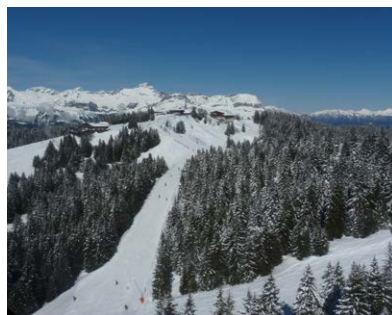




# Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques gravitaires et incendie en France





# Table des matières

4	<b>CONTEXTE</b>	22	<b>QUELLES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE EN FORÊT POUR RÉDUIRE LES RISQUES GRAVITAIRES ET INCENDIE ?</b>
5	Bref regard sur les grandes catastrophes forestières passées en France		
7	La forêt française en quelques chiffres	22	<b>Le rôle des écosystèmes forestiers dans la gestion des risques naturels</b>
8	<b>LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE : DÉFINITION ET IDENTIFICATION</b>	22	Protection contre les glissements de terrain superficiels
8	<b>Qu'est-ce qu'une Solution fondée sur la Nature ?</b>	23	Interception des pierres et blocs
10	<b>Comment identifier une Solution fondée sur la Nature ?</b>	24	Réduction de l'intensité et de la fréquence des avalanches
12	<b>LES RISQUES NATURELS EN FORÊT</b>	24	Réduction de l'intensité et de la vulnérabilité au feu
12	<b>Une diversité de risques naturels en forêt</b>	26	<b>Des retours d'expérience variés</b>
13	<b>Les risques gravitaires</b>	29	Le maintien de vieux bois, de bois mort et la gestion durable des forêts de montagne
16	<b>Le risque incendie</b>	35	La gestion durable et la restauration d'une mosaïque de milieux intra-forestiers
17	<b>Et le changement climatique dans tout ça ?</b>	45	La gestion durable des forêts diversifiées et la restauration des peuplements dégradés
17	Changement climatique et bouleversement des écosystèmes forestiers		
17	Effets attendus sur les risques gravitaires		
17	Effets attendus sur le risque incendie		
18	Interaction entre les aléas		
19	<b>La réglementation visant à prévenir ces risques naturels</b>	54	<b>CONCLUSION</b>
20	Les forêts de protection	56	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>
21	Les Plans de Prévention des Risques Naturels	60	<b>ACRONYMES</b>
21	Les documents d'urbanisme		

## Rédaction :

Nicolas Rodrigues sous la coordination de Justine Delangue, Clémentine Azam, Agnès Hallosserie et Sébastien Moncorps.

## Remerciements :

Le Comité français de l'UICN remercie particulièrement :

- les personnes ayant contribué à cette étude et plus particulièrement Adrián Regos Sanz, Alexis Ducouso, Alix Sauve, Beatrice Jannic, Benoît Fribourg-Blanc, Charlotte Le Moigne, Daniel Vallauri, Eric Rigolot, Eric Serantoni, Erika Cortés Donoso, Frédéric Berger, Gilles Vanpethegem, Guillaume Le Moine, Jean-Marc Tachet, Julie Dorioz, Laurent de Bertier, Loïc Casset, Lucie Mendes, Marianne Bernard, Marine Aubert, Olivier Fayard, Patrice Hirbec, Perrine Etheimer, Sylvain Dupire et Thierry Mougey ;
- les porteurs de projets ou partenaires ayant transmis leurs études de cas ;
- les membres de la Commission « Gestion des écosystèmes » du Comité français de l'UICN et du groupe de travail « Solutions fondées sur la Nature » présidés par Freddy Rey, ainsi que du groupe de travail « Forêts » présidé par Daniel Vallauri ;
- les partenaires financiers de cette étude : l'Office français de la Biodiversité, le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, EDF, Primagaz et Veolia.

## Citation de l'ouvrage :

UICN Comité français, 2022. Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques gravitaires et incendie en France. Paris, France.

## Dépôt légal :

Décembre 2022

## ISBN :

978-2-493318-09-1

La reproduction à des fins non commerciales, notamment éducatives, est permise sans autorisation écrite à condition que la source soit dûment citée. La reproduction à des fins commerciales, et notamment en vue de la vente, est interdite sans permission écrite préalable du Comité français de l'UICN.

## Réalisation graphique :

Natacha Bigan

## Crédit photographique

Première de couverture : G. Karczewski – PNC, O. Prohin – PNC, G. Vanpethegem, C. Devevey – PNC, T. Gauquelin

Quatrième de couverture : G. Vanpethegem – M. Baconnet – PNC, A. Catard, B. Descaves – PNC, P. Hirbec



# Contexte



© T. Gauquelin

La France est exposée à différents aléas naturels tels que les inondations, les tempêtes, les mouvements de terrain, les avalanches ou encore les incendies. Ceux-ci font partie de la dynamique des milieux naturels, mais l'augmentation de leur fréquence et de leur intensité sous l'effet des changements climatiques<sup>1</sup> constitue une réelle menace pour les territoires et les populations.

Les risques naturels sont définis comme la menace qu'un aléa naturel fait peser sur des personnes, des biens et des ouvrages plus ou moins vulnérables et donc susceptibles d'être détruits ou endommagés (enjeux socio-économiques)<sup>2</sup>. Ceux-ci peuvent se produire en synergie et de manière cumulative, entraînant des impacts en cascade pour les territoires<sup>3</sup>.

Les changements d'usage des sols, notamment l'artificialisation et l'intensification de certaines pratiques agricoles et sylvicoles peuvent exacerber l'ampleur des aléas naturels et augmentent l'exposition des territoires aux risques naturels<sup>4</sup>.

Les risques gravitaires (glissement de terrain, chute de pierres et de blocs, éboulement et avalanche de neige) et incendie sont particulièrement importants, notamment en milieu montagnard, dans la moitié sud de la France hexagonale et en Corse. Dans les territoires d'outre-mer, les Antilles et La Réunion sont exposées à un risque de mouvements de terrain (glissement de terrain, chute de pierres et de blocs, éboulement, etc.) et La Réunion et la Nouvelle-Calédonie à un risque d'incendie plus ou moins important selon les communes.

Il a été estimé qu'environ 55% des communes françaises (Métropole et Outre-mer) sont exposées à des mouvements de terrain, suivis par les feux de forêts et les avalanches qui touchent respectivement 19% et 2% d'entre elles<sup>5</sup>.

La préservation, la gestion durable et la restauration des fonctionnalités des écosystèmes, notamment forestiers, offrent de nombreuses solutions pour réduire ces risques naturels. Ainsi, ces Solutions fondées sur la Nature en forêt peuvent apporter une réponse pertinente, économiquement viable et à bénéfices multiples aux risques gravitaires et incendie, tout en répondant aux enjeux de préservation de la biodiversité<sup>6</sup>.

Les liens entre les crises mondiales du climat et de la biodiversité ont été reconnus dans le Manifeste de Marseille issu du Congrès mondial de la Nature de l'UICN de 2021 et à l'issue de la COP26 sur le climat (novembre 2021, Glasgow), ainsi que le rôle crucial joué par les écosystèmes à la fois dans l'adaptation et l'atténuation. Un certain nombre d'engagements ont été pris lors de ce sommet pour conserver, restaurer et gérer durablement les forêts et les autres écosystèmes. Le Cadre Mondial de la biodiversité de Kunming à Montréal, adopté lors de la COP 15 de la biodiversité (décembre 2022, Montréal), souligne que les Solutions fondées sur la Nature sont une formidable opportunité pour répondre conjointement au changement climatique et à l'érosion de la biodiversité.

Dans la suite de ses publications sur les Solutions fondées sur la Nature pour les risques liés à l'eau (2019) et les risques littoraux (2022), le Comité français de l'UICN se focalise ici sur les Solutions fondées sur la Nature en forêt pour réduire les risques gravitaires et incendie et valoriser des projets menés sur le territoire français.

## Bref regard sur les grandes catastrophes forestières passées en France

Au cours des deux derniers siècles, les forêts françaises ont traversé diverses crises majeures qui se manifestent par une succession de catastrophes naturelles, ayant contribué au renforcement des politiques de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) (voir p. 19) et de Défense des Forêts Contre les Incendies (DFCI) (voir p. 21) :

- Le XIX<sup>ème</sup> siècle est d'abord marqué par des séries de catastrophes (avalanches, inondations, glissements de terrain, etc.) qui sont le fait de la conjonction de l'état de dégradation des massifs montagneux (consécutif à la forte pression démographique et à l'industrialisation) et d'une crise climatique (Petit âge glaciaire)<sup>7</sup>.

- Durant l'été 1949, le massif forestier des Landes de Gascogne subit un vaste incendie de forêt déclenché accidentellement, causant la mort de 82 personnes dans quatre communes de Gironde et ravageant 52 000 ha de forêt<sup>8</sup>.

- En décembre 1999, deux grandes tempêtes (Lothar et Martin) dépassant les 160 km/h balayent le Nord puis le Sud de la France<sup>9</sup> et provoquent 140 millions de m<sup>3</sup> de volume d'arbres cassés et déracinés<sup>10</sup> sur des forêts entières, principalement dans les régions Grand Est et Nouvelle-Aquitaine. Les dommages occasionnés sur 968 000 ha de la forêt



française, soit 6% de sa surface<sup>11</sup>, entraînent le ralentissement de la croissance du stock de bois et le gel des coupes de bois frais<sup>12</sup>.

• En 2009, la tempête Klaus touche encore plus sévèrement le Sud-Ouest de la France où elle détruit 43 millions de m<sup>3</sup> de bois<sup>13</sup>. Ces chablis<sup>14</sup> ont par la suite subi une importante colonisation d'insectes ravageurs (en particulier des coléoptères comme les scolytes<sup>15</sup>).

Actuellement, la hausse des températures offre un cadre propice à la prolifération des espèces exotiques envahissantes, au développement de maladies des arbres (comme la graphiose de l'orme, l'encre du châtaignier et la chalarose du frêne) et des attaques d'insectes (comme la Pyrale du buis et les scolytes) qui profitent de la levée des contraintes climatiques spécifiques à chaque espèce. Entre 2018 et 2020, au moins 300 000 ha ont été concernés par des mortalités liées à la sécheresse ou à des attaques de scolytes<sup>10</sup>, dont les derniers dépérissements d'épicéas dans l'Est de la France témoignent de la gravité<sup>16</sup>.

Le changement climatique favorise aussi la propagation des incendies : une surface record de plus de 66 000 ha de forêt a été brûlée en 2022, dans plusieurs régions et spécialement dans le Sud-Ouest<sup>17</sup>.

Les forêts jouent un rôle fondamental dans l'atténuation des changements climatiques. La forêt française absorbe chaque année environ 50 millions de tonnes de carbone atmosphérique<sup>18</sup>. Les forêts matures (âge > 1/2 de la durée de vie) et âgées (âge > 3/4 de la durée de vie), permettent de stocker des quantités plus importantes de carbone dans leurs parties aériennes (tronc, branches) et souterraines (racines). Un peuplement multi-stratifié (présentant plusieurs niveaux d'étagement vertical) permettra aussi un meilleur stockage de carbone, grâce à l'interception par les strates basses du carbone relargué par le sol<sup>19</sup>.

Ces services que rendent les écosystèmes forestiers à nos sociétés dépendent de la richesse de la biodiversité à tous les niveaux d'organisation du vivant (gènes, espèces et écosystèmes), mais aussi du type de forêt, de la densité et de l'âge des arbres, du mode de régénération, eux-mêmes en partie conditionnés par les modes de gestion<sup>20</sup>. Le bon état de conservation et la fonctionnalité des écosystèmes forestiers garantissent la quantité et la qualité des services qu'ils fournissent, comme la capacité d'adaptation aux changements climatiques et la protection face aux risques naturels<sup>21</sup>.

## La forêt française en quelques chiffres

### LES FORÊTS FRANÇAISES...



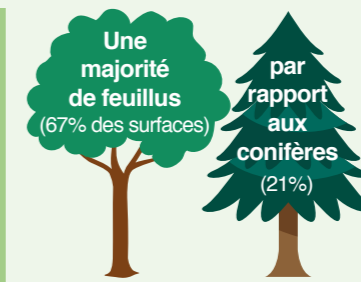
**25,2 millions ha**

dont 17,1 millions ha en Métropole (environ 31 % du territoire métropolitain) (Figure 1) et 8,2 millions ha en Outre-mer.

**+ 7 millions ha**

et + 80 000 ha en moyenne par an depuis 1985.

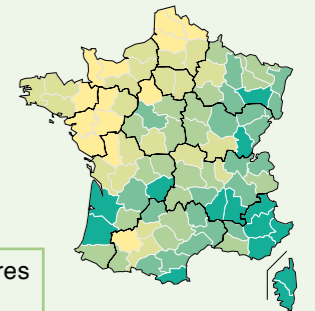
EN FRANCE MÉTROPOLITAINE...



et aux peuplements mixtes feuillus-résineux (12%).

Une majorité de forêts secondaires façonnées par les pratiques sylvicoles actuelles et passées.

Figure 1 : Taux de boisement par département en France métropolitaine (IGN, 2021)



### UN PATRIMOINE NATUREL INESTIMABLE...

du fait de la grande variabilité des sols et du climat présents sur le territoire (méditerranéen, continental, océanique, montagnard, tropical, etc.).



**+ de 190 espèces**

d'arbres en France métropolitaine, regroupées en 70 essences (dont 93% sont indigènes) parmi lesquelles sept prédominent le taux de couverture arborée (chênes, hêtres, châtaigniers pour les feuillus ; Pin maritime, Pin sylvestre, Épicéa commun et Sapin commun pour les résineux) et plus de 1 300 essences dans les forêts d'outre-mer !

Des forêts primaires qui couvrent 90% du territoire guyanais, 35% de l'île de La Réunion, et des surfaces plus modestes à Mayotte, à Futuna, en Polynésie française et de façon morcelée en Nouvelle-Calédonie.



**5 « points chauds » de biodiversité**

dont l'un situé en région méditerranéenne française et quatre en Outre-mer.

### MAIS MENACÉ PAR : les changements climatiques



principal facteur de perturbation des écosystèmes forestiers (sécheresse, inondations, tempêtes, grands incendies, invasions biologiques, etc.).

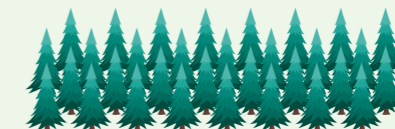
#### l'artificialisation des territoires

liée aux changements d'occupation du sol, aux activités agricoles et au développement de l'urbanisme et des infrastructures qui entraînent l'altération, la fragmentation et la destruction des forêts.



**+ de 42 000 ha de forêt ont été détruits en France métropolitaine entre 1990 et 2018.**

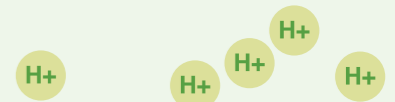
#### les pratiques sylvicoles non durables



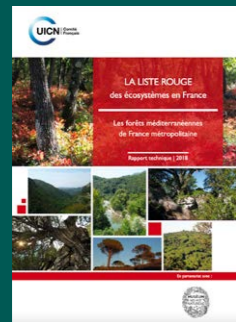
telles que l'exploitation intensive, les reboisements monospécifiques et l'introduction d'espèces exotiques potentiellement envahissantes.

#### la pollution atmosphérique

qui se traduit par des dépôts qui enrichissent les sols en nutriments et entraînent une acidification des sols et une eutrophisation des écosystèmes forestiers, avec des conséquences importantes sur la biodiversité (notamment la prolifération de certaines espèces au détriment d'autres).



## LA LISTE ROUGE DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS MÉDITERRANÉENS DE FRANCE MÉTROPOLITAINE<sup>22</sup>



Cette évaluation publiée en 2018 révèle que 4 des 19 écosystèmes forestiers méditerranéens de la France métropolitaine, sur environ 3,2 millions ha de peuplements forestiers étudiés, sont « en danger » (pinèdes à Pin de Salzmann) ou « vulnérables » (suberaies méditerranéennes, châtaigneraies méditerranéennes et pinèdes à Pin maritime mésogéen). Ces analyses ont été réalisées par le Comité

français de l'UICN, en partenariat avec le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et avec l'appui de nombreux spécialistes des milieux forestiers méditerranéens.

Ces écosystèmes sont soumis à des pressions d'origines anthropiques et bio-climatiques. En particulier, la prolifération des bioagresseurs et les récentes accrues forestières liées à la déprise rurale qui favorisent la croissance d'une végétation à plus forte capacité d'ignition ont pour conséquence une récurrence élevée d'incendies. Le changement climatique s'ajoute à ces phénomènes. L'évaluation souligne également la dépendance de ces écosystèmes à l'action humaine, qui a favorisé la dominance de certaines espèces résistantes aux perturbations (dont les incendies) et le maintien de milieux ouverts plus propices à la réduction des risques d'incendie.

\* Chablis : arbres abattus par le vent ou tombés de vétusté.



# LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE : DÉFINITION ET IDENTIFICATION

## Qu'est-ce qu'une Solution fondée sur la Nature ?

Les Solutions fondées sur la Nature sont définies comme les actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité<sup>6</sup> (Figure 2).

Le présent rapport s'intéresse au défi de société « réduction des risques naturels » mais les Solutions fondées sur la Nature peuvent également contribuer à d'autres défis sociétaux tels que la lutte contre les changements climatiques, l'amélioration de la santé, la sécurité alimentaire, l'approvisionnement en eau, ou encore le développement socio-économique<sup>23</sup>.

Les Solutions fondées sur la Nature se déclinent en trois types d'actions, qui peuvent être combinées entre elles dans les territoires et/ou avec des solutions d'ingénierie classique, à savoir :

- la préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état ;
- l'amélioration de la gestion d'écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines ;
- la restauration d'écosystèmes dégradés ou la renaturation d'écosystèmes voire la création de milieux dans certains contextes.



© UICN

Figure 2 : Les Solutions fondées sur la Nature, un concept englobant diverses approches fondées sur les écosystèmes

Le concept de Solutions fondées sur la Nature a émergé en 2009 sous l'impulsion de l'UICN et s'est depuis développé pour devenir, dès 2013, un axe structurant du programme mondial de l'UICN.

En 2016, le Congrès mondial de la nature de l'UICN adopte la motion de définition<sup>6</sup> des Solutions fondées sur la Nature et, sur proposition des membres français de l'UICN, la motion encourageant les États à les intégrer dans les stratégies de lutte contre les changements climatiques.

Depuis 2015, le Comité français de l'UICN s'est engagé dans la promotion et la valorisation des Solutions fondées sur la Nature pour répondre aux enjeux du changement climatique. Il a porté ce message dans le cadre de la COP21 et a permis une reconnaissance de la place des Solutions fondées sur la Nature dans l'Accord de Paris sur le climat. Celles-ci ont ensuite été intégrées dans le Plan Climat, le Plan Biodiversité et le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique<sup>24</sup>.

En septembre 2021, la France a accueilli le Congrès mondial de la Nature de l'UICN à Marseille, à l'issue duquel trois motions sur les Solutions fondées sur la Nature ont été votées dont l'une appelant à la mise en œuvre des Solutions fondées sur la Nature dans le bassin méditerranéen, portée par l'un des membres du Comité français de l'UICN : la Tour du Valat.

Les Solutions fondées sur la Nature peuvent représenter une alternative économiquement viable et durable aux opérations de génie civil et aux investissements technologiques. La mise en place et l'entretien sur le long terme des Solutions fondées sur la Nature est souvent moins coûteux et leur nature flexible permet d'adapter les projets aux aléas naturels et d'améliorer la résilience des territoires face aux changements climatiques.

Elles apportent enfin un bénéfice pour la biodiversité, en intégrant cet objectif dans la conception et la mise en œuvre des actions, par exemple en renforçant la connectivité écologique des milieux. Elles peuvent également fournir d'autres avantages liés à la préservation du patrimoine naturel (maintien de la qualité des paysages, amélioration du cadre de vie, maintien et création de nouvelles activités économiques liées à l'agriculture, à la production de bois d'œuvre et d'énergie, aux loisirs de nature ou à l'écotourisme, etc.).

Dans certains cas, une combinaison de solutions de type infrastructures de génie civil et Solutions fondées sur la Nature permettra de répondre au mieux aux enjeux économiques, techniques et sécuritaires du territoire (cas des zones de montagne urbanisées par exemple) et de faciliter l'acceptation sociale des projets.

Afin d'être efficaces et de produire des résultats significatifs, ces solutions doivent être définies et mises en œuvre à l'échelle des territoires. En effet, le bon fonctionnement des écosystèmes s'opère à des échelles spatiales larges et sur le long terme. De même, la prévention des risques naturels nécessite des actions pensées à l'échelle territoriale et s'inscrit dans une échelle de temps long.



© N. Rodrigues



## Comment identifier une Solution fondée sur la Nature ?

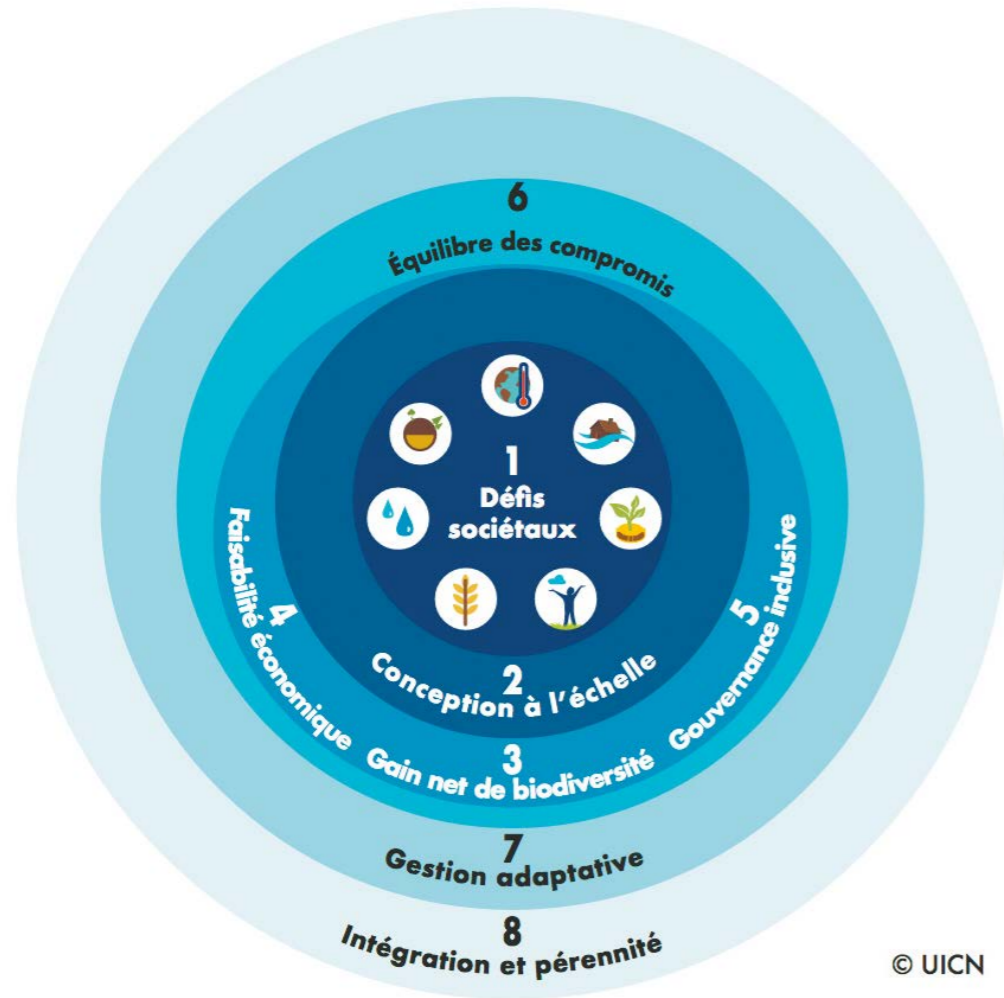
Selon la définition adoptée par l'UICN en 2016, une Solution fondée sur la Nature doit satisfaire à trois exigences principales :

- Contribuer de façon directe à un défi de société identifié, autre que celui de la conservation de la biodiversité ;
- S'appuyer sur le fonctionnement des écosystèmes ;
- Apporter des bénéfices pour la biodiversité.

Pour compléter et préciser cette définition des Solutions fondées sur la Nature, un standard international<sup>25</sup> a été produit en 2020 par l'UICN et sa Commission de gestion des écosystèmes, avec la contribution du Comité français de l'UICN. Il s'appuie sur 8 critères et 28 indicateurs (Figure 3) et permet d'accompagner la mise en œuvre de Solutions fondées sur la Nature pertinentes et efficaces.

Il a pour objectif de :

- identifier les projets qui relèvent ou non de Solutions fondées sur la Nature selon la définition de l'UICN ;
- établir un langage commun et partagé entre tous ;
- faciliter l'évaluation de la qualité et de la pertinence des projets de Solutions fondées sur la Nature.



**Figure 3 : Les critères du Standard mondial des Solutions fondées sur la Nature de l'UICN**

Pour faciliter l'appropriation de ce standard international par les acteurs français, le Comité français de l'UICN a produit un guide d'accompagnement qui identifie les huit questions clés à se poser pour déployer des Solutions fondées sur la Nature sur son territoire (Tableau 1)<sup>26</sup>. Il s'adresse aux décideurs et acteurs impliqués dans leur

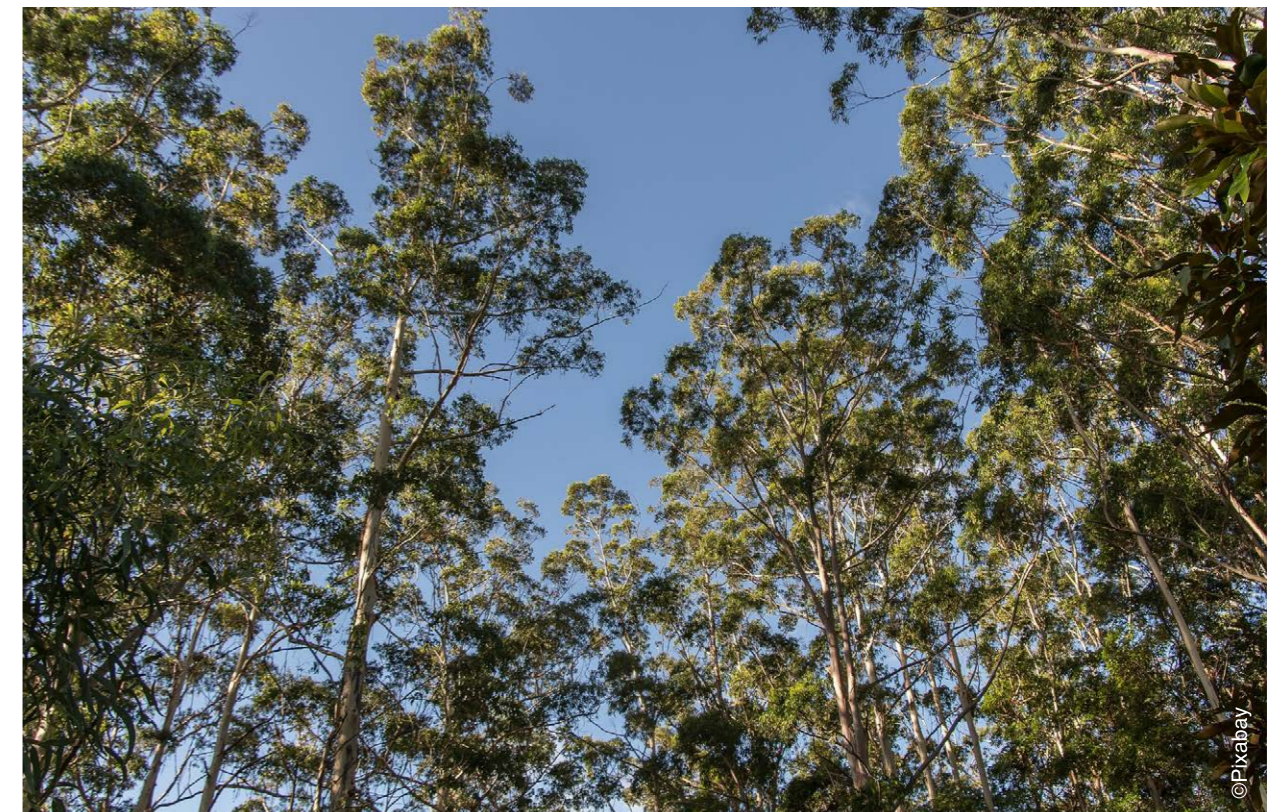
mise en œuvre et permet de cibler les éléments à inclure dans une Solution fondée sur la Nature.

**Tableau 1 : Les 8 questions clés du guide d'appropriation du Standard mondial des Solutions fondées sur la Nature de l'UICN**

<b>Q1</b> : A quel défi sociétal répond ce projet ?
<b>Q2</b> : En quoi ce projet est-il favorable à la biodiversité ?
<b>Q3</b> : Quels types d'actions s'appuyant sur la nature sont mis en œuvre ?
<b>Q4</b> : Quel est le dimensionnement spatio-temporel des actions décrites en Q3 ?
<b>Q5</b> : Comment sont pris en compte les coûts et bénéfices potentiels du projet au sein du territoire ?
<b>Q6</b> : La gouvernance du projet permet-elle une association élargie et transversale des acteurs locaux ?
<b>Q7</b> : Le projet est-il conçu de manière adaptative ?
<b>Q8</b> : Le projet est-il partagé et disséminé ?

En accord avec la définition, des projets de plantation de monocultures ou d'introduction d'essences exotiques envahissantes à courte rotation, adaptées aux nouvelles conditions climatiques et participant à la réduction des risques gravitaires et incendie, n'apportent pas de gain pour la biodiversité et constituent même

une menace potentielle pour les écosystèmes de leur nouvelle aire biogéographique. En outre, les solutions s'inspirant de la nature comme le biomimétisme sans bénéfices pour la biodiversité ne sont pas des Solutions fondées sur la Nature.





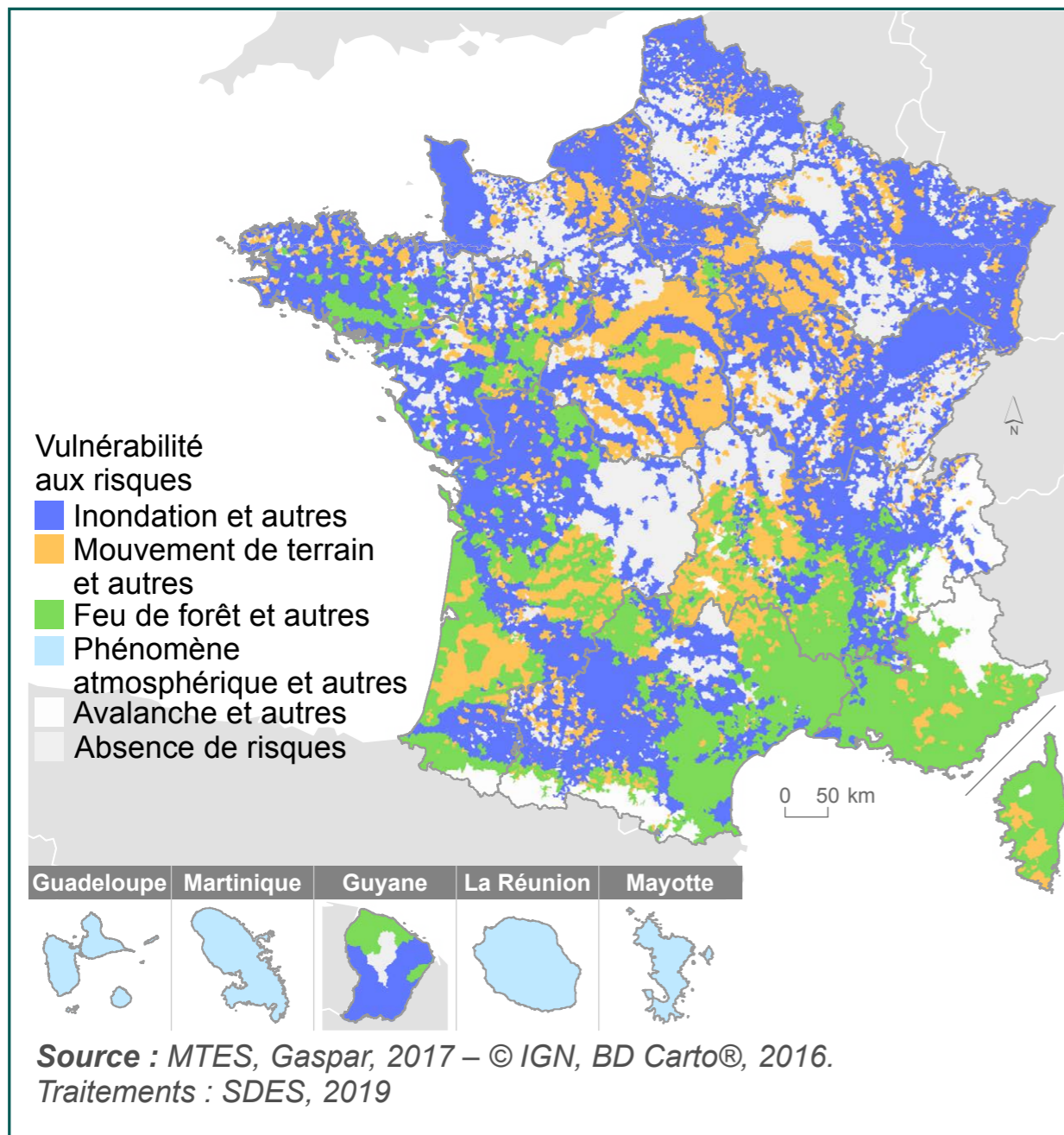
# LES RISQUES NATURELS EN FORÊT

## Une diversité de risques naturels en forêt

Les risques naturels en forêt recouvrent quatre catégories principales (Figure 4) :

- Les risques liés à l'eau (inondation, sécheresse et érosion des sols) ;
- Le risque tempête ;

- Les risques générés par les mouvements gravitaires (glissement de terrain superficiel, chute de pierres et de blocs, éboulement, écoulement en masse, coulée de boue, lave torrentielle et avalanche) ;
- Le risque incendie.



**Figure 4 : Typologie de la vulnérabilité des territoires aux risques naturels majeurs en 2016 (MTES, Gaspar, 2017)**

Les risques naturels en forêt traités dans ce recueil porteront sur ceux générés par les aléas gravitaires de types glissement de terrain superficiel, chute de pierres et de blocs et avalanche, et les incendies de forêt. Ces risques peuvent se combiner entre eux : ainsi, les incendies de forêt, en éliminant la végétation qui protège les sols, exacerbent le déclenchement des glissements de terrain superficiels. Les risques liés à l'eau (inondation, sécheresse et érosion des sols) ou le risque tempête qui peuvent exister en concomitance ou en aggravation des risques gravitaires et incendie ne sont pas traités ici, et sont inclus dans les précédentes publications sur les Solutions fondées sur la Nature pour les risques liés à l'eau en France (2019)<sup>27</sup> et les Solutions fondées sur la Nature pour les risques littoraux en France (2022)<sup>28</sup>.

## Les risques gravitaires

Les mouvements de terrain traités ici sont dits « gravitaires », car ils ont pour moteur principal la gravité. Ceux-ci sont caractérisés par des déplacements gravitaires de masses de terrain sur une pente, plus ou moins soudains et rapides, sous l'effet de phénomènes naturels (fonte des neiges, pluviométrie anormalement forte, séisme, etc.) ou anthropiques (déforestation, anthropisation des versants, exploitation minière, travaux d'aménagement, etc.)<sup>29</sup>.

En fonction de leur vitesse de déplacement, on distingue deux ensembles de mouvements de terrain<sup>29</sup> :

- Les mouvements lents : qui entraînent une déformation progressive des terrains (glissement de terrain, affaissement, tassement, etc.) ;
- Les mouvements rapides : qui surviennent de manière brutale et soudaine (chute de pierres et de blocs, éboulement, écoulement en masse, etc.).





Le glissement de terrain est un déplacement généralement lent (quelques millimètres par an mais pouvant atteindre quelques mètres par jour) sur une pente, d'une masse de terrain cohérente, de volume et d'épaisseur variables<sup>30</sup>. Après la mise en mouvement, la masse conserve globalement sa consistance et sa physiologie<sup>31</sup>. La pente topographique, la nature du sol et du sous-sol, la géomorphologie du site, la végétation et la présence d'eau sont autant de conditions d'apparition de ces phénomènes d'origine naturelle (fortes pluies et fonte des neiges, affouillement des berges, effondrement des cavités sous-minant le versant, séisme, etc.) ou anthropique (déforestation, exploitation minière, irrigation, construction d'infrastructures et de bâtiments en haut ou en bas de la pente, etc.)<sup>29</sup>.

On distingue deux types de glissements de terrain en fonction de la profondeur de la surface de glissement<sup>32</sup> :

- Les glissements superficiels : pour lesquels la profondeur varie de quelques décimètres à plusieurs mètres ;
- Les glissements profonds : lorsque la profondeur est de plus de dix mètres.

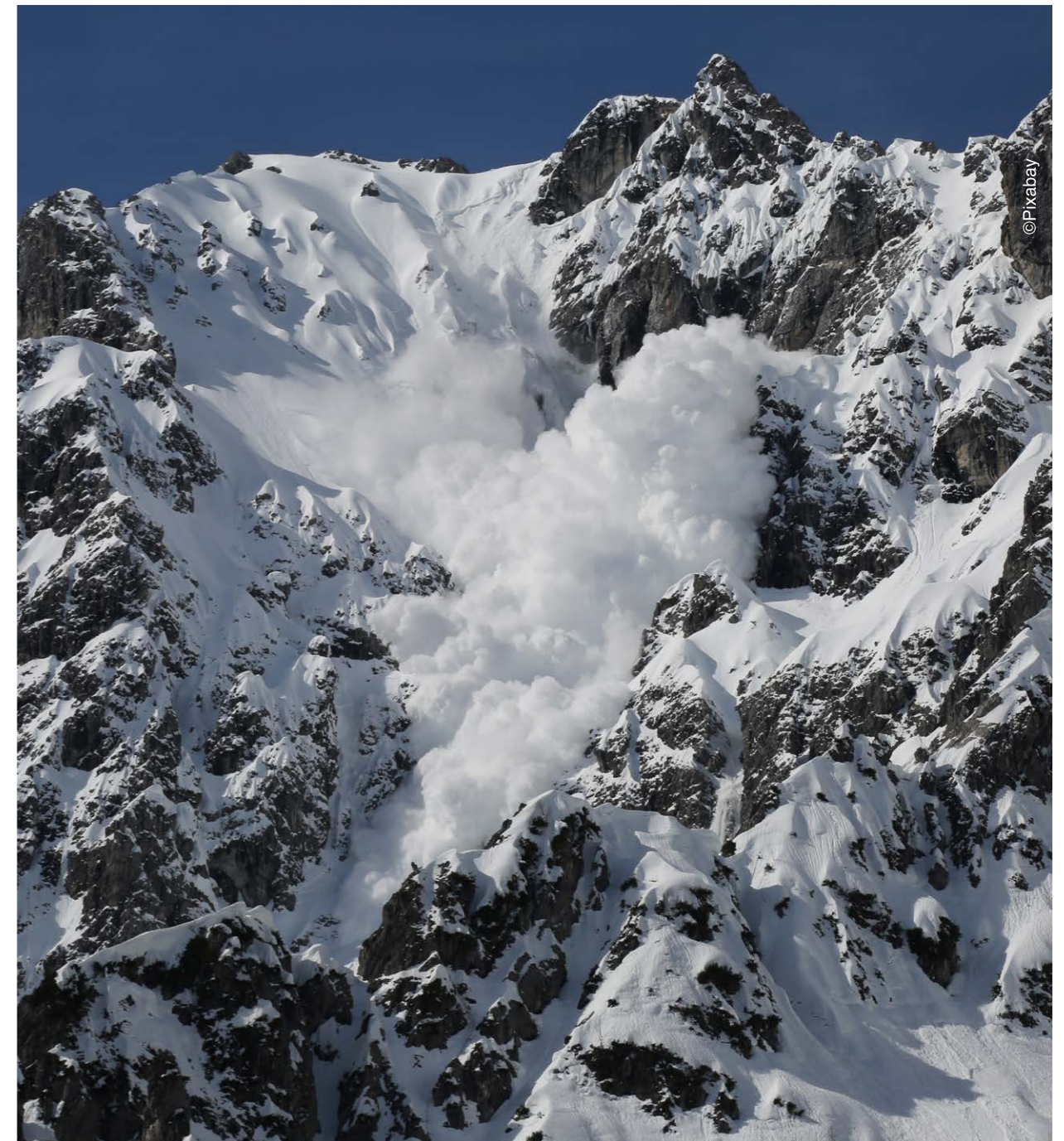
Les glissements de terrain présentent un niveau de gravité généralement plus faible que les autres types de mouvements de terrain<sup>29</sup>. L'ensemble du territoire est susceptible d'être affecté, mais les zones de montagne (Alpes, Massif central et Pyrénées) et les départements ultra-marins de La Réunion et de la Martinique sont particulièrement touchés<sup>33</sup>.



La chute de pierres et de blocs, l'éboulement et l'écroulement en masse sont des mouvements rapides de terrain résultant de l'action de la pesanteur sur des éléments rocheux<sup>29</sup>. La survenue de ces phénomènes est conditionnée par différents paramètres tels que la morphologie de certaines zones, associés à des facteurs de prédisposition à l'instabilité (densité, orientation des discontinuités, structure du massif rocheux, etc.) et des facteurs naturels (pression hydrostatique, alternance gel/dégel, croissance des racines des arbres, secousse sismique, affouillement, sapement de la falaise, etc.)<sup>29</sup>.

On les distingue selon leur volume<sup>34</sup> (inférieur à 1 dm<sup>3</sup> jusqu'à plusieurs millions de m<sup>3</sup>) : la chute de pierres étant la moins importante puis la chute de blocs, l'éboulement et l'écroulement en masse.

Les risques engendrés par les chutes de pierres et de blocs et les éboulements sont particulièrement importants par leur caractère soudain et destructeur. Ils peuvent entraîner un remodelage des paysages, tel que l'obstruction d'une vallée par les matériaux déplacés<sup>35</sup>. Ces risques prédominent dans les zones rocheuses (falaises et flancs de montagne) du Sud de la France hexagonale et dans les départements du Finistère et de La Réunion (falaises maritimes).



L'avalanche correspond à un déplacement rapide d'une masse de neige sur une pente, provoqué par une rupture d'équilibre du manteau neigeux<sup>36</sup>. La neige accumulée sur un versant forme une couche hétérogène (manteau neigeux) dont l'équilibre est plus ou moins précaire. Cet équilibre dépend de multiples facteurs tels que la quantité et la qualité de la neige, l'inclinaison de la pente, l'exposition, la nature du sol, la présence de végétations et d'autres variables comme la température, la pluie et le vent<sup>37</sup>. En fonction de l'évolution du manteau neigeux ou d'une perturbation extérieure comme le passage de personnes, il est susceptible de se rompre spontanément, et met ainsi

en mouvement un volume variable de neige qui se propage sous l'effet de la gravité<sup>37</sup>.

Le niveau de risque avalanche varie fortement selon le niveau de stabilité des pentes et du manteau neigeux et se situe principalement dans les zones de montagne urbanisées<sup>35</sup>. Les avalanches sont parmi les phénomènes naturels les moins meurtriers (nombre de victimes par an)<sup>38</sup>.



## Le risque incendie

On considère un incendie de forêt lorsque le feu couvre une surface de 0,5 ha d'un seul tenant et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés est détruite<sup>39</sup>. Lorsqu'elle est naturelle, cette perturbation est directement liée aux caractéristiques du territoire (végétation, nature et occupation du sol, topographie, structure du peuplement, etc.) et aux conditions météorologiques (sécheresse et vent)<sup>39</sup>. L'intensité et la vitesse de propagation du feu dépend directement de ces facteurs.

On distingue trois types d'incendies de forêt en fonction des strates concernées par le feu<sup>40</sup> :

- Les feux de cimes : qui brûlent les arbres sur toute leur hauteur et provoquent les dommages les plus importants du fait de leur intensité ;
- Les feux de surface : qui touchent seulement la litière et l'humus et causent le moins de dommages en raison de leur maîtrise plus facile ;
- Les feux de terre : qui se produisent dans les grandes accumulations d'humus, de tourbe et d'autres végétaux morts suffisamment secs pour brûler et se déplacent très lentement, mais qui peuvent être difficiles à éteindre complètement.

Les incendies font partie des dynamiques naturelles de nombreux écosystèmes forestiers, notamment méditerranéens. Ils les ont influencés au fil des siècles au regard de la structure des peuplements, de leur composition (classes d'âge et essences variées) et de leur capacité de résilience (adaptation au feu et régénération post-incendie)<sup>41</sup>. Les incendies participent ainsi, comme d'autres types de perturbations naturelles (tempêtes, chablis, etc.)

au cycle d'évolution naturelle des forêts car ils favorisent la dissémination de certaines espèces qui ont co-évolué avec le feu et la juxtaposition de stades différents de la succession écologique avec leur cortège d'espèces associées<sup>42</sup>.

Cependant, le feu peut avoir des effets préjudiciables sur la biodiversité forestière là où il ne constitue pas une perturbation naturelle.

De plus, lorsque les incendies surviennent sur le court terme de manière répétée, ils peuvent favoriser la prolifération d'insectes qui s'attaquent aux arbres affaiblis (en particulier les scolytes) et qui perturbent l'équilibre écologique, fragilisent l'état de santé des forêts et ainsi impactent les principales fonctions de la forêt<sup>41</sup> (dont la protection vis-à-vis des risques naturels)<sup>39</sup>.

Si les incendies de forêt peuvent avoir une origine naturelle (foudre, éruption volcanique, etc.), la très grande majorité est liée aux activités humaines (soit plus de 90% des départs de feux en France) et sont déclenchés intentionnellement ou involontairement (accidents, travaux ou écobuage). Ils représentent un risque pour les personnes, les biens et les activités humaines puisque 80% des feux se déclenchent à moins de 50 mètres des habitations<sup>39</sup>.

Les trois quarts des communes classées à risque sont situées en zone méditerranéenne<sup>38</sup>, en raison des conditions météorologiques (sécheresse, température et vent) et de la densité humaine et touristique<sup>43</sup>. En moyenne sur la période 2007-2019, environ 3 600 incendies ont impacté chaque année 11 400 ha de forêts en France métropolitaine<sup>44</sup>.

## Et le changement climatique dans tout ça ?

Le changement climatique affecte les multiples services fournis par les forêts<sup>45</sup>, notamment la réduction de la vulnérabilité des territoires et des personnes face aux aléas naturels. Certains événements extrêmes météorologiques vont s'amplifier, se répandre et s'intensifier<sup>46</sup> et, ainsi, aggraver les risques gravitaires et incendie.

### Changement climatique et bouleversement des écosystèmes forestiers

Le changement climatique constitue la principale menace pour les écosystèmes forestiers en France. Des tendances significatives sont identifiées dans l'Hexagone :

- Hausse graduelle des températures moyennes : entraîne l'allongement de la saison de végétation de plusieurs jours par décennie (ce qui perturbe le cycle de l'azote et la croissance des arbres<sup>47</sup>, modifie les cycles de vie des espèces, leur comportement, etc.)<sup>48</sup> et altère la productivité forestière.
- Augmentation de la fréquence et de la durée des épisodes de sécheresse : plus ou moins fortes selon les régions, avec pour conséquence un risque accru de stress hydrique pour les arbres qui, par effet cascade, favorise les attaques de bioagresseurs (agents pathogènes, champignons parasites et organismes ravageurs) et entraîne la fragilisation des peuplements, des dépérissements forestiers<sup>48</sup> voire la mortalité des arbres les moins robustes<sup>49</sup>.
- Altération des régimes de précipitations : qui déstabilise les forêts et amplifie les dommages causés par les aléas naturels<sup>50</sup>.
- Aggravation des aléas naturels et de leurs conséquences : si les phénomènes cycliques (tempêtes, sécheresses, incendies, etc.) constituent les principaux facteurs influençant la composition, la structure et le fonctionnement des écosystèmes forestiers<sup>51</sup>, ils tendent aujourd'hui à augmenter en fréquence et en intensité et à se combiner, ce qui a pour conséquence de nuire aux fonctionnalités des forêts<sup>48</sup>.

### Effets attendus sur les risques gravitaires

Les liens entre le changement climatique et les risques d'éboulement et de glissement de terrain ne sont pas encore clairement établis par les scientifiques aujourd'hui. Toutefois, des observations menées ces dernières années dans les Alpes ont mis en évidence une augmentation potentielle du nombre de glissements de terrain superficiels en raison de la hausse des précipitations violentes<sup>52</sup>.

D'autres études menées dans le massif du Mont-Blanc ont montré une corrélation entre l'occurrence des écroulements rocheux et les périodes les plus chaudes des 150 dernières années<sup>53</sup> en haute montagne, en raison du recul des glaciers et de la fonte du permafrost<sup>3</sup>. L'augmentation de la fréquence des vagues de chaleur et des sécheresses pourrait également accentuer la fréquence des éboulements du fait des contraintes thermiques exercées sur la roche<sup>3</sup>.

En altitude, les avalanches de neige humide (avalanche coulante de neige dense) ou mixte (avalanche comportant à la fois un nuage formé d'air et de neige et un écoulement important) pourraient augmenter en raison de périodes de redoux prolongées et d'une limite pluie-neige plus élevée<sup>54</sup>. En basse et moyenne altitude, en dehors des cas de précipitations extrêmes, l'activité avalancheuse – tant en matière de nombre que de distance parcourue – devrait en revanche diminuer du fait de la diminution de la couverture neigeuse et de la remontée en altitude des boisements (en particulier résineux) qui les bloqueront en zone de départ<sup>54</sup>.

### Effets attendus sur le risque incendie

La hausse des températures induite par le changement climatique augmente la durée de végétation et le niveau d'évapotranspiration potentiel des végétaux. Cela se traduit par la réduction de la teneur en eau des ligneux qui a pour conséquence d'accroître l'inflammabilité des forêts, le risque incendie et la vitesse de propagation du feu<sup>47</sup>.

La répétition et l'augmentation de l'intensité des épisodes de sécheresse peuvent, en outre, générer le dépérissement progressif ou brutal des forêts, qui favorise l'accumulation de combustible inflammable (feuilles, branches, tapis d'aiguilles mortes, etc.) qui s'accumule dans le sous-bois, augmentant ainsi le risque incendie<sup>55</sup>.

Toutes ces évolutions contribuent à l'augmentation des zones exposées aux incendies et de la fréquence des grands incendies de forêts<sup>56</sup>. Ces événements extrêmes libèrent ponctuellement d'importantes quantités de gaz à effet de serre en suspension dans l'atmosphère qui accroissent le changement climatique à court et moyen terme et le nombre de grands feux<sup>57</sup>.

Les simulations météorologiques soulignent également la probable extension de la saison propice aux incendies de forêt dans l'année, dans les régions fortement exposées à ce risque (Figure 5).



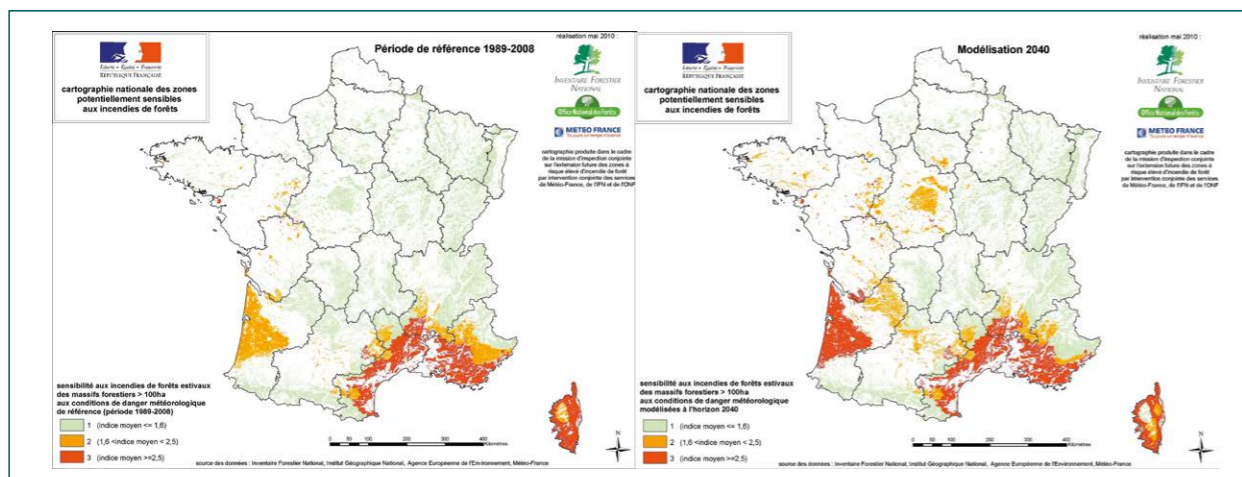


Ces deux phénomènes (sécheresses accrues et extension des périodes sèches) induits par le changement climatique en cours, couplés à la fermeture des milieux générée par la déprise agricole (aboutissant à l'embroussaillage et à l'extension des zones arbustives et forestières fortement combustibles), entraînent une intensification et une accélération de la propagation du feu lors du déclenchement des incendies<sup>39</sup>.



### Interaction entre les aléas

Le changement climatique favorise en outre les interactions entre aléas naturels. Par exemple, de fortes précipitations sur les zones incendiées après la saison estivale peuvent déstabiliser les couches superficielles du sol et entraîner des glissements de terrain superficiels, dont les dommages et les victimes peuvent dépasser les conséquences des incendies eux-mêmes<sup>10</sup>.



**Figure 5 : Cartes de sensibilité aux feux de forêts : 1989-2008 et à l'horizon 2040 (IFN, ONF, Meteo-France, 2010)**

## La réglementation visant à prévenir ces risques naturels

Le Code forestier permet d'identifier et de protéger certains peuplements jouant un rôle de protection contre les aléas naturels, soit par le biais de la politique de « restauration des terrains en montagne » (RTM), soit dans le cadre de la loi Chauveau (1922), reprise par l'article L-411-1 qui institue le statut de forêt de protection<sup>33</sup>.

### LA RESTAURATION DES TERRAINS EN MONTAGNE (RTM)

Dans la continuité des lois sur le reboisement (28 juillet 1860) puis sur le gazonnement des montagnes (8 juin 1864), la loi relative à la restauration et à la conservation des terrains en montagne<sup>33</sup> (RTM) est instituée le 4 avril 1882 afin de lutter contre les risques naturels en montagne<sup>58</sup>, exacerbés par des siècles de défrichements massifs et de surexploitation des forêts pour la guerre et l'agriculture.

Au sein de l'Office national des forêts (ONF), le service de restauration des terrains en montagne (RTM) exerce, depuis 1966, des missions d'intérêt général pour les services déconcentrés de l'État et les collectivités territoriales<sup>59</sup>. Il est chargé de maintenir l'efficacité des dispositifs de protection domaniaux et de prêter son concours pour différentes actions de prévention des risques naturels en montagne qui menacent les biens et les personnes : glissement de terrain, chute de pierres et de blocs, avalanche et crue torrentielle<sup>59</sup>. Le service assure ainsi le pilotage des travaux et contribue à la connaissance et à la mémorisation des phénomènes naturels<sup>60</sup>. Il participe également au renouvellement des peuplements forestiers jouant une fonction de protection avérée<sup>59</sup>.

Les peuplements domaniaux RTM couvrent environ 380 000 ha dans 25 départements de montagne<sup>61</sup>, dont 260 000 ha sont boisés<sup>62</sup> et 130 000 ha joueraient un rôle effectif de protection<sup>33</sup>. Néanmoins, le rôle protecteur de ces forêts est aujourd'hui compromis par leur instabilité accrue, due au manque d'entretien, à leur âge avancé, leur monospécificité (une seule espèce), leur densité trop forte et leur état sanitaire dégradé par les attaques parasitaires<sup>33</sup>.

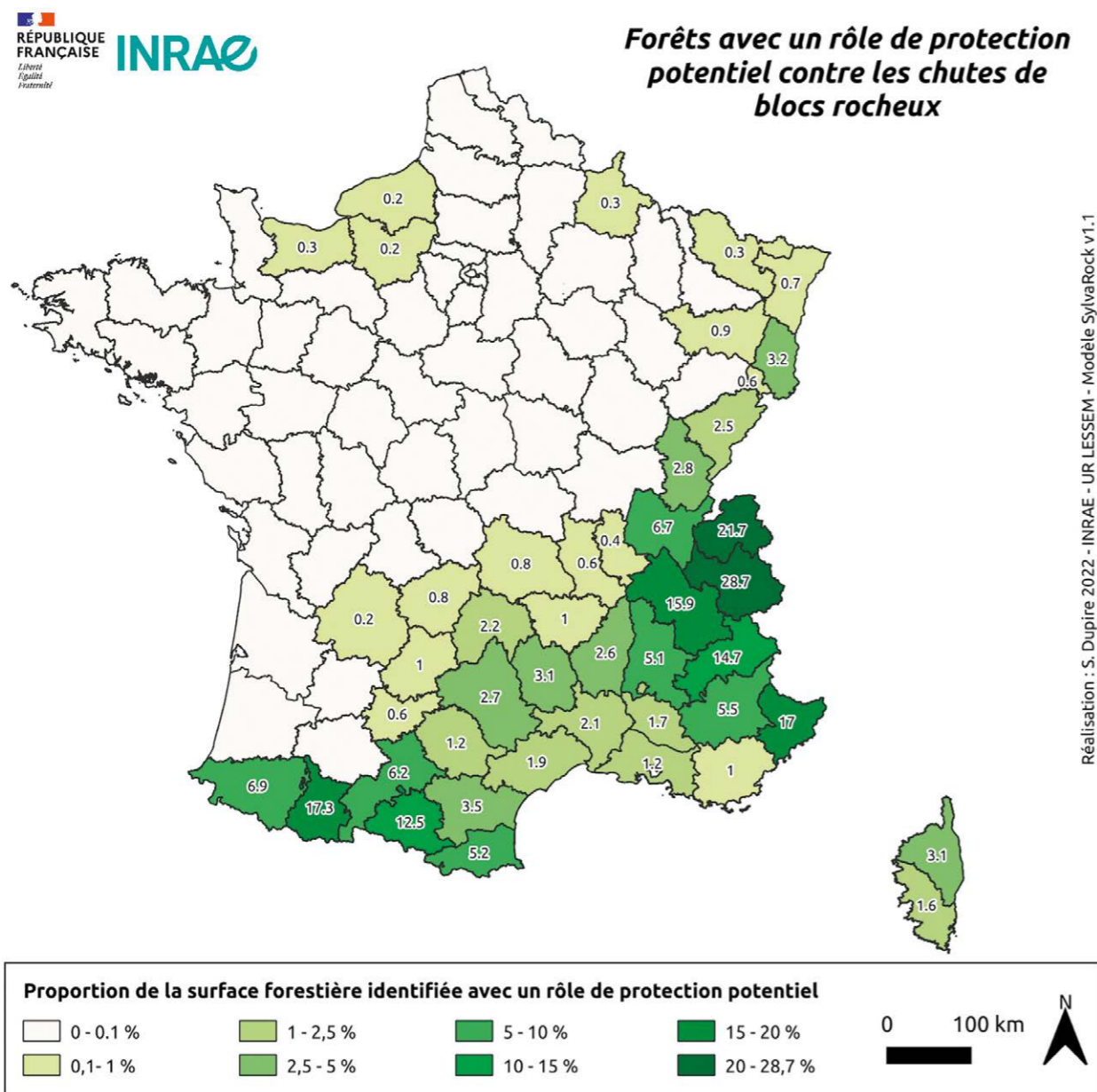




## Les forêts de protection

Le statut de forêt de protection assure la conservation des forêts reconnues pour leur fonction de protection des riverains contre l'érosion des sols en montagne et certains risques naturels (glissement de terrain, avalanche, etc.)<sup>63</sup>. Ce statut a été élargi en 1976, par la loi sur la protection de la nature, aux forêts dont le maintien s'impose pour des raisons écologiques ou pour le bien-être des populations pour les forêts péri-urbaines<sup>64</sup>.

En 2020, 163 500 ha de la surface forestière de l'Hexagone (soit 1%) étaient concernés par ce statut<sup>64</sup> dont près de 50 000 ha de forêt de montagne au recensement de 2015<sup>33</sup> (Figure 6).



**Figure 6 : Forêts avec un rôle de protection potentiel contre les chutes de blocs rocheux en 2022 (INRAE, 2022)**

## Les Plans de Prévention des Risques Naturels

La politique de prévention active des risques naturels en forêt est menée au niveau étatique. Créé par la loi du 2 février 1995, le Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles (PPRN) constitue l'instrument privilégié de l'action de l'État en matière de prévention des risques naturels afin de réduire l'exposition et la vulnérabilité des biens et des personnes<sup>65</sup>. Il est élaboré par les services de l'État sous l'autorité du préfet du département concerné en association avec les collectivités territoriales.

Les PPRN définissent les zones exposées aux aléas naturels et prévisibles, et caractérisent l'intensité possible de ces phénomènes<sup>66</sup>. Ils peuvent prévoir des règles de gestion et d'exploitation forestière dans les zones de risques qu'ils déterminent<sup>67</sup>. Il existe diverses déclinaisons spécifiques à chacun des risques naturels en forêt pouvant être pris en compte, tels que les mouvements de terrain, les avalanches et les incendies de forêt<sup>30</sup> :

- Les Plans de Prévention des Risques Mouvements de terrain (PPRMT) à vocation préventive ont pour objet de réglementer l'urbanisme dans les zones exposées<sup>29</sup> ;
- Les Plans de Prévention des Risques Avalanches (PPRA) permettent de prescrire des mesures de réduction de la vulnérabilité des territoires fortement exposés et d'encadrer le développement urbain par un règlement adapté<sup>37</sup>. Le risque avalanche a la particularité de comporter des plans de gestion spécifique ;
- Les Plans de Prévention des Risques Incendies de Forêt (PPRIF) visent à maîtriser l'interface habitat-forêt et à éviter des implantations qui peuvent être à l'origine de départs de feu et sont difficiles à protéger en cas d'incendie. Ils répondent aux objectifs de non-aggravation de l'exposition et de réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens<sup>39</sup>.

## LA DÉFENSE DES FORÊTS CONTRE LES INCENDIES (DFCI)

La mission de Défense des Forêts Contre les Incendies (DFCI), pilotée par l'ONF, met en œuvre les plans de protection de la forêt contre l'incendie (PPFCI), souvent établis à l'échelle du département pour guider l'action collective, et les plans de massifs qui sont la déclinaison par massif du PPFCI<sup>39</sup>. Ces plans définissent les outils de programmation, d'aménagement et d'entretien des massifs, issus du Code forestier.

Le Code forestier prévoit, par exemple, l'obligation légale de débroussaillage (OLD)<sup>68</sup> qui impose au propriétaire de tout bâtiment situé dans une zone exposée au risque d'incendie de maintenir un espacement entre les arbres et de réduire les matières végétales combustibles (herbe, broussaille, branchage, feuille, etc.) dans un rayon de cinquante mètres autour de sa construction<sup>56</sup>. Le débroussaillage réglementaire permet de réduire l'impact des incendies, de protéger la forêt et de faciliter la lutte, en assurant une rupture de continuité horizontale et verticale de la couverture végétale<sup>69</sup>.

## Les documents d'urbanisme

Les documents d'urbanisme ont vocation à participer à la mise en œuvre des politiques de prévention des risques naturels. Ils déterminent les conditions permettant d'assurer leur prévention à travers la maîtrise des sols, à l'instar du Schéma de cohérence territoriale (SCoT) et du Plan local d'urbanisme (intercommunal) (PLU(i)), auxquels sont annexés les PPRN qui définissent des zones de servitude d'utilité publique<sup>66</sup>. Ces documents permettent notamment de délimiter les secteurs où implanter les constructions et les zones naturelles et forestières à préserver<sup>70</sup>.

Dans ce domaine, un large pouvoir est donc concédé au maire qui possède l'obligation générale de prévention des catastrophes et risques naturels<sup>71</sup>. Afin d'améliorer la prise en compte de la prévention des risques naturels dans les documents d'urbanisme, la préfecture réalise un porter-à-connaissance qui rappelle les dispositions législatives, réglementaires et les servitudes en vigueur à la commune qui doit élaborer un document d'urbanisme sur son territoire<sup>70</sup>.



# QUELLES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE EN FORÊT POUR RÉDUIRE LES RISQUES GRAVITAIRES ET INCENDIE ?

## Le rôle des écosystèmes forestiers dans la gestion des risques naturels

Les forêts jouent divers rôles permettant de réduire les risques naturels. Elles limitent les conditions de déclenchement des mouvements gravitaires. Elles atténuent également les impacts des projectiles rocheux et des avalanches, soit en absorbant tout ou partie de l'énergie libérée par ces aléas (effet tampon)<sup>72</sup>, soit en piégeant une partie des écroulements rocheux et en stabilisant le manteau neigeux selon la taille et le nombre d'arbres présents (effet barrière). Ces deux effets sont d'autant plus importants que la superficie boisée du versant est élevée<sup>73</sup>.

Pour jouer ces rôles, les forêts doivent être en bon état et fonctionnelles. Ainsi, des solutions basées sur la protection, la gestion durable et la restauration de ces écosystèmes peuvent s'avérer plus efficaces et moins coûteuses que la construction et l'entretien d'ouvrages techniques (filet pare-pierres, merlon, dispositif paravalanche, etc.)<sup>2</sup> ou de génie civil pour répondre aux risques naturels.

### Protection contre les glissements de terrain superficiels

Dans les zones de montagne, la forêt joue un rôle dans la réduction des glissements de terrain superficiels à travers un double processus :

- Le système racinaire des arbres augmente la cohésion des couches superficielles des sols et renforce leurs propriétés mécaniques<sup>2</sup>. La fixation et la stabilisation des sols sont assurées par l'enracinement, dans une moindre mesure en forêt tempérée de montagne (la profondeur des racines atteint 1 ou 2 mètres maximum), mais de façon importante en forêt tropicale (les racines atteignent plus de dix mètres de profondeur)<sup>33</sup> ;
- La canopée des arbres intercepte une partie des précipitations, tandis que les arbres pompent une partie de l'eau du sol qu'ils restituent à l'atmosphère par évapotranspiration, ce qui permet de limiter la



quantité d'eau infiltrée dans le sol<sup>2</sup> et la pression des eaux souterraines, pouvant agir comme déclencheur.

Le rôle de ces deux compartiments de l'arbre réduit ainsi les risques de glissements de terrain superficiels<sup>74</sup>.

### Interception des pierres et blocs

Le rôle de protection joué par la forêt contre les chutes de pierres ou de blocs (dont le volume unitaire est inférieur ou égal à 1 m<sup>3</sup>)<sup>2</sup> est également significatif<sup>33</sup>. Il s'observe de deux manières<sup>2</sup> :

- Les racines des peuplements exercent une fonction de piégeage et d'ancrage des pierres, des blocs et des éboulis en zone de départ ;
- Les arbres sains et morts sur pied, les troncs couchés au sol et les souches constituent des obstacles vis-à-vis des pierres et des blocs qui se détachent et limitent ainsi la vitesse maximale des projectiles.

Le niveau de protection apporté face aux pierres et aux blocs va dépendre de la taille du projectile et de son énergie.

Pour assurer un niveau de protection efficace contre ce risque, la gestion forestière doit assurer un couvert et une densité d'arbres suffisants<sup>75</sup>, ainsi qu'un renouvellement continu des peuplements<sup>33</sup> permettant une meilleure retenue et résistance aux projectiles.



Dans le cadre du projet Interreg Espace Alpin « RockTheAlps » (2016-2019), le LESSEM (laboratoire INRAE) a développé un modèle (SylvaRock) qui permet de cartographier à grande échelle des aléas rocheux et les forêts susceptibles d'avoir une fonction de protection contre les chutes de blocs (Figure 6). Initialement appliqué à l'ensemble de l'arc alpin où la forêt occupe 40% de la région, ce modèle couvre désormais l'ensemble du territoire français hexagonal, à partir de données nationales. Cette étude a permis de produire la première carte des forêts de protection contre ce risque naturel.

Sur la base de données harmonisées et ouvertes utilisées pour identifier les zones potentielles de libération des chutes de blocs, des simulations de chutes en 3D ont été réalisées sur 6 sites pilotes afin de calibrer les paramètres du modèle. Elles ont ensuite été calculées sur l'ensemble de la zone d'étude. Les résultats montrent que 14% des forêts de l'espace alpin présentent une fonction potentielle de protection contre les chutes de blocs, dont 80% contribue à atténuer le risque sur le réseau routier et 55% sur les bâtiments<sup>75</sup>.

L'ensemble de ces cartes départementales et nationale peut servir de base aux politiques de gestion des risques aux niveaux national, régional et départemental.

La description du modèle et son application sur l'ensemble de l'arc alpin sont disponibles [ici](#).

## Réduction de l'intensité et de la fréquence des avalanches

En haute montagne, la présence de nombreux résineux permet de fixer le manteau neigeux et de réduire ainsi le départ des avalanches<sup>76</sup>. La protection contre les avalanches intervient à différents niveaux<sup>2</sup> :

- Les houppiers des arbres interceptent une grande partie des précipitations neigeuses (jusqu'à 70%), tandis que les troncs des arbres stabilisent le manteau neigeux en zone de départ ;
- Les arbres permettent de canaliser l'écoulement neigeux et de réduire la distance parcourue par la neige en zone de transit et de dépôt. Cette capacité dépend de la masse de neige en mouvement, de sa vitesse et de sa distance parcourue avant d'entrer en forêt ;
- L'enchevêtrement des arbres morts sur pied, des troncs couchés au sol, des souches et des systèmes racinaires augmente la rugosité de la surface du sol et permet de réduire le départ des avalanches en stabilisant la couche neigeuse<sup>33</sup>.

Dans les milieux ouverts intra-forestiers, le gazonnement des talus – combiné au reboisement ou à la préservation des forêts – permet d'augmenter la retenue de neige au sol, ce qui assure une protection optimale en prévenant la formation des avalanches<sup>58</sup>.

## Réduction de l'intensité et de la vulnérabilité au feu

En forêt méditerranéenne, la réduction du risque incendie s'appuie essentiellement sur la limitation de la matière combustible pour diminuer l'intensité du feu, à travers le débroussaillage et le maintien de milieux ouverts (espaces à la végétation plus basse ou clair-semée)<sup>33</sup>. Au sein d'une mosaïque de milieux forestiers, l'entretien de surfaces pastorales (en piémont et en estives), d'espaces agricoles interstitiels et de coupures de combustibles (ouvertures dans le massif forestier pour contrôler le volume et la structure en combustible de la végétation<sup>77</sup>) garantit une rupture de la continuité du couvert végétal. Cela permet d'arrêter l'incendie ou de le transformer en feu de surface, d'augmenter les zones non parcourues par le feu<sup>78</sup> et de créer des opportunités de lutte, tout en bénéficiant à la biodiversité dépendante de la structure et de la composition de la végétation de ces milieux ouverts.

Dans les milieux forestiers fermés, le maintien d'un couvert arborescent haut et dense permet de limiter la croissance du sous-bois, de conserver l'hygrométrie et ainsi de réduire la combustibilité de ces peuplements, si ceux-ci sont suffisamment âgés pour que la base du houppier des arbres soit bien détachée du sol<sup>79</sup>.

En outre, les peuplements diversifiés en espèces à faible inflammabilité (dont les tissus sont plus riches en eau) peuvent, en fonction de la composition du mélange, limiter l'éclosion et la propagation du feu et ainsi contribuer à la réduction du risque d'incendie. Cette capacité dépend davantage de la qualité des combinaisons que de la quantité et du mélange d'essences résineuses et feuillues. Certaines espèces résineuses, comme le Pin pignon, ont une moindre inflammabilité par rapport à certaines espèces feuillues, ou libèrent moins de matière combustible sur la litière, comme le

Cèdre. D'autres se montrent plus sensibles à l'éclosion et la propagation du feu tels que le Pin maritime et le Pin d'Alep<sup>80</sup>. Néanmoins, la structure des peuplements (hauteur,

strates, maturité et degré d'ouverture des peuplements) a une influence plus importante sur la sensibilité des peuplements au feu et l'intensité de l'aléa que la combinaison d'espèces<sup>80</sup>.

## DES RÉFÉRENCES TECHNIQUES PERTINENTES POUR LA GESTION FORESTIÈRE

Trois guides de gestion sylvicole en montagne proposent une vision intégratrice de la forêt et de ses effets vis-à-vis des aléas gravitaires (glissement de terrain, chute de pierres et de blocs et avalanche) :

- Le Guide des Sylvicultures de Montagne – Alpes du Nord françaises (Gauquelin et Courbaud, 2006),
- Le Guide des Sylvicultures de Montagne – Alpes du Sud françaises (Ladier, Rey et Dreyfus, 2012),
- Le Guide de gestion des forêts pyrénéennes à rôle de protection (Villiers, 2016).

Dans une démarche intégrée de la gestion préventive des incendies de forêt, le Guide de sylviculture pour la prévention des incendies de forêts en Corse (Massau et Tiger, 2022) explore la complémentarité entre sylviculture et DFCI et dresse un inventaire de bonnes pratiques permettant de réduire le risque incendie et minimiser les dommages potentiels.

Ces guides servent de référence aux gestionnaires des forêts exposées à ces risques qui souhaitent réaliser un diagnostic détaillé du peuplement, en vue de déployer une intervention adaptée à chaque contexte. Il est à noter que ces pratiques – dont l'efficacité en matière de réduction des risques gravitaires et incendie est avérée – n'apportent pas toutes le même niveau de bénéfices pour la biodiversité et ne constituent pas toutes des Solutions fondées sur la Nature. Le recours à des techniques sylvicoles à objectif de protection, telles que la coupe d'arbres instables, doit être appréhendé dans une approche de gestion durable et intégrée.

Ces documents sont disponibles en libre accès sur Internet.





## Des retours d'expérience variés

Les principales catégories de Solutions fondées sur la Nature (SfN) en forêt qui permettent de répondre aux risques gravitaires et incendie tout en apportant des bénéfices pour la biodiversité (liste non exhaustive) sont (Figure 7) :

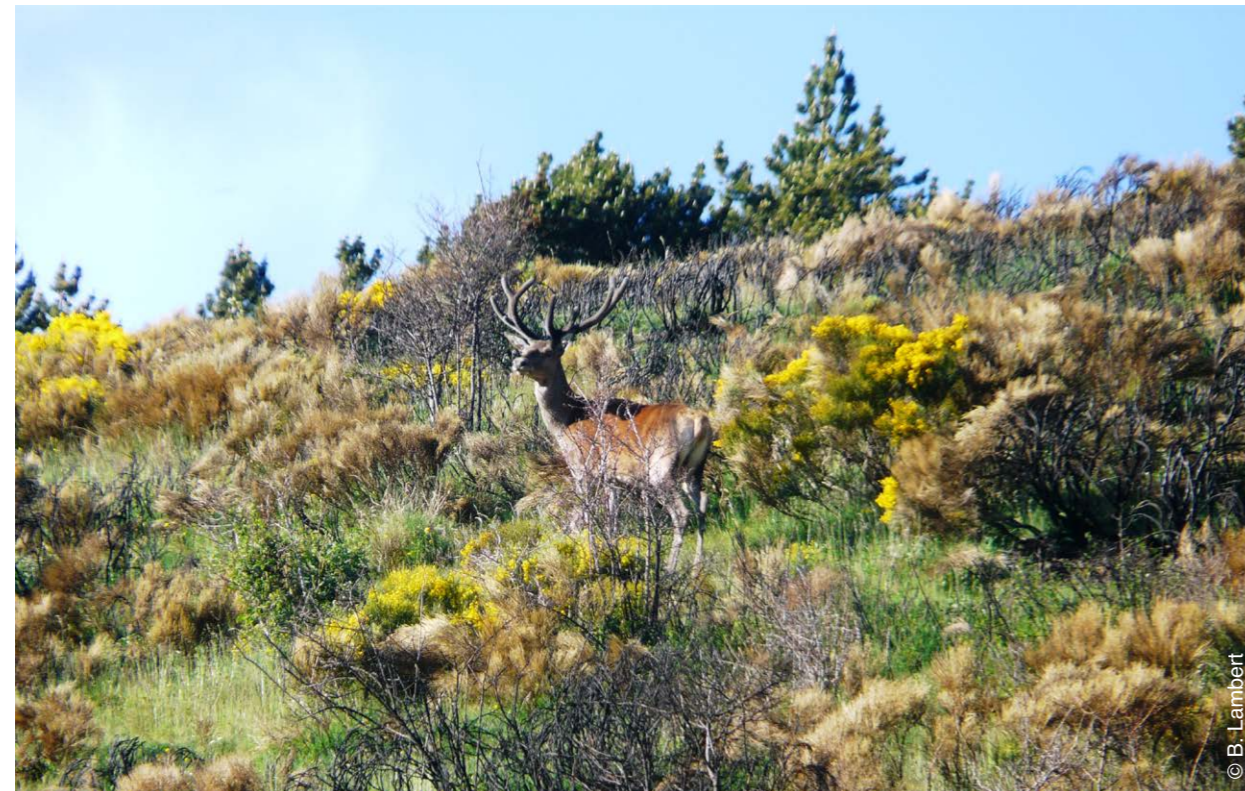
- le maintien de vieux bois, de bois mort et la gestion durable des forêts<sup>91\*</sup> de montagne qui permettent de ralentir et de retenir les projectiles rocheux en mouvement et les avalanches, et ainsi de réduire les risques pour les biens et les personnes,
- la gestion durable et la restauration d'une mosaïque de milieux intra-forestiers qui créent des paysages moins inflammables et défavorables à la propagation du feu, ce qui contribue à la réduction du risque incendie,
- la gestion durable des forêts diversifiées et la restauration des peuplements dégradés qui participent à la réduction des risques gravitaires en favorisant la diversité des strates et des espèces d'arbres. Le mélange d'espèces à faible inflammabilité réduit aussi le risque d'incendie en limitant la propagation du feu.

Ces différentes catégories peuvent être combinées au sein d'un même projet pour adopter une approche intégrée des différents enjeux. À l'échelle du paysage, la diversification des modes de gestion entre parcelles peut s'avérer optimale pour répondre à des enjeux spécifiques comme les risques gravitaires et incendie.

Certains choix de gestion peuvent entraîner des effets indésirables. Par exemple en forêt de montagne, la plantation d'arbres pour réduire les risques gravitaires peut potentiellement augmenter le risque d'incendies selon le type d'essences introduites, en particulier dans un contexte de changements climatiques.

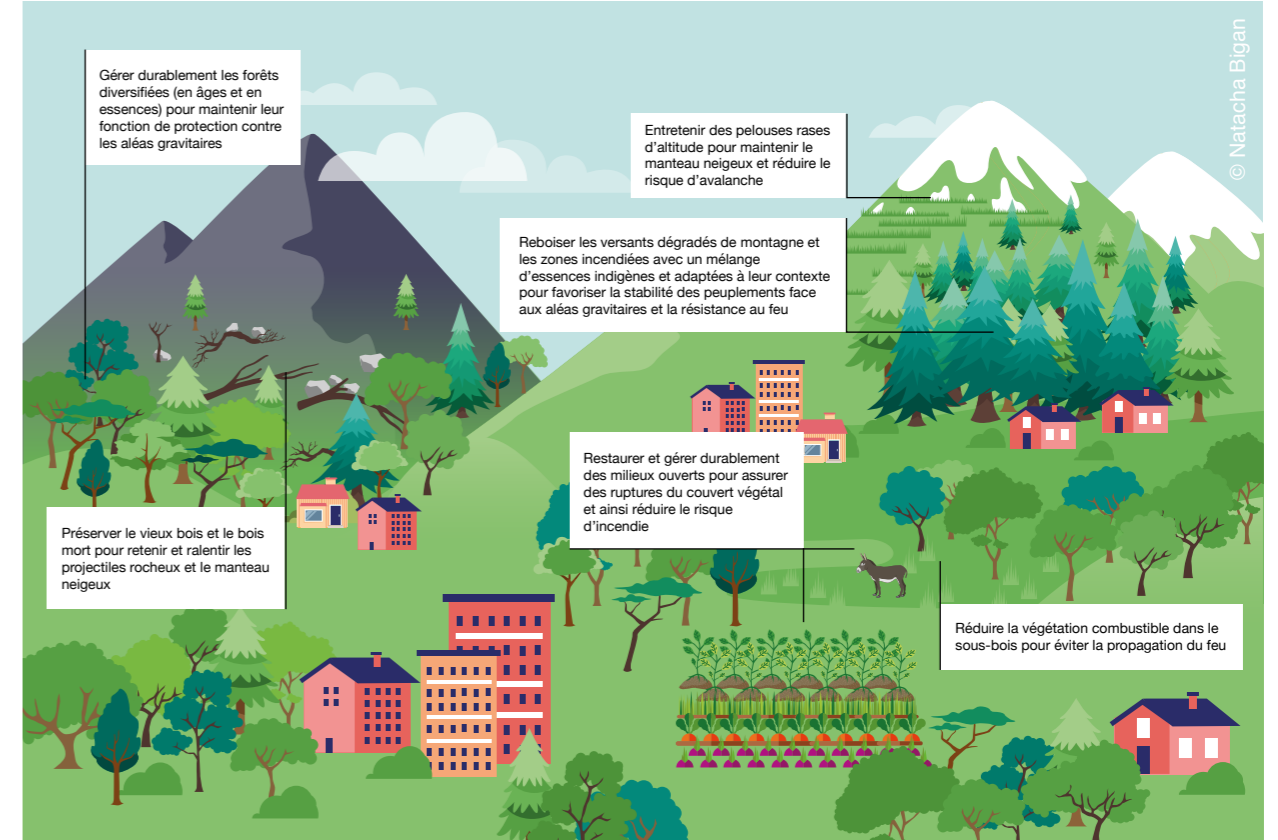
Il convient au préalable d'analyser les caractéristiques de l'écosystème et les risques naturels présents afin de choisir la Solution fondée sur la Nature la plus adaptée.

Différentes initiatives menées par des acteurs variés s'appuient sur les Solutions fondées sur la Nature dans les milieux forestiers pour réduire les risques gravitaires et incendie. Les exemples présentés ci-après mettent en avant des actions de terrain, en cours ou finalisées, dont l'analyse fait ressortir les freins et les leviers à la mise en place et la diffusion de ces solutions.



© B. Lambert

\* **Gestion durable des forêts** : « la gestion durable des forêts est un concept dynamique et évolutif, qui vise à maintenir et à renforcer les valeurs économiques, sociales et environnementales de tous les types de forêts, pour le bénéfice des générations actuelles et futures » (FAO, 2020).



© Natacha Bigan

**Figure 7 : Différents types de Solutions fondées sur la Nature pour les risques gravitaires et incendie**

Ce travail s'est appuyé sur les membres du groupe de travail « Solutions fondées sur la Nature » issu de la Commission « Gestion des Écosystèmes » du Comité français de l'UICN et des membres du groupe de travail « Forêts ».

La méthode de collecte des projets a reposé sur une sollicitation du réseau du Comité français de l'UICN et de ses partenaires. Cette consultation a permis de sélectionner 6 exemples de projets de Solutions fondées sur la Nature en forêt pour la gestion des risques gravitaires et incendie.

Cette sélection est illustrative de projets de Solutions fondées sur la Nature, mais n'est pas représentative de l'ensemble des actions qui sont mises en place sur le territoire français.





## LE MAINTIEN DE VIEUX BOIS, DE BOIS MORT ET LA GESTION DURABLE DES FORÊTS DE MONTAGNE

Le maintien d'une trame de bois sénescents (vieux bois d'au moins un siècle) et morts (arbre déraciné ou cassé, branchage ou souche) en forêt de montagne permet d'éviter le départ des pierres et blocs et de ralentir voire arrêter les projectiles en mouvement. Il permet également de retenir le manteau neigeux et ainsi diminuer le départ des avalanches, tout en favorisant la biodiversité qui leur est associée.

Les peuplements jeunes, très denses, sont les plus efficaces pour faire obstacle et retenir les chutes de pierres et de blocs et les avalanches, mais sont ceux qui bénéficient le moins à la biodiversité. Les plus vieux peuplements, quant à eux, sont riches en biodiversité mais risquent de s'effondrer massivement (de vieillesse) et de ne plus fournir le service de protection. Sans atteindre le niveau de protection obtenu avec les jeunes peuplements, les peuplements matures à structure irrégulière (alternance des classes d'âge et des diamètres) offrent un niveau de protection assez efficace contre ces aléas, tout en accueillant une plus riche biodiversité. L'enchevêtrement des souches, troncs et branches au sol offre une rugosité équivalente voire supérieure à celle d'un peuplement sur pied (au moins pendant les dix premières années de décomposition du bois), permettant un niveau de protection efficace et une réduction des risques gravitaires<sup>82</sup>. L'association d'îlots de sénescence<sup>83</sup> et de bois morts aux stratégies de protection contre les chutes de pierres et blocs et les avalanches qui visent à maintenir de jeunes peuplements permet donc de lutter contre ce risque tout en favorisant la biodiversité<sup>84</sup>.

Une gestion durable des forêts de montagne qui permet la présence de vieux bois et de bois mort contribuera à réduire les risques de chutes de pierres et blocs et d'avalanches grâce, par exemple, à la coupe des arbres à environ 1,30 m du sol au moment de leur exploitation, afin d'éviter l'effet tremplin pour les projectiles en mouvement. La disposition des troncs coupés en travers de la pente permet de retenir les blocs et de favoriser la résistance face au glissement du manteau neigeux.


### L'IMPORTANCE DU BOIS MORT ET SÉNESCENT

Les arbres sénescents offrent une diversité de niches écologiques qui abritent une biodiversité spécifique (champignons, organismes saproxyliques, espèces cavernicoles, etc.). Les bois morts sur pied ou au sol hébergent également toute une communauté d'organismes qui leur est inféodée (plantes vasculaires, champignons, insectes, reptiles, amphibiens, oiseaux, micromammifères, etc.) et qui constitue environ 25% de la biodiversité forestière<sup>85</sup>. Cette biodiversité est indispensable pour la dynamique écologique de la forêt, le recyclage des éléments minéraux, le maintien de la fertilité des sols et ainsi la bonne santé des arbres. En outre, les bois morts enrichissent la forêt en humus<sup>86</sup> et fournissent un substrat pour la régénération des forêts à la suite de perturbations naturelles.

\* **Îlots de sénescence** : petits peuplements laissés en évolution libre sans intervention culturale et conservés jusqu'à leur terme physique.



# RENFORCEMENT DE LA STABILITE DU COUVERT FORESTIER DES TASSONIERES

<p><b>! Risques naturels visés</b> Chute de blocs</p>	<p><b>Situation géographique</b> Région Auvergne-Rhône-Alpes, département de la Haute-Savoie, commune de Morzine</p>
<p><b>🌿 Écosystème concerné</b> Forêt de montagne</p>	
<p><b>📐 Types de Sfn</b> Gestion durable d'écosystèmes</p>	
<p><b>🏠 Porteur du projet</b> Syndicat intercommunal du Haut-Chablais</p>	
<p><b>📅 Calendrier</b> 9 – 12 juin 2008</p>	
<p><b>€ Financeurs et budget</b> Union européenne (50%), Région Rhône-Alpes (30%), commune de Morzine (20%), 26 200€ TTC</p>	<p><b>Contexte réglementaire et financier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Foncier privé</li> <li>- Interreg IVa France-Suisse « Forêts de protection »</li> <li>- ZNIEFF de type I</li> </ul>



© O. Fayard

## RÉSULTATS

### Bénéfices face au risque naturel visé

**Chute de blocs** : pérennisation du rôle protecteur de la forêt contre les chutes de blocs. À l'issue des travaux, l'analyse de l'efficacité des deux types d'ouvrage (génie civil et génie écologique) a démontré une valeur de protection quasi identique.

### Bénéfices biodiversité

Les trouées de régénération ont permis le renouvellement de la dynamique des feuillus (principalement hêtre, frêne et érable) qui étaient minoritaires par rapport aux résineux et ont favorisé la diversité des essences. Le bois mort au sol constitue un substrat pour les jeunes plantules et protège la faune du sol.

### Autres bénéfices

**Qualité paysagère** : le projet, plus respectueux de la dynamique naturelle, permet d'éviter un impact paysager induit par des pratiques telles que la coupe rase en bas de versant et l'installation d'un filet de protection contre les chutes de blocs sur tout le linéaire.

## LES OBJECTIFS DU MAÎTRE D'OUVRAGE

- Favoriser le renouvellement du peuplement et freiner les chutes de blocs par des obstacles au sol.

## EN QUELQUES MOTS

Le chantier pilote de Morzine est la première réalisation du programme Interreg IVa France-Suisse « Forêts de protection » dont l'objectif est d'évaluer le rôle des forêts dans la prévention du risque lié aux chutes de blocs et avalanche.

Il s'est déroulé en juin 2008, dans la forêt des Tassonières, d'une surface de 5 ha et principalement composée de hêtraies-sapinières. La route départementale n°338 reliant Morzine et la station de ski d'Avoriaz et diverses constructions situées en aval étaient menacées par des chutes de blocs.

À la demande de la municipalité, une première étude sur le rôle protecteur de la forêt avait été réalisée en 2006 par l'ONF suite à la chute d'un arbre sur la route ayant endommagé un chalet en contrebas. Depuis 2007, des filets ont été posés par la municipalité sur 180 mètres en aval du site pour protéger la route et les constructions.

En 2008, un abattage ciblé des arbres a été réalisé pour créer 11 ouvertures dans la structure du couvert forestier (trouées) permettant la régénération sur une surface totale de 0,45 ha, soit 8 % de la surface du chantier pilote, tout en conservant une importante densité, de manière à favoriser la stabilité du peuplement à long terme et son renouvellement. Les arbres abattus, laissés au sol, ont été utilisés comme des obstacles face aux chutes de blocs. Ils constituent un maillage qui augmente la rugosité du sol et qui ralentit et modifie la trajectoire des blocs de pierres pour les piéger contre des grumes laissées à terre en travers de la pente.

Une analyse comparative des coûts annualisés des dispositifs de protection civile et écologique contre les chutes de blocs à Morzine a permis de démontrer le gain économique associé aux opérations menées dans le cadre de ce projet. En effet, les coûts ont été estimés quatre fois moins élevés (soit environ 300€/an pour l'entretien uniquement contre 1300€/an pour le génie civil) pour un niveau d'efficacité proche.

## DES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES...

**Foncier** : la nature privée de la propriété n'a pas permis de mettre en place une gestion suivie par des entretiens réguliers après le chantier pour maintenir la fonction de protection de façon optimale.

**Accessibilité** : en l'absence d'infrastructures de dessertes forestières, l'ensemble des travaux a dû être réalisé sans engin et avec des mesures de protection, ce qui a engendré des difficultés techniques, des surcoûts et une moindre efficacité des actions.

**Réticences locales** : une importante argumentation a été nécessaire pour convaincre les gestionnaires et décideurs de l'intérêt du bois laissé à terre.

## POUR ALLER PLUS LOIN

Un suivi de la biodiversité pourrait accompagner les interventions sylvicoles.

## ...ET DES LEVIERS POUR RÉUSSIR !

**Compétences techniques** : le haut niveau de technicité des bûcherons autrichiens et le professionnalisme des agents de l'ONF ont permis de mener à bien la complexité des opérations.

**Concertation** : la coopération transfrontalière a permis d'améliorer et de vulgariser les connaissances sur les forêts de protection.

## INTÉGRATION DANS LA VIE DU TERRITOIRE

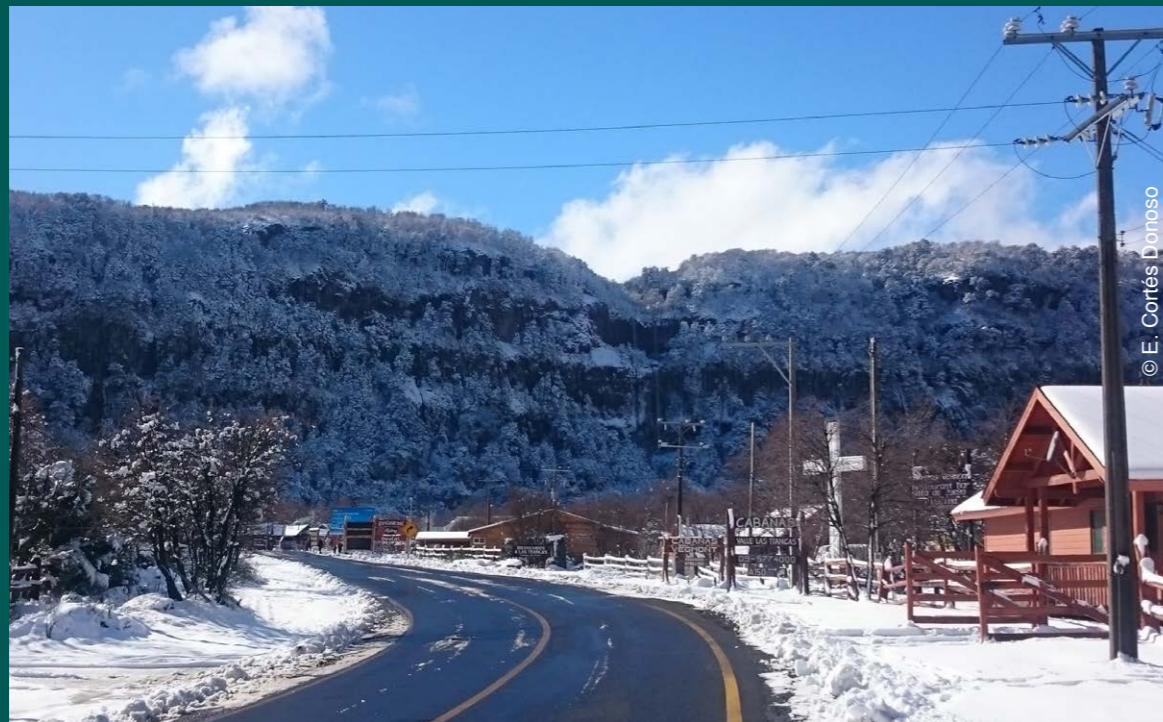
Validées au terme d'une démarche participative associant les différents partenaires du projet, deux visites de chantier ont été organisées pendant les travaux : la première avec les élus et les acteurs locaux, financeurs potentiels de futurs projets, afin de les sensibiliser aux enjeux méconnus des forêts de protection ; la seconde avec les forestiers, plus axée sur la technique.



## L'INITIATIVE EPIC AU CHILI

L'initiative EPIC (Écosystèmes Protégeant les Infrastructures et les Communautés) est une initiative mondiale mise en œuvre au Chili de 2012 à 2017 – l'un des six sites pilotes EPIC – pour concevoir et mettre en œuvre des actions pour l'adaptation fondée sur les écosystèmes (*Ecosystem-based Adaptation (EbA)*). Le concept d'EbA est l'un des principaux piliers de la promotion des Solutions fondées sur la Nature (SfN), ainsi que des mesures orientées vers la réduction des risques de catastrophe fondée sur les écosystèmes (*Ecosystem-based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR)*), démontrant les avantages de la préservation et de la restauration des écosystèmes pour protéger les populations et créer une résistance face aux impacts locaux du changement climatique. L'expérience de l'EPIC au Chili a eu un impact important sur les politiques publiques en vue de créer une stratégie nationale de restauration des paysages et des écosystèmes, en mettant l'accent sur l'adoption d'accords et de projets multi-acteurs et multi-échelles, au niveau national et régional.

Le site d'étude au Chili a été donné par la réserve de biosphère Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja, l'une des dix réserves de biosphère du pays, située entre les régions centrales de Biobío et Ñuble. Le site de l'étude se trouve au cœur de la réserve, dans la vallée de las Trancas qui est régulièrement affectée par des aléas gravitaires, notamment des avalanches et des glissements de terrain. Ces risques sont exacerbés par l'augmentation des températures et la variabilité des précipitations associées au changement climatique qui entraînent la fonte des glaciers et par l'urbanisation croissante, ce qui a un impact sur les activités économiques (ski et tourisme). Au Chili, l'initiative a été mise en œuvre par l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature) en collaboration avec de nombreuses parties prenantes aux niveaux local, régional et national, y compris des fonctionnaires gouvernementaux engagés dans la gestion des réserves, la société civile, des universitaires et des organisations non gouvernementales. Son objectif global visait à reconnaître et promouvoir la conservation des services écosystémiques forestiers dans le cadre des politiques, stratégies et programmes nationaux pour la réduction des risques naturels et l'adaptation au changement climatique.



Une évaluation de la vulnérabilité aux avalanches et de leurs interactions avec les écosystèmes forestiers a été réalisée à l'aide d'études dendrochronologiques (méthode de datation qui étudie la variation des largeurs des cernes de croissance des arbres) combinées à des modèles de simulation d'avalanches. Ils ont ensuite été partagés avec les parties prenantes locales et externes pour les aider à comprendre les facteurs actuels et potentiels de risque, ainsi que le rôle de protection des forêts saines vis-à-vis des risques gravitaires à optimiser.

En outre, une étude sur les perceptions locales des services écosystémiques de la forêt, du changement climatique et des risques naturels a généré de nouvelles informations pour alimenter les décisions locales concernant les risques naturels, le tourisme régional, la gestion de la réserve et l'adaptation au changement climatique. L'adoption de processus participatifs tels que des consultations et des ateliers avec l'ensemble des parties prenantes a contribué à renforcer la prise de conscience de la nécessité d'améliorer la capacité d'adaptation locale et d'inclure le concept de SfN comme un nouveau paradigme qui pourrait être mis en œuvre dans des domaines qui n'étaient pas directement liés à la conservation de la nature auparavant, comme les infrastructures publiques relatives aux autoroutes ou la prévention des glissements de terrain.

En parallèle, l'équipe de l'EPIC s'est engagée dans un plaidoyer politique intensif qui a abouti à l'intégration des concepts d'Eco-DRR et d'EbA et les leçons apprises par l'EPIC dans les politiques chiliennes (le plan de gestion de la réserve de biosphère, un plan national de restauration écologique et le Plan national d'adaptation au changement climatique). Il existe maintenant des mesures concrètes considérant les SfN comme l'une des principales actions d'atténuation et d'adaptation au changement climatique dans diverses politiques nationales et instruments de planification et, plus récemment, au cœur de la loi-cadre nationale promulguée sur le changement climatique.





## LA GESTION DURABLE ET LA RESTAURATION D'UNE MOSAÏQUE DE MILIEUX INTRA-FORESTIERS

La gestion durable et la restauration d'une mosaïque de milieux ouverts et semi-ouverts (clairières, pelouses, fourrés, haies arbustives, prairies, friches, etc.) au sein des massifs forestiers participent à la création de paysages moins propices à la propagation des feux de cimes, en limitant la puissance des feux et en réduisant leurs dommages. Aussi, la préservation des peuplements matures à forte densité de canopée dans les milieux fermés de ces massifs aboutit à la réduction naturelle du sous-bois, donc de la quantité de combustible, et au maintien du feu au sol (feu de surface), ce qui contribue à la réduction du risque incendie.

Des milieux ouverts et semi-ouverts intra-forestiers offrent également des conditions de vie pour un cortège remarquable d'espèces animales et végétales, dont beaucoup sont protégées au titre de la Directive Habitats Faune Flore<sup>87</sup>. À l'échelle des paysages, l'hétérogénéité des habitats améliore la résilience des écosystèmes forestiers face aux diverses perturbations.

Plusieurs méthodes de gestion durable de ces milieux peuvent être utilisées, seules ou combinées entre elles pour réduire la quantité de combustible, en fonction des caractéristiques du milieu considéré :

- Le débroussaillage mécanique manuel permet d'éviter le tassement et le remaniement du sol par les engins mécaniques lourds. Réalisé en hiver, il permet de laisser les produits de coupes (herbes sèches, foin, petits ligneux, etc.) se dégrader tout en évitant leur inflammation ;
- Le maintien de milieux ouverts par des pratiques d'agriculture interstitielle durable (cultures de printemps) ou de vergers (arbres fruitiers, noyers, oliviers, etc.), qui peuvent apporter d'autres bénéfices pour les territoires (approvisionnement en produits alimentaires, régulation de l'eau, activités socio-économiques, etc.) ;
- L'éco-pastoralisme<sup>88</sup> permet de maîtriser l'embroussaillage pour limiter la présence d'un sous-étage inflammable (herbacées et ligneux). En hiver, l'entretien de pelouses rases d'altitude permet également de maintenir le manteau neigeux et de prévenir le risque d'avalanche dans les zones où il est présent. Cette méthode peut être associée à l'agriculture durable (agro-pastoralisme) ou à la sylviculture (sylvo-pastoralisme) ;
- Les brûlages pastoral<sup>89</sup> et dirigé<sup>90</sup> permettent de réduire la masse végétale combustible en sous-bois ou dans les formations non arborées et de rouvrir des espaces embroussaillés voire de maintenir des milieux ouverts, là où le pâturage des animaux ne suffit plus.

Pour s'assurer des bénéfices pour la biodiversité, le choix et la mise en œuvre des actions présentées ci-dessus doivent reposer au préalable sur un diagnostic écologique de ces milieux (types de sol, de strate herbacée, de milieu forestier, etc.) : d'une part pour éviter une pression d'herbivorie domestique trop importante et une dégradation de la nature des sols par l'enrichissement en azote des milieux ouverts sur des sols pauvres ; d'autre part, pour respecter la saison des interventions, afin de ne pas impacter les cycles de vies d'espèces protégées comme la nidification et la reproduction

\* **Eco-pastoralisme** : entretien de pâturages par l'élevage extensif d'animaux herbivores.

\*\* **Brûlage pastoral** : feu courant réalisé sur un espace défini par un particulier propriétaire du terrain, éventuellement par des professionnels du feu, en périodes hivernales et uniquement sur la partie aérienne de la végétation.

\*\*\* **Brûlage dirigé** : allumage d'un feu par des équipes de débroussaillage spécialisées sur un périmètre visant à canaliser un incendie pour le réduire, éteindre une lisière qui présente des signes de reprise ou créer une zone de refuge pour mettre en sécurité les forces de secours.



## LES ENJEUX DE CONSERVATION DES MILIEUX OUVERTS ET SE- MI-OUVERTS INTRA-FORESTIERS

Actuellement, la dynamique naturelle des écosystèmes forestiers tend vers une fermeture des milieux, en particulier en régions montagnardes et méditerranéenne, en raison de la déprise pastorale. Cette dynamique peut constituer une menace pour certains milieux ouverts qui abritent souvent une biodiversité riche et menacée. Le maintien et la restauration de milieux ouverts au sein des massifs forestiers peuvent présenter des bénéfices au niveau des sols et aussi pour de nombreuses espèces associées à ces milieux parmi les végétaux, les champignons, les insectes, les oiseaux et les mammifères. De plus, certaines espèces nécessitent la juxtaposition de milieux fermés et ouverts pour assurer leur cycle biologique<sup>91</sup>. Ces écosystèmes peuvent donc abriter des espèces rares comme la Vigne sauvage (*Vitis sylvatica*) en zone méditerranéenne<sup>84</sup>.

Dans le cadre du réseau Natura 2000, le Parc naturel régional des Alpilles a lancé le projet LIFE des Alpilles pour réduire le risque incendie, tout en maintenant et rétablissant la population de 13 espèces d'oiseaux protégées au titre de la Directive Habitats Faune Flore. Ce projet de réouverture du massif des Alpilles a permis d'identifier les solutions visant à augmenter les secteurs de mosaïques ouvertes traditionnelles favorables à la biodiversité, gérées par le pâturage et garantant d'une meilleure prévention des incendies<sup>92</sup>.





# PROJET INTERREG MED-FORESTE

<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Risques naturels visés</b> Incendie</li> <li><b>Écosystème concerné</b> Forêt méditerranéenne</li> <li><b>Types de Sfn</b> Gestion durable d'écosystèmes</li> <li><b>Porteur du projet</b> Parc national de Port-Cros</li> <li><b>Calendrier</b> 2019 – 2022</li> <li><b>Financeurs et budget</b> Union européenne (85%), Parc national de Port-Cros (15%), 242 631€</li> </ul>	<p><b>Situation géographique</b> Région Sud, département du Var, parc national de Port-Cros : île de Porquerolles, Cap Lardier et La Croix-Valmer</p> 		<h2>SUIVI DU PROJET ET PARTENARIATS</h2> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Suivis de la végétation</b> : un protocole de suivi de placettes forestières commun aux sites pilotes du projet a été élaboré pour déterminer l'efficacité des actions mises en œuvre au regard des autres modes de gestion du combustible réalisés par les 7 autres partenaires franco-italiens du projet.</li> <li><b>Suivis météorologiques</b> : des stations météorologiques ont été mises en place sur les deux sites d'étude pour suivre l'évolution de l'hygrométrie du combustible et de la température durant les périodes à risque d'incendie.</li> <li><b>Suivis de la dynamique des combustibles forestiers</b> : des indicateurs techniques et socio-économiques ont été utilisés pour l'évaluation des effets de la réduction du risque d'incendie sur les combustibles forestiers (séquestration du carbone, impact environnemental de chaque type d'intervention, etc.).</li> </ul>			
<p><b>Contexte réglementaire et financier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parc national</li> <li>- Interreg maritime</li> </ul>		<h2>RÉSULTATS</h2> <table border="0"> <tr> <td data-bbox="1632 871 2003 1207"> <p><b>Bénéfices face au risque naturel visé</b> <b>Incendie</b> : diminution de la vulnérabilité du peuplement à travers la lutte contre les espèces exotiques envahissantes pyrophiles et l'élimination de la biomasse combustible au profit d'espèces endémiques moins inflammables.</p> </td> <td data-bbox="2003 871 2389 1207"> <p><b>Bénéfices biodiversité</b> <b>Flore</b> : en phase initiale du projet, le pâturage asin et les actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes ont eu pour effet d'éliminer la biomasse combustible au profit d'espèces indigènes (Fragon petit-houx, chêne, etc.).</p> </td> <td data-bbox="2389 871 2789 1207"> <p><b>Autres bénéfices</b> <b>Qualité paysagère et attractivité touristique</b> : les actions participent à la préservation d'un patrimoine environnemental et bénéficient au secteur du tourisme, moteur économique de la région.</p> </td> </tr> </table>		<p><b>Bénéfices face au risque naturel visé</b> <b>Incendie</b> : diminution de la vulnérabilité du peuplement à travers la lutte contre les espèces exotiques envahissantes pyrophiles et l'élimination de la biomasse combustible au profit d'espèces endémiques moins inflammables.</p>	<p><b>Bénéfices biodiversité</b> <b>Flore</b> : en phase initiale du projet, le pâturage asin et les actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes ont eu pour effet d'éliminer la biomasse combustible au profit d'espèces indigènes (Fragon petit-houx, chêne, etc.).</p>	<p><b>Autres bénéfices</b> <b>Qualité paysagère et attractivité touristique</b> : les actions participent à la préservation d'un patrimoine environnemental et bénéficient au secteur du tourisme, moteur économique de la région.</p>
<p><b>Bénéfices face au risque naturel visé</b> <b>Incendie</b> : diminution de la vulnérabilité du peuplement à travers la lutte contre les espèces exotiques envahissantes pyrophiles et l'élimination de la biomasse combustible au profit d'espèces endémiques moins inflammables.</p>	<p><b>Bénéfices biodiversité</b> <b>Flore</b> : en phase initiale du projet, le pâturage asin et les actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes ont eu pour effet d'éliminer la biomasse combustible au profit d'espèces indigènes (Fragon petit-houx, chêne, etc.).</p>	<p><b>Autres bénéfices</b> <b>Qualité paysagère et attractivité touristique</b> : les actions participent à la préservation d'un patrimoine environnemental et bénéficient au secteur du tourisme, moteur économique de la région.</p>				
<h2>LES OBJECTIFS DU MAÎTRE D'OUVRAGE</h2> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluer l'impact et les bénéfices de la mise en place d'un sylvo-pastoralisme asin (avec des ânes).</li> <li>• Approfondir des mesures de prévention de la vulnérabilité des forêts du parc face aux incendies.</li> </ul>						

## EN QUELQUES MOTS

Le projet Interreg Marittimo « MED-Foreste » est un projet transfrontalier franco-italien dont la zone constitue l'une des principales destinations touristiques d'Europe et où l'aléa incendie représente un risque majeur pour les biens, les personnes, le patrimoine naturel du parc et les activités économiques. Il a pour objectif d'augmenter la résilience des forêts dans un contexte de changement climatique en agissant sur l'origine des incendies et en élaborant de nouvelles actions pour améliorer la capacité des institutions publiques à prévoir et gérer ce risque.

Dans le cadre de ce projet, le Parc national de Port-Cros a notamment mis en place un test expérimental de sylvo-pastoralisme asin (avec l'arrivée de quatre ânesses) couplé à des actions de débroussaillage ponctuel, sur des secteurs du parc particulièrement vulnérables au risque d'incendie. L'objectif est d'évaluer l'efficacité de cette démarche sur la réduction du combustible et l'impact du pâturage des ânesses et de leur piétinement sur le mimosa, espèce exotique envahissante et pyrophile.

Cette action est accompagnée par la mise en place de chantiers d'insertion sur 1,5 ha d'une zone de départ de l'incendie de 2017 pour renforcer les actions de débroussaillage (autour des pistes DFCl, des pinèdes d'arrière-plages, etc.) et la lutte contre les espèces exotiques envahissantes et pyrophiles (mimosa, figuier de Barbarie, chèvrefeuille du Japon, cannes de Provence et eucalyptus).

Ces travaux ont vocation à démontrer l'efficacité et les bénéfices d'un débroussaillage réalisé par du sylvo-pastoralisme asin et ainsi rendre cette action pérenne au sein du parc, en remplacement ou en complément du débroussaillage mécanique et du brûlage dirigé. La diffusion de la culture de la prévention des incendies vers les administrateurs locaux et les citoyens permettra une réduction des coûts liés à l'impact des incendies et une préservation du patrimoine environnemental et paysager des forêts.

## DES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES...

**Montage et suivi** : le projet demande des moyens et des démarches administratives supplémentaires et parfois complexes.

## INTÉGRATION DANS LA VIE DU TERRITOIRE

Ce projet transfrontalier permettra une transmission de la connaissance acquise et capitalisée sous la forme d'un manuel d'aide à la décision pour les élus et gestionnaires de forêts. Des communiqués de presse et des posts sur les réseaux sociaux ont été réalisés tout au long du projet pour communiquer ces actions aux citoyens locaux, aux visiteurs et aux abonnés sensibles aux actions du Parc.

## ...ET DES LEVIERS POUR RÉUSSIR !

**Compétences techniques** : la mise en œuvre du test expérimental de sylvo-pastoralisme requiert de bonnes connaissances de la flore méditerranéenne et du risque d'incendie de forêt, ainsi que des compétences en cartographie.

**Financements** : ils constituent un levier majeur, car ils ont notamment permis d'embaucher une chargée de mission dédiée à ce projet.

**Formation des acteurs** : la spécialisation des parties prenantes est un atout pour l'élaboration du projet.

## POUR ALLER PLUS LOIN

Le projet est répliquable sur d'autres territoires, notamment ceux possédant des écosystèmes méditerranéens.



# ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE BRÛLAGES COMBINÉS À DU PÂTURAGE DANS LES LANDES À GENÊT PURGATIF

**Risques naturels visés**  
Incendie

**Ecosystème concerné**  
Landes ouvertes

**Types de Sfn**  
Restauration et gestion durable d'écosystèmes

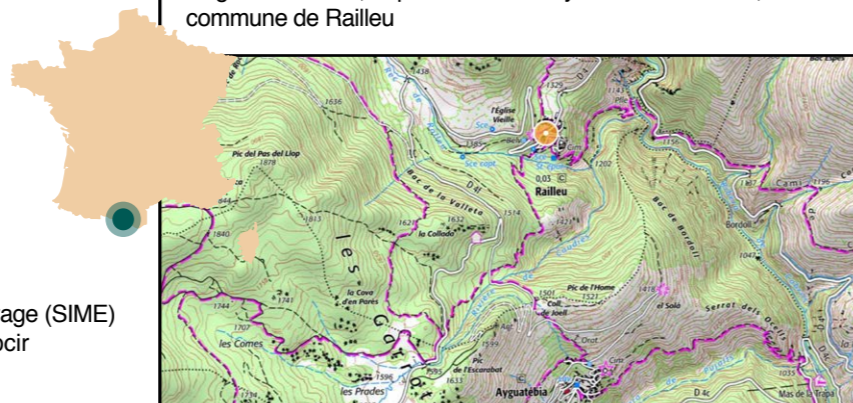
**Porteur du projet**  
Service Interdépartemental Montagne Élevage (SIME)  
Syndicat des Éleveurs de Cerdagne-Capcir

**Calendrier**  
Suivis expérimentaux : 1996 – 2004  
Gestion de l'estive collective : 1990 – En cours

**Financeurs et budget**  
Ministère de l'Énergie et de l'Aménagement du territoire (33%), Union européenne (17%), INRA (26%), CNRS (9%), ONCFS (9%), SIME (6%), 110 000€ HT

## Situation géographique

Région Occitanie, département des Pyrénées-Orientales, commune de Railleu



## Contexte réglementaire et financier

- Parc Naturel Régional (PNR) des Pyrénées catalanes
- Forêts domaniales, communales et privées
- Plan d'Aménagement Forestier contre les Incendies (PAFI) du Conflent
- Site NATURA 2000
- ZNIEF de type II



## SUIVI DU PROJET ET PARTENARIATS

- **Suivis de la dynamique végétale** : la dynamique végétale a été analysée sur les trois parcelles permanentes retenues. Des indicateurs caractérisant le risque d'incendie, la diversité floristique, la qualité pastorale du milieu et la protection des sols ont été suivis.
- **Suivis de l'avifaune** : une analyse des variables environnementales influençant l'occupation de l'habitat par les oiseaux et les conséquences de l'utilisation du feu dans la gestion des parcours a été conduite.

## RÉSULTATS

**Bénéfices face au risque naturel visé**  
**Incendie** : la parcelle soumise au brûlage-pâturage raisonné a montré le plus faible niveau de biomasse combustible atteint.

**Bénéfices biodiversité**  
**Flore** : les résultats ont démontré que la composition et la structure des communautés végétales des

parcelles les plus intensivement traitées par les brûlages dirigés restent stables.

**Avifaune** : les résultats ont démontré les bénéfices associés à la gestion des espaces ouverts par le feu qui offrent des habitats pour des passereaux nicheurs méditerranéens en déclin (comme les Alouettes calandre et pispolette).

**Autres bénéfices**  
**Protection des sols** : la combinaison de brûlages dirigés périodiques au pâturage bovin et équin préserve le tapis herbacé et les sols du risque d'érosion par rapport au débroussaillage mécanique ou à une emprise du pâturage non adaptée.

## LES OBJECTIFS DU MAÎTRE D'OUVRAGE

- Prévenir le risque d'incendie.
- Favoriser la mise en place d'une gestion pastorale raisonnée du site.

## EN QUELQUES MOTS

Située sur le massif de Madres, l'estive de Caudiès-Railleu s'étend sur plus de 1 500 ha, dont 60% de la surface est fortement boisée. Au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, cette zone a été successivement cultivée, abandonnée par l'agriculture et colonisée par les accrues de pins et les landes, pâturée de manière extensive puis brûlée par des feux sauvages parfois incontrôlés. Le risque d'incendie est particulièrement important sur le site de Railleu, où la végétation est dominée par le Genêt purgatif très combustible, et marqué par les sécheresses récurrentes, les vents violents et la forte fréquentation touristique.

Durant l'été 1994, un important incendie a ravagé une partie du site. À la fin des années 1990, la reconquête des anciens prés de fauche, jasses et lisières de forêt est ainsi identifiée comme un enjeu majeur par le Syndicat des Éleveurs de Cerdagne Capcir, qui assure la gestion pastorale de cette estive collective. Le SIME initie ainsi une relance de l'élevage de bétail et propose un nouveau système de gestion qui combine des brûlages dirigés périodiques en hiver, avec un pâturage intensif avec des génisses et des chevaux. Les brûlages dirigés permettent de limiter l'envahissement de ces zones de bonne valeur pastorale et de prévenir le risque d'incendie, mais suscitent à cette époque une certaine réticence locale.

Cette étude expérimentale a été menée dans le cadre du projet européen FIRE TORCH, conçu pour étendre et consolider l'utilisation du brûlage dirigé en Europe du Sud. Entre 1996 et 2000, un dispositif de suivi a été mis en place sur un versant situé entre 1 500 m et 1 600 m de l'estive collective, d'une surface totale de 115 ha. Le diagnostic expérimental vise à mieux comprendre les effets environnementaux de brûlages dirigés périodiques combinés au pâturage bovin et équin sur les landes à Genêt purgatif, puis de comparer l'impact de cette séquence technique à celui de l'incendie et de la non-intervention.

L'étude montre ainsi l'augmentation du risque d'incendie généré par l'abandon du milieu par l'agriculture. Ainsi, les séquences opérationnelles qui combinent brûlages dirigés périodiques (1 à 7 ans) et pâturage représentent une stratégie appropriée pour la réduction du risque incendie et la réhabilitation des prairies de montagne sur les versants dégradés de moyenne altitude des Pyrénées orientales. Le versant expérimental fait aujourd'hui l'objet de mesures agro-environnementales pour le maintien de la qualité paysagère et le développement des zones d'estive.

## DES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES...

**Montage et suivi** : l'accompagnement du brûlage dirigé, le montage et le suivi des plans pastoraux, ainsi que la gestion au quotidien des Groupements pastoraux départementaux nécessitent du temps.

**Compétences techniques** : à la fois pour la gestion pastorale et le brûlage dirigé. Pour cela, des formations destinées aux éleveurs, un accompagnement technique et une formation initiale ont été mis en œuvre.

## INTÉGRATION DANS LA VIE DU TERRITOIRE

Ces résultats ont permis de favoriser la mise en place d'une gestion pastorale raisonnée du site, combinée au brûlage dirigé comme outil de reconquête, puis d'entretien régulier des milieux ouverts. Cette expérimentation scientifique a contribué à légitimer cette technique sur d'autres estives des Pyrénées orientales, dont une quarantaine font désormais l'objet d'un plan pastoral.

## ...ET DES LEVIERS POUR RÉUSSIR !

**Soutien institutionnel et politique** : soutien des pompiers, de la Direction départementale des territoires et de la mer (DDTM) et des élus locaux.

**Concertation** : le brûlage dirigé relève d'une politique concertée (suivis, programmes réguliers, projets validés tous les 5 ans). Pour toutes les opérations de brûlage sur les différents sites, la cellule départementale est en lien avec les communes et acteurs locaux (agents du PNR et de l'ONF, Fédération des Associations Foncières Pastorales et des Groupements Pastoraux, etc.).

## POUR ALLER PLUS LOIN

Rigolot, E., Lambert, B., Pons, P., Prodon, R., 2002. Management of a mountain rangeland combining periodic prescribed burnings with grazing: impact on vegetation. In Fire and Biological Processes, Edited by Trabaud L. and R. Prodon, pp.325-337.



## LE PROJET FIRESMART : DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE POUR LA GESTION « INTELLIGENTE » DU RISQUE INCENDIE AU PORTUGAL ET EN ESPAGNE

FirESmart est un projet de recherche collaborative de quatre ans (2019-2023), financé par la Fondation pour la science et la technologie (FCT) du Portugal, qui cherche des Solutions fondées sur la Nature pour maximiser les bénéfices entre la prévention des incendies, la fourniture durable de services écosystémiques et la préservation de la biodiversité.

Le projet est mis en œuvre dans deux aires transfrontalières pilotes entre le Portugal et l'Espagne : la réserve de biosphère Gerês-Xurés et la réserve de biosphère Meseta Ibérica. Ces deux zones rurales de montagne abritent un riche patrimoine culturel et naturel, mais sont particulièrement affectées par la déprise agricole, qui entraîne une accumulation de combustible, et les incendies de forêt, dont l'impact devrait augmenter dans un avenir proche en raison des effets du changement climatique et des programmes de reboisement à grande échelle (avec des espèces à croissance rapide et inflammables). En outre, les politiques locales de gestion des incendies sont principalement axées sur la suppression des feux sans tenir compte des questions de gestion du paysage, ce qui est susceptible d'amplifier le problème.

FirESmart est né de la volonté d'agir dans une démarche intégrée tenant compte des dimensions écologiques et socio-économiques du problème, en s'appuyant sur des collaborations transnationales entre les gestionnaires et les parties prenantes locales issues de différents secteurs (protection civile, gouvernement, conservation de la nature, sylviculture et agriculture, propriétaires terriens, recherche, etc.), afin de développer des scénarios de gestion des incendies qui doivent permettre de mieux informer les décideurs politiques et les populations locales sur la gestion des incendies et l'utilisation des terres.



Une étude sur la perception du risque et les modalités de gestion du feu menée auprès des parties prenantes des deux sites pilotes a d'abord mis en lumière le consensus quant à la nécessité de l'intervention humaine – en particulier pour le maintien de milieux ouverts – et des politiques de prévention plutôt que de suppression des incendies. L'équipe de chercheurs a ensuite utilisé des modèles mathématiques et informatiques pour étudier des interventions de gestion des incendies selon différents scénarios, parmi lesquels la « gestion intelligente du feu » (*firesmart management*). Cette approche intégrée repose sur la réduction du combustible par la reprise de l'agriculture extensive et les activités agroforestières, la sélection d'espèces moins inflammables et l'entretien d'une mosaïque de paysages pour favoriser des écosystèmes moins inflammables et/ou plus résilients après feu, afin de réduire les impacts socio-économiques du feu tout en maximisant ses avantages pour la préservation de la biodiversité et la fourniture durable de services écosystémiques (production de bois, approvisionnement en eau, stockage de carbone, etc.). Enfin, une analyse des coûts-bénéfices réalisée à l'aide de modèles bioéconomiques doit permettre d'identifier des solutions « gagnant-gagnant » en termes de valeurs écologiques et socio-économiques pour une gestion durable et rentable.

Ce travail a démontré la manière dont les politiques d'aménagement du territoire visant à promouvoir la reprise des activités agricoles peuvent permettre de réduire le risque d'incendie, en créant davantage de milieux ouverts et en réduisant le combustible disponible, tout en produisant des bénéfices pour la biodiversité et les activités humaines. Il a également souligné le rôle joué par certaines espèces d'arbres dans l'évolution du feu, telles que les chênes indigènes par rapport aux pins très inflammables, ainsi que l'intérêt des zones laissées en libre évolution pour certaines espèces inféodées à ces milieux et pour la régulation du climat, lorsque l'abandon du territoire est inévitable.

Un transfert ciblé des résultats (vidéo, brochures et *policy brief*) vers des utilisateurs finaux spécifiques est prévu, afin de sensibiliser les parties prenantes au projet, la société civile dans son ensemble, les responsables politiques et les décideurs, les pompiers et les gestionnaires d'aires protégées.





## LA GESTION DURABLE DES FORÊTS

## DIVERSIFIÉES ET LA RESTAURATION DES

## PEUPELEMENTS DÉGRADÉS

Des forêts diversifiées en structure d'âge, en composition en espèces et en patrimoine génétique au sein d'une même espèce favorisent la stabilité des peuplements et maximisent la protection globale contre les risques gravitaires et la préservation de la biodiversité. En fonction de la combinaison des mélanges en espèces, elles peuvent contribuer à limiter la propagation du feu et ainsi réduire le risque incendie. Cette complexité des forêts diversifiées permet en outre leur régénération suite aux perturbations.

Des espèces adaptées à leur station forestière (climat local, relief, sol et végétation naturelle) favorisent également l'adaptation aux changements climatiques et la résistance face aux bioagresseurs. Cette complexité offre enfin une grande variété de niches écologiques et de ressources pour une diversité d'espèces fongiques, végétales et animales, tout en fournissant une variété de services écosystémiques pour les territoires (qualité paysagère, attractivité touristique, plus-value économique, ressources alimentaires, etc.).

Concernant les risques gravitaires, plusieurs méthodes de gestion durable ou de restauration peuvent être mises en place pour augmenter la robustesse des peuplements face aux aléas gravitaires (liste non exhaustive) :

- Le maintien d'un couvert forestier permanent dans le temps en mettant en place de la futaie irrégulière (voir encadré) et, en particulier, la futaie jardinée qui optimise le plus les fonctions de protection contre les risques gravitaires et de préservation de la biodiversité ;

- L'accompagnement de la régénération naturelle vers un mélange d'essences indigènes favorisant la fonction de protection vis-à-vis des aléas gravitaires par la coupe progressive d'espèces dominantes et/ou concurrentes. Il peut s'agir de favoriser les feuillus pour faire obstacle aux projectiles rocheux en mouvement, des résineux pour stabiliser le manteau neigeux face aux avalanches et des buissons et arbres à enracinement profond (aulnes, chênes, sapins, etc.) pour limiter les glissements de terrain superficiels ;

- Le reboisement des versants dégradés de montagne ne pouvant se reconstituer naturellement ou dont les essences locales sont vulnérables aux variations climatiques, en mélangeant des espèces indigènes et adaptées aux conditions stationnelles locales, afin de donner au peuplement une stabilité et réduire les risques gravitaires.

### LA FUTAIE IRRÉGULIÈRE

Le traitement en futaie irrégulière est un mode de sylviculture visant à limiter les impacts écologiques et les coûts des travaux, tout en favorisant la résilience des peuplements et en maintenant une bonne qualité de bois. *A contrario* de la futaie régulière, où les âges des arbres sont sensiblement identiques, les peuplements en futaie irrégulière sont caractérisés par la cohabitation d'arbres d'âge, de hauteur et de diamètre variés sur une même parcelle<sup>93</sup>. Elle peut notamment être conduite par individus (futaie jardinée par pied d'arbres) ou par bouquets (futaie jardinée par bouquets), en fonction des exigences en lumière des espèces<sup>94</sup>. Ces peuplements sont généralement diversifiés dans leur composition en essences<sup>95</sup>, ce qui bénéficie également à la biodiversité locale.

L'entretien de ces peuplements repose sur des coupes progressives réalisées tous les 8 à 10 ans qui permettent de leur apporter de la lumière. Ces ouvertures favorisent l'implantation naturelle de semis, assurant ainsi la régénération naturelle de la forêt tout en maintenant le couvert forestier dans le temps<sup>93</sup>.



Concernant le risque incendie, plusieurs méthodes de gestion durable et de restauration écologique peuvent être mises en place pour infléchir la dynamique du feu et réduire le risque incendie (liste non exhaustive) :

- L'accompagnement de la dynamique des espèces indigènes à faible inflammabilité (érables, aulnes, frênes, bouleaux, etc.) et à couvert dense (chênes verts, hêtres, sapins, châtaigniers, etc.) par la coupe progressive d'espèces dominantes et/ou concurrentes, de manière à assurer au sol une ombre continue, défavorable à la croissance du sous-bois combustible ;

- Le reboisement des zones incendiées ne pouvant pas se reconstituer naturellement ou dont les espèces locales sont vulnérables aux variations climatiques, en recourant à un mélange en espèces indigènes à faible inflammabilité et à couvert dense, afin de réduire la vulnérabilité des peuplements au feu.

Certaines combinaisons d'espèces à plus forte inflammabilité sont toutefois susceptibles d'accroître la sensibilité au feu des peuplements, tandis qu'une forte diversité de strates peut favoriser le risque de propagation du feu en surface vers la canopée. Il convient ainsi d'établir un diagnostic préalable (structure et composition en espèces, y compris du sous-bois), stationnel et écologique, afin d'identifier les bonnes combinaisons d'espèces et des modes de sylviculture. Il peut être nécessaire de créer des ruptures verticales de combustible par évacuation de certaines masses végétales combustibles du sous-étage (par exemple, en élaguant les branches mortes basses des arbres, en éliminant les arbustes à forte inflammabilité et en préservant ceux qui sont résistants au feu).

## LES ENJEUX DE LA MIGRATION ASSISTÉE

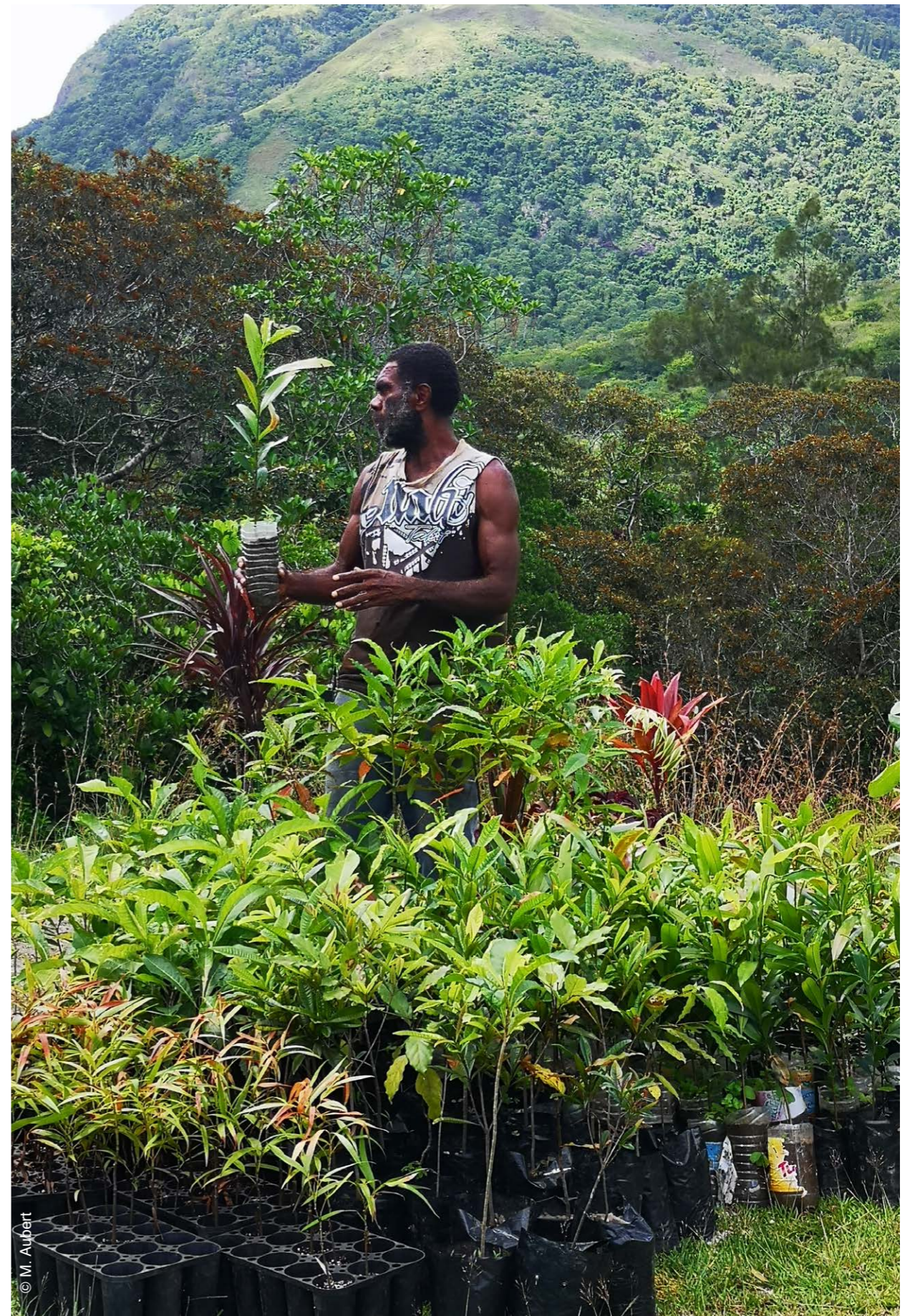
Les changements climatiques constituent une menace pour de nombreuses essences qui ne parviennent pas à s'adapter à la vitesse de modification des caractéristiques de leur environnement et ainsi à se maintenir en station forestière. En effet, les capacités de migration naturelle des essences forestières vers des zones où les conditions environnementales deviennent favorables sont très faibles. Ce phénomène est exacerbé par la fragmentation des paysages et la régression des disperseurs de pollen et de graines<sup>96</sup>.

La « migration assistée » d'essences forestières a pour but d'accélérer le processus de migration des essences indigènes, en les assistant de façon périodique dans leur déplacement vers un site où les conditions leur sont favorables<sup>97</sup>. Cette méthode peut être réalisée au sein d'une même essence ou avec des essences plus méridionales ou de plus basses altitudes, mais qui ont co-évolué au sein d'écosystèmes proches. La diversification des provenances de chaque espèce en favorisant celles provenant des milieux où le climat actuel correspond au climat attendu dans le site d'introduction permet d'accroître la diversité génétique des peuplements et d'améliorer ainsi leur adaptabilité<sup>98</sup>.

Cette pratique est à différencier de l'« introduction d'essences exotiques », qui n'ont pas co-évolué avec les écosystèmes forestiers dans lesquels on les introduit, ou du « forçage génétique » ayant pour objectif que l'essence introduite modifie génétiquement les descendants d'essences indigènes<sup>16</sup>.

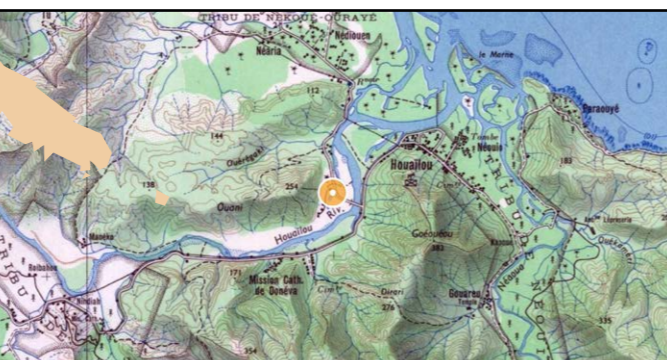
L'introduction d'essences exotiques présente des risques majeurs en raison de ses effets potentiels sur la biodiversité locale et les fonctionnalités des écosystèmes. De plus, une essence exotique introduite peut tout à fait devenir envahissante et conduire à la disparition de la biodiversité indigène. Elle peut entraîner, de surcroît, l'introduction non intentionnelle de bioagresseurs qui nuiraient à des essences indigènes, n'ayant pas développé de défenses contre ceux-ci<sup>99</sup>.

Enfin, elle peut modifier les conditions environnementales locales, par exemple en procurant un ombrage permanent plutôt que saisonnier ou en modifiant le régime naturel de perturbations (augmentation du risque incendie du fait du niveau élevé d'inflammabilité de certaines essences exotiques, par exemple)<sup>98</sup>.





# RESTAURATION DES ÉCOSYSTÈMES POUR LA PRÉVENTION DES RISQUES ET LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

<p><b>! Risques naturels visés</b> Glissement de terrain et incendie</p>	<p><b>Situation géographique</b> Nouvelle-Calédonie, districts coutumiers de Lewéo et de Bas-Nindiah, commune d'Houaïlou</p>
<p><b>🌿 Écosystème concerné</b> Forêt humide</p>	
<p><b>📍 Types de Sfn</b> Restauration d'écosystèmes dégradés</p>	<p><b>Contexte réglementaire et financier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Forêt domaniale</li> <li>- Périmètres de protection des eaux de captages d'alimentation en eau potable</li> </ul>
<p><b>🏛️ Porteur du projet</b> Mairie d'Houaïlou</p>	
<p><b>📅 Calendrier</b> 2018 – 2021</p>	
<p><b>💰 Financeurs et budget</b> ADEME (56%), groupe minier Eramet-SLN (34%), industrie hydro-électrique ENERCAL (5%), commune d'Houaïlou (5%), 1 463 000€</p>	



## SUIVI DU PROJET ET PARTENARIATS

- **Suivis des opérations du projet** : des dispositifs de suivi participatifs et pérennes suivront l'évolution de la stabilité du sol, de la qualité biologique des cours d'eau et des écosystèmes forestiers, ainsi que les impacts socio-économiques.
- **Suivis de la biodiversité** : des négociations ont été menées avec les partenaires institutionnels, industriels et techniques de la commune pour le financement à long terme des dispositifs de suivi (télédétection, bioindicateurs macro-invertébrés benthiques, transects, suivis standardisés de l'herpétofaune, etc.).

## LES OBJECTIFS DU MAÎTRE D'OUVRAGE

- Prévenir les risques d'érosion des sols, d'inondation, de glissement de terrain et d'incendie.
- Favoriser la régénération forestière sur le bassin versant pour permettre un gain de biodiversité.
- Contribuer au développement durable des communautés locales.

## RÉSULTATS

<p><b>Bénéfices face aux risques naturels visés</b></p> <p><b>Glissement de terrain</b> : amélioration de la perméabilité et stabilisation des sols permettant de limiter le risque.</p> <p><b>Incendie</b> : diminution de l'inflammabilité des forêts grâce à la régulation des espèces exotiques envahissantes.</p>	<p><b>Bénéfices biodiversité</b></p> <p><b>Flore</b> : réintroduction d'un cortège d'espèces endémiques comme le Kaori de forêt et le Palétuvier de montagne ou indigènes telles que le Cerisier bleu. La régénération naturelle d'espèces complémentaires, sources de nourriture pour certaines espèces d'oiseaux et de roussettes disparues, est attendue.</p>	<p><b>Autres bénéfices</b></p> <p><b>Risques liés à l'eau</b> : atténuation de l'érosion des sols et réduction des risques d'inondation et d'assec.</p> <p><b>Développement socio-économique</b> : développement d'activités économiques durables (agroforesterie, chasse participative, etc.).</p>
--	--	---

## EN QUELQUES MOTS

Le 22 novembre 2016, des intempéries d'une rare intensité ont provoqué d'importantes inondations et des glissements de terrain meurtriers, qui ont causé le décès de 8 personnes et environ 10 millions d'euros de dégâts dans la commune d'Houaïlou. Cette catastrophe a mis en évidence l'importance de préserver et restaurer les écosystèmes pour prévenir les risques naturels et renforcer la résilience des communautés locales face aux changements climatiques.

Celles-ci comprennent des techniques de restauration directes (remodelage des reliefs, dispositifs anti-érosion de types fascines dans les zones de décrochement, régulation des espèces exotiques envahissantes, dont l'élimination de 20 ha de Pin caraïbe en prolifération et plantation d'une centaine d'espèces forestières endémiques) et indirectes (mise en défens de la zone de plantation contre la dégradation des ongulés envahissants et espace consacré à la régénération naturelle).

Le projet REPRISÉ, conçu et porté par la commune d'Houaïlou en réponse à ce besoin, est lauréat d'un appel à projet national de l'ADEME pour les « sites pilotes pour la reconquête de la biodiversité ». Il a pour objectif de restaurer les écosystèmes terrestres pour atténuer l'érosion des sols, prévenir les risques d'assec, de glissement de terrain et d'inondation, mais aussi de réduire le risque d'incendie. La commune a ainsi mis au point diverses mesures de restauration sur les 40 ha de zones identifiées comme prioritaires (bassins versants d'alimentation en eau potable, anciens sites miniers et zones de forts apports terrigènes liés à l'activité des cerfs et cochons sauvages et à la récurrence des feux).

Initié en avril 2018 pour une durée prévisionnelle de 3 ans, REPRISÉ se caractérise par un système de gouvernance innovant et participatif qui permet aux communautés locales de s'impliquer dans la cogestion de l'environnement, aux côtés des institutions, des partenaires techniques et des industriels co-financeurs du projet, dans une perspective de pérennisation des activités entreprises.

## DES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES...

- **Montage et suivi** : la complexité de ce projet inclut une charge de travail très importante dans tous les aspects de sa mise en œuvre.
- **Mobilisation des acteurs** : le volet opérationnel est dépendant de la disponibilité et de la mobilisation des communautés locales parfois soumises à des contraintes coutumières (deuils, mariages, etc.), ce qui a occasionnellement allongé la durée de certains chantiers.

## ...ET DES LEVIERS POUR RÉUSSIR !

- **Financements** : le succès des réalisations et la popularité locale du projet ont contribué à convaincre les investisseurs privés de compléter le plan de financement de REPRISÉ, afin de poursuivre les activités sur le long terme.
- **Gouvernance participative** : l'inclusion des représentants coutumiers dans la gouvernance et le haut niveau de concertation des communautés locales a permis d'obtenir et de nourrir l'adhésion de la population.

## INTÉGRATION DANS LA VIE DU TERRITOIRE


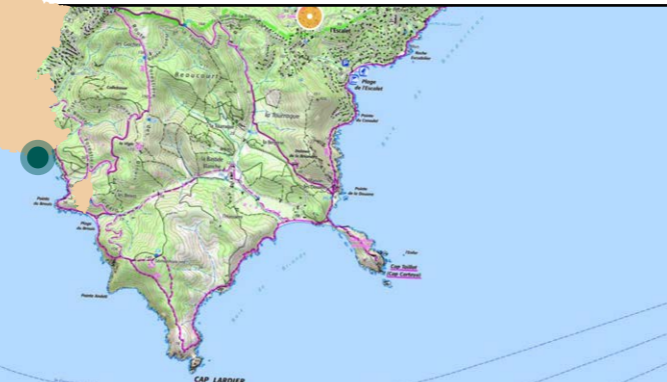
Les résultats ont été communiqués tout au long du projet à différents niveaux et sur différents supports (réseaux sociaux, articles dans le bulletin municipal, rapports d'avancement, brochure technique, documentaire et bande dessinée).

## POUR ALLER PLUS LOIN

Des travaux de végétalisation ont démarré dans la commune sur l'ancien site minier de Bel Air, afin de répliquer le projet avec des objectifs révisés pour une gestion concertée de l'environnement sur le long terme.



# PROJET CAP-PHOENIX

<p><b>! Risques naturels visés</b> Incendie</p>	<p><b>Situation géographique</b> Région Sud, département du Var, parc national de Port-Cros : Cap Lardier, Cap Taillat et Cap Camarat</p>
<p><b>🌿 Ecosystème concerné</b> Forêt méditerranéenne</p>	 
<p><b>📍 Types de Sfn</b> Restauration d'écosystèmes et gestion durable d'écosystèmes</p>	
<p><b>🏛️ Porteur du projet</b> Parc national de Port-Cros</p>	
<p><b>📅 Calendrier</b> 2018 – 2021</p>	
<p><b>💰 Financeurs et budget</b> Fondation Total (52%), Interreg Maritime (28%), Conservatoire du littoral (10%), Parc national de Port-Cros (7%), Région PACA (3%), 577 150€</p>	<p><b>Contexte réglementaire et financier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parc national</li> <li>- Foncier du Conservatoire du littoral</li> </ul>



## SUIVI DU PROJET ET PARTENARIATS

- **Suivis dendrométriques** : mise en place de 200 placettes permanentes, afin d'évaluer l'état du peuplement forestier encore en place, la reprise de régénération, ainsi que l'accumulation des différents compartiments de bois mort.
- **Suivis de la flore** : analyse de la reconquête végétale sur les espaces incendiés en fonction des différentes modalités de gestion opérées.
- **Suivis de la faune** : protocoles de suivis multi-taxons (reptiles, invertébrés et flore vasculaire) sur placettes permettant de comparer les habitats avant/après incendie.

## RÉSULTATS

### Bénéfices face au risque naturel visé

**Incendie** : diminution de l'intensité et de l'ampleur des feux.

### Bénéfices biodiversité

Une recolonisation par les espèces végétales a été observée neuf mois après l'incendie. Ces dispositifs ont

permis à quelques espèces végétales supplémentaires (Géranium colombin, Renoncule bulbeuse, Plantain corne-de-cerf, Pin pignon, etc.) et animales (en particulier la Tortue d'Hermann et le Lézard ocellé) de s'installer.

### Autres bénéfices

**Érosion des sols** : limitation du risque lié aux pluies d'automne sur 28 ha de zones fortement exposées (sols affleurants et fortes pentes) et par la création de réseaux de fascines (à l'aide de bois brûlés issus des matières premières disponibles sur le site).

## LES OBJECTIFS DU MAÎTRE D'OUVRAGE

- Restaurer des espaces naturels dégradés de façon à diminuer leur sensibilité aux feux de forêt.
- Faire de ce site une référence à l'échelle régionale en matière de reconstitution d'écosystèmes et des paysages.

## EN QUELQUES MOTS

Le site du Cap Lardier a subi un incendie majeur du 24 au 27 juillet 2017, causant la perte d'un important patrimoine forestier méditerranéen, sur plus de 500 ha. Les feux de forêts constituent une menace majeure pour les populations riveraines, mais également pour la biodiversité locale. Or, dans cette région du littoral méditerranéen, les changements climatiques font d'ores et déjà subir de fortes contraintes à la végétation et aux écosystèmes forestiers, en particulier en raison de l'accroissement des périodes de sécheresse et des canicules estivales. Ces changements sont potentiellement à l'origine des dépérissements constatés au sein de certains feuillus, en particulier de chênes, et sont susceptibles d'augmenter la fréquence et la gravité des incendies de forêt sur le territoire.

Des actions de prévention du risque d'incendie ont ainsi été mises en œuvre sur ce site pour augmenter la résistance au feu, tout en favorisant la régénération des peuplements diversifiés post-incendie, notamment :

- l'accompagnement sur près de 300 ha de la dynamique naturelle des essences indigènes les mieux adaptées au passage du feu (chêne vert, chêne-liège et d'autres feuillus de maquis) par évacuation d'arbres morts et dangereux et avec un suivi de cette reprise ;
- le développement de parcelles expérimentales sur une zone de 4 ha de chablis et pinède entièrement brûlée pour accompagner la transition vers la chênaie (plus résistante au passage du feu). Pour cela, les plants de chênes ont été dégagés de la végétation par débroussaillage mécanique et sylvo-pastoral asin (lié aux ânes), en adaptant la pression du pâturage en fonction des espèces cibles. Cette opération a été accompagnée d'une réduction de la dynamique des espèces pionnières (essentiellement des résineux, notamment le Pin d'Alep et le Pin maritime) et exotiques envahissantes pyrophiles telles que le mimosa, le figuier de Barbarie ou le chèvrefeuille du Japon.

## DES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES...

**Divergence des points de vue** : les acteurs forestiers portaient des avis divergents sur les actions à mener. Ces problématiques ont pu être résolues grâce à des concertations régulières avec les différentes parties prenantes.

## INTÉGRATION DANS LA VIE DU TERRITOIRE

Des communiqués de presse à destination des populations locales et visiteurs ont été produits sur les avancées du projet.

## POUR ALLER PLUS LOIN

Des ateliers techniques de concertation pour gestionnaires d'espaces naturels français et européens et la publication de fiches techniques d'aide à la décision issues des expérimentations sur les différents sites-pilotes sont prévus.

## ...ET DES LEVIERS POUR RÉUSSIR !

**Compétences scientifiques et techniques** : les actions du projet rassemblent des acteurs variés (université, laboratoire et institut de recherche) et de nombreuses disciplines.

**Partenariats et concertation** : les partenariats et la concertation entre les nombreux acteurs du projet intervenant sur chaque axe ont favorisé l'atteinte des objectifs.

**Mobilisation citoyenne** : la participation des habitants à la restauration, soit par des dons financiers soit par la participation bénévole aux chantiers, a été un moteur de réussite.



# PROJET SYLVICOLE TERRITORIAL DU MONT BLANC ACCOMPAGNÉ PAR SYLV'ACCTES

**! Risques naturels visés**  
Glissement de terrain, chute de blocs et avalanche

**🌿 Ecosystème concerné**  
Forêt de montagne

**📝 Types de Sfn**  
Préservation et gestion durable d'écosystèmes

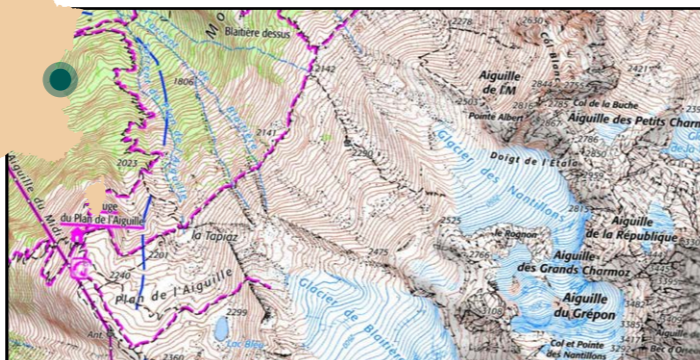
**🏠 Porteur du projet**  
Communautés de communes Chamonix-Mont-Blanc  
Autre partenaire : Sylv'ACCTES Auvergne Rhône-Alpes

**📅 Calendrier**  
2016 – 2023

**🏛️ Financeurs et budget**  
CCVCMB (67%), association Sylv'ACCTES (33%),  
266 588€ (pour le financement renouvelé sur 2020-2023)

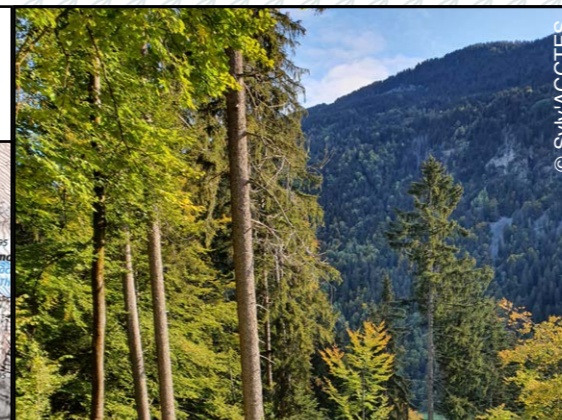
## Situation géographique

Région Auvergne-Rhône-Alpes, département de la Haute-Savoie, Massif du Mont-Blanc



## Contexte réglementaire et financier

- Forêts communales, domaniales et privées
- Charte forestière du territoire du Pays du Mont-Blanc
- Plan Pluriannuel d'Actions pour l'Énergie (PPAE)



© SYLV'ACCTES

## SUIVI DU PROJET ET PARTENARIATS

**Suivis des opérations du projet :** Les indicateurs et suivis (climat, biodiversité et bénéfices socio-économiques) sont pris en main par l'opérateur de certification de Sylv'ACCTES pour conduire les itinéraires sylvicoles, adaptés tous les trois ans.

Par ailleurs, Sylv'ACCTES fait contrôler annuellement 30% de ses dossiers de demande d'aides (engagement de 10 ans) par un organisme indépendant qui s'assure de la conformité des travaux à son cahier des charges. Au moins, trois campagnes de contrôles ont été menées sur le massif du Mont Blanc, avec 100% de dossiers conformes.

## RÉSULTATS

**Bénéfices face aux risques naturels visés**  
*Mouvements de terrain :*  
renforcement de la fonction de protection des peuplements grâce à la diversification des peuplements et la préservation des sols.

**Bénéfices biodiversité**  
Préservation d'une richesse

spécifique associée aux essences indigènes (comme le hêtre et l'érable) et nourricières (telles que le tilleul et les arbres à baie).

**Autres bénéfices**  
*Changements climatiques :*  
l'hétérogénéité des peuplements augmente la capacité de stockage de carbone, tandis

que l'introduction d'essences résistantes en provenance des Alpes du Sud ou du bassin méditerranéen favorise l'adaptation au changement climatique.

*Bois d'œuvre :* la diversité des essences alimente la filière forêt-bois locale et sécurise le cours des essences.

## LES OBJECTIFS DU MAÎTRE D'OUVRAGE

- Disposer d'une méthode de gestion des forêts permettant d'assurer la protection des sols tout en adaptant les peuplements aux changements climatiques.
- Relancer les dynamiques de régénération naturelle des forêts de la zone du massif du Mont Blanc.

## EN QUELQUES MOTS

Les forêts du massif du Mont Blanc, sont particulièrement exposées aux risques d'érosion, de glissement de terrain, de chutes de blocs et d'avalanches. Ces phénomènes sont accentués par les précipitations ponctuelles et violentes et deviennent de plus en plus fréquents en raison de la fonte du permafrost en altitude, ainsi que de l'urbanisation et fréquentation croissante de la vallée de Chamonix.

En juillet 2019, la commune de Sallanches a été fortement impactée par une tempête ayant occasionné des dégâts au sein des peuplements souvent matures. D'autre part, sous la contrainte du changement climatique, certaines essences (comme l'épicéa, le sapin et le hêtre) peinent à s'adapter et passent par des phases de dépérissement importantes, compromettant leur capacité de protection contre les risques gravitaires.

Dans ce contexte, le territoire du Mont Blanc a souhaité bénéficier du programme d'accompagnement à la gestion durable des forêts rhônalpines Sylv'ACCTES du Projet Sylvicole Territorial (PST), afin d'identifier des pratiques sylvicoles vertueuses et se doter d'un outil de finance-

ment. S'appuyant sur le « Guide des Sylvicultures de Montagne des Alpes du Nord françaises », mais également sur l'expertise et la connaissance des acteurs locaux, des modèles de gestion forestière ont été identifiés localement et agréés par Sylv'ACCTES, dans le but de renforcer la fonction de protection de ces forêts sur près de 265 ha.

Ces itinéraires sylvicoles visent à renouveler progressivement les futaies irrégulières résineuses et mixtes (mélanges résineux et taillis) et à favoriser une mosaïque de paysages (peuplements jeunes et matures) par des trouées (pour rétablir l'hétérogénéité des strates) et par des plantations d'essences de feuillus indigènes. Une trame de vieux bois a été mise en place à travers le maintien d'arbres sénescents, morts ou à cavités (conservation de 5 arbres/ha) pour favoriser la biodiversité. La finalité est de relancer les dynamiques de régénération naturelle de la forêt, d'assurer un couvert continu du sol forestier et une fonction de protection optimale, en limitant notamment les coupes rases.

## DES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES...

**Foncier :** le morcellement extrême des parcelles de forêt des particuliers conjugué à la topographie complexifie la mise en œuvre des travaux forestiers dans le cadre d'une gestion à long terme.

**Conditions météorologiques :** leur variabilité et notamment la baisse du nombre de jours de gel, l'instabilité du manteau neigeux et les épisodes de canicules estivales contraignent fortement les fenêtres opérationnelles.

## INTÉGRATION DANS LA VIE DU TERRITOIRE

La dynamique du PST est actuellement répliquée dans la plupart des massifs des Alpes du Nord : Chablais, Vallée de Thônes, Cluses et Bauges.

## ...ET DES LEVIERS POUR RÉUSSIR !

**Financements :** l'association s'assure de la fluidité des financements et du plan de contrôle pour garantir un haut niveau de qualité et une efficacité optimisée.

**Soutien institutionnel et politique :** Sylv'ACCTES met à disposition du groupe de concertation locale une trame de réflexion et d'analyse des enjeux et s'assure de la compatibilité des propositions de modèles de gestion avec les textes applicables en forêt et l'intérêt général.

## POUR ALLER PLUS LOIN

La communication du projet est réalisée par les communes du territoire du Mont Blanc. Cette dimension est un point à améliorer par Sylv'ACCTES qui n'a pas été traitée faute de temps et de moyens dédiés.



# Conclusion



Les Solutions fondées sur la Nature en forêt pour répondre aux risques gravitaires et incendie sont variées et efficaces, comme le montre cette série de projets. Elles apportent des résultats concrets et durables face à ces risques naturels et simultanément pour la biodiversité, ainsi que de multiples autres bénéfices pour les territoires. Dans les contextes où les risques gravitaires et incendie sont présents, une vigilance particulière doit être portée sur la solution choisie avec une approche intégrée pour apporter un maximum de bénéfices et ne pas aggraver d'autres risques. Les Solutions fondées sur la Nature sont dépendantes du bon fonctionnement des écosystèmes et mettent donc en avant l'importance de préserver, gérer durablement et restaurer les milieux forestiers qui ont été fortement dégradés lors des dernières décennies (artificialisation, exploitation intensive, plantation monospécifique et d'espèces exotiques, etc.).

Les projets présentés représentent un échantillon de l'ensemble des initiatives existantes en France. Bien que peu d'initiatives aient été identifiées à ce stade dans les forêts françaises de la Métropole et de l'Outre-mer, notamment pour gérer le risque avalanche, ces milieux présentent des opportunités importantes pour leur mise en place. En particulier, des retours d'expérience de projets de Solutions fondées sur la Nature basés sur des actions de préservation et de gestion durable de forêts matures à structure irrégulière seraient à identifier et à valoriser.

L'analyse des projets met en lumière la prévalence d'approches relativement interventionnistes en forêt pour réduire les risques naturels ciblés. Des actions de préservation des forêts résilientes et en bon état écologique (à l'instar des îlots de sénescence ou de vieillissement) peuvent être mises en place en complémentarité des actions de restauration et d'amélioration de la gestion des peuplements, sur une large emprise territoriale.

Dans la plupart des cas, lorsque les aléas gravitaires et incendie présentent un niveau de risque élevé, la mosaïque paysagère associant différents milieux forestiers et modes de gestion permettra de répondre au mieux aux multiples enjeux.

L'analyse des projets met en avant des freins et des leviers facilitant le déploiement des Solutions fondées sur la Nature sur l'ensemble du territoire. Parmi les leviers, les compétences techniques et scientifiques des différentes parties prenantes, la diversité des financements et la concertation et l'implication des populations locales sont cruciales. Parmi les freins, les réticences locales vis-à-vis de la pertinence de certaines pratiques, souvent liées à un manque de connaissance, et le manque de moyens humains et techniques sont souvent relevés. De manière plus globale, le déploiement des Solutions fondées sur la Nature en milieux forestiers se heurte à

plusieurs obstacles qui sont liés à la spécificité des enjeux relatifs aux risques gravitaires et incendie et des stratégies de gestion opérées en silo, l'insuffisance d'un cadre réglementaire et juridique favorable à ces initiatives, ainsi que l'incompatibilité entre des interventions de courte durée avec l'obtention souhaitée de résultats immédiats et le long temps nécessaire pour mesurer leurs effets.

En outre, un des facteurs majeurs de réussite d'un projet est le suivi des bénéfices apportés par celui-ci. L'efficacité des actions de prévention des risques gravitaires et incendie doit être mesurée dans le temps et analysée pour montrer leur pertinence. Il est donc important d'intégrer ces suivis dès la conception du projet et d'y consacrer des moyens financiers, afin de faire connaître les résultats obtenus. Il en est de même pour connaître les résultats obtenus sur la biodiversité. Ces suivis sont également importants pour informer les futures décisions de gestion et adapter les actions aux changements climatiques ou aux évolutions du contexte socio-économique, et ainsi garantir la pérennité des projets.

Le déploiement des Solutions fondées sur la Nature doit aujourd'hui s'accélérer et être appuyé par la mise en œuvre de politiques volontaristes et opérationnelles et d'outils financiers spécifiques, permettant d'obtenir des résultats concrets au niveau des sites et des territoires. Le projet Interreg IV « Forêts de protection » a ainsi révélé que les coûts totaux annuels des dispositifs de protection (dont investissement et entretien) s'avèrent bien inférieurs pour les Solutions fondées sur la Nature que pour les solutions d'ingénierie classique.

Il est donc nécessaire de poursuivre l'effort de diffusion de ces solutions, afin qu'elles soient davantage connues et appropriées pour être développées là où elles sont pertinentes pour la gestion des risques gravitaires et incendie.

Le deuxième Plan national d'adaptation au changement climatique 2018-2022 (PNACC-2)<sup>100</sup> pour accroître la résilience des territoires français (Métropole et Outre-mer), appelle à privilégier les Solutions fondées sur la Nature pour l'adaptation aux changements climatiques et prévoit ainsi plusieurs mesures sur le risque d'incendie telles que la proposition d'essences mieux adaptées aux stations forestières et plus résilientes au feu et des modes de gestion paysagère limitant la propagation du feu.

Dans le deuxième volet de son sixième rapport d'évaluation, le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) souligne l'importance de ne plus tarder à déployer les actions et les politiques nécessaires à la mise en œuvre des Solutions fondées sur la Nature, afin de ne pas compromettre leur efficacité, leur potentiel et leur coût.



# Bibliographie

- (1) MTES, 2019. L'environnement en France en 2019. Rapport de synthèse. Paris, France, 220 p. (La Documentation Française)
- (2) Ladier, J., Rey, F. et Dreyfus, P., 2012. Guide des Sylvicultures de Montagne. Alpes du Sud françaises. Paris, France : ONF/INRA, 306 p.
- (3) Cremonese, E. et al., 2019. Changements climatiques dans le massif du Mont-Blanc et impacts sur les activités humaines. AdaPT Mont-Blanc : Rapport Climat. 101 p.
- (4) Peinturier, C., 2014. Les déterminants du coût des catastrophes naturelles : le rôle du changement climatique en France. Études & documents. La Défense, France, N°103, 32 p.
- (5) MTES, 2020. Risques climatiques : six Français sur dix sont d'ores et déjà concernés. Statistique publique. Paris, 4 p.
- (6) UICN, 2016. Motion 77 : définition des Solutions fondées sur la Nature. <https://portals.iucn.org/congress/fr/motion/077>
- (7) Brochot, S., 2004. Quand l'administration forestière se mettait en scène : les premières archives photographiques (1860-1914) de la Restauration des terrains en montagne. In Revue Forestière Française, Vol. 16, pp.65-83.
- (8) Deville, J., 2009. L'incendie meurtrier : dans la forêt des Landes en août 1949. Paris, France : Les Éd. des Pompiers de France, 160 p.
- (9) IGN, 2003. Les tempêtes de décembre 1999. [https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/L\\_IF\\_no02\\_tempetes.pdf](https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/L_IF_no02_tempetes.pdf)
- (10) Bastit, F. & Brunette, M., 2021. Sécheresses, incendies et maladies : les risques en cascade qui menacent les forêts françaises. The Conversation. <https://theconversation.com/secheresses-incendies-et-maladies-les-risques-en-cascade-qui-menacent-les-forets-francaises-157448>
- (11) Berger, A. & Peyron, J.-L., 2005. Les multiples valeurs de la forêt française. Ifen. Paris, France, N°115, 4 p.
- (12) IGN, 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. Paris, France, 77 p.
- (13) Chevasus-Au-Louis, B. et al., 2020. Forêts françaises en crise : nature, climat, société. Analyse et propositions des ONG de conservation de la nature. In Revue forestière française. AgroParisTech, Paris, France, 56 p.
- (14) Imbach, R., Romain, M. et Breteau, P., 2022. Incendies : six cartes et graphiques qui dressent un premier bilan d'un été sans précédent. Le 22 août 2022, Le Monde. [https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2022/08/22/incendies-six-cartes-et-graphiques-qui-montrent-un-premier-bilan-inedit-de-l-ete\\_6138700\\_4355770.html](https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2022/08/22/incendies-six-cartes-et-graphiques-qui-montrent-un-premier-bilan-inedit-de-l-ete_6138700_4355770.html)
- (15) UICN Comité français, 2016. Des solutions fondées sur la Nature pour lutter contre les changements climatiques. Paris, France.
- (16) Baylé, N., 2019. Les services rendus par les écosystèmes forestiers : une évaluation dans le cadre du programme EFESE. FRB, 1 p.
- (17) UICN France, 2013. Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - volume 2.1 : les écosystèmes forestiers. Paris, France.
- (18) UICN Comité français, 2018. La Liste Rouge des Écosystèmes en France - Chapitre Forêts méditerranéennes de France métropolitaine, Paris, France.
- (19) Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.), 2016. Nature-based Solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97 p.
- (20) UICN, 2016. Motion 62 : intégrer les Solutions fondées sur la Nature dans les stratégies de lutte contre les changements climatiques. <https://portals.iucn.org/congress/fr/motion/062>.
- (21) IUCN, 2020. IUCN Global Standard for Nature-based Solutions: a user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS: first edition. <https://portals.iucn.org/library/node/49070>
- (22) UICN Comité français, 2021. Les 8 questions à se poser pour mettre en œuvre les Solutions fondées sur la Nature - un guide d'appropriation du Standard mondial de l'IUCN. Paris, France.
- (23) UICN Comité français, 2019. Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques liés à l'eau en France. Paris, France.
- (24) UICN Comité français, 2022. Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques littoraux en France. Paris, France.
- (25) Chauvin, M., 2013. Cité par UICN Comité français (2015). Changement climatique et risques naturels dans les montagnes tempérées. Paris, France.
- (26) Dorioz J., Peyron J.-L. et Nivet C., 2018. Évaluation française des écosystèmes et services écosystémiques : Les écosystèmes forestiers. Rapport d'étude du GIP Ecofor pour le programme EFESE. GIP Ecofor-MTE. Paris, France, 281 p.
- (27) Berger, F., 2021. Intervention de Frédéric Berger (ingénieur de recherche à l'INRAE) lors de la réunion de la Commission « Gestion des Écosystèmes » du Comité français de l'UICN du 25 février 2021.
- (28) METL-MEDDE/DGPR, 2012. Les mouvements de terrain. Prévention des risques naturels. Paris, France, 28p.
- (29) Nasi, R. et al., 2002. Les incendies de forêt et la diversité biologique. In Unasylva. FAO, Vol. 53, pp.36-40.
- (30) Cerema, 2018. Prise en compte du risque incendie de forêts dans l'urbanisme. Éléments pour la rédaction des Porter à Connaissance de l'État (PAC). Lyon, France, 41 p.
- (31) MTES, 2020. Feux de forêt. Les prévenir et s'en protéger. Dossier de presse. Paris, France, 34 p.
- (32) UICN France, 2013. Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - volume 2.1 : les écosystèmes forestiers. Paris, France.
- (33) ONERC, 2018. Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique. Rapport au Premier ministre. Direction de l'information légale et administrative, Paris, France, 200 p. (La Documentation Française)
- (34) Legay, M., 2014. Effets attendus du changement climatique sur l'arbre et la forêt. In L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change. Chapitre B, pp.33-64.
- (35) Labonne, S. et al., 2018. Forêts de montagne et changement climatique : impacts et adaptation. In Revue Science Eaux & Territoires, article hors-série, 7 p.
- (36) IGN, 2021. Santé des forêts. Analyse des principales données sanitaires. L'IF, N°47, 12 p.
- (37) Soubeyroux, J.-M. et al., 2020. Les nouvelles projections climatiques de référence DRIAS 2020 pour la métropole. MTES. Météo-France, Paris, France, 97 p.
- (38) Riguelle, S., 2014. Gestion intégrée des risques naturels en forêt. Exemple des tempêtes et risques sanitaires. ULG, 91 p.
- (39) Prudent-Richard, G. et al., 2008. Changements climatiques dans les Alpes : Impacts et risques naturels. Rapport Technique N°1, ONERC, Pôle Grenoblois d'études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels (PGRN), Région Rhône-Alpes, 100 p.
- (40) UICN Comité français, 2015. Changement climatique et risques naturels dans les montagnes tempérées. Paris, France.
- (41) Curt, T. & Rigolot, É., 2020. Prévenir les risques d'incendies de forêt dans un contexte de changement global. In Revue Science Eaux & Territoires, Forêt : relever les défis du changement climatique en France métropolitaine, N°33, pp. 50-55.
- (42) Rigolot, É. et al., 2020. Les incendies de forêt catastrophiques. In Annales des mines - Responsabilité & environnement, N°98, pp. 29-35.
- (43) SAILLET, B., 1991. Technique et forêt. De l'utilité des boisements pour la restauration et la conservation des terrains en montagne. In Revue forestière française, N°2, pp. 119-130.
- (44) Arnould, B. et al., 2016. La restauration des terrains en montagne (RTM). Mise en œuvre de la politique de prévention des risques par les services RTM. Rapport CGEDD n° 010240-01, CGAAER n° 15061. MEDDE-MAAF, Paris, France, 66 p.
- (45) Rey, F. et al., 2009. Forêts de protection contre les aléas naturels. Diagnostics et stratégies. Versailles, France : Quae, 112 p.
- (46) Cerema, MTL, MEDDE, 2015. Porter à connaissance sur les risques naturels. Retour d'expériences, étude juridique et recommandations. France, 64 p.
- (47) Cahen, M., 2010. Ouvrages de parade contre les risques naturels en montagne et fonction de protection de la forêt : analyse économique comparative. Mémoire de fin d'études, Tome 1, AgroPariTech-ONF. Paris, 139 p.
- (48) Sudmeier-Rieux, K., 2013. Le rôle des écosystèmes dans la réduction des risques de catastrophes. Concepts clés et recommandations aux gouvernements, en particulier en Europe. Accords Eur-Opa Risques Majeurs. Strasbourg, France, 59 p.
- (49) Dupire, S., 2018. Évaluation des effets des incendies sur la capacité de protection des forêts contre les chutes de blocs dans les Alpes françaises. Géographie. Université Grenoble Alpes. Français.
- (50) Dupire, S. et al., 2016. The protective effect of forests against rockfalls across the French Alps: Influence of forest diversity. Forest Ecology and Management, EL-



sevier, 382, pp. 269-279.

(77) Rigolot, É. & Costa, M. (coord.), 2000. Conception des coupures de combustible. Réseau Coupures de combustible RCC n°4 - Éd. de la Cardère Morières, 154 p.

(78) Massaiu, A. & Tiger, M., 2022. Guide de sylviculture pour la prévention des incendies en Corse. ONF – Cardère éditeur, classeur 16 fiches techniques avec livret, 156 p.

(79) Rigolot, É., 2022. Entretien avec Éric Rigolot (directeur de l'Unité de Recherche Écologie des Forêts Méditerranéennes de l'INRAE).

(80) Prevosto, B., Ripert, C., 2011. Les forêts mélangées en région méditerranéenne : quels bénéfices et comment créer le mélange ? - Forêt Méditerranéenne, XXXII, pp. 187-196.

(82) Fuhr, M. et al., 2010. Gestion multifonctionnelle des forêts de montagne, quels compromis entre les fonctions de protection et conservation ? In Revue Science Eaux & Territoires, Politiques publiques et biodiversité, N°3, pp. 20-25.

(84) Vallauri, D. et al. (coord.), 2016. Naturalité des eaux et des forêts., Paris : Lavoisier, 244 p.

(85) Bouget, C., 2007. Enjeux du bois mort pour la conservation de la biodiversité et la gestion des forêts. Rendez-vous Techniques de l'ONF, Office national des forêts 16, pp.55-59.

(86) Bourdin, O. et al., 2019. Sylviculture des forêts de montagne. Techniques et traitements des peuplements forestiers de montagne. Canton du Valais, Suisse, 2ème édition, 48 p.

(87) MNHN, 2007. DIRECTIVE 92/43/CEE DU CONSEIL du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. [https://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/Directive\\_habitats\\_version\\_consolidee\\_2007.pdf](https://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/Directive_habitats_version_consolidee_2007.pdf)

(91) Larrieu, L. & Gonin, P., 2008. L'indice de biodiversité potentielle (ibp) : une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. In Revue forestière française, N°6, pp. 727-748.

(92) UICN Comité français, 2018. Les Solutions fondées sur la Nature pour lutter contre les changements climatiques et réduire les risques naturels en France. Paris, France.

(94) CRPF d'Auvergne, 1999. Le cycle de production de la futaie irrégulière résineuse (ou feuillue). In Bulletin semestriel juillet 1999, fiche n°25.

(95) Alliance Forêts Bois, 2016. Fiche 6 - La futaie irrégulière feuillue et/ou résineuse. 3 p.

(96) Ducouso, A., 2021. Entretien avec Alexis Ducouso (ingénieur de recherche à l'INRAE).

(97) UICN, 2012. Lignes directrices de l'UICN sur les réintroductions et les autres transferts aux fins de la sauvegarde. Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2013-009-Fr.pdf>

(98) Decocq, G. (dir.), 2021. L'introduction d'essences exotiques en forêt. Livre Blanc. Société botanique de France, Paris, 141 p.

(99) Sainte-Marie, C. (compilateur). 2014. Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : Examen de la migration assistée des espèces d'arbres et de son rôle potentiel dans l'adaptation de l'aménagement forestier durable aux changements climatiques. Cons. can. minist. for., Ottawa, ON.

(100) MTES, 2018. Le plan national d'adaptation au changement climatique 2 (PNACC-2). Paris, France, 26 p.

Dupire, S., Toe, D., Barré, J.-B., Bourrier, F., Berger, F., 2020. Harmonized mapping of forests with a protection function against rockfalls over European Alpine countries. Applied Geography, Elsevier, 15 p.

Gauquelin, X. & Courbaud, B. (coord.), 2006. Guide des Sylvicultures de Montagne. Alpes du Nord françaises. Cemagref, CRPF Rhône-Alpes, ONF, Grenoble, France, 289 p.

Massaiu, A., Tiger, M., 2022. Guide de sylviculture pour la prévention des incendies en Corse. ONF – Cardère éditeur, classeur 16 fiches techniques avec livret 156 p.

Villiers, T. (coord.), 2016. Guide de gestion des forêts pyrénéennes. ONF, 91 p.

## Sites internet

(11) ONF, 2019. Tempête de 1999 : 20 ans après, la forêt française face à de nouveaux défis. <https://www.onf.fr/+62e::tempete-de-1999-20-ans-apres-les-forets-de-bout-et-de-nouveaux-defis.html>

(15) Nageleisen, L.-M., 2009. Colonisation des chablis par les insectes après les tempêtes de 1999. [https://agriculture.gouv.fr/sites/default/files/documents/pdf/Colonisation\\_sur\\_chablis\\_apres\\_tempete.pdf](https://agriculture.gouv.fr/sites/default/files/documents/pdf/Colonisation_sur_chablis_apres_tempete.pdf)

(18) IGN, 2021. La forêt au chevet du climat. <https://www.ign.fr/reperes/la-foret-au-chevet-du-climat>

(29) Géorisques, 2021. M'informer sur les mouvements de terrain. S'informer pour mieux se protéger. <https://www.georisques.gouv.fr/minformer-sur-les-mouvements-de-terrain>

(30) Besson, L., 2021. Memento du maire et des élus locaux – Prévention des risques d'origine naturelle et technologique. Institut des Risques Majeurs, 5e édition. <http://www.mementodumaire.net/les-risques-naturels/rn-3-mouvements-de-terrain/>

(31) MTES, 2017. L'aléa glissement de terrain. In Données et études statistiques. Essentiels sur l'environnement. <http://www.donnees.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lesessentiels/essentiels/sol-telluriques-glissement.html>

(36) Géorisques, 2021. M'informer sur les avalanches. S'informer pour mieux se protéger. <https://www.georisques.gouv.fr/dossier-avalanches>

(37) Gouvernement.fr, 2021. Avalanche. Risques. Prévention des risques majeurs. <https://www.gouvernement.fr/risques/avalanche>

(38) Vie publique, 2020. Climat : vers une aggravation des risques naturels ? <https://www.vie-publique.fr/eclairage/273322-climat-vers-une-aggravation-des-risques-naturels>

(39) Géorisques, 2021. M'informer sur les feux de forêt. S'informer pour mieux se protéger. <https://www.georisques.gouv.fr/risques/feux-de-foret>

(40) Gouvernement du Canada, 2021. Comportement des feux. <https://www.mcan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets/feux-insectes-perturbations/feux-foret/comportement-feux/13146>

(42) UVED, 2015. Succession forestière et biodiversité en milieu tempéré. <https://www.youtube.com/watch?v=6RsuqxreHag>

(54) Orée, 2003. Connaître et maîtriser les risques liés à l'environnement. In Guide interactif de la gestion des risques liés à l'environnement pour les collectivités. <http://risquesenvironnementaux-collectivites.oree.org/le-guide/>

(55) GéographR, 2020. MITIMPACT - Effets du changement climatique et de la pollution à l'ozone sur la forêt alpine (FR-IT). <https://www.youtube.com/watch?v=pDR-TUEBLEu0>

(60) Préfecture de la Savoie, 2021. Service de restauration des terrains en montagne. Les services de l'Etat en Savoie. <https://www.savoie.gouv.fr/Services-de-l-Etat/Agriculture-environnement-amenagement-et-logement/Service-de-restauration-des-terrains-en-montagne>

(61) ONF, 2021. Dans la vie des équipes de restauration des terrains de montagne. <https://www.onf.fr/onf/+b7e::dans-la-vie-des-equipes-de-restauration-de-terrain-en-montagne.html>

(62) MASA, 2021. Les forêts domaniales RTM, levier indispensable pour réduire les risques naturels en montagne. <https://agriculture.gouv.fr/les-forets-domaniales-rtm-levier-indispensable-pour-reduire-les-risques-naturels-en-montagne>

(64) MAA, 2020. Forêt-Bois. <https://agriculture.gouv.fr/foret-bois>

(65) Géorisques, 2021. Glossaire. [https://www.georisques.gouv.fr/glossaire?field\\_thematique\\_value=Risques%2520naturels&title=&body\\_value=&page=13](https://www.georisques.gouv.fr/glossaire?field_thematique_value=Risques%2520naturels&title=&body_value=&page=13)

(66) MTE, 2021. Prévention des risques naturels. <https://www.ecologie.gouv.fr/prevention-des-risques-naturels>

(67) Légifrance, 2022. Code forestier (nouveau). <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LE-GITEXT000025244092>

(68) ONF, 2020. Les forêts publiques, des écosystèmes précieux à préserver. <https://www.onf.fr/onf/communes-et-collectivites/+24::les-forets-publiques-des-ecosystemes-precieux-preserver.html>

(69) Légifrance, 2019. Obligations légales de débroussaillage. <https://www.legifrance.gouv.fr/circulaire/id/44405>

(74) ONF, 2020. Préserver l'environnement et anticiper les risques naturels. <https://www.onf.fr/onf/communes-et-collectivites/+3a::environnement-risques-naturels.html>

(76) ONF, 2021. Glissements de terrains : la forêt nous protège !. [http://www1.onf.fr/gestion\\_durable/++oid++5cfe/@@display\\_advise.html](http://www1.onf.fr/gestion_durable/++oid++5cfe/@@display_advise.html)



(93) ONF, 2022. Quelles différences entre futaie régulière et futaie irrégulière ? <https://www.onf.fr/onf/+1167::la-futaie-reguliere-et-irreguliere.html>

FAO, 2020. Sustainable forest management. In Natural Forest Management. <https://www.fao.org/forestry/sfm/en/>

<https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>

## Acronymes

### DFCI

Défense des Forêts Contre les Incendies

### OLD

Obligations Légales de Débroussaillage

### PNACC

Plan national d'adaptation au changement climatique

### PPFCI

Plan de protection de la forêt contre l'incendie

### PPRA

Plan de Prévention des Risques Avalanches

### PPRIF

Plan de Prévention des Risques Incendies de Forêt

### PPRM

Plan de Prévention des Risques Mouvements de terrains

### PPRN

Plans de Prévention des Risques Naturels

### RTM

Restauration des Terrains en Montagne

### ScoT

Schéma de cohérence territoriale



## Sources de l'infographie (p.7)

Bielsa, S. et al., 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. Centre d'analyse stratégique. Paris, France, 399 p. (La Documentation Française)

Decocq, G. (dir.), 2021. L'introduction d'essences exotiques en forêt. Livre Blanc. Société botanique de France, Paris, 141 p.

Dorioz J., Peyron J.-L. et Nivet C., 2018. Évaluation française des écosystèmes et services écosystémiques : Les écosystèmes forestiers. Rapport d'étude du GIP Ecofor pour le programme EFES. GIP Ecofor-MTE. Paris, France, 281 p.

IGN, 2021. Le mémento. Inventaire forestier édition 2021.

Landmann, G. & Berger, F., 2014. La forêt protectrice face au changement climatique. In L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change. Chapitre C, pp.65-75.

Naturefrance, 2020. Principal milieu naturel métropolitain détruit par artificialisation. <https://naturefrance.fr/indicateurs/principal-milieu-naturel-metropolitain-detruit-par-artificialisation>

ONF, 2021. Les forêts d'Outre-mer, un trésor de biodiversité. <https://www.onf.fr/onf/+1265::les-forets-doutre-mer-un-tresor-de-biodiversite.html>

ONF, 2020. Les forêts de nos territoires. <https://www.onf.fr/onf/forets-et-espaces-naturels/+20::les-forets-de-nos-territoires.html>

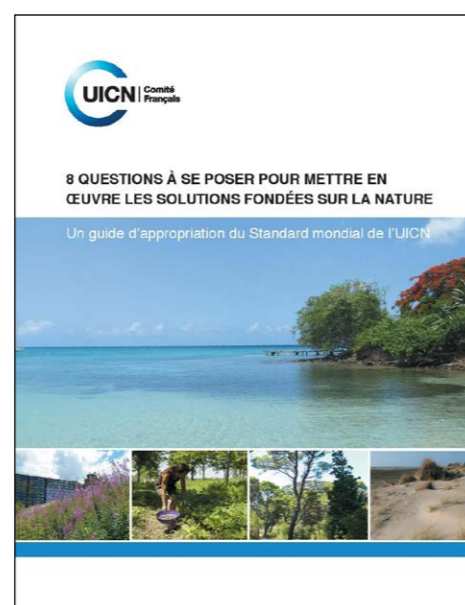
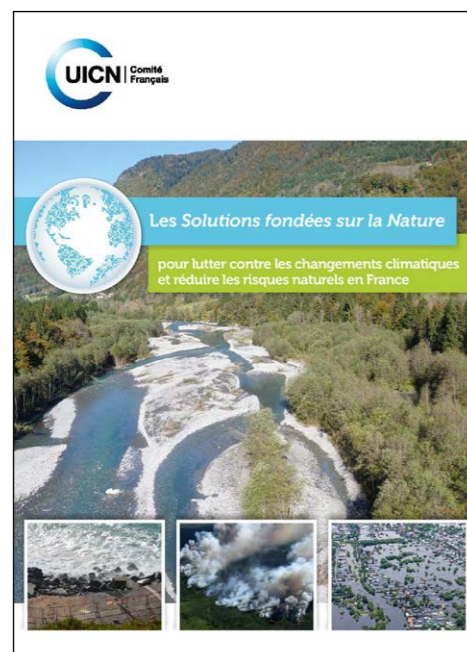
ONF Réunion, 2022. Le patrimoine naturel. [http://www1.onf.fr/la-reunion/sommaire/patrimoine/patrimoine\\_exceptionnel/patrimoine/20070907-101246-124862/@@index.html](http://www1.onf.fr/la-reunion/sommaire/patrimoine/patrimoine_exceptionnel/patrimoine/20070907-101246-124862/@@index.html)

UICN France, 2013. Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - volume 2.1 : les écosystèmes forestiers. Paris, France.

WWF, 2021. Guyane. Plus grande réserve de biodiversité terrestre française. <https://www.wwf.fr/espaces-prioritaires/guyane>



## NOS PRÉCÉDENTES PUBLICATIONS SUR LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE



À consulter et télécharger sur  
<https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>





## COMITÉ FRANÇAIS DE L'UICN

259-261 rue de Paris  
93100 Montreuil

E-mail : [uicn@uicn.fr](mailto:uicn@uicn.fr)  
[www.uicn.fr](http://www.uicn.fr)