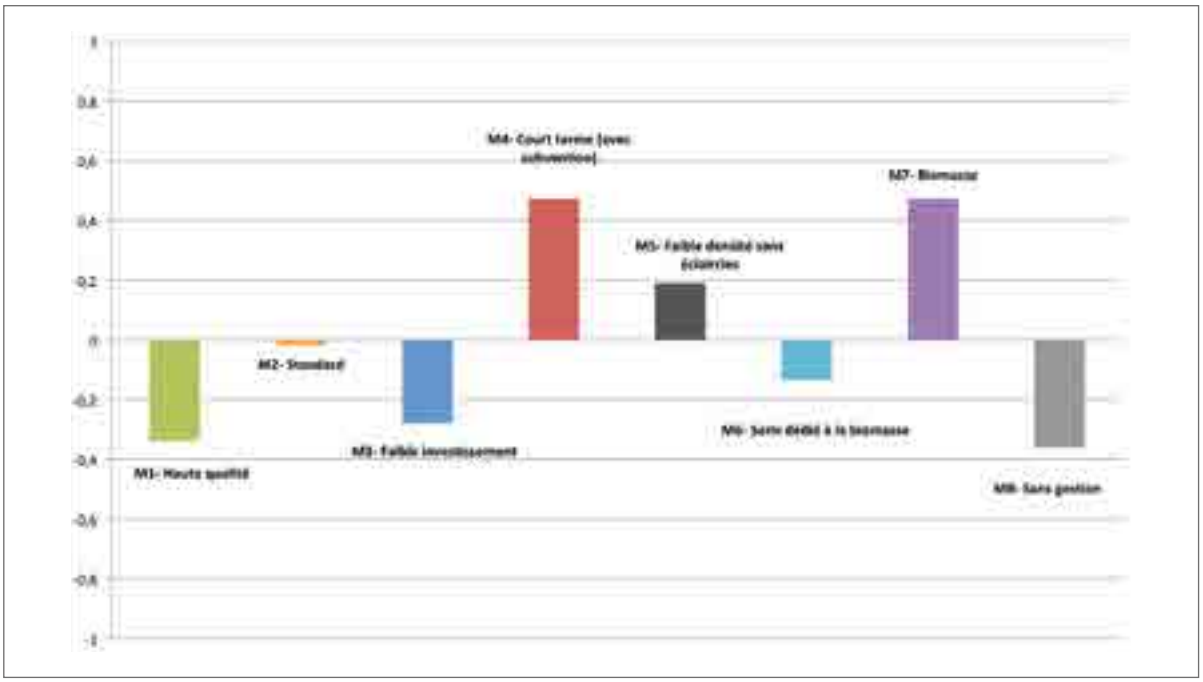


Figure 4 : Résultats du classement Prométhée II ranking pour le pin maritime toutes régions confondues (Aquitaine, Portugal, Galice et Asturies, -1 est la valeur la plus à risque et 1 la moins à risque).

Le classement général montre que, de manière générale, les scénarios les plus courts (M4 et M5 conduit en 25 ans et M7 conduit en 12 ans) sont les moins à risque, car en général la valeur de l'enjeu est faible. A contrario, les scénarios les plus à risques sont les scénarios de plus longue révolution (M1 en 60 ans et M3 en 55 ans), ainsi que le scénario sans gestion. Les scénarios de durée moyenne (M2 en 40 ans et M6 en 35 ans) sont dans le milieu du classement.

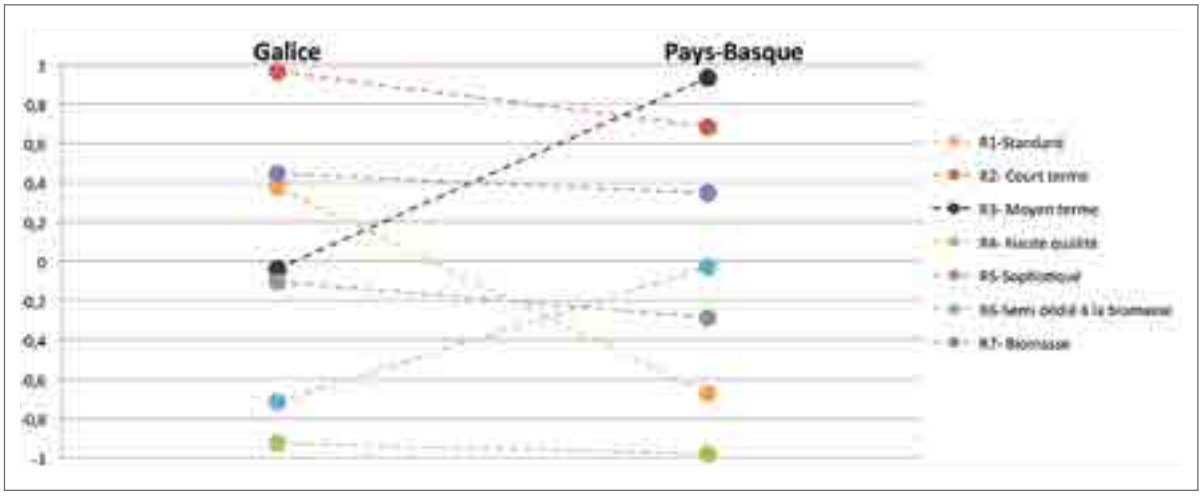


Figure 5 : Résultats du classement Prométhée II ranking pour le pin radiata en Galice et au Pays-Basque (-1 est la valeur la plus à risque et 1 la moins à risque).

Les classements des scénarios diffèrent en fonction des deux régions (Figure 5) : ceci est sans doute lié aux aléas considérés qui diffèrent eux-mêmes entre les deux régions. Cependant, certains scénarios sont globalement en même position dans les deux cas : les scénarios de courte révolution (c'est-à-dire R2 et R7 conduits en 18 et 12 ans) semblent moins à risque, alors que le scénario haute qualité (R4), conduit en 45 ans est en fin de classement.

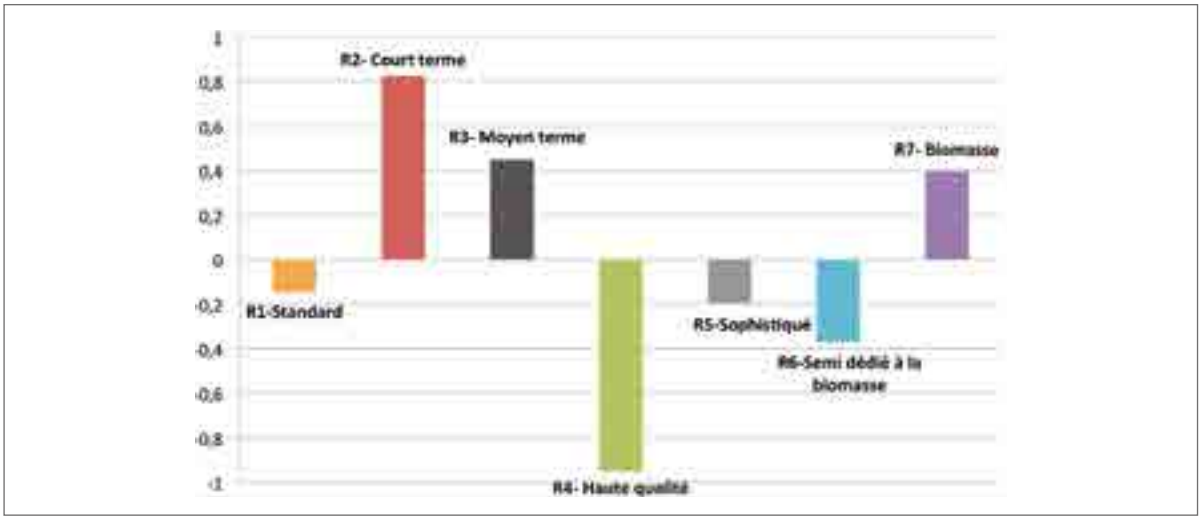
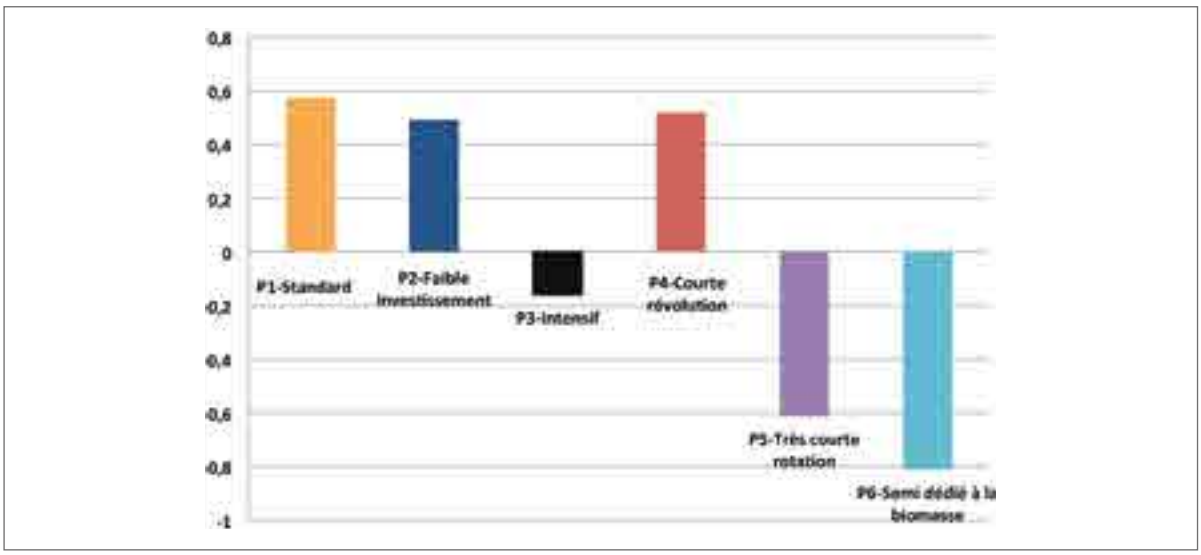


Figure 6 : Résultats du classement Prométhée II ranking pour le pin radiata pour les deux régions (Galice et Pays-Basque) confondues (-1 est la valeur la plus à risque et 1 la moins à risque).

Le classement général pour les deux régions (Figure 6) semble confirmer que les scénarios les plus courts (R2 en 18 ans, R3 en 27 ans et R7 en 12 ans) sont moins à risque que les plus longs (R4 en 45 ans et R6 en 30 ans). On remarque cependant que les scénarios standard (R1) et sophistiqué (R5) sont intermédiaires bien que leurs révolutions soient assez longues, et notamment R5 qui est conduit en 45 ans avec un objectif de bois de qualité.

Ce niveau de risque un peu moins élevé est sans doute lié au fait que R5 est le seul scénario mixte où le chêne compose 50 % du peuplement final avec le pin. Ainsi, non seulement la valeur de pin exposée au risque est moins élevée que pour le scénario R4 (qui est conduit également en 45 ans), mais la vulnérabilité à certains aléas est diminuée du fait de la présence des feuillus. Ainsi, la longue révolution qui aurait tendance à augmenter de façon importante les risques semble contrebalancée par le mélange à 50 % avec une essence différente.



Une essence avec une gestion particulière : le peuplier.

Figure 7 : Résultats du classement Prométhée II ranking pour le Peuplier dans la vallée de la Garonne (Midi-Pyrénées et Aquitaine, -1 est la valeur la plus à risque et 1 la moins à risque).

Trois scénarios sont les moins à risque et ne peuvent pas être différenciés (Figure 7) : le scénario standard (P1, le plus courant actuellement dans la vallée de la Garonne), celui de faible investissement (P2, avec pour objectif de réduire les dépenses initiales) et le scénario courte révolution (P4, pour produire de la biomasse en 10 ans). Il faut remarquer que ces trois scénarios sont caractérisés par l'implantation de plusieurs cultivars de peupliers sur la parcelle.
Les scénarios très à risque sont les itinéraires de très courte rotation (P5, production de biomasse en 5 ans) et semi-dédié à la biomasse (P6). Le scénario intensif (P3) est également plutôt à risque. Contrairement aux trois scénarios les moins à risques, ces trois scénarios "à risque" considèrent l'implantation d'un seul cultivar sur la parcelle.

Ainsi, pour le peuplier, le choix des cultivars est primordial dans la gestion des risques. En effet, l'utilisation de cultivars variés et multiples aura tendance à diminuer les risques en les partageants, alors que l'utilisation d'un seul cultivar (choisi par exemple pour ses performances de croissance) aura tendance à concentrer les multiples risques auxquelles est exposée une parcelle de peuplier.

Conséquences pour la gestion

L'ensemble des classements effectués dans cette analyse restent à nuancer : certains paramètres ont fait l'objet d'hypothèses fortes ou ont reposé sur des dires d'experts en l'absence de données disponibles. Par ailleurs, des scénarios très proches sur l'échelle ne peuvent pas être différenciés, même si l'un apparaît comme légèrement supérieur à l'autre (par exemple P1, P2 et P4 sur la Figure 7). Dans ces cas-là, aucun conseil ne peut être donné pour privilégier l'un ou l'autre scénario pour une meilleure gestion des risques.

Pour le pin radiata et le pin maritime, les scénarios les moins à risque sont souvent caractérisés par les révolutions les plus courtes : la valeur exposée au risque est beaucoup plus faible dans ces cas-là car les arbres n'atteignent pas une valeur sur pied importante. Il serait donc intéressant de calculer la rentabilité de ces scénarios pour refaire un classement combinant meilleure rentabilité et risque minimum. Ce calcul se justifierait notamment dans le cas des scénarios dits "biomasse" pour lesquels l'investissement est important et la valeur sur pied très faible : un scénario très peu à risque car non rentable ne saurait être conseillé.

Le choix des espèces utilisées joue également un rôle dans la diminution des risques : pour le pin radiata, le fait de constituer une forêt mixte avec 50 % de chêne permet de réduire le risque lié à la longueur de la révolution. De même, l'utilisation de plusieurs cultivars différents dans les plantations de peuplier semble diminuer les risques par rapport à une culture monoclonale.

On remarque aussi que, même si certains scénarios sont globalement toujours classés de façon similaire, les conclusions relatives à la gestion des risques doivent être adaptées à chaque région car les aléas auxquels sont soumises les forêts varient.

Pour aller plus loin

Toutes les analyses détaillées effectuées dans le cadre de FORRISK (intégrant plus d'essences) sont disponibles sur le rapport dédié à cette action sur le site web du projet :
http://forrisk.efiatlantic.efi.int/

4 ANÁLISIS DEL RIESGO Y HERRAMIENTAS DE AYUDA PARA LA TOMA DE DECISIONES

4.3. Herramientas de ayuda para la toma de decisiones

4.3.2. Análisis de riesgos multicriterio: comparación de diferentes escenarios selvícolas en función de los múltiples riesgos para las especies productivas de la zona SUDOE

ES Regiones: todos

Antecedentes

Los riesgos bióticos y abióticos causan con frecuencia daños importantes en los bosques, un hecho que se ha incrementado y que probablemente seguirá aumentando con el cambio climático. Además, una misma masa forestal puede estar amenazada por más de un riesgo; en ocasiones, el riesgo pueden ser los incendios o la sequía o al mismo tiempo un riesgo biótico, dando lugar a recomendaciones contradictorias entre sí en términos de gestión del riesgo. Por ello, es importante llevar a cabo un análisis simultáneo de los múltiples riesgos y no de cada riesgo por separado cuando se trata de cambios a nivel global.

Objetivo

Desarrollar una herramienta de análisis de riesgos multicriterio para clasificar diversos escenarios selvícolas de acuerdo con los múltiples riesgos para las especies productivas del suroeste de Europa.

Método

La metodología utilizada en el proyecto FORRISK ha sido basada y adaptada de Jactel *et al.*, 2012.

El análisis del riesgo generalmente consiste en definir la intensidad de la amenaza, la vulnerabilidad de los bosques a las amenazas y su impacto potencial, y la combinación de estos parámetros resultaría en el valor de riesgo (Figura 1). En nuestro caso, todos estos valores fueron utilizados en la herramienta de ayuda para la toma de decisiones Visual Promethée (Mareschal, 2014) con el objetivo de comparar las diferentes opciones modificando el factor de ponderación del criterio sobre el que se lleva a cabo dicha comparación.

Amenaza x Vulnerabilidad x Impacto= Riesgo

Figura 1: Definición de riesgo.

Definición de los escenarios: Se desarrollaron escenarios de gestión forestal de diversa naturaleza para varias especies existentes en las regiones del suroeste de Europa (Figura 1), incluyendo desde rotaciones largas para la producción de madera de construcción (M1 o R4) hasta rotaciones cortas para la producción de biomasa (M7, R7 y P5) así como regímenes más clásicos y escenarios mixtos con diferentes especies (R5).

Una especie estudiada en todos los países	**Aquitania**	**Portugal**	**Galicia**	**Asturias**
Pino marítimo **M1- Alta calidad** **M2- Estándar** **M3- Baja inversión** **M4- Turno corto (con subsidios)** M5- Baja densidad sin clara **M6- Semidedicado a biomasa** **M7- Biomasa** M8- Sin gestión	Viento, fuego, caza, sequía, procesionaria del (PP), escolítidos, Fomes sp.	Viento, fuego, PP, escolítidos, *Fusarium*, fuertes lluvias, heladas	Viento, fuego, caza, *Fusarium*, nematodo	Viento, fuego, caza, riesgos bióticos
Una especie estudiada en diferentes regiones de un país	**Galicia**		**País Vasco**	
Pino radiata **R1-Estándar** **R2- Corta rotación** R3- Turno medio **R4- Alta calidad** R5- Sofisticado **R6- Semidedicado a biomasa** **R7- Biomasa**	Viento, fuego, caza, *Fusarium*, nematodo		Viento, fuego, *Diplodia, Dothistroma, Fusarium*	
Una especie atípica	**Valle del Garona (regiones de Midi-Pyrénées y Aquitania)**			
Chopo **P1- Estándar** **P2- Baja inversión** P3- Intensivo **P4- Corta rotación** **P5- Muy corta rotación** **P6- Semidedicado a biomasa**	Viento, caza, sequía, heladas, inundaciones, enfermedades secundarias			

Figura 2 : Ejemplo de tres especies estudiadas en las regiones del proyecto. Se identificaron diferentes escenarios selvícolas para cada una de las especies. Los escenarios en el mismo color (aparte del negro) son similares entre sí (por ejemplo, la producción de biomasa de corta rotación en M7, R7 y P6). Los riesgos estudiados se muestran para cada región.

Los socios del proyecto determinaron las amenazas existentes para cada especie en su propia región: en la mayoría se trataba de riesgos de viento y de incendios forestales, pero también se consideraron los daño producidos por las especies cinegéticas (denominados caza) y por ciertas plagas y enfermedades (Figura 2).

La (intensidad de la) amenaza: Para poder definir la amenaza, se determinó el volumen o superficie afectados por cada uno de los peligros seleccionados, basados en estudios previos o mediante consultas a expertos, lo que dio lugar a una puntuación inicial expresada en porcentaje. En un segundo paso se describió el tipo de daño causado (mortalidad, reducción del crecimiento, disminución de la calidad de la madera) y el porcentaje de pérdida económica asociada a la amenaza, dando lugar a una segunda puntuación. Se multiplicaron esos dos porcentajes para obtener finalmente un único valor de amenaza.

Ejemplo:
En el caso del pino marítimo, la oruga procesionaria afecta de media al 16% de los árboles. Por lo tanto el primer parámetro adquiere el valor de 16%. Diferentes estudios realizados en Portugal han mostrado una pérdida de alrededor del 17% de los ingresos netos a causa de la pérdida media de crecimiento. El valor del segundo parámetro es, por tanto, 17%. El resultado general que define al riesgo de la oruga procesionaria en relación al pino marítimo en las Landas de Gascuña es de 16%x17%=2.7%.

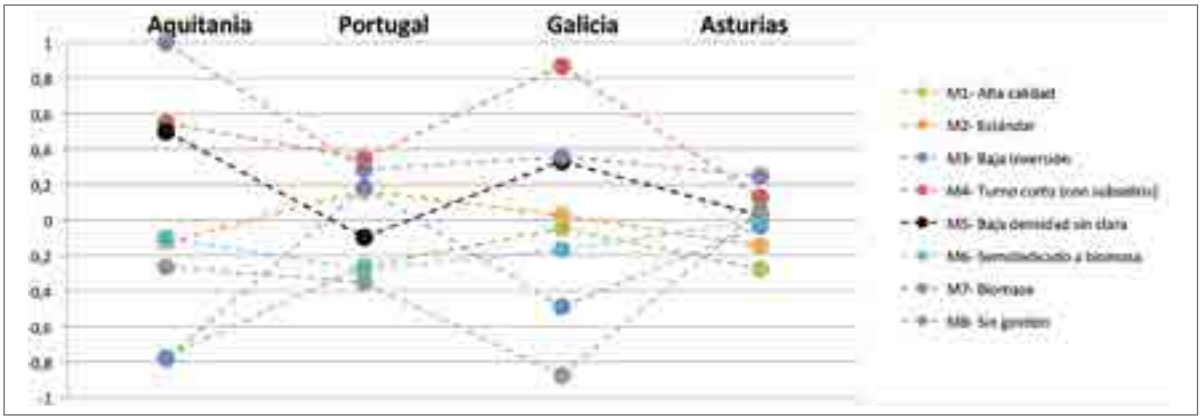
Vulnerabilidad: Con el fin de definir la vulnerabilidad, cada escenario selvícola ha sido descompuesto en diversas operaciones selvícolas para todas las especies analizadas. Las operaciones selvícolas son: preparación del terreno, fertilización, composición del arbolado y cambios en su estructura, material genético empleado, tipo de regeneración, operaciones de limpieza, clareos, claras, podas y finalmente la edad de rotación o corta final y el objetivo de esa corta. Se ha reunido un panel de expertos en riesgos forestales de cada región analizada, lo que ha permitido conseguir puntuar cada una de estas opciones selvícolas,teniendo en cuenta si aumentaba o disminuía la vulnerabilidad de los bosques en relación a los riesgos analizados. La suma de esas puntuaciones proporciona una nota única para cada escenario y cada riesgo en cada una de las regiones.

Impacto Potencial: Se calculó el impacto potencial de los riesgos para cada escenario en cada región en relación a la producción de las diferentes especies en cada una de las regiones consideradas, utilizando los costes de reforestación del mismo arbolado en caso de daño y el precio de la madera en cada región. En nuestro caso de estudio, se calculó un valor medio en €/ha/año basado en un reparto ideal de parcelas de una hectárea con edades equilibradas. Por ejemplo, para un escenario con una edad de rotación de 60 años, el arbolado ideal lo constituirían 60 parcelas con edades de 1 a 60 años, cada una abarcando 1/60 ha. Se dispone, así, de un valor del elemento en riesgo obtenido de forma independiente de la edad de rotación y que sólo tiene en cuenta el valor expuesto al riesgo sobre el terreno y no los beneficios ya conseguidos en las claras.

La integración de los datos en el modelo: Cada uno de los pasos antes mencionados proporciona un valor cuantificable. En Visual Prométhée, los criterios considerados son los riesgos y las opciones a evaluar son los escenarios selvícolas. El factor de ponderación de cada criterio es el valor relativo dado a cada riesgo y el producto del valor de vulnerabilidad y el valor en riesgo de cada escenario se integra en el modelo. Con estos datos, Visual Prométhée permite comparar todos los riesgos asociados con todos los escenarios y efectuar este tipo de comparación para cada una de las regiones del proyecto. El "ranking Prométhée II" puede usarse para comparar los escenarios entre ellos y se basa en dos sistemas de clasificación parcial: uno que mide la preferencia de un escenario en relación a otros (es decir, su fortaleza en comparación con los otros) y el otro mide hasta qué punto todos los demás escenarios son preferidos antes que el analizado (es decir, la debilidad de este escenario individual comparado con los demás). Prométhée, por tanto, calcula la diferencia entre estos dos valores para realizar una clasificación de escenarios.

Se obtiene así una clasificación de escenarios selvícolas en función del riesgo múltiple, bien por región o bien en el conjunto de todas las regiones.

Resultados



Una especie común a los tres países: el pino marítimo.
Figura 3: Los resultados del ranking Prométhée II para el pino marítimo en cada una de las regiones: Aquitania, Portugal, Galicia y Asturias (-1 es el valor de mayor riesgo y 1 el menor).

En Aquitania y Galicia, los escenarios son muy diferentes entre sí, mientras que en Portugal y Asturias son más similares (Figura 3). Algunos escenarios, como el de rotación corta (M4) y el de biomasa (M7) se clasifican siempre entre los escenarios de menor riesgo. En el mismo sentido, el escenario estándar (M2) y el semidedicado a la biomasa (M6) se suelen ubicar en mitad de la clasificación. No hay que olvidar que los riesgos analizados no son los mismos en todas las regiones y que este hecho influye en la clasificación de escenarios, tanto en la parte "riesgo" como en la parte "vulnerabilidad a los riesgos".

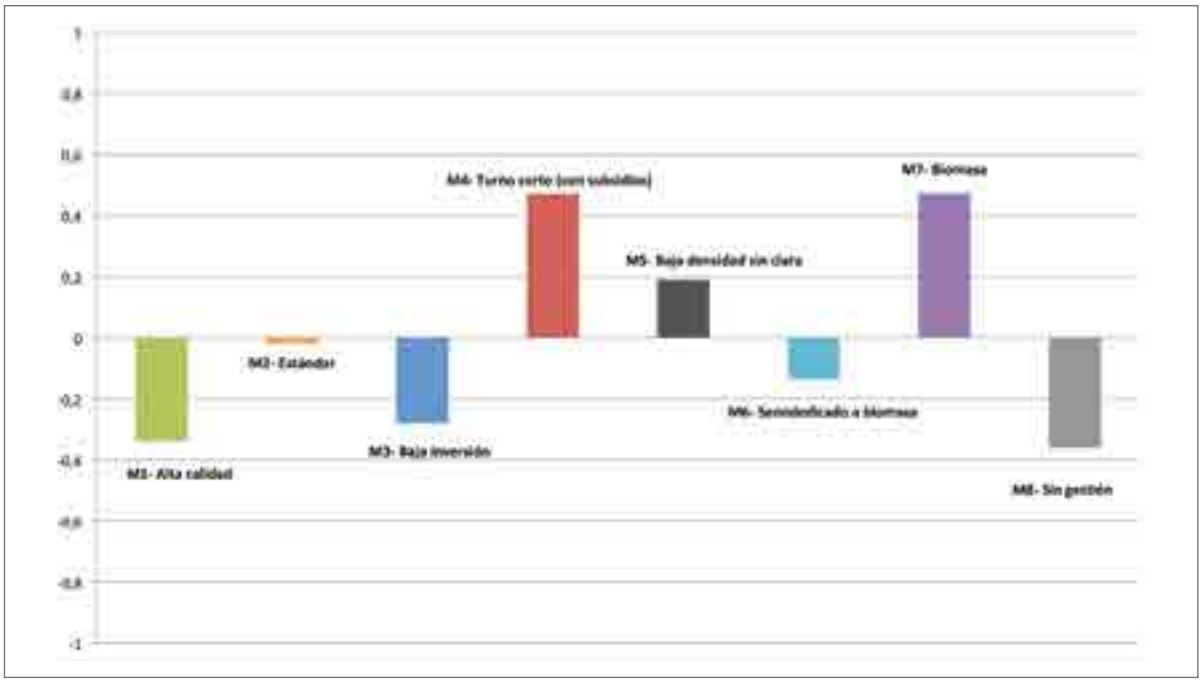
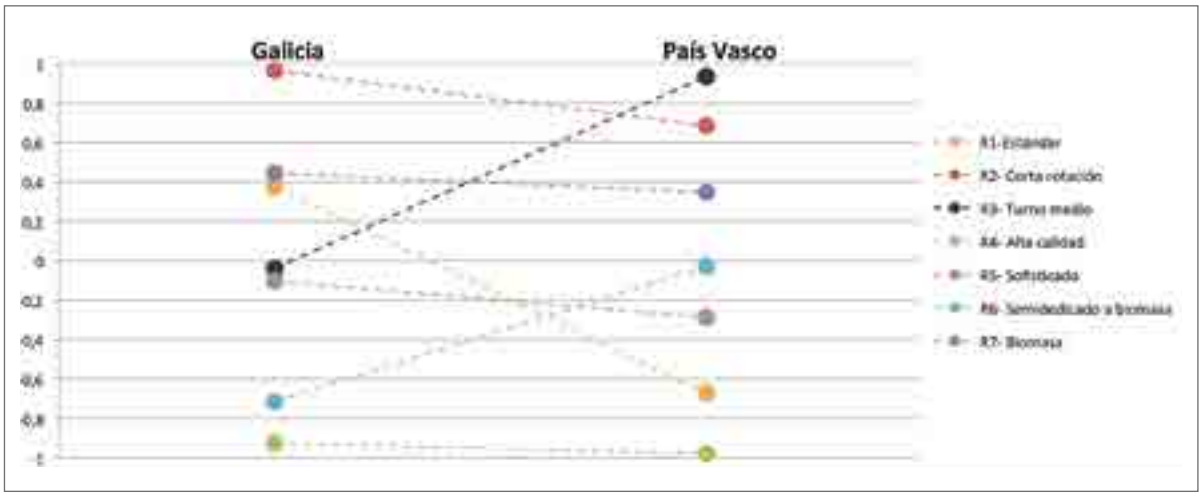


Figura 4: Resultados del ranking Prométhée II para el pino marítimo en cada una de las regiones: Aquitania, Portugal, Galicia y Asturias (-1 es el valor de mayor riesgo y 1 el menor).

La clasificación general muestra que los escenarios con rotaciones más cortas (M4 y M5 con un turno de 25 años, y M7 con un turno de 12 años) son los escenarios de menor riesgo. Por el contrario, los escenarios con mayor riesgo son los escenarios con rotaciones más largas (M1 = 60 años y M3 = 55 años), así como el escenario que no conlleva ninguna gestión forestal. Los escenarios con rotaciones intermedias (M2 = 40 años y M6 = 35 años)se ubican en mitad de la clasificación (Figura 4).



Una especie común a varias regiones en un mismo país: el pino radiata.
Figura 5: Resultados del ranking Prométhée II para el pino radiata en Galicia y País Vasco (-1 es el valor de mayor riesgo y 1 el menor).

La clasificación de los escenarios depende de la región (Figura 5): esto se debe probablemente a que los riesgos evaluados en cada región fueron diferentes. Sin embargo, algunos escenarios muestran clasificaciones similares en las dos regiones; los escenarios de rotaciones cortas (R2 = 18 años y R7 = 12 años) son los que muestran menor riesgo, mientras que el escenario para madera estructural (R4 = 45 años) se ubica en la zona inferior de la clasificación.

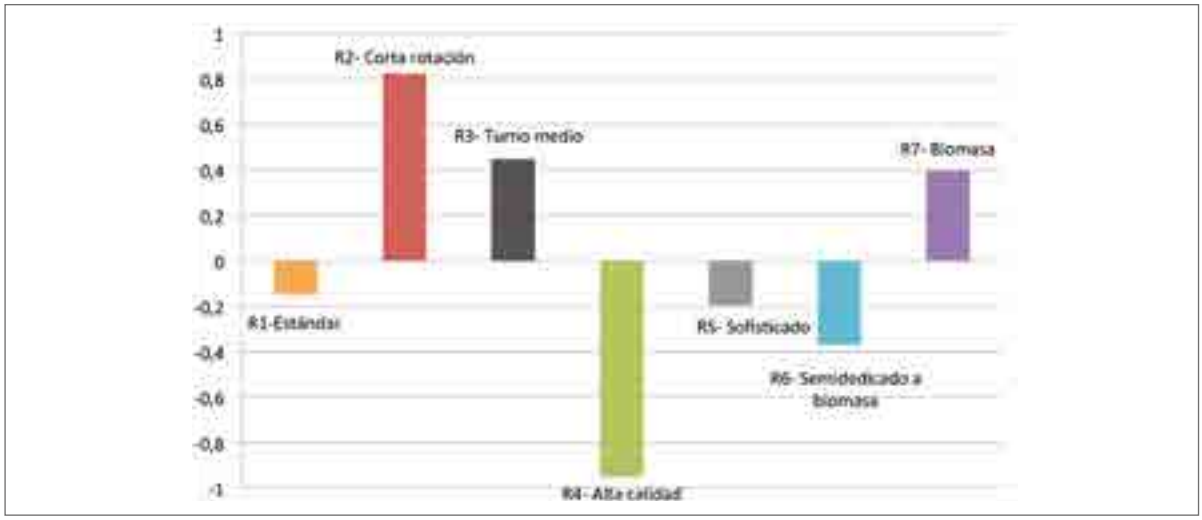
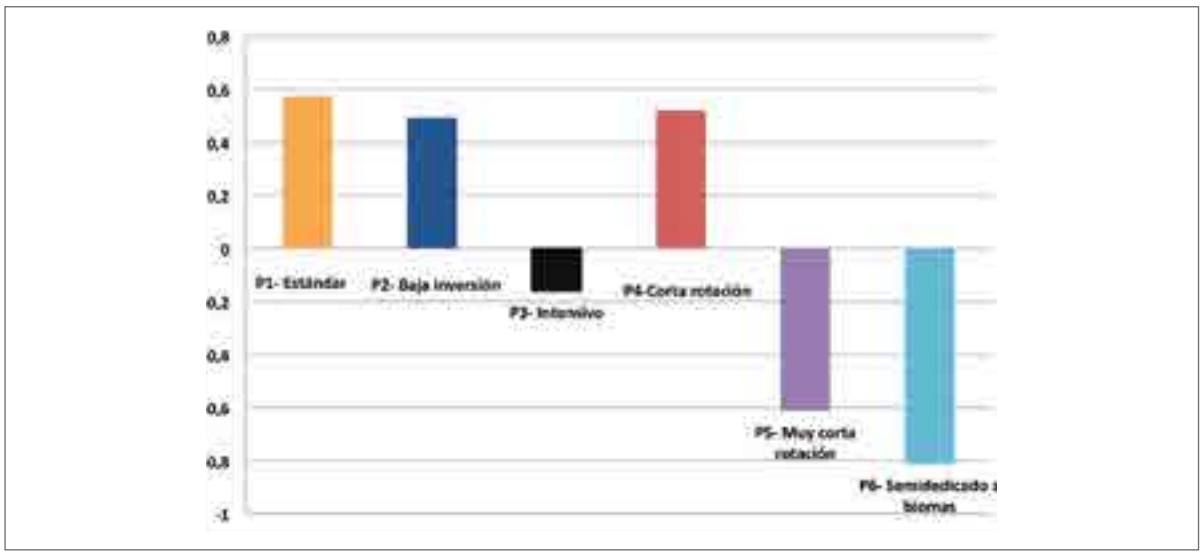


Figura 6: Resultados del ranking Prométhée II para el pino radiata en Galicia y País Vasco (-1 es el valor de mayor riesgo y 1 el menor).

La clasificación general para las dos regiones (Figura 6) parece confirmar que los escenarios con rotaciones más cortas (R2 = 18 años, R3 = 27 años y R7 = 12 años) tienen menor riesgo que los escenarios con rotaciones más largas (R4 = 45 años y R6 = 30 años). Sin embargo, cabe destacar que el escenario standard (R1) y el denominado "sofisticado" (R5) se ubican en la mitad de la clasificación aun siendo escenarios con rotaciones largas, particularmente el R5 con un turno de 45 años para obtención de madera de calidad estructural.

Este menor nivel de riesgo está probablemente relacionado con el hecho de que R5 es el único escenario mixto en el que el roble supone el 50% del rodal junto con el pino. No es que únicamente el valor frente al riesgo que presentan los pinos es menor que para el escenario R4 (que también tiene un turno de 45 años) si no que la vulnerabilidad a algunos riesgos disminuye por la presencia de frondosas. Por lo tanto, el tiempo de rotación largo que tiene como resultado un aumento significativo de los riesgos, parece estar equilibrado hasta en un 50% cuando hay 2 especies presentes en el mismo rodal.



Un caso de prácticas de gestión especiales : el chopo.

Figura 7: Ranking resultante de Prométhée II para el chopo en el valle del río Garonne en Midi-Pyrénées y Aquitaine (-1 es el valor de más riesgo y 1 el de menos riesgo.

Tres de los escenarios son los de menor riesgo y no se pueden diferenciar (Figura 7): el escenario estándar (P1, actualmente el más común en el valle del Garonne), el escenario de baja inversión (P2, que pretende reducir los costes iniciales) y el escenario de rotaciones cortas (P4, que pretende producir biomasa en turnos de 10 años). Debe hacerse notar que los tres escenarios están caracterizados por la presencia de diversas variedades en la plantación.

Los escenarios de más riesgo son los de rotaciones cortas (P5, producción de biomasa en turnos de 5 años) y el escenario de semidedicado a biomasa (P6). El escenario intensivo (P3) está también en riesgo. Por contra a los tres escenarios de menos riesgos, los tres escenarios de más riesgo sólo tienen una variedad en la plantación.

Por tanto, en el caso del chopo, la elección de variedades es un factor importante de la gestión del riesgo. El uso de diversas y múltiples variedades tenderá a disminuir los riesgos diversificándolos, mientras que el uso de una sola variedad (elegida por su potencial de crecimiento, por ejemplo) tenderá a concentrar los múltiples riesgos a los que una plantación de chopo se expone.

Consecuencias para la gestión

El ejercicio de clasificación llevado a cabo en este análisis necesita ser estudiado con mayor detalle: algunos parámetros estuvieron sujetos a fuertes hipótesis o mostraron gran dependencia de la opinión de los expertos en regiones donde no se contaba con toda la información. De hecho, los escenarios clasificados próximos no se pueden diferenciar, incluso si uno está clasificado un poco más alto que el otro. (por ejemplo, P1, P2 y P4 en la Figura 7). En tales casos, no se puede dar ninguna recomendación favoreciendo uno u otro escenario para mejorar el valor del riesgo en la gestión.

En los casos del pino radiata y del pino marítimo, los escenarios de menor riesgo están caracterizados por tener los turnos más cortos: el coste expuesto al riesgo es más bajo en estos casos porque los árboles no presentan un alto valor comercial. Sería útil, por tanto, calcular la eficiencia económica de estos escenarios para rehacer una clasificación que combine el aumento de eficiencia de costes y el menor riesgo. Este cálculo estaría especialmente indicado en los escenarios de producción de biomasa en los que la inversión es alta y el valor comercial de los árboles es muy bajo: no se debería considerar una buena opción un escenario de bajo riesgo con baja rentabilidad.

La elección de las especies juega, además, un papel en la disminución del riesgo: para el pino radiata, establecer un bosque mixto con el 50% de robles reduce los riesgos derivados del aumento de la duración del turno. De la misma manera, el uso de diferentes variedades en las plantaciones de chopo parece reducir el riesgo en comparación con las plantaciones monoclonales.

Además, debe hacerse notar que incluso si en algunos escenarios siempre se obtuvo una clasificación media similar, la gestión del riesgo requiere ser adaptada a cada región, porque los bosques están sujetos a diferentes amenazas en las diferentes regiones.

Información extra

Todos los detalles de los análisis llevados a cabo durante el proyecto FORRISK (integrando más especies) están disponibles en el informe de esta acción en la página web del proyecto: http://forrisk.efiatlantic.efi.int/

4 ANÁLISE DO RISCO E FERRAMENTAS DE AJUDA À DECISÃO

4.3. Ferramentas de ajuda à decisão

4.3.2. Análise de riscos multi-critério: comparação de diferentes tipos de gestão florestal em função de múltiplos riscos de pragas-chave da região SUDOE

PT

Regiões: todos

Fundamento

Os riscos bióticos e abióticos na floresta causam frequentemente elevados estragos que têm vindo e que continuaram a aumentar com as alterações climáticas. Além disso, um povoamento não é afectado por um único risco; pode em simultâneo sofrer um risco de incêndio florestal, de seca ou um ataque de agentes bióticos, o que pode resultar numa gestão do risco contraditória. Quando se lida com alterações climáticas, é importante, analisar múltiplos riscos em vez de analisar riscos em separado.

Objectivo

Desenvolver uma ferramenta de análise de risco multicritério, que permita classificar diferentes cenários silvícolas para espécies florestais mais produtivas no Sudoeste da Europa de acordo com múltiplos riscos.

Método

Os métodos usados no projecto Forrisk foram baseados e adaptados dos métodos utilizados por Jactel *et al.*, 2012.

A análise do risco normalmente consiste na definição da frequência e intensidade, na vulnerabilidade das florestas e no impacto que os riscos têm sobre as mesmas (isto é, nos valores que estão em risco). Estes dados integram-se de forma a obter um valor global do risco (Figura 1). Neste estudo, todos os valores foram analisados com a ferramenta de apoio à decisão, Visual Promethée (Mareschal, 2014) que compara as diferentes opções, variando o factor de ponderação dos critérios em que a comparação das opções é realizada.

Risco x Vulnerabilidade x Valor em risco = Riscos

Figura 1: Definição de risco.

Definição dos cenários: Foram desenvolvidos cenários de gestão florestal contrastantes para várias das espécies arbóreas mais usadas em plantações florestais do Sudoeste da Europa (Figura 1). Consideraram-se cenários com períodos de rotação longos, com o objectivo de produzir madeira de construção (M1 ou R4), de rotações mais curtas para a produção de biomassa (M7, R7 e P5), assim como, cenários silvícolas mais clássicos e de floresta mista (R5).

Uma espécie estudada em todos os países	**Aquitânia**	**Portugal**	**Galiza**	**Astúrias**
Pinheiro bravo **M1 - Alta qualidade** **M2 - Padrão** **M3 - Pouco investimento** **M4 - Período curto (com subsídios)** M5- Pouca densidade sem desbaste **M6 - Metade para biomassa** **M7 - Biomassa** M8 - Sem gestão	Vento, fogo, caça, seca, processionária do pinheiro, escolitídeos, fungos	Vento, fogo, processionária do pinheiro, escolitídeos, *Fusarium*, chuvas torrenciais, geada	Vento, fogo, caça, *Fusarium*, nemátode do pinheiro	Vento, fogo, caça, riscos bióticos
Uma espécie estudada em diferentes regiões de um país	**Galiza**		**País Basco**	
Pinheiro radiata **R1 - Padrão** **R2 - Período curto** R3 - Período médio **R4 - Elevada qualidade** R5 - Sofisticado **R6 - Metade para biomassa** **R7 - Biomassa**	Vento, fogo, caça, *Fusarium*, nemátode do pinheiro		Vento, fogo, *Diplodia, Dothistroma, Fusarium*	
Uma espécie atípica	**Vale do Garona (Regiões dos "Midi-Pyrénées" e da Aquitânia)**			
Choupo **P1 - Padrão** **P2 - Pouco investimento** P3 - Intensivo **P4 - Rotações curtas** **P5 - Rotações muito curtas** **P6 - Metade para biomassa**	Vento, caça, seca, geada, cheias, pulgões lanígeros, ferrugem, doenças secundárias			

Figura 2: Exemplo de três espécies estudadas para as várias regiões do projecto. Para cada espécie, foram identificados vários cenários de gestão silvícola. Os cenários com as mesmas cores (à excepção do que se encontram a negro) são semelhantes entre si (como por exemplo, a produção de biomassa durante períodos de rotação curtos para M7, R7 e P6).

Os parceiros do projecto determinaram os riscos mais importantes para cada espécie arbórea na sua região: para a maioria, os riscos determinados foram o vento, tempestades e fogos florestais, mas também incluíram a caça e um determinado número de pragas e doenças (Figura 2).

O risco: com o objectivo de definir os riscos, foram determinados os volumes de madeira ou as áreas de superfície afectadas por cada risco. Para tal utilizou-se, estudos prévios publicados ou o conhecimento de peritos, tendo-se obtido uma pontuação inicial expressa em percentagem. Descreveu-se o tipo de estrago (mortalidade, perda de crescimento, diminuição da qualidade da madeira) e determinou-se a percentagem de perdas económicas associadas, obtendo-se uma segunda pontuação. As duas percentagens foram multiplicadas para se obter um valor para o risco.

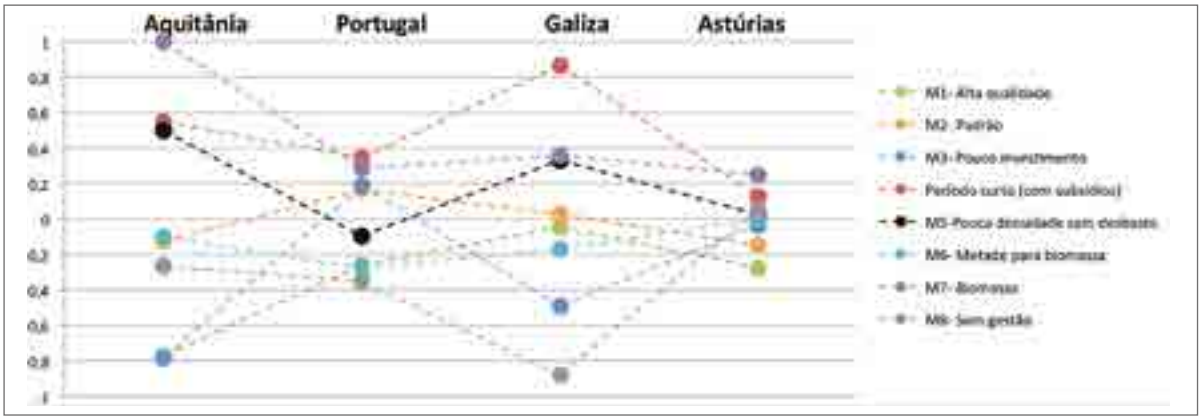
Exemplo: no caso do pinheiro bravo, a processionária do pinheiro foi responsável por 16% de árvores afectadas por ano. A primeira pontuação foi de 16%. Os estudos portugueses estimaram uma perda económica de 17% devido a perdas médias de crescimento. O segundo valor estimado foi de 17%. A pontuação geral que define o risco causado pela processionária do pinheiro relativamente ao pinheiro bravo existente na região da Gasconha é de 16% x 17% = 2.7%.

Vulnerabilidade: com o objectivo de definir a vulnerabilidade, cada cenário silvícola foi subdividido em operações silvícolas para todas as espécies arbóreas estudadas no projecto. As operações silvícolas consideradas foram: preparação do terreno, fertilização, composição e alterações na estrutura do povoamento, material genético utilizado, tipo de regeneração, operações de limpeza, qualquer operação de desbaste pré-comercial, desbaste, podas e finalmente, a duração da rotação e a utilização final da madeira. Um painel de peritos em riscos florestais de cada região avaliou e deu uma pontuação a cada uma das opções silvícolas, tendo em consideração as outras, considerando se cada opção poderia aumentar ou diminuir a vulnerabilidade da floresta ao risco em questão comparativamente às outras. Da soma de todas as pontuações, obteve-se um único valor por cenário e por risco em cada região.

Valor em risco: O valor em risco foi calculado para cada cenário em cada região relativamente à produção de cada espécie nessa região, o custo de replantar, no caso de o povoamento sofrer algum estrago, e o preço da madeira em cada região. No nosso estudo, foi calculado um valor médio em €/ha/ano, baseado num povoamento ideal constituído por um hectare de árvores com idades equilibradas. Por exemplo, para um cenário de rotação de 60 anos, um povoamento ideal teria 60 parcelas com idades entre os 1 e os 60 anos num espaço de 1/60 ha. O valor em risco é assim, independente da duração da rotação, tendo apenas em consideração o valor relacionado com o risco no terreno e não com os lucros já obtidos durante o desbaste.

A integração dos dados no modelo: cada um dos passos acima mencionados dá origem a um valor quantificável. No Visual Prométhée, os riscos foram considerados como "critérios" e os cenários silvícolas como opções a avaliar. O factor de ponderação para cada critério, a ser integrado no modelo, é a classificação relativa atribuída a cada risco, resultante do produto da classificação da vulnerabilidade e o valor em risco em cada cenário. Com estes dados, O visual Prométhée pode comparar todos os riscos associados com os cenários de todas as regiões do projecto. O "ranking do Prométhée II" pode ser usado para comparar os cenários e é baseado em dois sistemas de ranking parciais: um que mede a preferência de um cenário relativamente a outros (ou seja a força de um cenário comparativamente a outros) e outro que mede a quantidade de cenário ser preterido por outros (ou seja a fraqueza de um cenário comparativamente a outros). O Prométhée pode calcular a diferença entre estes dois valores de forma a classificar os cenários. Desta forma, os cenários silvícolas são classificados de acordo com vários riscos por região ou em todas as regiões juntas.

Resultados



Espécie comum aos três países: Pinheiro bravo

Figura 3: Ranking de resultados obtidos com o programa PROMETHEE II para o pinheiro bravo em cada uma das regiões: Aquitânia, Portugal, Galiza e Astúrias (-1 é o valor em que o risco é maior e 1 é o valor que representa o menor risco).

Na Aquitânia e na Galiza, os cenários são muito diferentes uns dos outros, enquanto que em Portugal e nas Astúrias existe uma maior similaridade (Figura 3). Alguns cenários, como o da curta rotação (M4) e o da biomassa (M7) são sempre classificados como cenários de baixo risco. No mesmo sentido, o cenário clássico (M2) e o cenário metade para biomassa (M6), estão frequentemente no meio. Deve ser tido em conta que nem todos os riscos foram estudados em todas as regiões, e que tal, irá influenciar a classificação dos cenários quer na parte relacionado com os "riscos", quer na parte relacionada com a "vulnerabilidade ao risco".

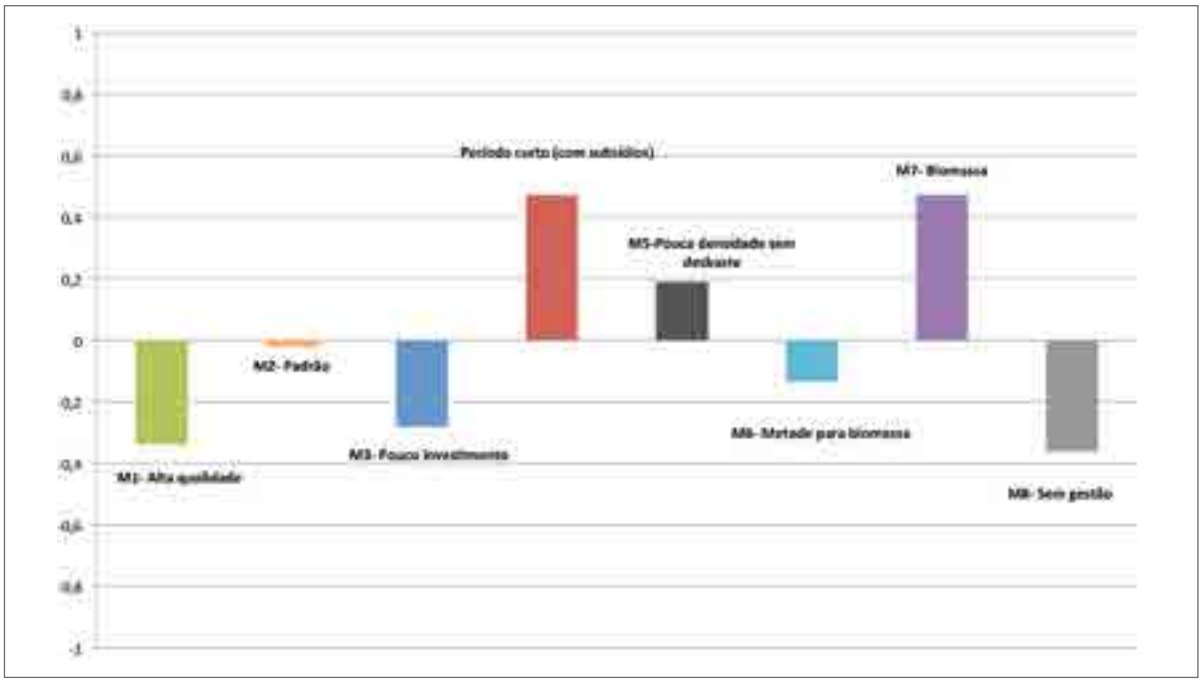
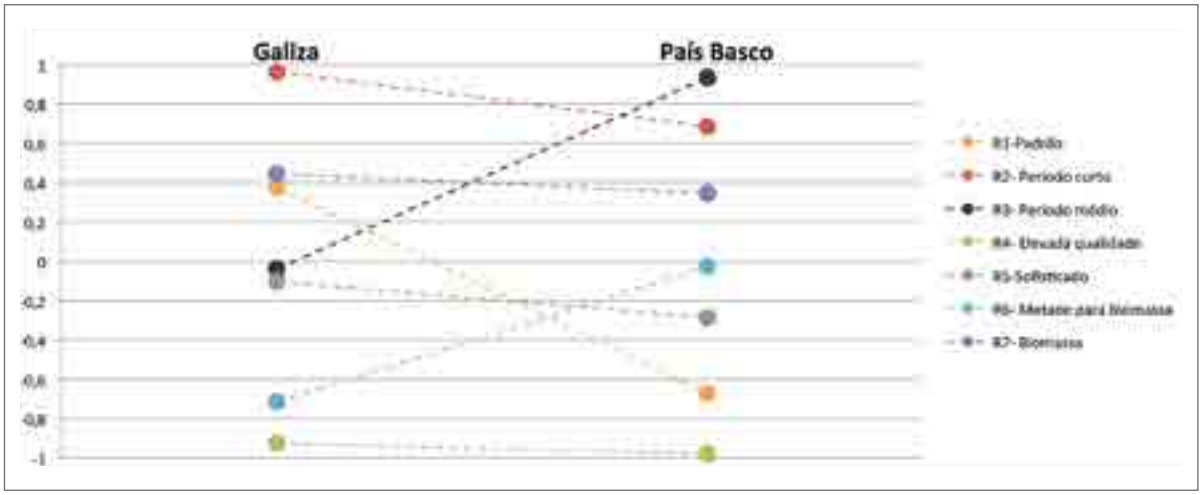


Figura 4: Ranking de resultados obtidos com o programa PROMETHEE II para o pinheiro bravo em cada uma das regiões: Aquitânia, Portugal, Galiza e Astúrias (-1 é o valor em que o risco é maior e 1 é o valor que representa o menor risco).

O ranking geral mostra que os cenários com rotação mais curta (M4 e M5 com duração de 25 anos, e M7 com duração de 12 anos) são os que estão menos em risco, porque o valor em risco é geralmente baixo; enquanto os cenários com maior risco são aqueles que têm um tempo de rotação mais longo (M1 = 60 anos e M3 = 55 anos), bem como o cenário que não inclui qualquer gestão. Os cenários que têm um tempo de rotação médio (M2 = 40 anos e M6 = 35 anos) estão na faixa intermédia do ranking (Figura 4).



Espécie comum a várias regiões num só país: Pinheiro radiata.

Figura 5: Ranking de resultados obtidos com o programa PROMETHEE II para o pinheiro radiata em cada uma das regiões: Galiza e País Basco (-1 é o valor em que o risco é maior e 1 é o valor que representa o menor risco).

O ranking de cenários difere de acordo com a região (Figura 5): este é o resultado mais provável, porque os riscos em questão são diferentes em cada uma das duas regiões. No entanto, alguns cenários estão geralmente na mesma posição em ambos os casos: os cenários de curta rotação (por exemplo, R2 = 18 anos e R7 = 12 anos) parecem estar menos em risco, enquanto o cenário de alta qualidade (R4 = 45 anos) está no fundo da classificação.

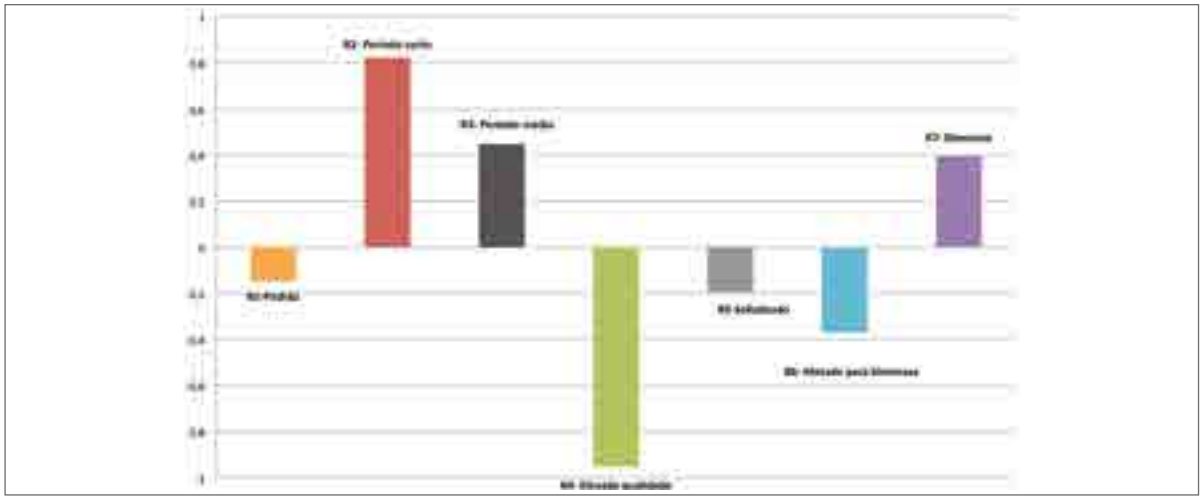
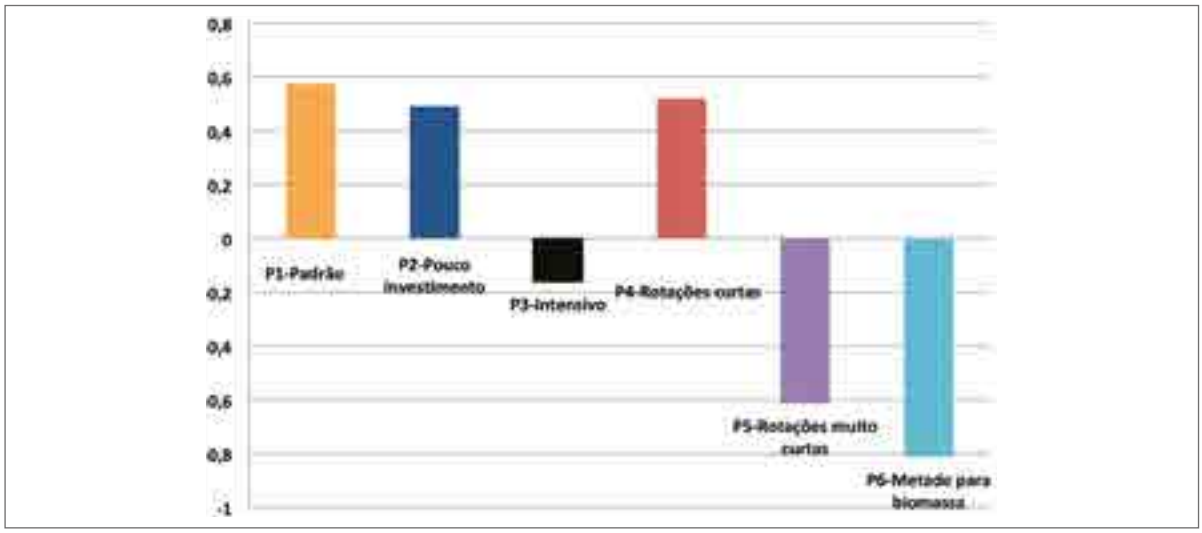


Figura 6: Ranking de resultados obtidos com o programa PROMETHEE II para o pinheiro radiata em cada uma das regiões: Galiza e País Basco (-1 é o valor em que o risco é maior e 1 é o valor que representa o menor risco).

Em geral, as posições do ranking para ambas as regiões (Figura 6) parecem confirmar que os cenários mais curtos (R2 = 18 anos, R3 = 27 anos e R7 = 12 anos) estão menos em risco do que os cenários mais longos (R4 = 45 anos e R6 = 3 anos). No entanto, é de referir que o cenário clássico (R1) e o cenário sofisticado (R5) estão no meio da classificação, embora as suas durações de rotação sejam bastante longas, nomeadamente o cenário R5, que tem uma duração de 45 anos e tem como objectivo a produção de madeira de qualidade.
Este baixo nível de risco é provavelmente devido ao facto de o cenário R5 ser o único cenário de floresta mista, em que o carvalho compreende 50% do povoamento juntamente com o pinheiro. Não só é o valor mais baixo de risco para o pinheiro, quando comparando com o cenário R4 (também com uma duração de 45 anos), como também tem uma vulnerabilidade a determinados riscos reduzida devido à presença de folhosas. Portanto, um tempo de rotação longo, que geralmente aumenta os riscos de forma significativa, parece ser contrabalançado até 50%, quando está presente no povoamento uma espécie diferente.



Espécie sujeita a medidas de gestão especial: choupo.
Figura 7: Ranking de resultados obtidos com o programa PROMETHEE II para o choupo no vale de Garona nas regiões dos "Midi-Pyrénées" e na Aquitânia (-1 é o valor em que o risco é maior e 1 é o valor que representa o menor risco).

Três dos cenários estão menos em risco e não podem ser diferenciados entre si (Figura 7): o cenário clássico (P1, actualmente o mais comum no vale de Garona), o cenário de baixo investimento (P2, que visa reduzir as despesas iniciais) e o cenário de curta rotação (P4, que visa a produção de biomassa em 10 anos). Deve ter-se em conta, que estes três cenários são caracterizados pela presença de diversas espécies de choupos no povoamento.

Os cenários que estão em maior risco são os cenários com uma rotação muito curta (P5, com o objectivo de produzir biomassa em 5 anos) e o cenário metade para biomassa (P6). O cenário da produção intensiva (P3) também está em risco. Em contraste com os três cenários menos em risco, os três cenários "em risco" só têm uma espécie de choupo no povoamento. Portanto, no caso do choupo, a escolha da espécie é um factor chave na gestão do risco. O uso de múltiplas e diferentes espécies tende a diminuir os riscos, enquanto a utilização de uma única espécie (escolhida pelo seu potencial de crescimento, por exemplo) tende a concentrar os vários riscos a que um povoamento de choupo está exposto.

Consequências da gestão

Os exercícios de classificação realizados nesta análise precisam de ser estudados com mais detalhe: alguns parâmetros foram objecto de hipóteses fortes ou em função da opinião de especialistas, quando os dados não estavam disponíveis. De facto, os cenários com classificação muito semelhante não podem ser diferenciados, mesmo que um seja um pouco maior do que o outro (por exemplo, P1, P2 e P4 na Figura 7). Nesses casos, nenhum conselho pode ser dado que favoreça um ou outro cenário no sentido de melhorar a gestão do risco.

Nos casos do pinheiro radiata e do pinheiro bravo, os cenários com menos risco podem ser muitas vezes caracterizados como tendo os períodos de rotação mais curtos: o valor que está exposto ao risco é menor nestes casos, porque as árvores não chegam a atingir níveis elevados de madeira em pé. Seria, portanto, útil calcular o custo-benefício desses cenários a fim de refazer o ranking que poderia combinar um aumento do custo-benefício e do risco mínimo. Este cálculo seria justificado nos cenários de "biomassa", nos quais o investimento é alto e o valor da madeira em pé é muito baixo: o risco seria baixo mas um cenário sem lucro não deve ser considerado como uma boa opção.

A escolha das espécies a serem utilizadas também desempenha um papel importante na diminuição dos riscos: para o pinheiro radiata, uma floresta mista com 50% de carvalho reduz os riscos resultantes do tempo de rotação. Da mesma forma, o uso de várias espécies diferentes de choupo parece reduzir os riscos em comparação com povoamentos monoclonais. Pode também verificar-se que mesmo que alguns cenários tenham sempre um ranking global semelhante, a gestão de riscos deve ser adaptada a cada região, porque as florestas estão sujeitas a riscos diferentes dependendo da região.

Mais informações

Todas as análises realizadas durante o projecto FORRISK (incluindo mais espécies) estão disponíveis no relatório sobre esta tarefa no website do projecto:
http://forrisk.efiatlantic.efi.int/

FR

5 CONCLUSIONS

FORRISK

Le projet FORRISK a permis de faire un premier pas vers une gestion intégrée des risques en forêt.

Des actions utiles à la fois pour la prévention et la lutte ont été développées, comme les cartographies des zones les plus exposées aux aléas tels que l'érosion, le feu, le vent ou certains insectes. Ainsi, les gestionnaires forestiers disposent à présent d'informations pertinentes leur permettant d'adapter leurs objectifs et leurs pratiques aux conditions locales.

Dans le cas où des contraintes juridiques ou institutionnelles interfèreraient avec la diffusion ou la mise en œuvre de ces outils, ceux-ci ne seraient pas utilisés. C'est pour cette raison que, dans le cadre d'une approche intégrée, nous avons fait l'effort d'identifier les différents acteurs de la gestion des risques et de promouvoir les bonnes pratiques à diffuser.

Des méthodes de gestion des risques innovantes ont été analysées ou installées pour être testées. Ainsi, des expérimentations sur les essences forestières utiles comme structures de protection face aux aléas biotiques, sur les pratiques sylvicoles à l'échelle de la parcelle et sur le matériel génétique utilisé pour reconstituer une forêt ou la rendre plus résistante, ont produit et continueront de fournir dans le temps des résultats concrets.

De même, grâce aux partenaires du projet, qui ont fait l'effort de faire une évaluation économique des solutions proposées, comme par exemple avec la processionnaire du pin et la comparaison des méthodes de luttes de *Gonipterus*, la pertinence des méthodes proposées peut être évaluée par les acteurs.

Enfin, avec ce projet, nous démontrons que les approches multirisques sont possibles et nécessaires. La compréhension des interactions entre des risques biotiques comme le *Fusarium*, avec des risques abiotiques, comme les coups de vents, ainsi que les approches de type analyse multicritères permettent une meilleure réaction et un changement des pratiques une fois qu'un problème est diagnostiqué.

En conclusion, ce projet révèle la complexité des interactions entre les risques ainsi que le besoin de généraliser les études multirisques qui considèrent toutes les composantes de la gestion du risque : anticipation, prévention, lutte. Ceci demande un effort important de la part de tous les acteurs et une collaboration avec les instituts porteurs de connaissance et d'innovation. FORRISK a permis d'initier une dynamique intéressante, mais un important travail de validation et de transfert reste à faire pour aboutir à une meilleure prise en charge des risques en forêts.



Photo : EFIATLANTIC.

ES

5 CONCLUSIONES

FORRISK

En el proyecto FORRISK se ha realizado un primer paso hacia la gestión integral de riesgos forestales.

Se han llevado a cabo acciones para la prevención y el control, tales como mapas de las áreas más expuestas a riesgos como la erosión, los fuegos forestales, el viento y ciertas plagas. De esta manera, los gestores forestales cuentan con información relevante para adaptar sus objetivos y prácticas a las condiciones locales.

En los casos en que las limitaciones legales o institucionales interfirieran en la difusión o aplicación de estas herramientas, éstos no serían empleados. Por esta razón, como parte de un enfoque integrado, el proyecto ha intentado identificar los principales factores implicados en la gestión del riesgo y promover las mejores prácticas para su difusión.

Se analizaron o probaron métodos innovadores para la gestión del riesgo. De esta manera, se experimentaron especies forestales en casos como la protección de riesgos bióticos, dentro de la gestión forestal y el material genético utilizado para la regeneración del bosque o, para ser más resistentes, produciendo resultados concretos que continuarán en el tiempo.

Además, los métodos propuestos pueden ser evaluados por los miembros implicados gracias a los socios del proyecto, quienes llevaron a cabo una evaluación económica de las soluciones propuestas, como en el caso de la procesionaria del pino y la comparación de los diferentes métodos de gestión del *Gonipterus*.

Finalmente, este proyecto demuestra la posible aplicación y la propia necesidad de un enfoque multirriesgo. Un entendimiento de las interacciones entre riesgos bióticos y abióticos –como *Fusarium* y ráfagas de viento–, así como el uso de un enfoque de análisis multicriterio, permiten conseguir una mejor respuesta y un cambio en las prácticas una vez identificado el problema.

En conclusión, este proyecto revela la complejidad de las interacciones entre riesgos, así como la necesidad de generalizar y tener en cuenta todos los componentes de gestión del riesgo: anticipación, prevención, control. Esto requiere un esfuerzo considerable por parte de todos los implicados y la colaboración con institutos innovadores que transfieran el conocimiento. La dinámica creada por el proyecto FORRISK resulta interesante, pero para una mayor gestión de los riesgos forestales aún resulta necesario validar el trabajo llevado a cabo y transferir el conocimiento.



Foto: EFIATLANTIC.

PT

5 CONCLUSÕES

FORRISK

No projecto FORRISK realizou-se um primeiro passo para a gestão integrada de riscos florestais.

Foram desenvolvidas medidas de gestão, tais como através de mapas de áreas risco, para prevenir e controlar determinados riscos, como a erosão, os incêndios florestais, vento e pragas. Deste modo, os gestores florestais têm acesso a uma informação relevante que lhes permite adaptar aos seus objetivos, práticas silvícolas e condições locais.

Se existirem restrições legais ou institucionais que interfiram com a difusão ou aplicação destas ferramentas, elas não serão usadas. Por esta razão, e como parte de uma abordagem integrada, o projecto procurou identificar os principais actores envolvidos na gestão de riscos e promover a divulgação das melhores práticas de gestão.

Métodos de gestão de risco inovadores foram instalados ou testados. Assim, experimentou-se o uso de bordaduras com espécies florestais úteis como estruturas de proteção contra riscos florestais bióticos, o uso de determinadas práticas silvícolas à escala da parcela, ou o uso de materiais genéticos menos susceptíveis, que permitam restruturar a floresta ou torná-la mais resistente. Estas experiências proporcionaram resultados concretos que continuarão ao longo do tempo.

Da mesma forma, graças aos parceiros do projecto, que fizeram o esforço para fazer uma avaliação económica das soluções propostas, como nos ensaios da processionária do pinheiro e na comparação de métodos de luta contra o gorgulho do eucalipto *Gonipterus platensis*, a relevância dos métodos propostos pode ser avaliada pelos actores.

Finalmente, com este projecto, demonstrou-se que as abordagens multirrisco são possíveis e necessárias. Compreender as interações entre os riscos bióticos, como *Fusarium*, com riscos abióticos, como tempestades, bem como o uso de uma abordagem de análise multicritério, permite obter uma melhor resposta e uma mudança nas práticas de gestão, uma vez que um dado problema é diagnosticado.

Em conclusão, este projecto revela a complexidade das interações entre os riscos e a necessidade de generalizar e considerar todos os componentes de gestão de riscos: antecipação, prevenção, controle. Esta perspectiva requer um esforço considerável por parte de todos os intervenientes e de colaboração entre as instituições criadoras de conhecimento e inovação. O projeto FORRISK ajudou a iniciar uma dinâmica interessante, mas há ainda um importante trabalho de validação e transferência que precisa de ser feito para se alcançar uma melhor gestão do risco em floresta.



Foto: EFIATLANTIC.

FR Bibliographie ES Bibliografía PT Bibliografía

Alia R., Gil L., Pardos A., 1995. Performance of 43 *Pinus pinaster Ait.* provenances on 5 locations in Central Spain. *Silvae Genetica*: 44, 2-3.

Andersen H.E., McGaughey R.J., Reutebuch S.E., 2005. Estimating forest canopy fuel parameters using LIDAR data. *Remote Sensing of Environment,* 94: 441–449.

ARDFCI, 2006. Rapport final régional Aquitaine, Partie 4 : étude scientifique régionale sur le critère 2.4.4, *Projet FORSEE : Un réseau de zones pilotes pour tester et améliorer les indicateurs de gestion durable des forêts au niveau régional sur la façade atlantique de l'Europe,* coordonnée par IEFC.

Aumonier T., 2007. Evolution de 1982 à 2005 de la répartition de l'armillaire et du Fomès dans le Massif des Landes de Gascogne. *Bilan de la Santé des Forêts en 2006,* Département de la Santé des Forêts (DSF) Echelon Sud-ouest.

B.C. Ministry of Forests., 1999. Hazard assessment keys for evaluating site sensitivity to soil degrading processes guidebook. 2nd ed., Version 2.1. *For. Prac. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Forest Practices Code of British Columbia Guidebook.*

Bélouard T., Marchadier R., Merzeau D., Meredieu C., Brunet Y., Drouineau S., Paillassa E., Riou-Nivert P., 2012. *Évaluation des facteurs de résistance au vent des peuplements de pin maritime après la tempête Klaus à l'aide des données de l'inventaire forestier.* Bordeaux : IGN, INRA, CNPF, IDF, CRPF Aquitaine. 77 p.

Bouffier L., 2014. Les variétés de pin maritime sont-elles plus sensibles à la tempête que les peuplements non-améliorés ? *Les cahiers de la reconstitution N° 4 juin.* Groupe Pin Maritime du Futur.

Castagneyrol B., Jactel H., Vacher C., Brockerhoff E., Koricheva J., 2014. Effects of plant phylogenetic diversity on herbivory depend on herbivore specialization, *Journal of Applied Ecology*, 51 (1): 134–141.

Castedo-Dorado F., Fernandes P.M., 2013. Simulación de la influencia de variables del estrato arbóreo en el riesgo de inicio de fuego de copas en masas de *Pinus pinaster*. Un caso de estudio en la provincia de León. *Sexto Congreso Forestal Español.* Sociedad Española de Ciencias Forestales. Vitoria-Gasteiz. 6CFE01-375. 10 p.

Centre Régional de la Propriété Forestière Aquitaine, 2009. *Tempête du 24/01/2009: Éléments de réflexion pour aborder la reconstitution forestière du massif des Landes de Gascogne,* 37-41, 68-79.

Chantre G. *et al, 2008. Rapport final du projet "Sylvogène" du Pôle de compétitivité XYLOFUTUR,* 235 p.

Cleary M., Arhipova N., Morrison D., Thomsen I., Sturrock R., 2013. Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: a synthesis of results from long-term trials. *Forest Ecology and Management,* 290, 5-14.

Collins M., Booth B., Harris G., Murphy J., Sexton D., Webb M., 2006. Towards quantifying uncertainty in transient climate change. *Climate Dynamics,* 27 (2):127-147.

Cook S.M., Khan Z.R., Pickett J.A., 2006. The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology,* 52 (1): 375-400.

DEFRA, 2009. *Safeguarding our Soils. A Strategy for England.* Department for Environment, Food and Rural Affairs. London, UK. 45p.

Dell B., Malajczuk N., Xu D. Grove T. S., 2003. Nutrient disorders in plantation *Eucalyptus*. Canberra. *ACIAR,* 188p.

Di Salvo M., Gadais M., Roche-Woillez G., 2006. *L'estimation de la densité par la méthode du noyau.* Note méthodologique et technique, CERTU : Centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. Ministère français de l'équipement. Lyon, France. 24p.

Dufour S., Piégay H., 2006. Forêts riveraines des cours d'eau et ripisylves : spécificité, fonctions et gestion. *Revue Forestière Française,* n°4, thématique Eau et Forêt, 339-350.

Dufour-Kowalski S., Courbaud B., Dreyfus P., Meredieu C., de Coligny F., 2012. Capsis: an open software framework and community for forest growth modelling. *Annals of Forest Science.* 69 (2): 221-233.

Dulaurent A.M., 2010. *Effet de la diversité des essences forestières sur les niveaux de population de la processionnaire du pin* (Thaumetopoea pityocampa), *à différentes échelles spatiales, dans la forêt des Landes de Gascogne.* Thèse, Diplôme de l'Ecole doctorale des Sciences et Environnements de Bordeaux 1, spécialité Ecologie évolutive, Fonctionnelle et des Communautés, 151 p.

Dulaurent A.M., Porté A.J., van Halder I., Vétillard F., Menassieu P., Jactel H., 2012. Hide and seek in forests: colonization by the pine processionary moth is impeded by the presence of non-host trees. *Agricultural and Forest Entomology,* 14 (1): 19-27.

Dulaurent A.M., Samalens J.C., Porté A.J., van Halder I., Vétillard F., Jactel H., 2010. Conifer insect herbivory decreases with percent broadleaved area of landscapes. In Dulaurent A.M., 2010. *Effet de la diversité des essences forestières sur les niveaux de population de la processionnaire du pin* (Thaumetopoea pityocampa), *à différentes échelles spatiales, dans la forêt des Landes de Gascogne.* Thèse, Diplôme de l'Ecole doctorale des Sciences et Environnements de Bordeaux 1, spécialité Ecologie évolutive, Fonctionnelle et des Communautés, 151 p.

Estoque R.C., 2011. GIS-based *multi criteria decision analysis (in natural resource management).* Division of spatial information science, University of Tsukuba.

Eswaran, H., Van Den Berg E., Reich P., 1993. Organic carbon in soils of the world. *Soil Sci. Soc. Am. J.,* 57: 192-194

FAO 2002., *Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra*. Rome, Italy. 70p.

Finney M.A., 2003. Calculating fire spread rates across random landscapes. *International Journal of Wildland Fire,* 12: 167–174.

Finney M.A., 2004. FARSITE: Fire Area Simulator-Model development and evaluation. *USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station Research Paper* RMRS-RP-4 (Ogden, UT).

Finney M.A., 2006. An overview of FlamMap modeling capabilities, USDA Forest Service, *Rocky Mountain Research Station Research Paper* RMRS-P-41 (Fort Collins,CO).

Foelkel C., 2005. *Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores.* http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_minerais.pdf

Frazer G.W., Magnussen S., Wulder M.A., Niemann K.O., 2011. Simulated impact of sample plot size and co-registration error on the accuracy and uncertainty of LiDAR-derived estimates of forest stand biomass. *Remote Sensing of Environment,* 115: 636-649.

García Serna I., 2011. Diplodia pinea (Desm.) *Kickx y Fusarium circinatum Nirenberg & O'Donnel, principales hongos de chancro de las masas forestales de* Pinus radiata D. Don en el País Vasco. Tesis doctoral. Departamento de Biología vegetal y ecología. UPV-EHU. 228 p.

García Serna I., Elvira-Recuenco M., Mesanza N., Raposo R., Iturritxa E., 2013. Distribución e intensidad de *Fusarium circinatum*, agente causal del chancro resinoso, en especies de *Pinus* y *Pseudotsuga menziesii* en el País Vasco. Mesa Temática 7. Sexto Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Vitoria-Gasteiz.

Gardiner B., Blennow K., Carnus J-M., Fleischer P., Ingemarson F., Landmann G., Linder M., Marzano M., Nicoll B., Orazio C., Peyron J-L., Reviron M-P., Schelhaas M-J., Schuck A., Spielmann M., Usbeck T., 2010. *Destructive storms in European forests: past and forthcoming impacts.* Final report to European Commission, 138 p.

Gardiner B., Byrne K., Hale SE., Kamimura K., Mitchell S., Peltola H., Ruel J-C., 2008. A review of mechanistic modelling of wind damage risk to forests. *Forestry,* 81, 447-463.

Gardiner B., Schuck A., Schelhaas M-J., Orazio C., Blennow K., Nicoll B. (editors)., 2013. Living with Storm Damage to Forests. *What Science Can Tell Us,* 3.

Gardiner B., Stacey G., 1996. Designing forest edges to improve wind stability. *Technical Paper 16*, Forestry Commission, 8 p.

Gaztelumendi S., Egaña J., Gelpi1, I.R., Otxoa de Alda K., Hernández R., Pierna D., 2011. Windstorm Xynthia: Local Effects and Operational Aspects in Basque Country Case. *6th European Conference on Severe Storms* (ECSS 2011), 3 - 7 October 2011, Palma de Mallorca Balearic Islands, Spain.

Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W., 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal-a review. *Biology and Fertility of Soils* 35: 219–230.

Gómez-Vázquez I., Crecente-Campo F., Diéguez-Aranda U., Castedo-Dorado F., 2013. Modelling canopy fuel variables in *Pinus pinaster Ait*, and *Pinus radiata* D. Don stands in northwestern Spain. *Annals of Forest Science,* 70: 161–172.

González-Ferreiro E., Diéguez-Aranda U., Crecente-Campo F., Barreiro-Fernández L., Miranda D., Castedo-Dorado F., 2014. Modelling canopy fuel variables for *Pinus radiata* D. Don in NW Spain with low density LiDAR data. *International Journal of Wildland Fire,* 23: 350–362.

Groupement d'intérêt Public Aménagement du Territoire et Gestion des Risques (GIP ATGeRi), 2009. *Atlas départemental du risque d'incendie de forêt de Gironde.* 58 p.

Groupement d'intérêt Public Aménagement du Territoire et Gestion des Risques (GIP ATGeRi), 2008. *Plan de protection des forêts contre l'incendie 2008-2015.* Bordeaux : Association régionale de défense des forêts contre l'incendie, Direction régionale de l'Agriculture et de la Forêt, Préfecture zone de défense Sud-Ouest. 126 p.

Groupement d'intérêt Public Aménagement du Territoire et Gestion des Risques (GIP ATGeRi), 2014. *Plan général simplifié de desserte. Département des Landes*.

Groupement d'Intérêt Scientifique Groupe Pin Maritime du Futur (GIS GPMF), 2012. *Situation sanitaire et diversification.* Les cahiers de reconstitution, n° 2, 12 p.

Groupement d'Intérêt Scientifique Groupe Pin Maritime du Futur (GIS GPMF)., 2011. *Sylviculture et stabilité*. Les cahiers de reconstitution, n° 1, 12 p.

Hanewinkel M., Hummel S., Albrecht A., 2011. *Assessing natural hazards in forestry for risk management: a review*. European journal forest research, n° 130, 329-351.

Hevia Cabal A., 2013. *Influencia de la poda en el desarrollo de masas de Pinus radiata D. Don y Pinus pinaster Ait on en Asturias*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. 503 p.

Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25:1965-1978.

ICNF, 2013. Guia de Preenchimento. Regime jurídico aplicável às acções de arborização e rearborização com recurso a espécies florestais, no território continental. *Decreto-Lei nº 96/2013*, de 19 de Julho.

Institut Europeen de la Forêt Cultivée (IEFC), 2002. *Insectes ravageurs et maladies des forêts du sud de l'Europe*.

Institut Europeen de la Forêt Cultivée (IEFC), 2002. *FORSEE project, gestion durable des FORêts : un réSeau de zonEs pilotEs pour la mise en œuvre opérationnelle*. Interreg III B Espace atlantique.

Iturritxa E., Ganley R. J., Wright J., Heppe E., Steenkamp E. T., Gordon T. R., Wingfield M. J., 2011. A genetically homogenous population of *Fusarium circinatum* causes pitch canker of *Pinus radiata* in the Basque Country, Spain. *Fungal Biology*, 115: 288-295.

Jacquet J.S., Bosc A., O'Grady A., Jactel H., 2014. Combined effects of defoliation and water stress on pine growth and non-structural carbohydrates, *Tree Physiology*, 34 (4): 367-376.

Jacquet J.S., Orazio C., Jactel H., 2012. Defoliation by processionary moth significantly reduces tree growth: a quantitative review. *Annals of Forest Science*, 69 (8): 857-866.

Jactel H., Barbaro L., Brockerhoff E., Castagneyrol B., Dulaurent A. M., Samalens J.C., Schlyter F., 2014. Effect of Tree Species Diversity on Associational Resistance to *Thaumetopoea pityocampa*. In *"Processionary Moths and Climate Change: An Update"*, Editor A. Roques, Springer.

Jactel H., Branco M., Duncker P., Gardiner B., Grodzki W., Langstrom B., Moreira F., Netherer S., Nicoll B., Orazio C., Piou D., Schelhaas M., Tojic K., 2012. A multicriteria risk analysis to evaluate impacts of forest management alternatives on forest health in Europe. *Ecology and Society*, 17(4): 52.

Jactel H., Brockerhoff E.G., 2007. Tree diversity reduces herbivory by forest insects. Ecology Letters, 10 : 835-348.

Jactel H., Menassieu P., Raise G., Burban C., 1996. Sensitivity of pruned Maritime pine (*Pinus pinaster Ait.*) to *Dioryctria sylvestrella* Ratz. (Lepidoptera: Pyralidae) in relation to tree vigour and date of pruning. *Journal of Applied Entomology*, 120: 153-157.

Jensen R.C., 2007. Risk reduction strategies: past, present and future. *Professional safety*, January 2007, 24-30.

Keane R.E., Burgan R.E., Wagtendonk J.V., 2001. Mapping wildland fuels for fire management across multiple scales: integrating remote sensing, GIS, and biophysical modeling. *International Journal of Wildland Fire*, 10: 301–319.

Kirkby M.J., Jones R.J.A., Irvine, B., Gobin A, Govers G., Cerdan O., Van Rompaey A.J.J., Le Bissonnais Y., Daroussin J., King D., Montanarella L., Grimm M., Vieillefont V., Puigdefabregas J., Boer M., Kosmas C., Yassoglou N., Tsara M., Mantel S., Van Lynden G.J., Huting J., 2004. Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: The PESERA Map, Version 1 October 2003. Explanation of Special Publication Ispra 2004 No.73 (S.P.I.04.73). *European Soil Bureau Research Report No.16, EUR 21176, 18pp. and 1 map in ISO B1 format*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Lario F.J., 2013. Ganancia económica de la amplificación vegetativa de 12 progenies superiores procedentes del programa de mejora Galicia-Costa de la Xunta de Galicia. *Informe Técnico TRAGSA*.

Lario F.J., Zas R., Sampedro L., Chambel R., 2014. Constraints in the allocation to growth, defences and tolerance to frost stress in maritime pine. In Coll L., Climent J., Ximenis L., Bravo-Oviedo A., Mutke, S. (eds) 2014. *5th International Conference on Mediterranean pines (medPINES)*, Solsona 2014. Book of abstracts INIA, 135 p.

Lenz P., Auty D., Achim A., Beaulieu J., Mackay J., 2013. Genetic improvement of white spruce mechanical wood traits – Early screening by means of acoustic velocity. *Forests,* 4: 575-594.

Linkov I., Satterstrom F.K., Kiker G., Batchelor C., Bridges T., Ferguson E., 2006. From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptative management: recent developments and applications. *Environmental international*, n° 32, 1072-1093.

Lohmander P., Helles F., 1987. Windthrow probability as a function of stand characteristics and shelter. *Scandinavian journal of forest research*, n° 2, 227-238.

Lung-Escarmant B. et Aumonier T., 2008. Les facteurs de risques d'installation du fomès dans le massif landais à l'occasion des éclaircies. *Fiche DSF, Bilan de la santé des forêts en 2006,* 6 p.

Martinez Meier A.G., Sanchez L., Dalla Salda G., Pastorino M.J.M, Gautry J.Y., Gallo L.A., Rozenberg P., 2008. Genetic control of the tree-ring response of douglas-fir (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) to the 2003 drought and heat-wave in France. *INRA Ann. For. Sci.,* 65,102.

McGaughey R. (Editor), 2014. *FUSION/LDV: software for LiDAR data analysis and visualization*. (USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station: Seattle).

Mead D. J., 2013. Sustainable management of *Pinus radiata* plantations. *FAO forestry paper Series*; no. 170. Rome, 246 p.

Meredieu C., Labbé T., 2014. Le modèle pinuspinaster. http://www7.inra.fr/capsis/models.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1989. *Método estándar de lixiviación 1 o EP*. Orden del 13 de octubre de 1989 del MOPU (BOE 10/11/89).

Montero G., Pasalodos-Tato M., López-Senespleda E., Onrubia R., Madrigal G., 2013. Ecuaciones para la estimación de la biomasa en matorrales y arbustedos mediterráneos. *Sexto Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Vitoria-Gasteiz. 6CFE01-140. 13 p.

Moragues-Saitua L., Gartzia-Bengoetxea N., Fernández-Ugalde O., Arias-González A., 2014. Effect of biochar in water stable aggregate formation. In: Macías, F., Díaz-Raviña, M., Barral, M.T. (Eds) *Retos y oportnuidades en la ciencia del suelo*. VI Congreso Ibérico de la Ciencia del Suelo. Andavira editora, Santiago de Compostela, 676 p.

Nicoll B. C., Gardiner B. A., Rayner B., Peace A. J., 2006. Anchorage of coniferous trees in relation to species, soil type and rooting depth. *Canadian Journal of Forest Research*. 36,1871-1883.

Nimmo J.R., 1997. Modeling structural influences on soil water retention. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 712-719.

Novais R.F., Barros N.F., Neves J.C.L., 1986. Interpretação de análise química do solo para o crescimento de Eucalyptus sp.: níveis críticos de implantação e de manutenção. *Revista Árvore,* 10: 105-111.

Ocaña L., Chan J.L., Aboal J., Lario F.J., Rodríguez L., 2013. Red de ensayos comparativos de materiales de base de Pinus pinaster en el interior de Galicia. Evaluación a los 6 años de edad. *6º Congreso Forestal Español* Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio.

Office National des Forêts (ONF), 2006. Que peut faire le gestionnaire forestier face au risque de sécheresse ? *RDV Techniques* n° 11, 35-39.

Paradis N., Auty D., Carter P., Achim A., 2013. Using a Standing-Tree Acoustic Tool to Identify Forest Stands for the Production of Mechanically-Graded Lumber. *Sensors 2013*, 13: 3394-3408.

Piou D., Jactel H., 2010. *L'avenir du massif forestier des Landes de Gascogne. Rapport d'expertise sur l'évaluation des risques biotiques,* 19 p.

PLADIGA., 2012. *Prevention and defense against forest fires in Galicia (PLADIGA) and in Forest Districts Plans*. Consellería do Medio Rural e do Mar. Xunta de Galicia.

Quine C.P., White I.M.S., 1993. *Revised windiness scores for the windthrow hazard classification: the revised scoring method*. Information Note No. 230, Forestry Commission, Edinburgh.

Rausher M.D., 2001. Co-evolution and plant resistance to natural enemies. *Nature*, 411: 857-864.

Régolini M., Castagneyrol B., Dulaurent-Mercadal A.M., Piou D., Samalens J.C., Jactel H., 2014. Effect of host tree density and apparency on the probability of attack by the pine processionary moth, *Forest ecology and management*.

Reis A.R., 2010. *Variabilidade na resistência de Eucalyptus sp. a Goniptetrus scutellatus e impacto da herbivoria*. Dissertação de Mestrado em Gestão e Conservação dos Recursos Naturais. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

Reis A. R., Ferreira, L., Tomé M., Araujo C., Branco M., 2012. Efficiency of biological control of *Gonipterus platensis* (Coleoptera: Curculionidae) by *Anaphes nitens* (Hymenoptera: Mymaridae) in cold areas of the Iberian Peninsula: Implications for defoliation and wood production in *Eucalyptus globulus*. *Forest Ecology and Management*, 270: 216-222.

Rodríguez Soalleiro R., Sánchez Rodríguez F., Gorgoso J., Castedo F., López Sánchez C., von Gadow K., 2002. Evaluating standard treatment options for *Pinus radiata* D. Don plantations in Galicia (Northwestern Spain). *Forest,* 75(3): 273-284.

Roques A. (Ed.), 2014. *Processionary Moths and Climate Change: An Update.* Published with Éditions Quæ, XVII, 427 p.

Royo A., Fernández M., Gil L., Pardos J.A., 2003. Assessing the hardiness of Aleppo pine, maritime pine, and holm oak seedlings by electrolyte leakage and water potential methods. *Tree Planters' Notes,* 50: 38-43.

Runyan C.W., 2003. Introduction: Back to the future – Revisiting Haddon's conceptualization of injury epidemiology and prevention. *Epidemiologic reviews,* 25: 60-64.

Samalens J.C., 2009. *Stratégies d'échantillonnage des dommages forestiers à l'échelle du paysage : Application aux forêts cultivées de pin maritime* (Pinus pinaster, Aït). Thèse, Diplôme de l'Ecole doctorale des Sciences et Environnements de Bordeaux 1, spécialité Ecologie évolutive, Fonctionnelle et des Communautés, 245 p.

Sando R.W., Wick C.H., 1972. *A method of evaluating crown fuels in forest stands.* USDA Forest Service, Research paper NC-84.

Schmuck G., San-Miguel-Ayanz J., Camia A., Durrant T., Boca R., Whitmore C., Libertà G., Corti P., Schulte E., 2012. *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2011* EUR 25483 EN, Luxemburg (Luxemburg): Publications Office of the European Union; JRC74152.

Shelton A. M., Badenes-Perez F. R., 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 51: 285-308.

Six J., Bossuyt H., Degryze S., Denef K., 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil & Tillage research*, 79: 7-31.

Soutrenon A., Levy A., Legrand Ph., Lung-Escarmant B., Sylvestre-Guinot G., 2000. Étude de trois traitements préventifs de souches contre le fomès (*Heterobasidion annosum*) sur pin maritime. *Revue Forestière Française,* (1) : 39-48.

Staupendahl K., Mohring B., 2011. Integrating natural risks into silvicultural decision models: a survival function approach. *Forest policy and economics*, 13: 496-502.

Strasser R. J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A., 2004. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. *Springer Netherlands*, 321-362.

Strauss S. Y., Agrawal A. A., 1999. The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. *Trends in Ecology & Evolution,* 14: 179-185.

Tarpey, T., 2012 (http://www.wright.edu/~thaddeus.tarpey), Generalized Linear Model (GLM).

Trabaud L., 1989. *Les feux de forêts : mécanismes, comportement et environnement,* 278 p.

Van Lerberghe P., Balleux P., 2005. La protection totale des arbres contre les dégâts d'animaux. *Forêt-entreprise,* 161 : 28-36.

Van Wagner C.E., 1977. Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forest Research*, 7: 23-34.

Vasaitis R., Stenlid J., Thomsen I., Barklund P., Dahlberg A., 2008. Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica*, 42: 457–483.

Vega J.A., Fernández C., Fonturbel T., 2013. Comparación de la eficacia de la siembra y del mulching+siembra para reducir la erosión en un área quemada de Galicia *6º Congreso Forestal Español Montes: Servicios y desarrollo rural* 10-14 junio 2013 Vitoria-Gasteiz.

Venette R. C., Kriticos D. J., Magarey R. D., Koch F. H., Baker R. H., Worner S. P., Raboteaux N.N.G, McKenney D.W., Dobesberger E. J., Yemshanov D., De Barro P.J., Hutchinson W.D Fowler G., Kalaris T.M., Pedlar J., 2010. Pest risk maps for invasive alien species: a roadmap for improvement. *BioScience,* 60(5): 349-362.

FR

Remerciements

Les auteurs remercient les personnes et organisations suivantes sans qui la réalisation de ce projet aurait été impossible.

ES

Agradecimientos

Los autores agradecen a las siguientes personas y organizaciones, sin los cuales la realización de este proyecto no habría sido posible.

PT

Agradecimentos

Os autores agradecem as seguintes pessoas e organismos sem os quais a realização deste projecto não teria sido possível

EFIATLANTIC remercie : Claudia Antoniotti, Rebeca Cordero, Stephanie Hayes, Cathrine Pater, le Département Santé des Forêts, le GIP ATGeRi. **ISA agradece**: ALTRI Florestal, Centro Pinus, CELPA – Associação da Indústria Papeleira, Paulo Marques. **CETEMAS agradece:** Manuel Alonso, Eloy Álvarez, Ernesto Álvarez, Laura Barreiro Fernández, Dictinio Belloso Uceda, Jesús Carrascal Fernández, Alba Fanjul, Juan Garrote Haigermoser; Carlos González García, Alberto Hidalgo López y Cristino Ruano de la Haza, Miguel García, Juan Garrote Haigermoser, Laura González, Juan Carlos Hernández, Ronnie Lendrum. **NEIKER agradece:** Ana Aizpurua, Gorka Astola, Mark Bakker, Nieves Barros, Bernard Bechevet, Fernando Blanco, Ken Byrne, Jean Michel Carnus, Thröstur Eysteinsson, Ted Farrell, Oihane Fernández Ugalde, Julien Fiquepron, Iñaki Garmendia, Luca Montanarella, Aitor Omar, Ramón Quintana, Luis Ramos, Wille Towers, Eva Ugarte, Carlos Uriagereka, Elena Vanguelova, Iñigo Virto, la Diputación Foral de Bizkaia. **HAZI agradece:** Aitor Aguirre Rodrigo, Asier Ibáñez Alvarez, Ander Isasmendi, Eugenia Iturritxa, Jon Ortiz de Lejarazu García, Irati Lekuona, David Lopez de Letona, Jose Manuel Murrieta, Patxi Saenz, Gobierno Vasco, Diputaciones Forales de Álava, Bizkaia y Gipuzkoa, Confederación de Propietarios Forestales. **INRA remercie :** Ernesto Alvarez, Jean-Marc Bonnefond, Bastien Castagneyrol, Rémi Dourthe, Anne-Maïmiti Dulaurent-Mercadal, Jean-Luc Dupouey, Didier Garrigou, Santiago Gaztelumendi, Jean-Sébastien Jacquet, Tommaso Locatelli, Benoit Marçais, Dylan Mota, Dominique Piou, Gilles Saint-Jean, Jean-Charles Samalens, Cécile Robin, Fabrice Vétillard, les techniciens de l'Unité Expérimentale Forêt-Bois de l'INRA-Pierroton, les correspondants observateurs du DSF. **CRPF remercie :** Sylvain Bazas, Pierre Macé, Dominique Merzeau, Marie Christine Taris. **CNPF/IDF remercie :** Bernard Boutte, Lucile Laget, Brigitte Lung-Escarmant, Bruno Maresca, Gregory Sajdack. **FCBA remercie :** Alain Bailly, Laurent Bouffier, Sebastien Cavaignac, Patricia Poupeau. **TRAGSA agradece:** Fernando Basurco, Luis Ocaña Bueno, María José Checa Alonso, Jacobo Feijoo Lamas, Laura Luquero Ramos, José Manuel Martín, Vivero de Maceda, Roque Rodríguez Soalleiro, Asunción Roldán Zamarrón, CIF Lourizán, la Consellería de Medio Ambiente, el Dirección Xeral de Montes e Industrias Forestais, la Xunta de Galicia, Internationalization R&D National Program PLANT-KBBE, el Ministerio de Investigación, Ciencia e Innovación.

FR

Tous les partenaires du projet remercient les experts qui, dans toutes les régions, et en apportant leur temps et leurs connaissances, ont permis la réalisation de l'analyse de risques multi-critères (tâche 4.3.2.) du projet. Ils sont remerciés nominativement sur le site web de FORRISK.

ES

Los socios del proyecto desean agradecer los expertos en todas las regiones, quienes aportaron su tiempo y conocimiento, permitiendo así la elaboración del análisis multi-criterio de los riesgos forestales (tarea 4.3.2.) del proyecto. En el sitio web de FORRISK se encuentran los agradecimientos en forma nominal.

PT

Todos os parceiros do projeto desejam agradecer os peritos de todas as regiões que contribuíram com o seu tempo e sabedoria à analise dos riscos multi - critérios (tarefa 4.3.2.) do projeto. Os agradecimentos nominativos encontram-se no site web FORRISK.



UE/EU – FEDER/ERDF

RÉGION AQUITAINE

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

EUROPEAN FOREST INSTITUTE
ATLANTIC EUROPEAN REGIONAL OFFICE – EFIATLANTIC

Site de recherche forêt-bois,
69 route d'Arcachon, 33612 Cestas CEDEX, France.
+33 (0)5 57 12 28 55 christophe.orazio@efi.int