



FORÊTS PYRÉNÉENNES à rôle de PROTECTION

2016



GUIDE DE GESTION

GUIDE DE GESTION DES FORÊTS PYRÉNÉENNES

PROTECTION CONTRE LES ALÉAS NATURELS

ANDORRE/ESPAGNE/FRANCE

Coordination : Thomas Villiers



© Office national des forêts, 2016

Ce guide a été imprimé sur papier certifié PEFC

Toute reproduction ou représentation, intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, de la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite (article L.122-4 du Code de la propriété intellectuelle) et constitue une contrefaçon.

L'autorisation d'effectuer des reproductions par reprographie doit être obtenue auprès du Centre Français d'Exploitation du droit de Copie (CFC) – 20, rue des Grands-Augustins – 75 006 PARIS

Tél. : 01 44 07 47 70 – Fax : 01 46 34 67 19

Photo de couverture : Delphine Lacalle, RTM, ONF

1^{re} Partie

DESCRIPTION DES PHÉNOMÈNES ET DIAGNOSTIC DU MILIEU

1 • Contexte et rappels préalables	9
2 • Domaine d'application : les Pyrénées.....	10
3 • Description des phénomènes naturels et du rôle de la végétation dans la protection contre les risques naturels.....	12
4 • Évaluer le risque naturel.....	21
4•1 Quantifier un aléa naturel	21
4•2 Quantifier les enjeux socio-économiques et les risques naturels	28
4•2•1 Appréciation des enjeux socio-économiques	28
4•2•2 Détermination du niveau de risque naturel	31
5 • Évaluer le rôle de la végétation avec l'Indice de Maîtrise de l'Aléa (IMA), anticiper son évolution possible	32
5•1 Impacts possibles des changements climatiques sur les peuplements forestiers pyrénéens	32
5•1•1 Données préalables sur le comportement des essences.....	32
5•1•2 Changements climatiques, dynamique forestière et changement d'essences	34
5•2 Détermination de l'IMA, et analyse de l'impact possible des changements climatiques et autres menaces	36
6• Définition des priorités d'intervention	48
6•1 Évaluer le rôle futur de la forêt et de la végétation dans la maîtrise des aléas	48
6•2 Définir les priorités d'interventions	49
6•3 Récapitulatif des étapes pour envisager une intervention.....	50

2^e Partie

PRÉCONISATIONS DE GESTION DES FORÊTS PYRÉNÉENNES À RÔLE DE PROTECTION CONTRE LES ALÉAS NATURELS

1 • Introduction aux fiches de préconisations	53
2 • Éléments de description du milieu naturel	55
3 • Fiche ÉROSION – ravine de moins de 1 ha.....	60
4 • Fiche ÉROSION – versant ou grande ravine.....	64
5 • Fiche CRUE TORRENTIELLE	68
6 • Fiche GLISSEMENT DE TERRAIN	72
7 • Fiche CHUTE DE BLOCS	75
8 • Fiche AVALANCHE	80

LES ANNEXES

1 • Mémento technique de terrain pour l'aide à la décision	87
2 • Définition des niveaux de difficulté d'exploitation (DE).....	91

INTRODUCTION

Au XIX^e siècle, grâce aux travaux des services de la Restauration des Terrains en Montagne, des surfaces importantes ont été reboisées en France. Ces gigantesques travaux ont porté leurs fruits en contribuant à réduire les effets dévastateurs de phénomènes naturels exceptionnels.

Les crues exceptionnelles de juin 2013 nous ont récemment rappelé toute l'importance des peuplements forestiers dans la maîtrise des aléas. Même si les dégâts ont été importants, ils auraient pu être bien pires en l'absence de peuplements forestiers.

Pour conserver à ces peuplements leur fonction optimale de maîtrise des aléas, des opérations sylvicoles sont nécessaires. Le renouvellement des peuplements doit être assuré lorsque ceux-ci ne sont plus susceptibles de protéger les biens et les personnes à terme.

Ce guide de gestion des forêts pyrénéennes à rôle de protection a pour objectif de permettre aux gestionnaires d'identifier les itinéraires sylvicoles à mettre en œuvre lorsque deux conditions sont réunies : la présence d'un risque naturel avéré, et à une régression de la maîtrise des aléas par la végétation.

Ce guide s'inscrit dans une action transfrontalière de l'Observatoire Pyrénéen des Changements Climatiques (OPCC). Il intègre les impacts possibles des changements climatiques sur la maîtrise des aléas naturels par la végétation et s'applique sur les Pyrénées andorranes, espagnoles et françaises.

A l'instar des Alpes, les Pyrénées bénéficient également à présent d'un guide de gestion des forêts à rôle de protection.

Albert Maillet
Directeur Forêts et Risques Naturels

REMERCIEMENTS

Le guide de gestion des forêts pyrénéennes à rôle de protection s'inspire principalement du guide des sylvicultures de montagne des Alpes du sud. Que ses auteurs en soient remerciés : Jean Ladier (responsable pôle RDI ONF Avignon), Philippe Dreyfus (chargé de recherche, pôle RDI ONF Avignon) et Freddy Rey (Directeur de Recherche, Irstea Grenoble).

Le titre 1.3, relatif à la description des phénomènes naturels et du rôle de la végétation dans la protection contre les risques naturels, a été écrit à six mains avec Francis Maugard (Responsable marketing - réseaux / risques naturels, ONF DT Sud-Ouest) et Sébastien Chauvin (directeur Forespir). Merci à eux pour leur contribution.

Le guide a nécessité le travail d'un groupe de relecture technique constitué de :

- Jacques Blanc (technicien RTM 09), Jean-Yves Lasplaces (Chef de Service RTM 64-65), Jean Ladier (Responsable pôle RDI Avignon), Laurent Lespine (Adjoint au Directeur de l'Agence Travaux DT Sud-Ouest), Stéphane Nouguier (Responsable Forêt de l'Agence 11-66), Philippe Pucheu (Responsable aménagement de l'Agence 64), Serge Rumebe (Chef de Service RTM 09-31), Thierry Sardin (Expert National Sylvicultures), Bernard Vignes (Aménagiste à l'Agence 09-31-32), pour l'Office national des forêts ;
- Sébastien Chauvin (directeur Forespir), Ramon Copons (directeur CENMA, Andorre), David Munoz (Responsable bioénergie SARGA, Aragon), Emmanuel Rouyer (Ingénieur CNPF), pour les contributeurs andorrans, espagnols et français au titre de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique.

Merci aux collègues du département Risques Naturels de l'ONF, sur le site de Toulouse, pour leur aide et leurs bons conseils : Arnaud Maisondieu, Aurélien Pedemay, Christine Rouzaud, Michel Truche.

Merci également à Katy Elvira (s/c imprimerie ONF) pour la mise en forme du guide, et Christine Micheneau (Responsable des publications techniques à l'ONF) pour sa relecture avisée.

REMERCIEMENTS

Merci enfin à Jacques Blanc (technicien RTM 09), Delphine Lacalle (chargée d'études Risques naturels, RTM 64-65) et Carine Masse (Responsable du pôle Connaissance et affichage des risques, RTM 09-31) pour leurs photographies.

Je suis sincèrement reconnaissant à toutes ces personnes d'avoir permis la sortie de ce nouveau guide, très attendu des forestiers pyrénéens.

Thomas Villiers

La conception technique du guide a été financée dans le cadre d'une action de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique (OPCC), co-financée par le FEDER au titre du programme de coopération transfrontalière Interreg POCTEFA.

La mise en forme et l'édition sont prises en charge par l'Office national des forêts.



COMMENT UTILISER LE GUIDE ?

Pour faciliter l'utilisation du guide la clé ci-dessous permet à l'utilisateur d'aller directement à la partie qui le concerne.

QUELLE EST L'INFORMATION RECHERCHÉE ?

ALLER À...

Je cherche une information générale

Je lis le guide pour la première fois, ou je ne me rappelle plus du champ d'application du guide

Partie 1/§ 1

Je cherche à en connaître plus sur les phénomènes naturels et le rôle de la végétation dans les Pyrénées (Rappel bibliographique)

Partie 1/§ 2 et 3

Je cherche un récapitulatif des étapes pour envisager une intervention pour la protection contre les aléas naturels

Partie 1/§ 6-3

Je connais la démarche et je cherche à statuer sur le cas d'un peuplement/d'une forêt

Je n'ai pas la cartographie aléa x enjeu et je cherche à évaluer le niveau de risque naturel (aléa x enjeu)

Partie 1/§ 4-1 et 4-2

J'ai la cartographie aléa-enjeu et je cherche à évaluer l'Indice de Maîtrise des Aléas (IMA) actuel

Érosion superficielle : partie 1/§ 5-2
Crue torrentielle : partie 1/§ 5-2
Glissement de terrain : partie 1/§ 5-2
Chutes de blocs : partie 1/§ 5-2
Avalanches : partie 1/§ 5-2

J'ai la cartographie aléa-enjeu et l'Indice de Maîtrise des Aléas (IMA) actuel, et je cherche à évaluer l'IMA futur et le niveau de priorité d'intervention

Partie 1/§ 6-1 et 6-2

Je cherche des informations sur l'impact possible des changements climatiques sur la maîtrise des aléas par les peuplements forestiers de protection

Partie 1/§ 5-1

J'ai défini un niveau de priorité et j'ai décidé qu'une intervention était envisageable : quelle action est possible ?

Érosion superficielle : partie 2/§ 3 et §4
Crue torrentielle : partie 2/§ 5
Glissement de terrain : partie 2/§ 6
Chutes de blocs : partie 2/§ 7
Avalanches : partie 2/§ 8

1^{ère} PARTIE



DESCRIPTION DES PHÉNOMÈNES ET DIAGNOSTIC DU MILIEU

1 • CONTEXTE ET RAPPELS PRÉALABLES

Le guide s'applique sur l'ensemble des Pyrénées andorranes, espagnoles et françaises. Il traite de la gestion des forêts à rôle de protection contre les aléas naturels, mais sans rôle de production.

Le principe adopté dans ce guide est de minimiser les interventions de gestion sans compromettre le niveau de protection assuré par les forêts.

Il est important de rappeler que le dialogue est fondamental entre les services chargés de la gestion forestière et les services chargés de la gestion des risques naturels. La collaboration entre services permet de valoriser et mettre en œuvre des savoirs et compétences techniques complémentaires, le guide servant alors de base de réflexion et de décision.

Pour la gestion des peuplements de pin à crochets à rôle de protection, le gestionnaire trouvera plus de détails dans le guide de sylviculture du pin à crochets dans les Pyrénées (Nouguier S., 2012 ; Programme Unci'plus).

Le guide ne traite pas les cas suivants :

- génie civil pouvant être employé pour la gestion du risque,
- forêts en sylviculture de production avec un rôle de protection associé.

Dans le deuxième cas, les sylvicultures décrites dans les guides de sylvicultures « classiques » ont un objectif de production compatible avec le rôle de protection associé, sous réserve que le traitement soit adapté et conforme aux directives de cadrage. Les recommandations générales sont résumées dans le tableau suivant :

Essence	Traitement à retenir quand la production est associée à la protection contre :	
	Érosion superficielle, crues torrentielles ou glissements de terrain*	Chutes de blocs ou avalanches
Résineux	Futaie par parquets Futaie irrégulière	Futaie irrégulière
Feuillus	Futaie par parquets Futaie irrégulière Taillis simple par parquets de surface > 0,5 ha	Futaie irrégulière Taillis simple par bouquets de surface < 0,5 ha

* Il n'y a aucune contrainte dans le choix du traitement en cas d'exploitation facile (DE1 : voir annexe 2) avec production associée à la protection contre l'érosion superficielle, les crues torrentielles ou les glissements de terrain.

2 • DOMAINE D'APPLICATION : LES PYRÉNÉES

Avec ses 38 411 km², la montagne pyrénéenne s'étend, à cheval entre la France, l'Espagne et l'Andorre, entre l'Océan Atlantique à l'ouest et la Méditerranée à l'est, sur 390 km de longueur et environ 150 km du nord au sud. La géographie générale de ce massif est issue d'une géologie complexe liée à la tectonique des plaques et s'articule sur un axe est/ouest à partir duquel s'organisent les réseaux hydrographiques.

La topographie se caractérise par un relief très vigoureux : c'est la caractéristique du « versant » français de ce massif dissymétrique, les reliefs côté espagnol « s'étalent » en effet plus progressivement vers le sud et présentent des accidents souvent spectaculaires dans les nombreuses sierras entrecoupées de canyons.

Sur le versant français, l'altitude du massif varie entre 600 m et 3 298 m. Sur le versant espagnol, les montagnes dépassent, dans de nombreux cas, 2 000 mètres d'altitude (le point culminant de la chaîne – 3 404 m – se situe au Pic d'Aneto dans le Massif de la Maladeta). L'altitude moyenne de l'Andorre est de 2 000 m. avec des variations allant de 850 m à 2 942 m.

Le massif pyrénéen est donc en majeure partie une zone de haute et moyenne montagne au relief accidenté qui présente une **diversité climatique** allant du climat océanique au climat méditerranéen en passant par des zones au climat à tendance plus continentale.

Ces caractéristiques déterminent ainsi l'**occupation du sol** pyrénéen, l'ensemble des écosystèmes ainsi que les types de production ou l'organisation de l'agriculture. Les zones agricoles se situent en piémont, tandis que les pâturages sont en zone de montagne et haute montagne (zones de transhumances).

La forêt et les milieux semi-naturels sont fortement représentés dans les Pyrénées puisqu'ils occupent l'essentiel de la surface (74,4 % dont 54 % pour la surface forestière). Ainsi, sur l'ensemble de la chaîne, **les forêts dominent entre 600 et 2 000 mètres.**

Les régimes fonciers forestiers résultent souvent plus de facteurs humains et historiques que de déterminants géographiques ou physiques. C'est en effet l'activité humaine qui a conduit, au fil du temps, au morcellement des territoires forestiers pyrénéens. Les modes d'utilisation collectifs (élevage ou systèmes de protection contre les risques naturels) ont ainsi eu pour conséquence une appropriation privée moins importante en zone de montagne qu'en zone de plaine, ce qui explique que les forêts de montagne soient en grande partie « publiques » (c'est-à-dire appartenant à l'État, aux Communautés autonomes ou aux Collectivités locales).

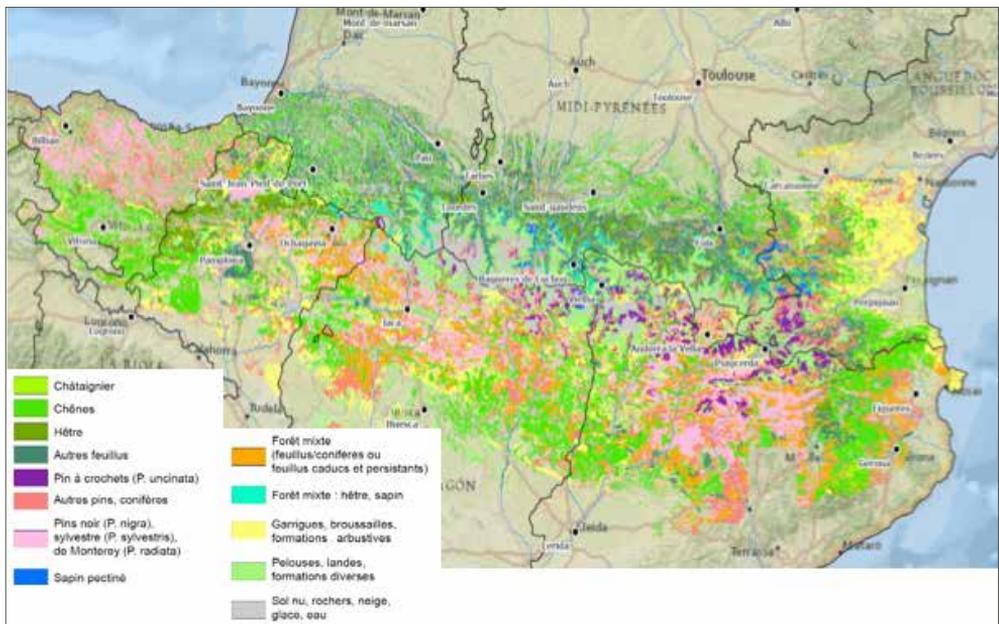
Même si le pin sylvestre et le sapin pectiné occupent une grande partie l'étage montagnard, le profil forestier du massif pyrénéen présente des caractéristiques propres à chaque territoire.

Sur le versant français, c'est le hêtre et le sapin qui prédominent, cantonnant le pin à crochets dans les Pyrénées-Orientales et dans les parties hautes du massif où l'on trouve également du pin sylvestre. On note dans l'ensemble, une assez forte proportion de peuplements mélangés, notamment hêtre-sapin.

Sur le versant espagnol, les pinèdes occupent l'espace, les feuillus ne sont prédominants qu'aux extrémités est et ouest de la chaîne, avec quelques spécificités dans chaque communauté autonome. En Aragon ce sont les pins qui sont essentiellement représentés. En Catalogne, la forêt se compose pour deux tiers de résineux (pin sylvestre, pin à crochets, pins noirs) et un tiers de feuillus (hêtre, chêne pubescent, et chêne vert). Enfin, la Navarre contraste par l'importance de ses hêtraies, les plus étendues de la péninsule avec près de 135 000 ha, et des chênaies « sèches » à chêne pubescent.

En Andorre, ce sont les pinèdes de pin à crochets qui occupent majoritairement l'espace forestier, puis viennent les pinèdes de pin sylvestre.

Répartition spatiale des essences forestières dans les Pyrénées



3 • DESCRIPTION DES PHÉNOMÈNES NATURELS ET DU RÔLE DE LA VÉGÉTATION DANS LA PROTECTION CONTRE LES RISQUES NATURELS

L'ÉROSION ET LES CRUES TORRENTIELLES

LE PHÉNOMÈNE ÉROSIF

L'érosion est un phénomène qui consiste à entraîner en aval les particules du sol sous l'action d'agents climatiques (le vent mais surtout l'eau des précipitations lorsqu'elle tombe puis ruisselle); entrainement également conditionné par la nature du sol, la végétation et le relief.

Les **facteurs explicatifs** de ce phénomène sont multiples. Plus que la quantité d'eau tombée, ce sont l'intensité, la **fréquence et le caractère répétitif des pluies** qui constituent des facteurs essentiels de déclenchement de ce phénomène :

- une fois que le sol est saturé en eau, le ressuyage entre deux averses n'est pas assez rapide pour éliminer totalement l'eau et ainsi les dernières pluies ruissellent beaucoup plus qu'elles ne s'infiltrent ;
- plus la pluie est intense plus son énergie cinétique (qui est fonction de la taille et de la vitesse de chute des gouttes) est élevée, favorisant ainsi le détachement des particules du sol ;
- le phénomène de détachement des particules fines du sol est accentué lorsque les agrégats sont recouverts d'un film d'eau. Ainsi, des pluies très fréquentes (même moins intenses que d'autres) peuvent occasionner une érosion plus élevée.

Mais il y a aussi l'érodabilité du sol dont l'appréciation est fonction de trois caractéristiques : la texture, la profondeur et la pierrosité. Enfin, le relief (et notamment l'irrégularité topographique) et les versants en forte pente constituent des contextes favorables à l'érosion du sol et au ruissellement.

Le ravinement est un type d'érosion provenant de l'entraînement rapide de particules de matériaux sur les versants ou dans les thalwegs par l'action de l'eau, provoquant un creusement de la surface de terrains meubles ou peu durs.

Certaines pratiques culturales, comme l'agriculture en zone de forte pente, concourent à l'apparition de ce type d'érosion en favorisant le ruissellement concentré.

LE PHÉNOMÈNE DE CRUE TORRENTIELLE

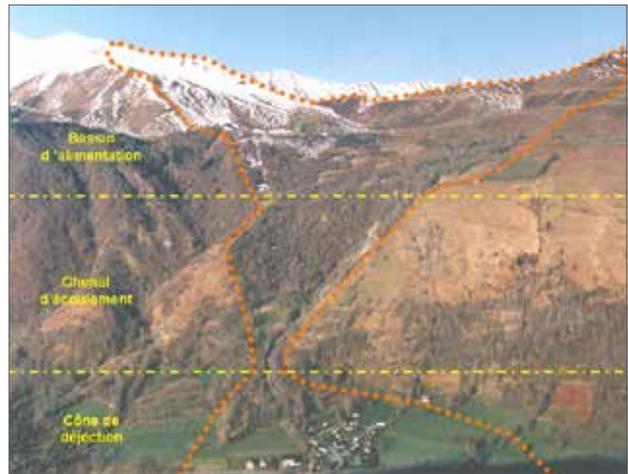
Une crue désigne une élévation du niveau d'un cours d'eau qui peut être à l'origine d'inondations. Le caractère torrentiel renvoie à la définition même du torrent qui est un cours d'eau de montagne, rapide et irrégulier caractérisé par des crues soudaines et violentes. La principale particularité des écoulements torrentiels consiste en un transport très important de sédiments (voire d'autres matériaux charriés tels que bois flottants, etc.) en période de crues.

L'activité du torrent est fonction de la quantité d'eau amenée par la pluie, mais aussi de la capacité de la végétation et des sols à en retenir une partie dans le bassin d'alimentation.

La végétation présente permet ainsi d'atténuer les crues, en repoussant le seuil de déclenchement et en diminuant le débit maximum de la rivière pendant une crue. Il est cependant admis que les crues torrentielles les plus dévastatrices sont dues à de très fortes pluies pour lesquelles le rôle de la végétation dans la zone amont du bassin versant torrentiel est négligeable, ses capacités de rétention étant largement dépassées.

L'enveloppe de l'unité « bassin versant torrentiel » est constituée par un bassin versant drainé par un « site » torrentiel, en incluant le linéaire de torrent et le cône de déjection. Elle peut être découpée en :

- une zone de départ, le bassin d'alimentation, qui correspond à une zone de concentration des eaux et de déclenchement des apports de matériaux ;
- une zone de transit, linéaire de torrent qui correspond à une zone de concentration des eaux et des matériaux dans un chenal plus ou moins étroit et encaissé ;
- une zone d'atterrissement, le cône de déjection et certaines larges zones de régulation au sein du linéaire de torrent, qui correspondent à des zones d'étalement des eaux et dépôt des matériaux transportés.



Lorsque l'érosion/ravinement est couplée à un phénomène de crue torrentielle, le risque de lave torrentielle est important. Il s'agit d'une eau très chargée en substrat érodé, formant une boue d'une telle densité qu'en dévalant elle peut mettre en suspension et transporter des blocs rocheux. Ces laves torrentielles concernent des bassins versants bien particuliers et ce type de phénomène est caractérisé par un volume de matériau solide supérieur ou égal au volume liquide.

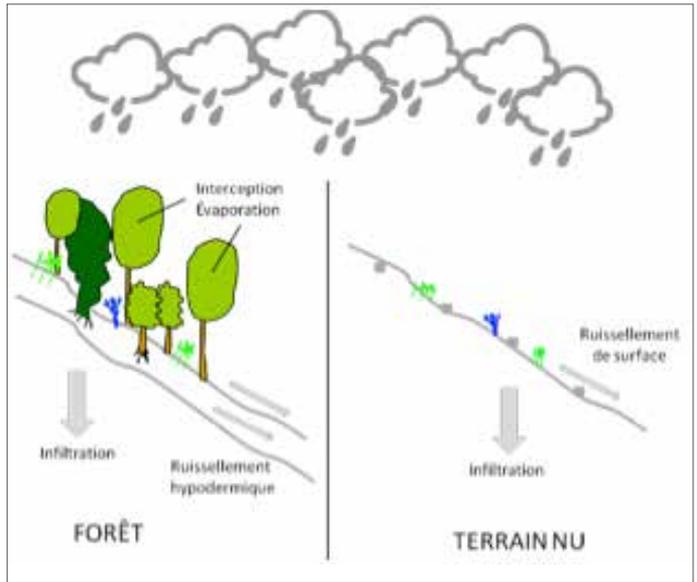
Ce type d'événement est souvent très destructeur, surtout lorsque des embâcles se forment (par exemple suite au transport de matériaux et/ou de végétaux), avec un risque élevé de relargage soudain d'une masse de liquides et de solides accumulés (débâcle).

L'ACTION DE LA FORÊT

La présence de matière organique (en quantité et en épaisseur) fait que le sol est moins sensible à l'érosion que le même sol sans horizon humifère. Le phénomène érosif est ainsi lié à l'état de la couverture végétale du sol.

Les principaux rôles de la végétation dans la maîtrise de l'aléa sont avant tout de :

- favoriser la fixation du sol, pour limiter l'érosion et contenir la mise en mouvement de substrats avec l'eau.
- limiter le ruissellement de surface à toutes les étapes du cycle de l'eau (interception par le couvert, infiltration, évapotranspiration). Ainsi, le débit maximal de l'eau en surface est nettement atténué. La capacité d'infiltration en eau par le sol forestier est cependant limitée. Au-delà d'une certaine quantité, l'eau finit par ruisseler sur un sol saturé favorisant le phénomène érosif.



Pour optimiser ce rôle on recherchera :

- un couvert végétal total (toutes strates confondues) le plus élevé et continu possible,
- une stratification du peuplement et un mélange d'essences. Dans ces conditions, l'ablation du sol est la plus faible.

La végétation qui intercepte une partie de la pluie soustrait une partie de l'eau par évapotranspiration et favorise l'infiltration par son système racinaire. Cela est susceptible de réduire le phénomène d'érosion et influence également la régulation des apports liquides aux torrents.

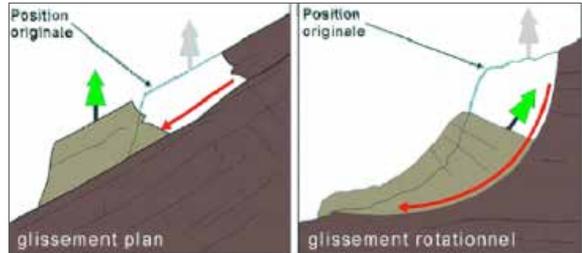
Néanmoins, la forêt et la végétation peuvent également avoir des actions négatives sur ces phénomènes :

- possibilité de phénomènes d'embâcle (obstruction du cours d'eau) et de débâcle (rupture soudaine et imprévisible d'une zone d'obstruction du cours d'eau) avec la présence d'arbres morts ou arrachés dans les lits des torrents ;
- déstabilisation des berges des cours d'eau en cas de déracinement d'arbres ;
- creusement des cours d'eau à l'aval en cas de diminution trop importante de leur charge solide (l'eau claire ayant tendance à éroder les fonds de lit) ;
- possible déstabilisation des niveaux de sols superficiels (voire tendance au glissement) du fait de l'effet balancier des houppiers.

GLISSEMENTS DE TERRAIN

LE PHÉNOMÈNE

Les glissements sont des déplacements sur une pente, le long d'une surface de rupture plane (glissements « plans ») ou courbe (glissements « rotationnels »), d'une masse de terrain cohérente, de volume et d'épaisseur variables.



La profondeur de la surface de rupture (ou surface de glissement) peut varier de quelques décimètres ou quelques mètres (glissements dits superficiels) à plusieurs dizaines de mètres (glissements dits profonds). De façon plus exceptionnelle, cette profondeur peut atteindre plusieurs centaines de mètres dans le cas de glissements de versant de grande ampleur.

Les volumes mis en jeu varient de quelques mètres cubes (glissements pelliculaires de talus par exemple) à plusieurs millions de mètres cubes.

Les matériaux mobilisés peuvent concerner soit le substratum rocheux soit les formations superficielles. Selon leur typologie, la dynamique des glissements est également très variable, de quelques millimètres par an à quelques dizaines de mètres par jour, expliquant ainsi, avec la profondeur mobilisée, la grande diversité des dégâts pouvant être causés par ces phénomènes.

Les coulées boueuses concernent le mouvement rapide d'une masse de matériaux remaniés, à forte teneur en eau et de consistance plus ou moins visqueuse. Elles prennent fréquemment naissance à l'aval, et par évolution, d'un glissement de terrain.

Les facteurs permanents essentiels (facteurs de prédisposition) sont :

- la nature et la structure des terrains : les formations à forte teneur en argile, les formations fluvio-glaciaires, les colluvions, les flyschs, les couches d'altération de schistes ou de marnes sont parmi les formations les plus sensibles ;
- la pente (critère essentiel de stabilité) : des glissements peuvent, dans des matériaux très argileux, se déclencher pour des inclinaisons du terrain naturel relativement faibles.

Les facteurs essentiels dans le déclenchement des glissements (ou facteurs aggravants) sont :

- les modifications du régime hydraulique ; les épisodes pluvieux marqués sont à l'origine d'une grande partie des glissements de terrain, de même que les rejets d'eau anthropiques inadaptés ;
- les travaux de terrassement (déblais, surcharge dus à des remblais, etc.) ;
- les vibrations des terrains (secousse sismique par exemple).

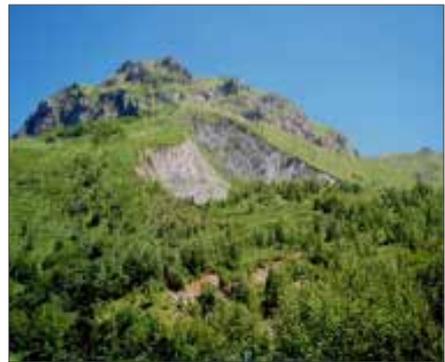
L'ACTION DE LA FORÊT

On distingue une zone de départ, une zone de transit et une zone d'arrêt de la masse glissée. Alors que la forêt a un rôle bénéfique indéniable vis-à-vis de l'érosion superficielle, son rôle est beaucoup plus délicat à apprécier en matière de glissements de terrain.

Jusqu'à 2 m de profondeur de glissement, la végétation peut jouer un rôle dans la maîtrise de l'aléa sur la zone de départ. Au-delà de 2 m de profondeur, étant donné le volume mis en mouvement, la végétation ne peut plus jouer son rôle de stabilisation.

La présence de la forêt favorise l'élimination de l'eau en maintenant une évapotranspiration élevée. Le rôle bénéfique n'intervient cependant qu'essentiellement en période de végétation et pour des échelles de temps longues, dépassant largement celle d'un épisode pluvieux. La forêt n'empêche pas alors une recharge des sols en eau, mais assure au moins une purge d'été des réserves en eau du sol, sans laquelle les glissements pourraient se déclencher dès les premières pluies d'automne.

Ce rôle favorable est contrebalancé par la présence de racines qui jouent le rôle de guide pour l'eau, qui peut alors atteindre plus facilement les couches peu perméables et plus profondes du substrat. Le balancement des arbres par le vent joue en outre un rôle de bras de levier créant un remaniement local du sol pouvant favoriser l'infiltration et diminuer la cohésion. À l'extrême, lorsqu'un arbre bascule (chablis), le trou créé derrière la souche constitue une zone d'infiltration préférentielle très néfaste.



Sur le plan mécanique, l'appareil racinaire assure un rôle d'ancrage. Mais il s'agit plus d'une augmentation de la fixation des couches superficielles que d'un véritable ancrage profond. Inversement, en constituant un sol, la présence de la forêt favorise la désorganisation ou l'altération des matériaux en place.

Le poids des arbres est souvent considéré, à tort, comme un facteur aggravant. Ainsi, même pour les peuplements les plus surcapitalisés la surcharge n'équivaut qu'au poids d'une couche de sol de 5 cm. **Le poids de la forêt influence donc peu la stabilité des versants qui la portent, et ce d'autant moins que le glissement est profond.**

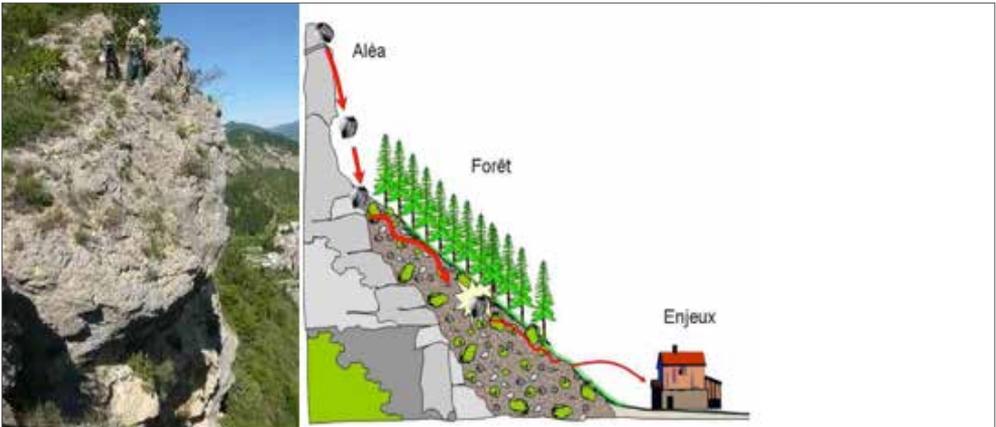
CHUTES DE BLOCS

LE PHÉNOMÈNE

Particulièrement répandues en zone de montagne, les chutes de blocs et les éboulements sont des phénomènes rapides et isolés qui mobilisent des blocs de roches plus ou moins homogènes. Cela consiste en la chute libre ou le roulement de blocs formés par fragmentation ; le mouvement pouvant ensuite se poursuivre dans le cas d'une pente régulière, par une série de rebonds de hauteur décroissante.

On parle de « chute de pierres » lorsque le volume unitaire considéré est de l'ordre de la dizaine de centimètres cube et de « chute de blocs » lorsque celui-ci est de l'ordre de 1 à 100 m³.

Lorsque les blocs se décrochent de la zone de départ, ils suivent généralement, en zone de propagation, la ligne de plus grande pente pour, après avoir roulé ou rebondi, s'arrêter en zone d'atterrissement. Ces chutes se déclenchent le plus souvent à partir d'escarpements rocheux, de falaises, de formations meubles à blocs (colluvions ou moraines par exemple), ou plus rarement il s'agit de blocs rocheux ou éboulis provisoirement immobilisés sur une pente et se remettant en mouvement.



Lorsque les forces motrices deviennent plus fortes que les forces de résistance, divers mécanismes se mettent en jeu et provoquent la rupture : basculement, rupture de pied, de surplomb, glissement banc sur banc, fauchage, etc. Cela résulte d'une longue phase de « préparation » qui peut passer presque inaperçue.

La position de la zone de départ dans le versant, la topographie, le volume des blocs et la nature de la couverture superficielle du sol (végétation ou autre) vont grandement influencer les distances parcourues par les blocs.

Comme des volumes de masse rocheuse peuvent être mis en mouvement à des vitesses élevées, la chute de blocs peut occasionner d'importants dommages aux biens, aux infrastructures et aux personnes.

L'ACTION DE LA FORÊT

Le rôle de protection que peut jouer la forêt est ici à envisager sous deux angles selon qu'il concerne la zone de départ ou la zone de transit et d'arrêt.

Action de la forêt dans la zone de départ

Pour la zone de départ, il faut encore distinguer deux cas :

- **le cas des barres rocheuses ou falaises fracturées**

Souvent peu végétalisées, elles sont propices au déclenchement de chutes de bloc. Dans les barres rocheuses, l'effet d'ancrage est négatif. Les racines favorisent les circulations d'eau qui augmentent ainsi la fissuration de la matrice rocheuse. De même, les houppiers offrent une prise au vent qui, par balancement, peut jouer un rôle de levier dont l'effet se répercute dans le rocher.

- **le cas des éboulis**

Les arbres ou arbustes qui arrivent à s'implanter (ce sont le plus souvent des individus isolés) peuvent fixer la pente et assurer la cohésion des blocs entre eux. Attention cependant : un arbre déraciné peut libérer des blocs calés et les racines peuvent déstabiliser d'anciennes terrasses en pierres sèches dans des versants recolonisés par les arbres

Action de la forêt dans la zone de transit et dans la zone d'arrêt

Ici, la forêt a un rôle d'absorption de l'énergie des blocs. Cependant, en cas d'écroulements ou chutes de blocs volumineux dans une pente forte, les arbres n'auront aucun effet pour stopper le phénomène, mais on peut malgré tout considérer que l'état boisé est plus efficace qu'un terrain nu. Il absorbera alors une petite partie de l'énergie et contribuera à limiter les rebonds.

Ceci dit, les blessures occasionnées aux arbres par des arrêts de blocs à répétition pourraient mettre en péril la viabilité de ce rôle de protection.



Quoiqu'il en soit, les peuplements forestiers peuvent être particulièrement intéressants pour compléter des dispositifs de protection de génie civil notamment en permettant d'en réduire le coût (emprises moins larges, hauteur plus faible).

AVALANCHES

LE PHÉNOMÈNE

Les précipitations neigeuses accumulées sur les versants peuvent générer des phénomènes de reptation lente, de coulées ou d'avalanches dès lors que la pente devient importante (au-delà de 50 %-60 % soit de 26° à 31°) et que leur état de surface et la dénivellation s'y prêtent.

La topographie des versants jouent un rôle important puisqu'on trouve, outre des couloirs bien identifiables et parcourus par de grandes avalanches de divers types, le cas des versants où peuvent se développer des phénomènes moins spectaculaires (reptation, petites coulées) dont il faut tenir compte pour gérer la végétation forestière qu'ils peuvent porter.

On distingue trois zones dans le processus avalancheux :

- la **zone de départ** sur laquelle s'est accumulée une masse neigeuse et où une rupture du manteau neigeux va provoquer la mise en mouvement de cette masse (1);
- la **zone d'écoulement**, qui se situe le long d'une pente, et sur laquelle l'avalanche transite et se développe (2);
- la **zone d'arrêt** est la zone où l'avalanche s'arrête et se dépose (3).

On distingue généralement trois types d'avalanches caractérisés comme suit :

- L'**avalanche de poudreuse** (ou aérosol) se déclenche après d'importantes chutes de neige et par temps plutôt froid. Constituée de neige légère et sèche et d'air elle provoque une onde de choc et s'amplifie tout au long de son trajet en formant un nuage (ou aérosol) de cristaux de glace.
- L'**avalanche de plaque** résulte de la rupture d'une couche du manteau neigeux constituée en plaque (souvent à cause du vent d'où le nom de « plaque à vent »). Le manteau est constitué de neige relativement dense reposant sur une sous-couche sans cohésion. Ces plaques peuvent alors se fracturer de façon linéaire et sur plusieurs centaines de mètres.
- L'**avalanche de neige** humide se déclenche généralement lors d'une période de redoux hivernal et au printemps quand la neige s'humidifie et se densifie. Suivant une trajectoire guidée par les points bas du relief (ravins, couloirs, etc.) ce type d'avalanche est plutôt lent et peut s'apparenter à des écoulements torrentiels

Les types de déclenchement sont variés : ils peuvent être spontanés, c'est-à-dire causés par l'évolution intrinsèque du manteau neigeux ou provoqués par des causes extérieures au manteau neigeux (humaines ou non).

L'ACTION DE LA FORÊT

On considère que les peuplements forestiers peuvent jouer un rôle de protection contre le départ des avalanches, notamment en modifiant les conditions du dépôt de la neige au sol et par effet d'ancrage : on parle de protection active.

Il est toutefois communément admis que la forêt reste inefficace pour stopper une avalanche. Elle peut participer à freiner une avalanche de neige lourde en fin de course (on parle alors de protection passive) mais elle ne pourra pas absorber l'énergie développée par une avalanche de poudreuse qui ne sera freinée que par l'air. Dans ce dernier cas, la forêt peut même devenir un élément aggravant : les arbres arrachés peuvent se mélanger à la neige et provoquer davantage de dégâts.

La forêt joue principalement trois rôles dans la protection contre le déclenchement de coulées de neige, qui s'expliquent comme suit.

- Les troncs des arbres permettent d'ancrer le manteau neigeux. Plusieurs facteurs interviennent dans cette fonction : diamètre des arbres et densité du peuplement, degré de pente (rôle efficace jusqu'à 40 °/50 ° de pente), état de la surface du sol, hauteur de neige.
- La structure des peuplements forestiers influence le transport de la neige par le vent. Bien implantés, les arbres peuvent contribuer à limiter la formation de corniches ou les dépôts dans les petites combes. Ils sont par ailleurs intéressants pour limiter la formation de congères sur les voies de communications. La neige qui tombe au sol est interceptée par les houppiers et les branches (ce qui diminue l'épaisseur du manteau neigeux sous les arbres) et finit par tomber des branches sur la couche de neige en provoquant un effet de poinçon qui contribue à stabiliser le manteau neigeux. Les arbres à feuillage persistant, tels que les résineux (excepté le Mélèze), sont plus efficaces que les arbres à feuilles caduques (essences feuillues, Mélèze) pour l'interception de la neige et le poinçonnage.
- Enfin, le couvert forestier évite les échanges brutaux par rayonnement et limite le regel nocturne ; il a donc un rôle de régulation thermique favorisant un type de métamorphose de la neige conduisant à des couches relativement stables.

La forêt peut également être associée à des ouvrages de protection (claires, râteliers ou filet de protection) afin de maximiser le rôle de protection ou lorsque l'on se situe sur des versants où le risque est particulièrement marqué



4 • ÉVALUER LE RISQUE NATUREL

Un risque naturel est la confrontation d'un **aléa naturel** (avalanches, chutes de blocs...) et d'un secteur où existe au moins un **enjeu socio-économique** (habitations, voie de communication...). Sans enjeu, il n'y a pas de risque naturel, même si l'aléa naturel est important.

Il convient d'abord de quantifier l'aléa naturel et le niveau d'enjeu pour ensuite définir le risque naturel.

4•1 Quantifier un aléa naturel

Ne sont présentées ici que des indications synthétiques. Pour plus de détail concernant la méthodologie, on se référera au document « Présentation méthodologique : Indicateur Évolution surfacique des territoires à forts risques naturels & Production de Cartes d'indice de maîtrise des aléas par les peuplements forestiers et la végétation des Pyrénées » (OPCC 2014). Ce document a été élaboré dans le cadre de l'action « Risques naturels » de l'Observatoire Pyrénéen du Changement climatique.

Notion d'aléa

L'aléa est un phénomène naturel susceptible de se produire en un lieu donné. Il s'agit d'une notion complexe caractérisée par une extension spatiale, un temps de retour, une « intensité » plus ou moins forte du phénomène.

L'objectif principal étant la gestion des peuplements dans leur fonction de protection, la méthode utilisée pour caractériser chaque aléa s'attache surtout à déterminer l'extension potentielle et l'intensité du phénomène, la fréquence n'intervenant pas en tant que telle.

L'extension spatiale et l'intensité des phénomènes naturels doivent être estimées en faisant abstraction de la couverture végétale présente ainsi que des éventuels ouvrages de protection, afin de bien traduire les aléas potentiels.

Notion d'unité fonctionnelle d'aléa

Une unité fonctionnelle d'aléa est une surface de terrain qui comprend les zones de départ, de transit et d'arrêt du phénomène. Chaque unité fonctionnelle d'aléa se voit attribuer une note traduisant l'intensité du phénomène naturel.

Notes d'aléa en fonction du type d'aléa et des caractéristiques du milieu

Pour quantifier un aléa et/ou un enjeu, il est recommandé de faire appel à un spécialiste en gestion des risques naturels.

La notation est spécifique à l'aléa considéré : chacun doit être étudié séparément, d'après les indications des « fiches » correspondantes (pages suivantes). Le tableau ci-après récapitule la notation des différents aléas en fonction des caractéristiques du milieu.

Aléa*	Caractéristiques	Note
Érosion superficielle	Versant sur roches dures non érodables ou pente faible < 20 %	0
	Éboulis et formations détritiques libérés par des roches dures	1
	Roches tendres ravinées ou non	2
Crue torrentielle	Le lit du torrent est majoritairement constitué de secteurs non affouillables	0
	Le lit du torrent est majoritairement constitué de zones de régulation des transports solides	2
	Le lit du torrent est majoritairement constitué de secteurs pentus affouillables	3
Glissement de terrain	Glissement d'une profondeur inférieure à 2 m	2
	Glissement d'une profondeur supérieure à 2 m	3
Chutes de blocs	Blocs de volume moyen inférieur à 1 m ³	2
	Blocs de volume moyen supérieur à 1 m ³	3
Avalanche	Avalanches « potentielles », qui pourraient se produire si les peuplements forestiers en place venaient à disparaître : le contour est tracé à dire d'expert à partir de l'information « panneaux déclencheurs » (couches SIG diffusées dans les services chargés des risques naturels)	1
	Avalanches constatées : le contour de la plus grande extension historique est repris (critère de la Carte de Localisation des Phénomènes avalancheux – CLPA)	3

* Voir § [1] 3 pour la description des phénomènes et le vocabulaire associé

Ce tableau récapitulatif est tiré du Guide des sylvicultures de montagne des Alpes du Sud françaises.

L'ALÉA ÉROSION SUPERFICIELLE

COTATION DE L'ALÉA ÉROSION SUPERFICIELLE

Caractéristiques	Note
Versant sur roches dures non érodables ou pente faible < 20 %	0
Éboulis et formations détritiques libérés par des roches dures	1
Roches tendres ravinées ou non	2

ATTENTION

En cas de superposition d'une unité d'aléa-enjeu Érosion et d'une unité d'aléa-enjeu Bassin Versant torrentiel, les objectifs et critères d'intervention à prendre en compte sont ceux de cette dernière.

L'aléa Érosion superficielle inclut le ravinement mais n'intègre pas l'affouillement par les torrents, qui est traité spécifiquement dans l'aléa crue torrentielle. Dans la suite du guide, le terme « érosion » signifie érosion superficielle.

Le diagnostic de l'aléa Érosion peut s'appuyer sur l'identification des témoins suivants :

- Zones dénudées avec des formes ravinées (incision > 1 m)
- Zones dénudées avec des rigoles (incision < 1 m)
- Accumulations de sédiments à l'amont des troncs ou de la végétation basse
- Végétation basse ou base des arbres enfouies sous des coulées de sédiments
- Atterrissement de barrages, seuils, retenues
- Reboisements réalisés par les services de la Restauration des Terrains en Montagne
- Ouvrages de protection (génie biologique, petit génie civil)
- Dégâts sur des infrastructures (dépôts de sédiments, buses bouchées...)

L'intensité de l'érosion est liée à la nature du substrat. Les roches dures en place telles que calcaires, gneiss ou granites sont les moins vulnérables à l'érosion. Les éboulis et formations détritiques, substrats issus de l'altération des roches dures, sont susceptibles d'être érodés, et donc plus vulnérables que les roches dures non érodables. Les roches tendres sont les plus vulnérables : elles comprennent les formations rapportées telles que dépôts d'origine fluvioglacière, anciennes moraines, formations détritiques et alluvionnaires. Les schistes (par exemple les schistes noirs) et les marnes sont, pour la plupart, considérées comme des roches tendres.

L'unité fonctionnelle d'aléa Érosion est un versant ou une partie de versant, généralement drainé par un torrent. Lorsque le versant est très entaillé, ce qui se constate sur les substrats tendres (marnes, alluvions, moraines würmiennes), la segmentation du phénomène conduit à individualiser chaque ravine comme une unité fonctionnelle d'aléa.

On distingue donc deux types d'unité fonctionnelle d'aléa Érosion :

- les petites ravines de moins de un hectare : une petite ravine présente une zone de départ et de transit, les flancs de la ravine, et une zone d'arrêt constituée par son lit ;
- les autres cas, grandes ravines et versants peu incisés. La distinction de zones de départ, de transit et d'arrêt y est plus délicate et peu utile. En effet, la végétation peut maîtriser l'érosion dans une ravine de un hectare, tandis que cela est difficile dans une ravine plus grande.

L'ALÉA CRUES TORRENTIELLES

COTATION DE L'ALÉA CRUES TORRENTIELLES	
Caractéristiques	Note
Le lit du torrent est majoritairement constitué de secteurs non affouillables	0
Le lit du torrent est majoritairement constitué de zones de régulation des transports solides	2
Le lit du torrent est majoritairement constitué de secteurs pentus affouillables	3

Une crue est générée par la collecte, au sein du bassin d'alimentation, d'un gros volume d'eau qui se concentre dans le lit du torrent, lequel déborde alors. Le diagnostic de l'aléa repose sur les caractéristiques du lit du torrent, composé de secteurs plus ou moins pentus ou affouillables, avec une proportion plus ou moins grande des zones de « régulation des transports solides », c'est-à-dire d'étalement des eaux et dépôt des matériaux transportés. En outre, l'occurrence de laves torrentielles, jugée selon leur observation passée ou des signes précis de laves sur le terrain, est un critère utile (critère d'intensité forte).

L'enveloppe de l'unité d'aléa-enjeu « crue torrentielle », appelée aussi « bassin versant torrentiel », est constituée par un bassin versant drainé par un « site » torrentiel, en incluant le linéaire de torrent et son cône de déjection.

On peut également s'appuyer sur l'identification des témoins suivants :

- Reboisements réalisés par les services de la Restauration des Terrains en Montagne
- Embâcles
- Berges affouillées
- Barrages atterris
- Ouvrages de protection (seuils, enrochements sur berges, surdimensionnement des ouvrages d'art)
- Cours d'eau endigués
- Dégâts sur des infrastructures (routes emportées...)
- Laissez de crues (traces de passage : branchages, déchets...)

L'ALÉA GLISSEMENT DE TERRAIN

COTATION DE L'ALÉA GLISSEMENT DE TERRAIN

Caractéristiques	Note
Glissement d'une profondeur inférieure à 2 m	2
Glissement d'une profondeur supérieure à 2 m	3

Pour apprécier l'intensité de l'aléa, on considère l'ensemble d'un versant sensible au glissement, englobant toute la zone d'activité constatée et potentielle, en se référant aux critères classiques que sont la nature du substrat, la pente et les arrivées d'eau. L'intensité est liée à la profondeur du glissement qui correspond à l'épaisseur de la couche de matériaux mise en mouvement (voir § [1] 3, aléa glissement de terrain).

On peut notamment se fier aux témoins suivants :

- Décrochements de terrains, niches d'arrachement, terrain mamelonné
- Suintement sur les versants
- Peuplements forestiers instables (forêt ivre, arbres penchés ou déracinés)
- Ouvrages de protection active (drains)
- Dégâts sur des infrastructures (bâtiments fissurés, routes déformées...)
- Rupture sur le profil en long des routes

On peut distinguer au sein de l'unité fonctionnelle d'aléa Glissement de terrain une zone de départ, une zone de transit et une zone d'arrêt de la masse glissée.

L'ALÉA CHUTES DE BLOCS

COTATION DE L'ALÉA CHUTES DE BLOCS	
Caractéristiques	Note
Blocs de volume moyen inférieur à 1 m ³	2
Blocs de volume moyen supérieur à 1 m ³	3

Pour apprécier l'intensité de l'aléa, on considère les zones de déplacement potentiel des blocs susceptibles d'être libérés sur un versant. Pour coter l'aléa, on estime la taille moyenne des blocs susceptibles de chuter. On sait en effet que les peuplements forestiers ont très peu d'influence sur de gros volumes en mouvement.

L'unité fonctionnelle d'aléa est délimitée en utilisant les connaissances ponctuelles des phénomènes et en s'aidant, si besoin, des outils de modélisation existants.

On peut également se baser sur l'identification des témoins suivants :

- Présence en falaise de zones de couleurs différentes et très contrastées (points de départ)
- Traces d'impact au sol (« cratères »)
- « Cortèges » de blocs orientés dans la ligne de plus grande pente
- Arbres blessés côté amont
- Blocs posés au sol, arrêtés sur des arbres, des souches ou des troncs
- Trouées avec des bois cassés ;
- « Coulées » de feuillus et de végétation arbustive, ou de peuplement jeune équienné
- Présence d'ouvrages de protection
- Dégâts sur des infrastructures

On peut généralement distinguer au sein d'une unité fonctionnelle d'aléa Chutes de blocs une zone de départ, typiquement une barre rocheuse en corniche, une zone de transit, en pente forte, et une zone d'arrêt des blocs, en pente plus faible.

La zone de transit, surtout lorsqu'elle est boisée, recèle des blocs arrêtés qui sont parfois susceptibles d'être remis en mouvement. Pour autant, elle ne doit pas être confondue avec une zone de départ.

L'ALÉA AVALANCHES

COTATION DE L'ALÉA AVALANCHES	
Caractéristiques	Note
Avalanches « potentielles », qui pourraient se produire si les peuplements forestiers en place venaient à disparaître : le contour est tracé à dire d'expert à partir de l'information « panneaux déclencheurs » (couches SIG diffusées dans les services chargés des risques naturels)	1
Avalanches constatées : le contour de la plus grande extension historique est repris (critère de la Carte de Localisation des Phénomènes avalancheux – CLPA)	3

Pour appréhender l'intensité de l'aléa, on est amené à distinguer les avalanches potentielles, qui pourraient se produire si la forêt existante disparaissait, et les avalanches constatées.

Pour les premières, le contour est tracé à dire d'expert, à partir de l'information « panneaux déclencheurs » obtenue par traitement des données topographiques sous Système d'Information géographique. Selon des critères déterminants (pente, exposition...) un modèle permet de localiser les zones, appelées panneaux déclencheurs, où des avalanches pourraient se produire, en l'absence de peuplement forestier.

Pour les secondes, on reprend le contour de la plus grande extension historique (critère de la Carte de Localisation des Phénomènes avalancheux – CLPA). On peut également s'aider des témoins suivants :

- Présence d'arbres en crosse ou couchés au sol sans être déracinés
- Arbres en drapeau
- Chablis et volis orientés dans la ligne de plus grande pente
- Arbres écorcés et/ou ébranchés côté amont
- Bris de cimes de plusieurs arbres à la même hauteur
- Impression d'« effet de souffle » de part et d'autre de l'axe principal de propagation
- « Coulées » de feuillus et de végétation arbustive
- Zone occupée par un peuplement plus jeune et dont les arbres ont tous le même âge
- Remontée de végétation atypique sur le versant opposé et dans l'axe de propagation
- Amas de débris côté amont des obstacles en place
- Sol « propre » et « décapé »
- Régénération ne s'établissant qu'à l'abri d'obstacles
- Traces d'anciens dépôts (burrelet, cône de déjection...)
- Présence d'ouvrages de protection
- Dégâts sur des infrastructures

On distingue au sein de l'unité fonctionnelle d'aléa une zone de départ, une zone de transit et une zone d'arrêt de l'avalanche.

4•2 Quantifier les enjeux socio-économiques et les risques naturels

Notion de risque naturel

Un risque naturel est une menace qu'un aléa naturel fait peser sur des enjeux socio-économiques identifiés.

Un niveau de risque jugé trop élevé impose des interventions pour maîtriser l'aléa. Par contre, en l'absence d'enjeu socio-économique, un aléa même fort ne justifie pas de mesures spécifiques au titre de la protection.

4•2•1 Appréciation des enjeux socio-économiques

Face à un aléa naturel, l'appréciation du risque dans un site donné suppose d'abord la détermination du niveau d'enjeu socio-économique.

Niveau d'enjeu socio-économique

Le niveau de chaque enjeu est déterminé selon la grille ci-contre :

Enjeux socio-économiques multiples

Le cas des enjeux multiples sur un même site est traité en considérant globalement que trois enjeux d'un niveau donné conduisent à passer au niveau de cotation supérieur :

- un ou plusieurs enjeux forts, ou 3 enjeux moyens 3 ou 3 + 3 ou 2 + 2 + 2 niveau 3
- un ou deux enjeux moyens, ou 3 enjeux faibles 2 ou 2 + 2 ou 1 + 1 + 1 niveau 2
- un ou deux enjeux faibles 1 ou 1 + 1 niveau 1
- enjeux nuls, ou absence d'enjeu 0 + 0 + 0 niveau 0

En cas d'enjeux multiples mais de différents niveaux (1 + 2 + 3... ou 2 + 2 + 3...), c'est le niveau le plus élevé qui s'applique.

Enjeux socio-économiques indirectement exposés

Les éléments précédents permettent l'identification et la cotation des enjeux directement exposés à l'intérieur de l'unité fonctionnelle d'aléa. Mais des enjeux situés plus loin peuvent également être indirectement menacés par l'aléa. Cela concerne essentiellement les aléas érosion, crue torrentielle et glissement de terrain, pour lesquels il existe généralement au moins un enjeu faible à l'aval. Le cas de ces enjeux indirectement exposés, localisés sur d'autres sites en aval, est traité par la notion de sites fonctionnellement dépendants. Un système de pondération décroissante de l'amont vers l'aval est appliqué selon leur position par rapport à l'unité d'aléa.

Type d'enjeu	Niveau d'enjeu (cotation)			
	3 (Élevé)	2 (Moyen)	1 (Faible)	0 (Nul)
Habitat	Dense, plus de 10 logements	Dispersé, 2 à 10 logements	Habitation isolée	Sans
Voie de communication (route, rail)	Voies structurantes, y compris axes intercommunaux	Voies d'intérêt infra communal, accès unique d'un pôle important d'activités	Voie de desserte publique ou privée locale, parking public	Chemin et piste non carrossable (y compris pistes forestières).
Réseaux	Ligne très haute tension (THT), gazoduc	Lignes haute tension (HT) et moyenne tension (MT) (≥ 20 kv)	Conduite forcée, ligne de distribution locale d'électricité, d'eau ou de gaz	Réseau des particuliers
Tourisme	Équipements avec hébergement (ex. : camping, centre de vacances, colonie de vacances, hôtel)	Équipements sans hébergement (piscines publiques, domaines skiabiles des stations, y compris pistes et remontées mécaniques...)	Sites touristiques aménagés (chemins et sentiers de randonnée, parcours de pêche et itinéraire de canoë, aire de pique-nique aménagée).	
Industries et commerces	Centre industriel, centre commercial	Commerces isolés, artisanats	Entrepôts et garages sans personnel permanent.	
Agriculture		Coopérative agricole, siège d'exploitation	Bâtiment agricole sans hébergement, terres agricoles cultivées	Équipements agricoles démontables, terres agricoles non cultivées, parcours pastoraux.
Forêt			Routes forestières (intercommunale, locale), peuplement forestier de production	Espaces naturels (classés ou non), peuplements forestiers sans enjeu de production
Patrimoine culturel		Monument/Bâtiment historique (classé) visité ou non		
Autres enjeux publics	Hôpital, centre d'incendie et de secours, école, maison de retraite	Point de captage d'eau, réservoir d'eau communal, station d'épuration	Antenne de télécommunication	Ouvrages de protection actif ou passif

REMARQUE

Les forêts, le maintien des sols, les ouvrages de protection et les pistes forestières ne sont pas des enjeux socio-économiques au sens de l'analyse des risques, bien que le maintien de leurs fonctionnalités soit important pour la régulation de l'aléa.

Le recensement des aléas et enjeux permet d'identifier des sites « dépendants » et d'affecter automatiquement à chaque unité d'aléa le niveau d'enjeu résultant. C'est le cas par exemple d'une rivière torrentielle en aval d'un site torrent, ou d'un site torrent drainant des sites ravinement.

Le niveau d'enjeu résultant, pour le site amont, de ces expositions directes et indirectes, est donné par un calcul selon la méthodologie que voici.

Tout d'abord, on attribue une valeur numérique, un « poids », aux différents niveaux d'enjeu (cf. grille ci-avant) :

- enjeu nul → 0
- enjeu faible → 10
- enjeu moyen → 30
- enjeu fort → 100

Ensuite, on applique à chacun des sites dépendants un coefficient de pondération selon sa position, de l'amont vers l'aval, dans l'enchaînement des aléas :

Position du site, de l'amont vers l'aval	Coefficient de pondération
Site directement exposé	1
Site situé en 1 ^{re} position à l'aval du site directement exposé	0,9
Site situé en 2 ^e position à l'aval du site directement exposé	0,5
Site situé en 3 ^e position à l'aval du site directement exposé	0,2
Sites suivants	0,2

Sur chacun des sites de la chaîne, on évalue le niveau d'enjeu, que l'on multiplie par le coefficient correspondant à sa position et on additionne ces notes pondérées pour obtenir la note finale attribuée au site amont.

Selon la valeur obtenue, le niveau d'enjeu résultant est considéré comme : Nul (0-5), Faible (5-25), Moyen (25-90), ou Fort (90 et +).

Exemple

De l'amont vers l'aval, un secteur de ravinement sans enjeu (niveau 0) alimente un torrent traversé par des itinéraires de promenade et randonnée (enjeu niveau 1). Ce torrent aboutit dans une rivière torrentielle qui traverse un village (enjeu niveau 3). Pour le secteur de ravinement situé en amont, le calcul du niveau résultant d'enjeu ($0 \times 1 + 10 \times 0,9 + 100 \times 0,5 = 59$) donne une note comprise entre 25 et 90, qui correspond à un niveau « moyen ».

Les cas d'enjeux indirectement exposés sont relativement fréquents pour les aléas érosion superficielle, crue torrentielle et glissement de terrain.

Notion d'unité d'aléa-enjeu

Le croisement ou la combinaison des unités fonctionnelles d'aléas avec les enjeux socio-économiques génère des unités d'aléa-enjeu. Une **unité d'aléa-enjeu** est une zone géographique caractérisée par une même notation d'aléa et une même notation d'enjeu.

Le plus souvent, les unités d'aléa-enjeu ont les mêmes limites que les unités fonctionnelles d'aléa dont elles découlent. Dans certains cas, cependant, la situation ou le niveau des enjeux peut imposer de découper l'unité fonctionnelle d'aléa en plusieurs unités d'aléa-enjeu. Cela peut se produire pour les glissements de terrain lorsqu'une partie seulement du glissement engendre un risque, pour les chutes de blocs avec des enjeux ponctuels sous un versant étendu, pour un versant avalancheux dont une partie menace un chalet, etc.

4•2•2 Détermination du niveau de risque naturel

La détermination du niveau de risque est classiquement réalisée en croisant la note d'aléa et le niveau d'enjeu socio-économique de chaque unité d'aléa-enjeu.

Note d'aléa	Niveau d'enjeu socio-économique			
	Nul 0	Faible 1	Moyen 2	Fort 3
0	Risque nul	Risque nul	Risque nul	Risque nul
1	Risque nul	Risque faible	Risque faible	Risque moyen
2	Risque nul	Risque faible	Risque moyen	Risque fort
3	Risque nul	Risque moyen	Risque fort	Risque fort

En cas de risque nul, la démarche s'arrête à ce stade puisque, quelque soit l'état du milieu forestier, aucune action ne sera préconisée.

Les notes d'aléa ne tenant pas compte de la présence éventuelle d'ouvrages ou de peuplements ; il en est de même des niveaux de risques obtenus.

En cas d'aléas multiples, on retient l'évaluation maximale. Il ne paraît en effet pas utile d'ajouter les aléas dans la mesure où aucune considération de fréquence n'est prise en compte.

5 • ÉVALUER LE RÔLE DE LA VÉGÉTATION AVEC L'INDICE DE MAÎTRISE DE L'ALÉA (IMA), ANTICIPER SON ÉVOLUTION POSSIBLE

Le rôle actuel que joue la végétation face aux aléas naturels est évalué par l'Indice de Maîtrise des Aléas (IMA). La note de l'IMA varie de 0 (efficacité nulle de la végétation vis-à-vis de l'aléa) à 6 (efficacité maximale de la végétation vis-à-vis de l'aléa). Le mode d'évaluation de l'IMA varie selon le type d'aléa.

La menace incendie est très présente dans les peuplements de protection pyrénéens, surtout dans la partie méditerranéenne. Cette menace n'est cependant pas prise en compte dans l'évaluation de l'IMA car elle n'intervient pas directement dans la maîtrise de l'aléa. En revanche, elle est à prendre en compte en amont dans les préconisations de gestion de la partie 2, au même titre que le déséquilibre faune – flore (voir les fiches du § [1] 5.2).

5•1 Impacts possibles des changements climatiques sur les peuplements forestiers pyrénéens

5•1•1 Données préalables sur le comportement des essences

Selon la bibliographie, la sensibilité des essences vis-à-vis de la sécheresse et des changements climatiques les classerait comme suit, de la plus vulnérable à la moins vulnérable :

Sapin pectiné → Hêtre → Pin à crochets → Pin sylvestre → Pin noir → Chêne sessile → Chêne pubescent → Chêne vert

En général, les pins sont assez résistants au stress hydrique. Cependant, ils sont peu résilients : s'ils sont affectés, leur dépérissement est souvent irréversible. À l'inverse, les chênes sessile et vert sont moins résistants mais plus résilients : ils peuvent réagir et reconstituer leur houppier suite à une sécheresse ponctuelle.

Le **sapin pectiné** exige une humidité atmosphérique élevée et constante tout au long de l'année. Les précipitations doivent être d'au moins 1000 mm/an dont 600 mm au minimum durant la saison de végétation. Son aire bioclimatique optimale se situe entre 1200 m et 1600 m d'altitude dans les Pyrénées, préférentiellement en versant nord. Le sapin pectiné est sensible aux sécheresses estivales. Il a une bonne résistance au froid mais avec une certaine sensibilité des bourgeons aux gelées tardives.

Suite aux sécheresses de la décennie 2000-2010 et à la canicule de 2003, des premiers signes de pertes de vitalité voire des dépérissements sont observés dans les Pyrénées, notamment dans le Pays de Sault à basse altitude (< 1 000 m) et/ou en exposition chaude.

Le **hêtre** se plaît sur une gamme de sols très étendue mais il est sensible à la disponibilité en eau en saison de végétation (printemps et été). Ainsi, la répartition du hêtre est bien corrélée au déficit hydrique climatique (Précipitations – Évapotranspiration) estival. On considère que ce déficit ne doit pas excéder -85 mm sur les mois de juin, juillet et août pour que les conditions soient optimales.

S'il a des mécanismes de régulation physiologique efficaces qui permettent de supporter des sécheresses ponctuelles, le hêtre souffre quand les sécheresses se prolongent durant la saison de végétation. Des dépérissements apparaissent alors (déficit foliaire, mortalité de branches), comme c'est le cas actuellement dans les zones les plus sèches des Pyrénées-Orientales, en France.

Globalement, on observe toutefois peu de mortalité à l'échelle des Pyrénées. Avec les changements climatiques, le hêtre pourrait être amené à remonter en altitude, et pourrait être menacé dans les zones les plus sèches et/ou avec exposition chaude.

Le pin à crochets est une essence plastique et frugale, particulièrement résistante au froid, aux gelées tardives et au vent. Il peut supporter des sécheresses importantes y compris en période estivale. Il a un fort pouvoir colonisateur des milieux ouverts, mais il a une faible capacité à supporter la concurrence des autres essences forestières. C'est pour cette raison qu'il est dominant là où ses concurrents sont confrontés aux contraintes climatiques fortes entre 1600 m et 2 300 m. À ces altitudes, peu de signes de dépérissements sont constatés pour le moment.

De par leur distribution dans l'étage subalpin, les forêts de pins à crochets sont particulièrement sensibles aux différentes composantes du changement climatique. Avec l'augmentation prévue des températures et l'abandon du pastoralisme, il est probable que le pin à crochets :
 – colonise les milieux ouverts supraforestiers non pâturés,
 – régresse dans ses limites basses de répartition, face à la concurrence du pin sylvestre, du sapin pectiné et du hêtre, qui progressent également en altitude.

Le pin sylvestre est une essence post-pionnière nomade, de pleine lumière. C'est une essence frugale et plastique, tolérant les sols pauvres mais souffrant souvent sur calcaire. Il résiste en général bien à la sécheresse estivale ponctuelle mais, si celle-ci se répète, des dépérissements surviennent. Le pin sylvestre est sensible au vent mais il ne craint ni le froid, ni les gelées de printemps. Il tolère les sols hydromorphes ou compacts. Il se répartit de 500 à 2 000 m d'altitude. Au-delà de 1 500 m, on le retrouve souvent en mélange avec le pin à crochets au contact avec les milieux ouverts. Les précipitations doivent être supérieures à 600 mm/an, avec au moins 100 mm durant l'été. La température moyenne annuelle optimale pour cette espèce est comprise entre 7,5 et 10 °C.

Peu de signes de dépérissement sont observés côté français actuellement. En revanche, côté espagnol, de nombreux dépérissements ont été observés, surtout dans les zones sèches, à sol superficiel où la concurrence est importante. En effet, de par sa plasticité, le pin sylvestre a colonisé de nombreuses zones délaissées par l'agriculture. Mais maintenant, il commence à dépérir dans les zones aux conditions pédo-climatiques les plus difficiles. Dans sa limite basse de répartition, le pin sylvestre est concurrencé par le chêne pubescent et surtout le chêne vert.

Le pin noir est essentiellement représenté par deux sous-espèces : le pin de Salzmann (75 %), présent naturellement dans les Pyrénées espagnoles et, de façon relictuelle, en France, et le pin noir d'Autriche (25 %), introduit majoritairement au début du XX^e siècle, surtout en Espagne. Le pin noir est une essence postpionnière nomade répartie principalement entre 500 et 1 200 m.

C'est également une essence plastique supportant tout type de sol, notamment les sols calcaires contrairement au pin sylvestre. Le pin noir résiste en général bien à une sécheresse estivale, sauf si celle-ci se répète sur plusieurs années.

Le chêne sessile est une essence présente dans le piémont pyrénéen, principalement à l'étage collinéen. Il semble plutôt bien résister à une sécheresse estivale ponctuelle mais craint leur répétition trop fréquente d'une année sur l'autre. Contrairement au chêne pubescent qui peut pousser sur des sols superficiels, souvent calcaires et à faible réserve en eau, le chêne sessile a besoin d'une certaine profondeur de sol pour se développer convenablement et préfère les sols à tendance acide. Avec les changements climatiques, le chêne sessile pourrait être amené à coloniser des milieux qui lui étaient jusqu'à présent défavorables en raison de la concurrence du hêtre notamment.

Le chêne pubescent résiste bien aux conditions chaudes et sèches y compris aux sécheresses estivales. Il semble également assez bien supporter le froid. Le chêne pubescent se cantonne pour le moment sur des stations sèches de l'étage méso et supraméditerranéen, souvent en versant sud et/ou dans des conditions de sécheresse marquée, poussant là ou d'autres essences ne peuvent pas s'implanter.

Avec les changements climatiques, le chêne pubescent pourrait être amené à coloniser de nouveaux milieux en cas de dépérissement de pineraies et de hêtraies dans les zones les plus sèches.

Le chêne vert est présent dans les étages méso méditerranéen jusqu'à 600 mètres d'altitude. Il se développe généralement dans les milieux à faible réserve hydrique, sur sols superficiels, notamment calcaires. Avec les changements climatiques, il pourrait être amené à concurrencer les chênaies pubescentes et les peuplements de pin noir.

5•1•2 Changements climatiques, dynamique forestière et changement d'essences

Deux paramètres sont importants à évaluer concernant l'impact des changements climatiques sur la maîtrise des aléas : le changement de type de végétation ou le changement de l'essence dominante d'un peuplement forestier. Dans les paragraphes suivants sont rassemblés les cas de figure existants, et valables pour tous les aléas. Le § [1] 5.2 détaillera ensuite les conséquences des changements climatiques en fonction des différents cas.

Indépendamment des influences anthropiques, il existe 7 grands types de dynamique naturelle possibles :

→ **dynamique forestière stable**

Le peuplement forestier arrive à s'adapter, notamment grâce à la diversité génotypique et la sélection naturelle, tout en conservant les mêmes essences.

→ **dynamique forestière neutre avec changement d'essence**

Un état boisé continu se maintient par substitution d'essence. Ce cas est possible pour les peuplements naturellement mélangés à l'origine et dont la proportion des essences change au cours du temps. C'est le cas par exemple d'une sapinière – hêtraie qui peut évoluer vers une hêtraie sous l'influence des conditions du milieu.

→ **dynamique forestière neutre avec stade arbustif intermédiaire**

Le peuplement forestier dépérit rapidement pour aboutir à un stade arbustif. Grâce à la dynamique des peuplements à proximité, le milieu boisé se reforme progressivement. C'est le cas par exemple d'une sapinière peu mélangée et dépérissante qui se reconstitue en hêtre. Du fait de l'absence momentanée d'état boisé, ce type de dynamique devrait avoir un impact négatif temporaire sur la maîtrise des aléas avalanches et chutes de blocs.

→ **dynamique forestière régressive : de la forêt vers des landes ou pelouses**

Il s'agit d'un dépérissement d'une essence qui disparaît progressivement, sans être remplacée pour laisser place à un stade de landes et pelouses. Ce risque vis-à-vis des changements climatiques existe surtout dans le cas de zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel/faible réserve utile. La disparition rapide du couvert forestier n'est alors pas suivie d'une reconquête par la forêt. C'est le cas par exemple d'une pineraie sylvestre homogène et dense, située en zone sèche sur sol superficiel, qui dépérit rapidement après un épisode de plusieurs étés secs. Plus généralement, si une essence dépérit massivement sans qu'il y ait d'autres essences au voisinage immédiat, aucun peuplement ne pourra se reconstituer et une friche ou lande devrait momentanément s'installer.

La dynamique de la forêt vers des milieux de landes et pelouses devrait avoir un impact négatif durable sur la maîtrise des aléas avalanches et chutes de blocs du fait de la disparition de l'état boisé.

→ **dynamique herbacée régressive des landes et pelouses vers des terrains peu végétalisés**

Comme dans le cas précédent, le phénomène peut se produire surtout en contexte de zone sèche (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel/faible réserve utile. Il concernerait en priorité les milieux herbacés méditerranéens exposés au sud. Cette dynamique végétale devrait avoir un impact négatif sur la maîtrise des aléas érosion superficielle, crues torrentielles et glissement de terrain du fait de la diminution de la couverture végétale fixatrice des sols.

→ dynamique forestière positive des landes et pelouses vers la forêt

Avec l'augmentation des températures, la colonisation par la forêt des franges supraforestières d'altitude non pâturées devrait a priori être principalement le fait des pins (bons colonisateurs de milieux ouverts), et dans une moindre mesure du sapin pectiné ou du hêtre. La dynamique végétale conduisant à une progression de la forêt sur les landes et pelouses devrait avoir un impact positif sur la maîtrise des aléas avalanches et chutes de blocs.

→ dynamique herbacée positive des terrains peu végétalisés vers des landes et pelouses

Comme ci-dessus, cela concerne surtout les zones de haute altitude, dont l'augmentation des températures permettrait la colonisation par les herbacées. Cette dynamique végétale vers des landes et pelouses devrait avoir un impact positif sur la maîtrise des aléas érosion superficielle, crue torrentielle et glissement de terrain.

Quant aux changements possibles d'essences, sous l'effet des changements climatiques, on peut globalement les envisager comme une succession d'essences de type :

- Pin à crochets → Sapin pectiné → Hêtre → Chênes, dans les zones les plus humides ;
- Pin à crochets → Pins (sylvestre et noir) → (Hêtre) → Chênes, dans les zones les plus sèches.

Cependant cette succession d'essences dans la dynamique forestière suppose un dépérissement total des individus d'une essence. Or la diversité génétique est telle qu'on peut supposer que certains individus d'une essence sensible devraient être en mesure de supporter les nouvelles conditions climatiques. Tout dépendra donc de la rapidité des changements climatiques et du temps d'adaptation et de régénération dont disposeront les arbres pour combler les éventuelles niches écologiques libérées.

5•2 Détermination de l'IMA, et analyse de l'impact possible des changements climatiques et autres menaces

Même si plusieurs aléas sont présents sur un même site, les indices de maîtrise de l'aléa (IMA) sont déterminés indépendamment. Ils ne peuvent pas se cumuler.

ÉROSION SUPERFICIELLE

DÉTERMINATION DE L'IMA

Pour cet aléa, l'IMA est déterminé à l'échelle globale de l'unité aléa-enjeu et non pas à l'échelle des peuplements élémentaires. Une ravine peut comprendre des couverts végétaux différents, composés de peuplements forestiers, arbustes ou végétation herbacée.

		LIT DE RAVINE ENTIÈREMENT VÉGÉTALISÉ arbres + arbustes + herbacées	LIT DE RAVINE PARTIELLEMENT VÉGÉTALISÉ : COUVERT VÉGÉTAL TOTAL EN ÉTÉ (%) SUR L'ENSEMBLE DE LA RAVINE		
			< 30 %	30 – 70 %	70 – 95 %
TAILLE DES RAVINES	ravines < 1 ha	6	1	4	5
	ravines > 1 ha* ou versant peu incisé	→	1	3	5

* Le cas des ravines > 1 ha est réservé aux Pyrénées espagnoles.

IMPACTS POSSIBLES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les dynamiques de végétation que peuvent induire changements climatiques et susceptibles d'impacter la maîtrise de l'aléa sont de type :

→ dynamique herbacée régressive : des landes et pelouses vers des terrains peu végétalisés

Impact sur la maîtrise de l'aléa : négatif. La disparition du couvert herbacé déstabiliserait les ravines (disparition du rôle d'ancrage) et pourrait entraîner une reprise d'aléa. Cette reprise d'aléa pourrait alors amplifier à son tour la disparition du couvert végétal.

Milieus les plus exposés/vigilance particulière : Les landes et pelouses situées en zone sèche (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel à faible réserve utile sont les plus exposées à la dynamique herbacée régressive. Cela concernerait donc en priorité les milieux herbacés méditerranéens ou les terrains exposés au sud.

→ dynamique herbacée positive des terrains peu végétalisés vers des landes et pelouses

Impact sur la maîtrise de l'aléa : positif. Le développement de la végétation herbacée dans les ravines stabiliserait le milieu par ancrage du substrat.

Milieus concernés : zones de haute altitude non végétalisées dont l'augmentation des températures permettrait la colonisation par les herbacées.

Les autres types de dynamique décrits au § [1] 5-1 ont un impact neutre sur la maîtrise de l'aléa.

MENACE SUPPLÉMENTAIRE INDUITE PAR LES INCENDIES

Un incendie aurait pour conséquence la disparition partielle voire totale du couvert végétal, et donc une nette baisse de la maîtrise de l'aléa par la végétation. Cette baisse n'est a priori que transitoire puisque les strates végétales devraient se reconstituer. Cependant, la période critique qui s'en suit expose fortement le milieu à une reprise de l'aléa qui pourrait à son tour ralentir voire stopper la dynamique de recolonisation végétale.

MENACE SUPPLÉMENTAIRE INDUITE PAR UN DÉSÉQUILIBRE FAUNE – FLORE

Un déséquilibre faune-flore, par surpâturage d'animaux domestiques ou surpopulation de cervidés, aurait pour conséquence une nette diminution du couvert végétal induit par l'abourissement et le piétinement. La maîtrise de l'aléa s'en trouverait alors diminuée, spécialement dans les zones les plus sèches et/ou chaudes.

CRUES TORRENTIELLES

DÉTERMINATION DE L'IMA

Pour cet aléa, l'IMA est déterminé à l'échelle globale de chaque zone fonctionnelle (départ, transit, dépôt) et non pas à l'échelle des peuplements élémentaires. Chaque zone peut comprendre des peuplements différents. Pour la description des zones, voir le § [1] 3 ci-avant.

Indice de maîtrise de l'aléa IMA		COUVERT VÉGÉTAL EN ÉTÉ (%) arbres + arbustes + herbacées		
		< 30 %	30 – 70 %	> 70 %
ZONE DE DÉPART *	Zone de départ = bassin d'alimentation	0	2	3

* ATTENTION : pour ce cas précis, la zone de départ à décrire (= bassin d'alimentation en eau) pour l'IMA est plus grande que l'unité aléa-enjeu qui, elle, correspond au lit majeur de la partie amont du torrent.

Indice de maîtrise de l'aléa IMA		ZONE NON VÉGÉTALISÉE ni arbres, ni arbustes ; ni herbacées	ZONE VÉGÉTALISÉE	
			Présence* bois 40 cm et +	Absence bois 40 cm et +
ZONE DE TRANSIT	Zone de transit = lit et berges du torrent	0	0	2

* ATTENTION : en présence d'arbres de diamètre 40 cm et +, tous les arbres susceptibles d'être déstabilisés sont dangereux (déstabilisation des berges, embâcles...)

Indice de maîtrise de l'aléa IMA		ZONE NON BOISÉE	ZONE BOISÉE : DENSITÉ DE TIGES (N/HA) DE Ø 17,5 ET +	
			N < 350	N > 350
ZONE D'ARRÊT	Zone de dépôt = cône de déjection	0	2	4

IMPACTS POSSIBLES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les dynamiques de végétation que peuvent induire changements climatiques et susceptibles d'impacter la maîtrise de l'aléa sont de type :

- **dynamique herbacée régressive des landes et pelouses vers des terrains peu végétalisés**
Impact sur la maîtrise de l'aléa : négatif. La disparition du couvert herbacé déstabiliserait les berges et la zone de départ et pourrait par endroit entraîner une reprise d'aléa avec possibilité de lave torrentielle. Cette reprise d'aléa pourrait alors amplifier à son tour la disparition du couvert végétal.
Milieus les plus exposés/vigilance particulière : les landes et pelouses situées en zone sèche (faibles précipitations) et/ou sur sol superficiel à faible réserve utile sont les plus exposées à la dynamique herbacée régressive. Cela concernerait donc en priorité les milieux herbacés méditerranéens ou les terrains exposés au sud. Toutefois, la sécheresse pourrait être contrebalancée par la proximité d'un cours d'eau qui faciliterait la dynamique végétale.
- **dynamique herbacée positive des terrains peu végétalisés vers des landes et pelouses**
Impact sur la maîtrise de l'aléa : positif. La végétalisation des berges et de la zone de départ (en climat méditerranéen) stabiliserait le milieu.
Milieus concernés : zones de haute altitude non végétalisées dont l'augmentation des températures permettrait la colonisation par les herbacées.

Les autres types de dynamique décrits au § [1] 5-1 ont un impact neutre sur la maîtrise de l'aléa.

MENACE SUPPLÉMENTAIRE INDUITE PAR LES INCENDIES

Dans la zone de départ et de transit, un incendie aurait pour conséquence la disparition partielle voire totale du couvert végétal, et donc une nette baisse de la maîtrise de l'aléa par la végétation. Cette baisse n'est a priori que transitoire puisque les strates végétales devraient se reconstituer. Cependant, la période critique qui s'en suit expose fortement le milieu à une reprise de l'aléa qui pourrait à son tour ralentir voire stopper la dynamique de recolonisation végétale. Le risque de lave torrentielle serait alors aggravé par une moindre cohésion du substrat.

Dans la zone d'arrêt, la disparition possible du couvert arboré entraînerait une forte diminution de la maîtrise de l'aléa.

MENACE SUPPLÉMENTAIRE INDUITE PAR UN DÉSÉQUILIBRE FAUNE – FLORE

Dans la zone de départ et de transit, un déséquilibre faune-flore, par surpâturage d'animaux domestiques ou surpopulation de cervidés, aurait pour conséquence une nette diminution du couvert végétal induit par l'abrutissement et le piétinement. La maîtrise de l'aléa s'en trouverait alors diminuée, spécialement dans les zones pédo-climatiques les plus difficiles. Le risque de lave torrentielle serait alors aggravé par une moindre cohésion du substrat.

GLISSEMENTS DE TERRAIN

DÉTERMINATION DE L'IMA

Pour cet aléa, l'IMA est déterminé à l'échelle globale du glissement de terrain, et non pas à l'échelle des peuplements élémentaires. L'ensemble du glissement peut comprendre des peuplements différents.

		COUVERT VÉGÉTAL TOTAL EN ÉTÉ (%) arbres + arbustes + herbacées	
		< 70 %	> 70 %
ZONE DE DÉPART	Profondeur du glissement > à 2 m	0 : la végétation n'a aucun rôle de maîtrise de l'aléa	
	Profondeur du glissement < à 2 m	0	3

IMPACTS POSSIBLES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les dynamiques de végétation que peuvent induire changements climatiques et susceptibles d'impacter la maîtrise de l'aléa sont de type :

- **dynamique herbacée régressive des landes et pelouses vers des terrains peu végétalisés**
Impact sur la maîtrise de l'aléa : négatif. La disparition du couvert herbacé réduirait la cohésion du substrat et pourrait entraîner une reprise d'aléa. Cette reprise d'aléa pourrait alors amplifier à son tour la disparition du couvert végétal.
Milieux les plus exposés/vigilance particulière : Les landes et pelouses situées en zone sèche (faibles précipitations) et/ou sur sol superficiel à faible réserve utile sont les plus exposées à la dynamique herbacée régressive. Cela concernerait donc en priorité les milieux herbacés méditerranéens et les terrains exposés au sud.
- **dynamique herbacée positive des terrains peu végétalisés vers des landes et pelouses**
Impact sur la maîtrise de l'aléa : positif. La végétalisation du substrat stabiliserait le substrat.
Milieux concernés : zones de haute altitude non végétalisées dont l'augmentation des températures permettrait la colonisation par les herbacées.

Les autres types de dynamique décrits au § [1] 5-1 ont un impact neutre sur la maîtrise de l'aléa.

MENACE SUPPLÉMENTAIRE INDUITE PAR LES INCENDIES

Dans le cas d'un glissement inférieur à 2 mètres, un incendie aurait pour conséquence la disparition partielle voire totale du couvert végétal, et donc une baisse de la maîtrise de l'aléa par la végétation. Ce constat doit être relativisé par le fait que même si la végétation joue un rôle dans la maîtrise de l'aléa « glissement de terrain », il est moins important qu'en cas d'érosion superficielle ou de crue torrentielle.

MENACE SUPPLÉMENTAIRE INDUITE PAR UN DÉSÉQUILIBRE FAUNE – FLORE

Un déséquilibre faune-flore, par surpâturage d'animaux domestiques ou surpopulation de cervidés, aurait pour conséquence une nette diminution du couvert végétal induite par l'abou-tissement et le piétinement. Comme pour la menace incendie, ce constat doit être relativisé par le fait que, même si la végétation joue un rôle dans la maîtrise de l'aléa « glissement de terrain », ce rôle est moins important qu'en cas d'érosion superficielle ou de crue torrentielle.

CHUTES DE BLOCS

DÉTERMINATION DE L'IMA

Pour cet aléa, l'IMA est déterminé à l'échelle du peuplement élémentaire.

Lorsque les blocs ont un volume unitaire $> 1 \text{ m}^3$, l'aléa ne peut pas être maîtrisé par la forêt : IMA = 0

POUR LES CHUTES DE BLOCS DE VOLUME UNITAIRE $< 1 \text{ M}^3$			PEUPLEMENT MAJORITAIREMENT NON PRÉCOMPTABLE		PEUPLEMENT MAJORITAIREMENT PRÉCOMPTABLE	
			Densité de tiges (N/ha) de diamètre 7,5 à 17,5		Densité de tiges (N/ha) de diamètre 17,5 et +	
Indice de maîtrise de l'aléa IMA			N < 2000	N > 2000	N < 350	N > 350
ZONE DE TRANSIT ET D'ARRÊT	Bande boisée > 200 m (planimétrique)	G < 25 m ² /ha	1	3	1	3
		G > 25 m ² /ha	→		4	5
	Bande boisée < 200 m (planimétrique)	G < 25 m ² /ha	0	2	0	1
		G > 25 m ² /ha	→		2	3
ZONE DE DÉPART →			La forêt n'a pas de rôle de protection. Au contraire, les arbres instables peuvent déchausser des blocs.			

G : surface terrière (m²/ha) des arbres précomptables

Pour évaluer plus précisément le rôle de protection assuré par un peuplement, le logiciel RockforNET peut être utilisé. C'est un logiciel utilitaire développé par Irstea qui est en accès libre sur le site <http://www.ecorisq.org/rockfor-net-fr>. Cet outil permet une estimation de l'aléa résiduel probable de chutes de pierres (ARP) à l'aval d'une forêt. L'ARP représente le pourcentage des blocs sortant de l'écran forestier.

L'outil RockforNET permet une première évaluation de la capacité de protection d'un peuplement forestier contre les chutes de blocs. Il faut préciser que cet utilitaire ne fonctionne et ne peut fonctionner actuellement que pour des zones boisées.

IMPACTS POSSIBLES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les dynamiques de végétation que peuvent induire changements climatiques et susceptibles d'impacter la maîtrise de l'aléa sont de type :

→ **dynamique forestière neutre avec changement d'essence, peuplement mélangé au départ.**
Impact sur la maîtrise de l'aléa : neutre (à positif) à moyen terme avec une phase transitoire légèrement négative. Le peuplement mélangé d'origine passe par une phase moins efficace lorsqu'une partie des tiges dépérit au profit d'autres essences car le rideau d'arbres, même s'il subsiste, est alors moins dense pour stopper les blocs. La transition devrait être plutôt rapide, les tiges qui composeront le peuplement futur étant déjà présentes dans le peuplement d'origine.

Dans le cas d'un changement des résineux vers des feuillus, la résistance mécanique des feuillus étant meilleure (cf. tableau ci-contre), on pourrait supposer que le peuplement futur serait plus efficace. Mais, à court terme, l'effet de résistance mécanique devrait être contrebalancé par des diamètres plus petits.

Milieus les plus exposés/vigilance particulière : ce cas peut potentiellement concerner beaucoup de milieux et de situations. Cela concerne surtout les essences (en mélange) en limite de répartition, ou dans les zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel ou à faible réserve utile.

→ dynamique forestière neutre avec stade arbustif intermédiaire, peuplement souvent peu mélangé au départ, et dépérissement rapide

Impact sur la maîtrise de l'aléa : neutre avec une phase transitoire franchement négative. Le dépérissement rapide du peuplement amène à une phase arbustive transitoire qui n'a plus d'efficacité pour la maîtrise de l'aléa, le rideau d'arbres ayant disparu. La recolonisation, bien que lente, se fera alors à partir des peuplements adjacents, probablement avec d'autres essences. Cependant, cette phase de recolonisation risque d'être fortement ralentie par les chutes de blocs qui ne seront temporairement plus retenues par le rideau.

Milieus les plus exposés/vigilance particulière : les sapinières et pineraies à rôle de protection contre les chutes de blocs sont potentiellement concernées si elles sont en limite d'aire de répartition, et plus particulièrement dans les zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel ou à faible réserve utile.

→ dynamique forestière régressive de la forêt vers des landes et pelouses

Impact sur la maîtrise de l'aléa : négatif. Ce type de dynamique correspond à un dépérissement irréversible du peuplement forestier vers un stade de landes et pelouses, en passant par un stade arbustif. La forêt ne joue alors plus son rôle de protection contre les chutes de blocs.

Milieus les plus exposés/vigilance particulière : Les sapinières et pineraies à rôle de protection contre les chutes de blocs sont potentiellement les plus concernées si elles sont en limite d'aire de répartition, et plus particulièrement dans les zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel ou à faible réserve utile.

→ dynamique forestière positive des landes et pelouses vers la forêt

Impact sur la maîtrise de l'aléa : positif. Ce type de dynamique permet d'améliorer nettement le rôle de protection, surtout lorsque la colonisation se fait en remontant la pente vers la zone de départ des blocs, ce qui permettra de les freiner voire bloquer plus efficacement en amont avant que les blocs prennent de l'énergie et soient plus difficiles à stopper.

Milieus concernés : zones de haute altitude non boisées dont l'augmentation des températures permettrait la colonisation par les arbustes puis les arbres.

Les autres types de dynamique décrits au § [1] 5-1 ont un impact neutre sur la maîtrise de l'aléa.

Esence	Résistance mécanique par rapport au hêtre	Gradient de résistance mécanique
Robinier	1,65	
Chêne	1,31	
Hêtre	1,00	
Merisier	0,92	
Charme	0,92	
Frêne	0,89	
Pin sylvestre	0,68	
Douglas	0,68	
Érable	0,68	
Pin noir	0,67	
Sapin	0,60	
Mélèze	0,54	
Épicéa	0,54	
Cèdre	0,40	
Pin à crochets	0,40	

MENACE SUPPLÉMENTAIRE INDUITE PAR LES INCENDIES

Un incendie du couvert forestier aurait pour conséquence la disparition partielle voire totale du couvert arboré, et donc une très forte baisse de la maîtrise de l'aléa par la végétation. Les tiges calcinées auraient encore pour une courte durée une fonction de protection contre les chutes de blocs, jusqu'à l'effondrement complet du peuplement. En cas de feu courant au sol, la maîtrise de l'aléa ne serait pas modifiée sauf si les blessures au pied des arbres entraînent le dépérissement puis la mort d'une partie du peuplement.

MENACE SUPPLÉMENTAIRE INDUITE PAR UN DÉSÉQUILIBRE FAUNE – FLORE

Un déséquilibre faune – flore ne représente pas un danger à court terme pour la protection contre les chutes blocs. En revanche, il posera un problème au moment du renouvellement du peuplement, du fait de l'abrutissement des semis.

AVALANCHES

DÉTERMINATION DE L'IMA

Pour cet aléa, l'IMA est déterminé à l'échelle du peuplement élémentaire.

Indice de maîtrise de l'aléa IMA		COUVERT HIVERNAL (EN %) DES RÉSINEUX À FEUILLES PERSISTANTES (Épicéas, Sapin, Pins)			
		< 10 %	10 – 30 %	30 – 70 %	> 70 %
ZONE DE DÉPART : CAS DES RÉSINEUX (SAUF MÉLÈZE*)	Aléa déclaré en forêt	0	1	2	3
	Aléa potentiel en forêt	0	2	5	6

Indice de maîtrise de l'aléa IMA		SURFACE TERRIÈRE (M ² /HA) DES ARBRES PRÉCOMPTABLES			
		G < 10	10 < G < 25	25 < G < 40	G > 40
ZONE DE DÉPART : CAS DES FEUILLUS + MÉLÈZE*	Aléa déclaré en forêt	0	1	2	3
	Aléa potentiel en forêt	0	2	3	5

ZONE DE TRANSIT ET D'ARRÊT	→	La forêt peut freiner certaines coulées de neige, mais ne peut maîtriser l'avalanche.
-------------------------------	---	----------------------------------------------------------------------------------------------

* Le mélèze est associé aux feuillus car son feuillage n'est pas persistant, à l'inverse des autres résineux, ce qui limite l'interception de la neige par le couvert forestier.

IMPACTS POSSIBLES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les dynamiques de végétation que peuvent induire changements climatiques et susceptibles d'impacter la maîtrise de l'aléa sont de type :

→ dynamique forestière neutre avec changement d'essence, peuplement mélangé au départ

Impact sur la maîtrise de l'aléa : neutre (à négatif), avec phase transitoire plus sensible. Le peuplement mélangé d'origine passe par une phase moins efficace lorsqu'une partie des tiges dépérit au profit d'autres essences car le couvert forestier qui subsiste est alors moins dense pour retenir la neige. La transition devrait être plutôt rapide, les tiges qui composeront le peuplement futur étant déjà présentes dans le peuplement d'origine. Si le changement va des résineux vers les feuillus, ce qui devrait être le cas le plus fréquent, on peut supposer que le peuplement futur sera moins efficace pour maintenir le manteau neigeux (cf. § [1] 3).

Milieux les plus exposés/vigilance particulière : ce cas peut potentiellement concerner beaucoup de milieux et de situations. Cela concerne surtout les essences (en mélange) en limite d'aire de répartition, ou dans les zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel ou à faible réserve utile.

→ dynamique forestière neutre avec stade arbustif intermédiaire, peuplement souvent peu mélangé au départ, et dépérissement rapide

Impact sur la maîtrise de l'aléa : neutre avec phase transitoire négative. Le dépérissement rapide du peuplement amène à une phase arbustive transitoire qui ne présente plus d'efficacité pour la maîtrise de l'aléa, le couvert arboré ayant disparu. La recolonisation, bien que lente, se fera alors à partir des peuplements adjacents, probablement à partir d'autres essences. Cependant, cette phase de recolonisation risque d'être ralentie en cas de reprise de l'aléa dans les zones de départ d'avalanches. Les arbres morts restant sur pied ou au sol conserveront néanmoins un rôle transitoire de maintien du manteau neigeux et protégeront la régénération à venir.

Milieus les plus exposés/vigilance particulière : les sapinières et pineraies à rôle de protection contre les avalanches sont potentiellement concernées si elles sont en limite d'aire de répartition, et plus particulièrement dans les zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel ou à faible réserve utile.

→ dynamique forestière régressive de la forêt vers les landes et pelouses

Impact sur la maîtrise de l'aléa : négatif. Ce type de dynamique correspond à un dépérissement irréversible du peuplement forestier vers un stade de lande – pelouse, en passant par un stade arbustif. La forêt ne joue alors plus son rôle de protection contre les avalanches.

Milieus les plus exposés/vigilance particulière : les sapinières et pineraies à rôle de protection contre les avalanches sont potentiellement les plus concernées si elles sont en limite d'aire de répartition, et plus particulièrement dans les zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel ou à faible réserve utile.

→ dynamique forestière positive des landes et pelouses vers la forêt

Impact sur la maîtrise de l'aléa : positif. Ce type de dynamique permet d'améliorer nettement le rôle de protection, surtout lorsque la colonisation se fait en remontant la pente vers la zone de départ des avalanches, ce qui permettra de maintenir le manteau neigeux.

Milieus concernés : zones de haute altitude non boisées dont l'augmentation des températures permettrait la colonisation par les arbustes puis les arbres.

Les autres types de dynamique décrits au § [1] 5-1 ont un impact neutre sur la maîtrise de l'aléa.

MENACE SUPPLÉMENTAIRE INDUITE PAR LES INCENDIES

Un incendie du couvert forestier aurait pour conséquence la disparition partielle voire totale du couvert arboré, et donc une très forte baisse de la maîtrise de l'aléa par la végétation. Les tiges calcinées auraient encore pour une courte durée une fonction de maintien du manteau neigeux et protégeront ensuite la régénération à venir, jusqu'à l'effondrement complet du peuplement. En cas de feu courant au sol, la maîtrise de l'aléa ne serait pas modifiée sauf si les blessures au pied des arbres entraînent le dépérissement puis la mort d'une partie du peuplement.

MENACE SUPPLÉMENTAIRE INDUITE PAR UN DÉSÉQUILIBRE FAUNE – FLORE

Un déséquilibre faune – flore ne représente pas un danger à court terme pour la protection contre les avalanches. En revanche, il posera un problème au moment du renouvellement du peuplement, du fait de l'abrutissement des semis.

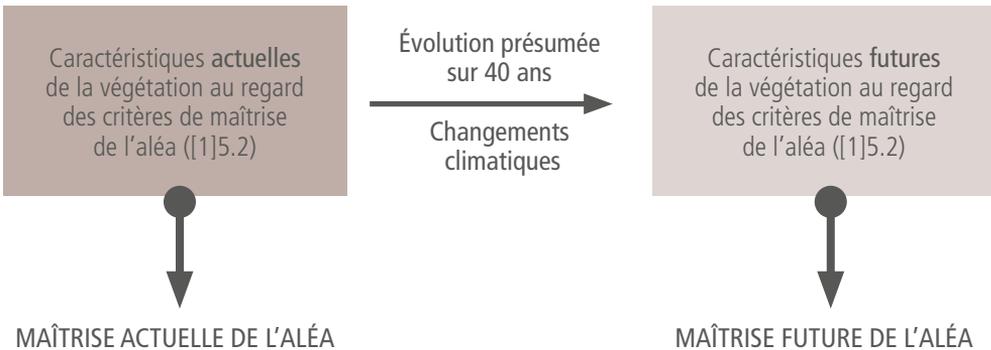
6• DÉFINITION DES PRIORITÉS D'INTERVENTION

6•1 Évaluer le rôle futur de la forêt et de la végétation dans la maîtrise des aléas

Pour définir les priorités d'intervention, il ne suffit pas d'évaluer le **niveau actuel de maîtrise des aléas** : il est très important d'**évaluer aussi la maîtrise future** des aléas. Il est en effet inutile d'intervenir si l'évolution spontanée de la végétation améliore la maîtrise de l'aléa ou garantit le maintien d'un bon niveau. À l'inverse, si pour un peuplement déjà incertain la maîtrise future de l'aléa doit diminuer en efficacité, une intervention est d'autant plus prioritaire et urgente car il y a alors un risque de reprise de l'aléa, et des coûts d'intervention plus importants.

L'évolution présumée de chaque unité élémentaire de peuplement, en intégrant les effets possibles des changements climatiques sur le peuplement forestier ou la végétation, permet de se faire une « image » de ce que pourrait être la future couverture végétale de l'unité d'aléa-enjeu, à une échelle de temps de deux aménagements, soit environ 40 ans. Pour cela, le descripteur s'appuiera sur les données du § [1] 5 mais aussi sur les études existantes et à venir sur le sujet.

Le rôle futur du peuplement, c'est-à-dire son **indice futur de maîtrise de l'aléa**, peut alors être évalué en utilisant à nouveau les clés de détermination par aléa.



ATTENTION

L'évolution de l'IMA à moyen terme (40 ans) décrite dans ce paragraphe est une approche différente de l'évolution de la végétation à moyen terme décrite en fin de deuxième partie du guide.

L'évolution de l'IMA permet de déterminer un niveau de priorité, alors que l'évolution de la végétation permet d'évaluer la dynamique végétale.

6•2 Définir les priorités d'interventions

C'est donc l'évolution de l'IMA qui permet de hiérarchiser les priorités d'intervention. Le tableau ci-dessous les synthétise en trois niveaux de priorité, en croisant les valeurs d'indice de maîtrise actuelle et maîtrise future de l'aléa par la forêt et la végétation. De cette manière, on peut déterminer des zones d'intervention prioritaire.

Les cas où la forêt ne peut maîtriser l'aléa ne sont pas repris ici puisque la réponse doit être d'une autre nature que sylvicole.

		Indice actuel de Maîtrise de l'Aléa (IMA)		
		5-6 Efficace	3-4 Moyen	0-1-2 Faible ou nul
Indice futur de Maîtrise de l'aléa (40 ans)	5-6 : Efficace	Priorité 3	Priorité 3	Priorité 3
	3-4 : Moyen	Priorité 2	Priorité 2	Priorité 3
	0-1-2 : Faible ou nul	Priorité 1	Priorité 1	Priorité 2

Le niveau de priorité est une aide à la décision pour le gestionnaire. Bien qu'important, un niveau de priorité 1 peut éventuellement ne pas nécessiter une intervention. Le gestionnaire doit confronter le cas rencontré au contexte, notamment face à l'intensité de l'aléa naturel et aux enjeux socio-économiques.

Exemples de détermination du niveau de priorité

- **Exemple 1 – Hêtraie à rôle de protection contre les chutes de blocs en zone de transit.**

Caractéristiques actuelles : bande boisée >200 m, $G < 25 \text{ m}^2/\text{ha}$ et $N > 350$ tiges/ha, bon état sanitaire. IMA = 3

Caractéristiques estimées à moyen terme (dans 40 ans) : bande boisée >200 m, $G > 25 \text{ m}^2/\text{ha}$ et $N > 350$ tiges/ha. IMA = 5

→ Niveau de priorité 3 d'après le tableau ci-dessus. L'évolution naturelle du milieu assure une amélioration de la maîtrise de l'aléa sans intervenir.

- **Exemple 2 – Sapinière à rôle de protection contre les avalanches en zone de départ (aléa déclaré).**

Caractéristiques actuelles : couvert hivernal > 70 %, mais faible durée de survie (Sapinière dépérissante). IMA = 3

Caractéristiques estimées à moyen terme (dans 40 ans) : couvert hivernal compris entre 30 et 70 %. IMA = 2

→ Niveau de priorité 1 d'après le tableau ci-dessus. L'évolution naturelle du milieu dégrade le rôle de protection de la forêt.

6•3 Récapitulatif des étapes pour envisager une intervention

Pour conclure cette première partie, le gestionnaire trouvera ici le récapitulatif des étapes de diagnostic préalable à la décision d'intervention (ou non) dans les peuplements forestiers à rôle de protection contre les aléas naturels. Il peut aussi s'appuyer sur le « Mémento technique rôle de terrain pour l'aide à la décision » qui figure en annexe 1. Ce mémento aide à structurer l'analyse et permet d'avoir de façon synthétique et chronologique les éléments nécessaires à chaque étape du diagnostic.

Étape 1. Avant d'envisager une intervention, il faut évaluer le risque naturel et son importance à partir du croisement aléa-enjeu. Si la cartographie aléa-enjeu existe déjà sur la forêt étudiée, on récupère directement le niveau de risque naturel découlant de la carte. Sinon, on procède d'abord à l'évaluation de la note d'aléa puis du niveau d'enjeu socio-économique pour déterminer le niveau de risque naturel.

Si aucun risque naturel n'est identifié (niveau nul pour l'aléa naturel et/ou pour l'enjeu socio-économique), **inutile de poursuivre : aucune intervention n'est à prévoir.**

Si un risque naturel est identifié, poursuivre la démarche :

Étape 2. Réaliser une évaluation des menaces pesant sur le milieu forestier (incendies, déséquilibre faune – flore), des enjeux environnementaux/paysagers et de l'exploitabilité. Cela permettra le cas échéant de programmer des actions préalables à l'intervention et de caler des prescriptions.

Étape 3. Réaliser un plan du site ; c'est important pour comprendre les enjeux du site dans sa globalité, mais également pour analyser les possibilités d'exploitation avec la desserte existante ou à créer. Le plan n'a pas besoin d'être trop précis. Il fait ressortir les principaux points par une analyse claire, en distinguant les zones de départ, transit et dépôt.

Étape 4. L'indice de maîtrise des aléas (IMA) s'appuie sur des descriptions du milieu naturel. Réaliser ces descriptions en fonction de l'aléa concerné puis déterminer l'IMA actuel ainsi que l'IMA futur, par rapport à l'état présumé du milieu à moyen terme (40 ans).

Étape 5. L'évolution de l'IMA dans le temps permet de déterminer un niveau de priorité, comme aide à la décision. En fonction de l'intensité de l'aléa naturel, du niveau d'enjeu socio-économique et de la priorité d'intervention, la décision est prise par le gestionnaire d'intervenir ou non.

À l'issue de cette démarche, le gestionnaire a tous les éléments techniques pour juger du niveau de priorité d'une intervention au titre de la protection contre les aléas naturels. En cas de nécessité d'intervention, il doit se reporter à la partie 2 « Préconisations de gestion des forêts pyrénéennes à rôle de protection contre les aléas naturels » où sont déclinées les interventions préconisées.



© Jacques Blanc, ONF

2^e PARTIE



PRÉCONISATIONS DE GESTION DES FORÊTS PYRÉNÉENNES À RÔLE DE PROTECTION CONTRE LES ALÉAS NATURELS

1 • INTRODUCTION AUX FICHES DE PRÉCONISATIONS

RAPPEL IMPORTANT

Les préconisations de gestion présentées dans cette seconde partie ne doivent être mises en œuvre que si une intervention au titre de la protection contre les aléas naturels est jugée nécessaire à l'issue du diagnostic préalable (cf. 1^{ère} partie).

Le guide ne concerne pas les forêts à enjeu associé de production.

		Objectif de production	
		NON	OUI
Rôle de Protection	OUI	Appliquer les dispositions du présent guide en s'appuyant sur le diagnostic de la première partie	Voir guides de sylviculture « classique »
	NON	hors intervention	Voir guides de sylviculture « classique »

Les règles d'intervention sont présentées sous forme de fiches par aléa. Chaque fiche rappelle les caractéristiques de l'unité d'aléa-enjeu correspondante, les objectifs imposés par la fonction de protection et donne les préconisations d'action à mettre en œuvre pour les atteindre ou les maintenir :

- d'abord des préconisations générales relatives aux éventuelles menaces sur le milieu forestier (risque incendie, équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral), à la gestion des rémanents, à l'impact paysager et autres précautions ou spécifications techniques liées aux interventions à réaliser ;
- puis les clés de détermination des interventions particulières pour chaque type de couvert végétal (peuplement résineux, peuplement feuillu, lande ou pelouse, terrain peu végétalisé).

Les interventions préconisées sont par nature :

- soit cycliques (ex : renouvellement jardinatoire par trouées...), soumises à une rotation de 20 ans sauf perturbation importante.
- soit uniques (ex : coupe par pieds d'arbres laissant au minimum 70 % de couvert végétal) ; l'opportunité d'une autre intervention et la détermination de ses modalités nécessitent un nouveau diagnostic, à prévoir au bout de 20 ans également.

Ces fiches de préconisations font appel à des notions explicitées au préalable dans le chapitre « Éléments de description du milieu naturel », notamment la détermination de la « résilience des peuplements » et de « l'évolution présumée des milieux forestiers à moyen terme (40 ans) ».

Le guide traite de la gestion des forêts à rôle de protection contre les risques naturels. Il ne détaille pas les travaux de génie biologique ou de génie civil.

Le génie biologique concerne les travaux de végétalisation ou de boisement à vocation de protection contre les risques naturels. Le génie biologique à objectif forestier ne concerne que les travaux de boisement à vocation de protection contre les risques naturels. Le génie biologique renforcé concerne les travaux de végétalisation ou de boisement s'effectuant sur des terrains peu ou pas arborés qui nécessitent des ouvrages ou des méthodes particulières pour assurer la réussite des travaux sur de grandes surfaces.

Le génie civil concerne les ouvrages tels que les seuils, les gabions, les étraves, les râteliers...

2 • ÉLÉMENTS DE DESCRIPTION DU MILIEU NATUREL

Les éléments figurant dans ce paragraphe permettent d'évaluer l'évolution du milieu forestier sur 40 ans et la résilience des peuplements. Ces deux paramètres sont nécessaires à l'utilisation des clés dans les fiches des § [2] 3 à 8 et au renseignement du mémento technique de terrain (annexe 1).

Définition des types d'occupation du sol (couvert végétal)

Forêt : milieu dont le couvert arboré est supérieur ou potentiellement supérieur (pour les stades de régénération) à 30 % ;

Landes et pelouses : milieu comprenant les formations arbustives et herbacées dont le couvert est supérieur à 30 %, et dont le couvert arboré est inférieur à 30 % ;

Terrains non ou peu végétalisés : milieu comprenant les terrains avec moins de 30 % de couvert végétal quel qu'il soit.

Notion de régénération naturelle suffisante

L'observation de la régénération porte sur la densité de semis viables, toutes essences forestières confondues. Un semis est jugé viable s'il fait plus de 50 cm, si la station lui convient et si son développement n'est pas mis en cause par des perturbations externes telles que l'abroustissement ou l'écorçage. Une densité minimale de 800 semis/ha est préconisée.

Notion de durée de survie

Cette notion est mentionnée pour les feuillus et résineux dans les clés des fiches 7 et 8 : aléas chutes de blocs et avalanches.

Une durée de survie faible signifie qu'il y a une **forte probabilité de mortalité/dépérissement dans les 20 ans**. La mauvaise note de résilience est alors liée à l'état sanitaire plutôt qu'à un problème de stabilité physique.

Évaluation des menaces sur le milieu forestier

Équilibre faune - flore : Ongulés domestiques

- Absence d'ongulés domestiques Pas de menace
- Présence d'ongulés domestiques sans traces importantes de cheminements (drailles de sol nu, parallèles et se croisant) Vigilance
- Présence d'ongulés domestiques avec traces importantes de cheminements (drailles de sol nu, parallèles et se croisant) : ALERTE

Équilibre faune - flore : Grands ongulés sauvages

- Absence d'ongulés sauvages Pas de menace
- Présence d'ongulés sauvages, sans nombreux indices de présence et avec une végétation importante en dessous de 1,50 m Vigilance
- Nombreux indices de présence (fèces, abrouissement, frottis, écorçage sur le peuplement, la régénération ou la végétation adventice) ALERTE
- Quasi absence de végétation vivante en dessous de 1,50 m (marque nette)..... ALERTE

Risque Incendie

- Milieu non menacé par des incendies Pas de menace
- Milieu potentiellement menacé par des incendies (en zone à risque identifié ou proche) Vigilance
- Milieu déjà parcouru par des incendies ALERTE

Résilience des peuplements forestiers

La résilience d'un peuplement forestier est sa capacité à se relever d'une perturbation d'origine biotique (attaques parasitaires...) ou abiotique (tempêtes, sécheresses...). L'objectif est d'estimer la probabilité de disparition du peuplement à court ou moyen terme, c'est-à-dire sur une durée d'application d'un à deux aménagements. L'observation porte sur quelques critères simples, directement liés à la vitalité ou la stabilité des peuplements : âge, état sanitaire, composition, structure, élancement (Ho/Dg). Le diagnostic de résilience résulte de la combinaison de ces critères.

On distingue 3 niveaux de résilience des peuplements forestiers :

- **résilience bonne** : assurée pour une durée supérieure à deux aménagements, soit plus de 40 ans ;
- **résilience moyenne** : vraisemblable pour une durée comprise entre un et deux aménagements, soit entre 20 et 40 ans ;
- **résilience mauvaise** : d'une durée inférieure à un aménagement, soit moins de 20 ans.

Ce diagnostic est un constat établi d'après l'état du peuplement au moment de la description. Il comporte une marge d'incertitude qui ne peut être réduite facilement, les phénomènes susceptibles d'anéantir un peuplement étant de natures diverses et peu maîtrisables : incendie, tempête, attaques de ravageurs, changement climatique.

Tableau de détermination de la résilience des peuplements forestiers

Critères d'évaluation	Essences principales			
	feuillues	indice	résineuses	indice
âge des arbres de la strate prépondérante	> 100 ans	2	Pineraie issue de régénération naturelle > 100 ans OU Pineraie issue de régénération artificielle > 60 ans OU autre essence résineuse > 130 ans	2
	< 100 ans	0	Pineraie issue de régénération naturelle âgée de 60 à 100 ans	1
Pineraie < 60 ans OU autre essence résineuse < 130 ans			0	
Taux de dépérissement, de mortalité ou d'infestation par le gui			> 50 %	2
	> 25 %	1	10 à 50 %	1
	< 25 %	0	< 10 %	0
Composition du peuplement	Essence principale > 75 %	1	Essence principale > 75 %	1
	Autres > 25 %	0	Autres > 25 %	0
Structure du peuplement (1)	Régulier	1	Régulier	1
	Irrégulier	0	Irrégulier	0
Stabilité physique (2)	Ho/Dg > 80 OU nombreux arbres penchés	1	Ho/Dg > 65 OU nombreux arbres penchés	1
	Autre cas	0	Autre cas	0

(1) un peuplement est jugé régulier s'il est homogène en âges ou en dimensions :

- soit il est monostratifié avec une répartition des diamètres centrée sur une classe de diamètres
- soit l'écart entre les arbres les plus jeunes et les plus âgés n'excède pas la moitié de l'âge d'exploitabilité

(2) avec Ho = hauteur dominante et Dg = diamètre quadratique moyen = diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne

L'addition des indices donne la classe de résilience :

notes 0 à 2 : **résilience bonne**

notes 3 à 5 : **résilience moyenne**

notes 6 et 7 : **résilience mauvaise**

Évolution présumée des milieux

L'évolution présumée des milieux est une vision à moyen terme, sur une durée de 40 ans, en l'absence d'intervention. Le but est de pouvoir estimer ensuite comment évoluera la maîtrise de l'aléa par la végétation. On distingue 3 types d'évolution présumée des milieux :

- vers une forêt;
- vers une lande ou une pelouse (couvert arbustif ou herbacé > 30 %);
- vers un terrain minéral (couvert végétal < 30 %).

En l'absence d'indice d'évolution en cours ou présumée, ce critère est noté « indéterminé ».

Pour déterminer l'évolution, on se base sur l'état du peuplement et de la végétation, sur les manifestations visibles de la dynamique végétale et, à défaut, sur quelques critères écologiques simples. Ce diagnostic peut être remis en cause par une perturbation suffisamment importante pour déstabiliser la végétation ou anéantir une régénération forestière. Un nouvel état des lieux et un nouveau diagnostic sont alors nécessaires. De plus, les critères utilisés ici ne sont pas adaptés à une surface ayant subi un incendie les deux années précédentes. Une analyse à dire d'expert est alors requise.

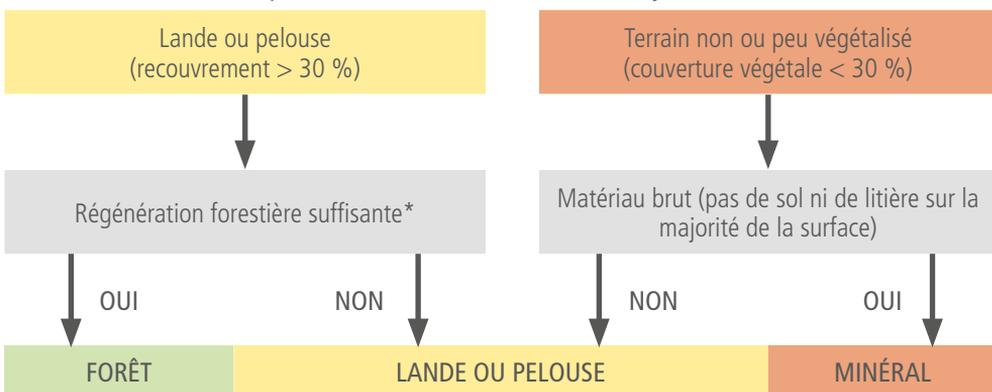
Enfin, la maîtrise des populations animales, domestiques et sauvages, notamment de grands ongulés, et de leur impact est une condition indispensable pour la pérennité des formations végétales, tant pour limiter la dégradation du couvert herbacé et arbustif que pour éviter les échecs de régénération des essences forestières.

ATTENTION

L'évolution de la végétation à moyen terme (40 ans) décrite dans ce paragraphe est une approche différente de l'évolution de l'IMA à moyen terme décrite au § [1] 6.

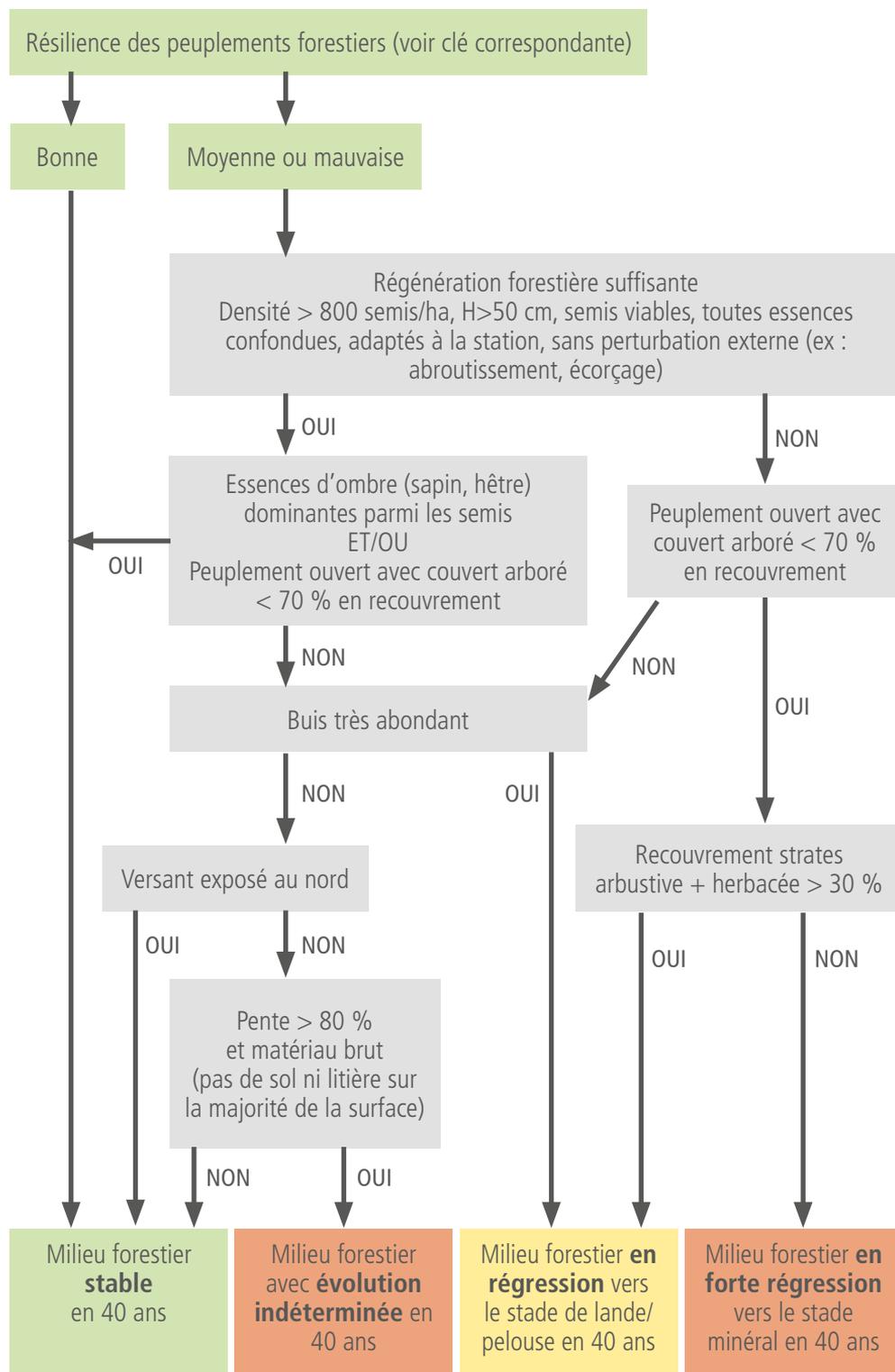
L'évolution de la végétation permet d'évaluer la dynamique végétale, alors que l'évolution de l'IMA permet de déterminer un niveau de priorité.

Détermination de l'évolution présumée des milieux non forestiers à moyen terme (40 ans)



* Densité > 800 semis/ha, H>50 cm, semis viables, toutes essences confondues, adaptés à la station, sans perturbation externe (ex : abroussement, écorçage)

Détermination de l'évolution présumée des milieux forestiers à moyen terme (40 ans)



3 • FICHE ÉROSION – RAVINE DE MOINS DE 1 HA

Unité d'aléa-enjeu

Le cas de l'érosion superficielle des ravines < 1 ha concerne les Pyrénées andorranes, espagnoles ou françaises.

L'unité d'aléa-enjeu est un petit bassin versant avec une forme en V marquée, de moins de un hectare.

On peut distinguer :

- une zone de départ et de transit en amont : les flancs de la ravine,
- une zone d'arrêt en aval : le fond de la ravine, plus ou moins élargi à son exutoire, où les matériaux érodés peuvent se déposer.

Objectifs

Dans la partie amont (zones de départ et de transit) :

- aucune exigence particulière.

Dans la partie aval (zone d'arrêt) :

- maintenir ou atteindre un couvert végétal minimal d'un 1/3 à l'échelle de l'unité d'aléa-enjeu, ce couvert devant se trouver au sol (strates basses) et dans la partie aval de chaque ravine,
- conserver et ne pas dégrader la végétation présente dans le lit des ravines, quelle qu'elle soit.

Vigilance : en cas de superposition d'une unité d'aléa-enjeu Érosion et d'une unité d'aléa-enjeu Bassin Versant Torrentiel, les objectifs et critères d'intervention à prendre en compte sont ceux de cette dernière.

Préconisations générales

Évaluer au préalable les menaces sur le milieu forestier (cf. § [2] 2) :

- Le risque incendie est susceptible de compromettre le rôle de protection des peuplements ; s'il est du niveau **ALERTE**, il faut engager des actions de prévention (encadrement des écobuages, communication...) et, si nécessaire, réaliser des travaux de défense des forêts contre l'incendie.
- L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation ; si l'évaluation est du niveau **ALERTE**, une action pour rétablir l'équilibre doit être menée.

Laisser les rémanents sur place en cas d'intervention.

En cas de coupe rase de résineux avant dépérissement : mener une réflexion sur les forces visuelles et formes pour atténuer, si possible, l'impact de l'intervention. Prévoir une action de communication si besoin.

ÉROSION – ravine de moins de 1 ha – Peuplement résineux

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	Sans possibilité d'extraction des bois	Avec possibilité d'extraction des bois
Zone de départ	→			Pas d'intervention	Aucune restriction particulière
Zone de transit	→			Pas d'intervention	Aucune restriction particulière
Zone d'arrêt	Forêt stable ou en régression vers le stade de lande/pelouse	→	Absence de strate basse sous un peuplement fermé	Abattage laissant 70 % de couvert arboré	Coupe laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
			Autres cas	Pas d'intervention	Coupe laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
	Forêt en forte régression vers le stade minéral OU indéterminé	Moyenne	Couvert arboré clair < 70 %	Génie biologique	Pas de coupe Génie biologique
			Couvert arboré dense > 70 %	Abattage par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré	Coupe laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
		Mauvaise	Couvert arboré clair < 70 %	Génie biologique	Récolte totale avant dépérissement + génie biologique « renforcé »
			Couvert arboré dense > 70 %	Abattage par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré + génie biologique	Récolte avant dépérissement laissant 30 % de couvert arboré + génie biologique « renforcé »

ÉROSION – ravine de moins de 1 ha – Peuplement feuillu

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	Sans possibilité d'extraction des bois		Avec possibilité d'extraction des bois	
				Pas d'intervention	Aucune contrainte	Pas d'intervention	Coupe laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
Zone de départ	→			Pas d'intervention	Aucune contrainte		
Zone de transit							
Zone d'arrêt	Forêt stable ou en régression vers le stade de lande/pelouse	→		Pas d'intervention		Pas d'intervention	Coupe laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
	Forêt en forte régression vers le stade indéterminé ou minéral			Couvert arboré clair < 70 %	Génie biologique	Pas de coupe	Génie biologique
				Couvert arboré dense > 70 %	Abattage par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré	Coupe laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)	

ÉROSION – ravine de moins de 1 ha – Lande ou pelouse

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ	→		Pas d'intervention
Zone de transit			
Zone d'arrêt	→		Génie biologique pour compléter le couvert si nécessaire

ÉROSION – ravine de moins de 1 ha – Terrain peu végétalisé

RAPPEL

La démarche ci-dessous n'est à faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, et après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ	→		Pas d'intervention
Zone de transit			
Zone d'arrêt	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	Évolution rapide	Pas d'intervention
		Évolution lente	Génie biologique
	Milieu reste au stade minéral ou indéterminé	→	Génie biologique

4 • FICHE ÉROSION – VERSANT OU GRANDE RAVINE

Unité d'aléa-enjeu

Le cas de l'érosion superficielle des versants ou grandes ravines > 1 ha concerne spécifiquement les Pyrénées espagnoles.

L'unité d'aléa-enjeu est un versant ou un bassin versant, souvent drainé par un torrent, le linéaire de torrent étant exclu.

On ne fait pas de distinction entre des zones de départ, de transit et d'arrêt.

Objectifs

Sur l'ensemble de l'unité d'aléa-enjeu :

- maintenir ou atteindre un couvert végétal total minimal de 70 %, quel qu'il soit, sans forcément chercher à rester ou aller au-delà. Si ce seuil n'est pas atteint, tout couvert végétal joue tout de même un rôle non négligeable et doit être préservé. Le renouvellement du peuplement doit se faire par trouées si l'on souhaite favoriser les pins.

Vigilance : en cas de superposition d'une unité d'aléa-enjeu Érosion et d'une unité d'aléa-enjeu Bassin Versant Torrentiel, les objectifs et critères d'intervention à prendre en compte sont ceux de cette dernière.

Préconisations générales

Évaluer au préalable les menaces sur le milieu forestier (cf. § [2] 2) :

- Le risque incendie est susceptible de compromettre le rôle de protection des peuplements ; s'il est du niveau **ALERTE**, il faut engager des actions de prévention (encadrement des écobuages, communication...) et, si nécessaire, réaliser des travaux de défense des forêts contre l'incendie.
- L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation ; si l'évaluation est du niveau **ALERTE**, une action pour rétablir l'équilibre doit être menée.

Laisser les rémanents sur place en cas d'intervention

En cas de coupes rases de résineux avant dépérissement : mener une réflexion sur les forces visuelles et formes pour atténuer, si possible, l'impact de l'intervention. Prévoir une action de communication si besoin.

ÉROSION – versant ou grande ravine – Peuplement résineux

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	Sans possibilité d'extraction des bois	Avec possibilité d'extraction des bois
Zone de départ – Zone de transit - Zone d'arrêt	Forêt stable ou en régression vers le stade Lande/pelouse		Absence de strate basse sous un peuplement fermé	Abattage par trouées de 0,10 ha (sapin/épicéa) à 0,25 ha (pins/mélèze) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré	Coupe par trouées de 0,5 ha (cette valeur est un maxi pour le sapin/épicéa) ou par pieds d'arbres laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
			Autres cas	Pas d'intervention	Coupe par trouées de 0,5 ha (cette valeur est un maxi pour le sapin/épicéa) ou par pieds d'arbres laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
	Forêt en forte régression vers le stade minéral ou indéterminé	Moyenne	Couvert arboré clair < 70 %	Génie biologique	Pas de coupe Génie biologique
			Couvert arboré dense > 70 %	Abattage par trouées de 0,10 ha (sapin/épicéa) à 0,25 ha (pins/mélèze) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré	Coupe par trouées de 0,5 ha (cette valeur est un maxi pour le sapin/épicéa) ou par pieds d'arbres laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
	Mauvaise	Couvert arboré clair < 70 %	Génie biologique	Récolte totale avant dépérissement + génie biologique « renforcé »	
		Couvert arboré dense > 70 %	Abattage par trouées de 0,10 ha (sapin/épicéa) à 0,25 ha (pins/mélèze) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré + génie biologique	Récolte avant dépérissement laissant 30 % de couvert arboré + génie biologique « renforcé »	

ÉROSION – versant ou grande ravine – Peuplement feuillu

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	Sans possibilité d'extraction des bois	Avec possibilité d'extraction des bois
Zone de départ	Forêt en forte régression vers le stade indéterminé ou minéral	→		Pas d'intervention	Coupe par trouées (0,5 ha maximum) ou par pieds d'arbres laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
Zone de transit			Couvert arboré clair < 70 %	Génie biologique	Pas de coupe Génie biologique
Zone d'arrêt			Couvert arboré dense > 70 %	Abattage par trouées (10 ares) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré	Coupe par trouées (0,5 ha maximum) ou par pieds d'arbres laissant au minimum 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)

ÉROSION – versant ou grande ravine – Lande ou pelouse

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ			Génie biologique pour compléter le couvert si nécessaire
Zone de transit			
Zone d'arrêt			

ÉROSION – versant ou grande ravine – Terrain peu végétalisé

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	Évolution rapide	Pas d'intervention
Zone de transit		Évolution lente	Génie biologique
Zone d'arrêt	Milieu reste au stade minéral ou indéterminé		Génie biologique

5 • FICHE CRUE TORRENTIELLE

Unité d'aléa-enjeu

L'enveloppe de l'unité d'aléa-enjeu « crue torrentielle », appelée aussi « bassin versant torrentiel », est constituée par un bassin versant drainé par un « site » torrentiel, en incluant le linéaire de torrent et son cône de déjection. Elle peut être découpée en :

- une zone de départ : bassin d'alimentation, qui correspond à une zone de réception et d'accumulation des eaux, et de déclenchement (érosions, ravinements) des apports de matériaux ;
- une zone de transit : linéaire de torrent, qui correspond à une zone de concentration des eaux et des matériaux dans un chenal plus ou moins étroit et encaissé ;
- une zone de dépôt : cône de déjection et certaines larges zones de régulation au sein du linéaire de torrent, qui correspondent à des zones d'étalement des eaux et dépôt des matériaux transportés.

Objectifs

- Dans la zone de départ (bassin d'alimentation) : maintenir ou atteindre un couvert végétal total, de préférence forestier > 70 %.
- Dans la zone de transit : stabiliser les berges.
- Dans la zone aval : maintenir le cas échéant un peuplement forestier adulte susceptible de jouer un rôle de peigne à sédiments.

Vigilance : en cas de superposition d'une unité d'aléa-enjeu Érosion et d'une unité d'aléa-enjeu Bassin Versant Torrentiel, les objectifs et critères d'intervention à prendre en compte sont ceux de cette dernière.

Préconisations générales

Évaluer au préalable les menaces sur le milieu forestier (cf. § [2] 2) :

- Le risque incendie est susceptible de compromettre le rôle de protection des peuplements ; s'il est du niveau **ALERTE**, il faut engager des actions de prévention (encadrement des écobuages, communication...) et, si nécessaire, réaliser des travaux de défense des forêts contre l'incendie.
- L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation ; si l'évaluation est du niveau **ALERTE**, une action pour rétablir l'équilibre doit être menée.

Zone de départ ou d'arrêt : Laisser les rémanents sur place en cas d'intervention

Zone de transit : Ne laisser aucun rémanent dans le torrent, à proximité immédiate et dans les talwegs secondaires en cas d'intervention

En cas de coupes rases de résineux avant dépérissement : mener une réflexion sur les forces visuelles et formes pour atténuer, si possible, l'impact de l'intervention. Prévoir une action de communication si besoin.

CRUE TORRENTIELLE – Peuplement résineux

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	Sans possibilité d'extraction des bois		Avec possibilité d'extraction des bois	
Zone de départ	Forêt stable	→	Absence de strate basse sous un peuplement fermé	Abattage par trouées de 0,10 ha (sapin/épicéa) à 0,25 ha (pins/mélèze) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré		Coupe par trouées de 0,5 ha (cette valeur est un maxi pour le sapin/épicéa) ou par pieds d'arbres laissant 60 % de couvert arboré	
			Autres cas	Pas d'intervention		Coupe par trouées de 0,5 ha (cette valeur est un maxi pour le sapin/épicéa) ou par pieds d'arbres laissant 60 % de couvert arboré	
	Forêt en régression vers le stade Lande/Pelouse, ou forte régression vers le stade minéral ou indéterminé	Moyenne	Couvert arboré clair < 70 %	Génie biologique à objectif forestier		Pas de coupe Génie biologique à objectif forestier	
			Couvert arboré dense > 70 %	Abattage par trouées de 0,10 ha (sapin/épicéa) à 0,25 ha (pins/mélèze) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré		Coupe par trouées de 0,5 ha (cette valeur est un maxi pour le sapin/épicéa) ou par pieds d'arbres laissant 60 % de couvert arboré	
Mauvaise	Couvert arboré clair < 70 %	Génie biologique à objectif forestier		Récolte totale avant dépérissement + génie biologique « renforcé »			
	Couvert arboré dense > 70 %	Abattage par trouées de 0,10 ha (sapin/épicéa) à 0,25 ha (pins/mélèze) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré + génie biologique à objectif forestier		Récolte avant dépérissement par pieds d'arbres laissant 30 % de couvert arboré + génie biologique « renforcé »			
Zone de transit	→			Couper les arbres risquant de déstabiliser les berges (arbres trop gros ou trop grands) ou risquant de former un embâcle dans le lit du torrent. Récolter les bois et ne laisser aucun rémanent dans le torrent, à proximité immédiate et dans les talwegs secondaires Favoriser les feuillus (traités préférentiellement en taillis ou en recépages) et préserver toute végétation ligneuse basse sur les berges Éviter les busages intempêtes (sauf temporaires pendant les exploitations) et favoriser les gués (radiers)			
Zone d'arrêt	→			Pas d'intervention		Aucune contrainte	

CRUE TORRENTIELLE – Peuplement feuillu

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)		Autres critères	Sans possibilité d'extraction des bois	Avec possibilité d'extraction des bois
Zone de départ	Forêt stable	→			Pas d'intervention	Coupe par trouées (0,5 ha maximum) ou par pieds d'arbres laissant 60 % de couvert arboré
	Forêt en régression vers le stade Lande/pelouse, ou forte régression vers le stade indéterminé ou minéral		→	Couvert arboré clair < 70 % Couvert arboré dense > 70 %	Génie biologique à objectif forestier Abattage par trouées (10 ares) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert arboré	Pas de coupe Génie biologique à objectif forestier Coupe par trouées (0,5 ha maximum) ou par pieds d'arbres laissant 60 % de couvert arboré
Zone de transit	→				Couper les arbres risquant de déstabiliser les berges (arbres trop gros ou trop grands) ou risquant de former un embâcle dans le lit du torrent. Récolter les bois et ne laisser aucun rémanent dans le torrent, à proximité immédiate et dans les talwegs secondaires Favoriser les feuillus (traités préférentiellement en taillis ou en recépages) et préserver toute végétation ligneuse basse sur les berges Éviter les busages intempestifs (sauf temporaires pendant les exploitations) et favoriser les gués (radiers)	
Zone d'arrêt	→				Pas d'intervention	Aucune contrainte

CRUE TORRENTIELLE – Lande ou pelouse

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ	Milieu en évolution positive vers le stade forêt	→	Pas d'intervention
	Milieu reste au stade Lande/pelouse	→	Génie biologique à objectif forestier
Zone de transit	→		Préserver toute végétation ligneuse basse sur les berges
Zone d'arrêt	→		Pas d'intervention

CRUE TORRENTIELLE – Terrain peu végétalisé

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	Évolution rapide	Pas d'intervention
		Évolution lente	Génie biologique
	Milieu reste au stade minéral ou indéterminé	→	Génie biologique
Zone de transit	→		Génie biologique
Zone d'arrêt	→		Pas d'intervention

6 • FICHE GLISSEMENT DE TERRAIN

Unité d'aléa-enjeu

L'enveloppe de l'unité d'aléa-enjeu Glissement de terrain est constituée par l'ensemble d'un versant sensible, englobant toute la zone d'activité et potentielle.

Elle peut être découpée en :

- une zone de départ : zone où le glissement entraîne un décrochement ;
- une zone de transit ;
- zone d'arrêt de la masse glissée.

Objectifs

Dans la zone de départ :

- maintenir ou atteindre un couvert végétal total minimal de 70 %, préférentiellement avec des ligneux bas (éviter les volumes/ha trop important en gros bois).

Dans la zone de transit et d'arrêt :

- aucune exigence particulière.

Préconisations générales

Évaluer au préalable les menaces sur le milieu forestier (cf. § [2] 2) :

- Le risque incendie est susceptible de compromettre le rôle de protection des peuplements ; s'il est du niveau **ALERTE**, il faut engager des actions de prévention (encadrement des écobuages, communication...) et, si nécessaire, réaliser des travaux de défense des forêts contre l'incendie.
- L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation ; si l'évaluation est du niveau **ALERTE**, une action pour rétablir l'équilibre doit être menée.

Laisser les rémanents sur place en cas d'intervention

En cas de coupes rases de résineux ou feuillus avant dépérissement : mener une réflexion sur les forces visuelles et formes pour atténuer, si possible, l'impact de l'intervention. Prévoir une action de communication si besoin.

Zone de départ :

- en cas de coupe : couper les arbres instables risquant de déstabiliser les sols, notamment en tête de niche d'arrachement ;
- des **interventions destinées à délester les terrains et à éliminer les gros bras de levier** peuvent être prévues dans le cas de **peuplements denses à gros bois** ;
- éviter l'ouverture ou l'élargissement de pistes. En cas de nécessité, prévoir une étude géotechnique, une hauteur des talus < 2 m et un fruit < 2 pour 1 ;
- remettre en état les réseaux de drainage ; ne pas laisser de mares ; éviter la concentration du ruissellement.

GLISSEMENT DE TERRAIN – Peuplement résineux ou feuillu

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)		Autres critères	Sans possibilité d'extraction des bois	Avec possibilité d'extraction des bois
Zone de départ	Forêt stable ou en régression vers le stade Lande/pelouse	→			Pas d'intervention	Coupe par trouées (0,5 ha maximum) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
	Forêt en forte régression vers le stade minéral ou indéterminé	Moyenne	Couvert arboré clair < 70 %		Génie biologique	Pas de coupe Génie biologique
			Couvert arboré dense > 70 %		Abattage laissant 70 % de couvert arboré	Coupe par trouées (0,5 ha maximum) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de couvert végétal (toutes strates confondues)
	Forêt en forte régression vers le stade minéral ou indéterminé	Mauvaise	Couvert arboré clair < 70 %		Génie biologique	Récolte totale avant dépérissement + génie biologique « renforcé »
Couvert arboré dense > 70 %				Abattage laissant 70 % de couvert arboré + génie biologique	Récolte totale avant dépérissement + génie biologique « renforcé »	
Zone de transit Zone d'arrêt	→				Pas d'intervention	Aucune contrainte

GLISSEMENT DE TERRAIN – Lande ou pelouse

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ	→		Pas d'intervention
Zone de transit	→		Pas d'intervention
Zone d'arrêt			

GLISSEMENT DE TERRAIN – Terrain peu végétalisé

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	Évolution rapide	Pas d'intervention
		Évolution lente	Génie biologique
	Milieu reste au stade minéral ou indéterminé	→	Génie biologique, végétalisation avec ligneux bas
Zone de transit	→		Pas d'intervention
Zone d'arrêt			

7 • FICHE CHUTE DE BLOCS

Unité d'aléa-enjeu

L'enveloppe de l'unité d'aléa-enjeu Chute de blocs est constituée par les zones de déplacement des blocs considérés sur un versant.

Elle peut être découpée en :

- Une zone de départ : Escarpement rocheux (falaise), ou éboulis de forte pente.
- Une zone de transit : Zone où les blocs dévalent la pente, boisée ou non.
- Zone d'arrêt : Zone où les blocs sont arrêtés, du fait d'un peuplement et/ou d'une pente plus faible.

Objectifs

En amont :

- limiter autant que possible la distance d'entrée des blocs dans la forêt (moins de 20 mètres).

Dans la zone de transit et d'arrêt :

- maintenir ou atteindre une longueur planimétrique de la bande boisée supérieure à 200 m dans le sens de la pente (soit 250 à 300 m sur le terrain), avec plus de 350 tiges/ha ($\varnothing > 17,5$ cm).
- Irrégulariser les peuplements pour y garantir le maintien d'une densité suffisante d'arbres adultes.

Préconisations générales

Évaluer au préalable les menaces sur le milieu forestier (cf. § [2] 2) :

- Le risque incendie est susceptible de compromettre le rôle de protection des peuplements ; s'il est du niveau **ALERTE**, il faut engager des actions de prévention (encadrement des écobuages, communication...) et, si nécessaire, réaliser des travaux de défense des forêts contre l'incendie.
- L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation ; si l'évaluation est du niveau **ALERTE**, une action pour rétablir l'équilibre doit être menée.

Zone de départ (en cas de coupe) :

- renoncer à toute intervention qui déstabiliserait des blocs ;
- disposer les bois abandonnés en oblique, en s'assurant qu'ils ne puissent pas être mis en mouvement (principe des fascines) ;
- si la zone de départ se confond avec la zone de transit (ensemble de blocs susceptibles de chuter et situés en forêt en forte pente), alors couper les arbres en laissant des souches de 1,30 m de hauteur. En revanche, ne pas laisser des souches de 1,30 m lorsque la zone de départ est une falaise.

Zone de transit ou d'arrêt (en cas de coupe) :

- renoncer à toute intervention qui déstabiliserait les blocs arrêtés sur le versant ;
- adapter le diamètre des arbres adultes à la taille des blocs (conserver les gros bois si chute de gros blocs, renouveler le peuplement plus rapidement si chute de petits blocs) ;
- couper les arbres en laissant des souches de 1,30 m de hauteur ;
- disposer les bois abandonnés en oblique dans la pente, si possible à l'intérieur même des couloirs en s'assurant qu'ils ne puissent pas être mis en mouvement ;
- pour les pins et le mélèze, prévoir éventuellement un crochetage du sol pour faciliter la régénération naturelle.

Laisser les rémanents sur place en cas d'intervention.

En cas de coupes laissant des souches de 1,30 m de haut et la disposition des bois abandonnés en oblique dans la pente : Prévoir une action de communication si besoin.

CHUTE DE BLOCS – Peuplement résineux

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)	Autres critères (Le cas échéant, voir « Notion de durée de survie » au § [2] 2)	Sans possibilité d'extraction des bois	Avec possibilité d'extraction des bois
Zone de départ	→			Abattre les arbres instables : – pins, sapin/épicéa : H/D > 65 – mélèze : H/D > 80	Abattre les arbres instables : – pins, sapin/épicéa : H/D > 95 – mélèze : H/D > 80 pas d'autre contrainte
Zone de transit – zone d'arrêt	Forêt stable	Bonne	Futaie régulière jeune : – pins < 40 ans – sapin/épicéa < 60 ans – mélèze < 80 ans	pas d'intervention	
			Autres cas de futaie régulière OU Futaie irrégulière	Bande boisée > 300 m	Renouvellement jardinatoire par petites trouées de forme horizontale (= perpendiculaire à la pente) de 40 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 10 à 15 % de la surface de la parcelle Si la régénération forestière est insuffisante au bout de 10 ans : plantation
				Bande boisée < 300 m	Coupe d'ensemencement maintenant une densité maximale compatible avec l'apparition et le développement des semis Si la régénération forestière est insuffisante au bout de 10 ans : plantation
		Moyenne ou mauvaise	Durée de survie faible ou bande boisée < 300 m	Coupe d'ensemencement maintenant une densité maximale compatible avec l'apparition et le développement des semis. Si la régénération forestière est insuffisante au bout de 10 ans : plantation	
		Autres cas	Renouvellement jardinatoire par petites trouées de forme horizontale (= perpendiculaire à la pente) de 40 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 10 à 15 % de la surface de la parcelle Si la régénération forestière est insuffisante au bout de 10 ans : plantation		
		Forêt en régression vers le stade Lande/Pelouse, ou en forte régression vers le stade minéral ou indéterminé	→	Bande boisée > 300 m	Ouverture de petites trouées de forme horizontale (= perpendiculaire à la pente) de 40 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 15 à 20 % de la surface de la parcelle + plantation
			Bande boisée < 300 m	Intervention par pieds d'arbres maintenant une densité de 300 t/ha + plantation	

CHUTE DE BLOCS – Peuplement feuillu

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)	Autres critères (Le cas échéant, voir « Notion de durée de survie » au § [2] 2)	Sans possibilité d'extraction des bois		Avec possibilité d'extraction des bois	
zone de départ	→			Abattre les arbres instables (H/D > 80)	Abattre les arbres instables (H/D > 80) pas d'autre contrainte		
zone de transit – zone d'arrêt	Forêt stable	Hêtre : bonne Chênes : indifférent	Peuplement régulier jeune < 40 ans	pas d'intervention			
			Peuplement régulier > 40 ans ou irrégulier	Renouvellement jardinatoire par petites trouées de forme horizontale (= perpendiculaire à la pente) de 20 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 10 à 15 % de la surface de la parcelle Si la régénération forestière est insuffisante au bout de 10 ans : soit plantation soit taillis fureté (option valable uniquement pour le hêtre)			
		Hêtre : moyenne ou mauvaise	Durée de survie faible ou bande boisée < 300 m	Renouvellement jardinatoire par petites trouées de forme horizontale (= perpendiculaire à la pente) de 20 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 10 à 15 % de la surface de la parcelle + plantation			
			Autres cas	Renouvellement jardinatoire par petites trouées de forme horizontale (= perpendiculaire à la pente) de 20 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 10 à 15 % de la surface de la parcelle Si la régénération forestière est insuffisante au bout de 10 ans : plantation			
	Forêt en régression vers le stade Lande/Pelouse, ou en forte régression vers le stade minéral ou indéterminé	→		Ouverture de petites trouées de forme horizontale (= perpendiculaire à la pente) de 20 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 15 à 20 % de la surface de la parcelle + plantation			

CHUTE DE BLOCS – Lande ou pelouse

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
zone de départ	—————→		Pas d'intervention
Zone de transit	Milieu en évolution positive vers le stade forêt	Dynamique forestière forte	Pas d'intervention
		Dynamique forestière faible	Plantation
Zone d'arrêt	Milieu reste au stade Lande/pelouse	—————→	Plantation ou génie civil si impossibilité stationnelle d'implanter une forêt

CHUTE DE BLOCS – Terrain peu végétalisé

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ	—————→		Pas d'intervention
Zone de transit	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	—————→	Plantation OU Génie civil si impossibilité stationnelle d'implanter une forêt
Zone d'arrêt	Milieu reste au stade minéral ou indéterminé	—————→	Pas d'intervention forestière génie civil : implanter des ouvrages de protection (filets...)

8 • FICHE AVALANCHE

Unité d'aléa-enjeu

L'enveloppe de l'unité d'aléa-enjeu Avalanche est constituée par les zones de propagation d'une avalanche.

Elle peut être découpée en :

- une zone de départ : zone sur laquelle s'est accumulée une masse neigeuse et où une rupture du manteau neigeux va provoquer la mise en mouvement de cette masse ;
- une zone de transit : zone d'écoulement, qui se situe le long d'une pente, et sur laquelle l'avalanche transite et se développe ;
- zone d'arrêt : zone où l'avalanche s'arrête et se dépose.

Objectifs

Dans la zone de départ :

- maintenir ou atteindre un couvert forestier hivernal le plus élevé possible.
- Irrégulariser les peuplements pour y garantir le maintien d'une densité suffisante d'arbres adultes.

Dans la zone de transit et d'arrêt :

- aucune exigence particulière.

Préconisations générales

Évaluer au préalable les menaces sur le milieu forestier (cf. § [2] 2) :

- Le risque incendie est susceptible de compromettre le rôle de protection des peuplements ; s'il est du niveau **ALERTE**, il faut engager des actions de prévention (encadrement des écobuages, communication...) et, si nécessaire, réaliser des travaux de défense des forêts contre l'incendie.
- L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation ; si l'évaluation est du niveau **ALERTE**, une action pour rétablir l'équilibre doit être menée.

Zone de départ :

- favoriser les essences à feuillage persistant ;
- abattre progressivement les arbres instables (résineux sauf mélèze : $H/D > 65$, feuillus + mélèze : $H/D > 80$) ;
- Couper les arbres en laissant des souches de 1,30 m de hauteur,
- Si les bois coupés sont abandonnés sur place, il faut veiller à les disposer de telle sorte qu'ils ne puissent pas être mis en mouvement, généralement en position oblique, perpendiculaire à la pente (ces bois pourront servir de protection aux jeunes semis et aux éventuelles plantations si nécessaires),

- pour les plantations denses instables de pins, si l'avenir du peuplement est menacé, il est possible de réaliser un dépressage précoce (H=3-5m) afin de stabiliser le peuplement
- Afin de limiter la déstabilisation des peuplements dans la « zone de combat » (limite supérieure entre le boisé et le non boisé en altitude), on préférera commencer les coupes d'aval en amont,
- Pour les pins et le mélèze : Si nécessaire, prévoir un crochetage (pins) ou un décapage (mélèze) du sol pour faciliter la régénération naturelle,
- Créer ou favoriser des collectifs (petits groupes d'arbres).
- Laisser les rémanents sur place en cas d'intervention.

En cas de coupes laissant des souches de 1,30 m de haut et la disposition des bois abandonnés en oblique dans la pente : Prévoir une action de communication si besoin.

En cas de plantation par collectifs (en zone de départ) :

- faire varier la dimension des collectifs et éviter une répartition trop systématique et géométrique sur le versant,
- privilégier les collectifs en forme de goutte d'eau (dissipation de l'énergie des avalanches) et, en situation difficile, possibilité de planter par tranches successives de proche en proche.
- favoriser les essences à feuillage persistant, et favoriser le mélange d'essences.

AVALANCHES – Peuplement résineux

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)	Autres critères (Le cas échéant, voir « Notion de durée de survie » au § [2] 2)	Sans possibilité d'extraction des bois	Avec possibilité d'extraction des bois
zone de départ	Forêt stable	Bonne	Futaie régulière jeune : – pins < 40 ans – sapin/épicéa < 60 ans – mélèze < 80 ans	Pas d'intervention	
			Futaie régulière de pins > 40 ans ou sapin/épicéa > 60 ans Ou futaie irrégulière de pins ou sapin/épicéa	Renouvellement jardinatoire par trouées de 1 H x 1,5 H maximum dans le sens de la pente (H étant la hauteur du peuplement) et totalisant 10 à 15 % de la surface Si la régénération forestière est insuffisante au bout de 10 ans : plantation	
			Futaie régulière de mélèze > 80 ans Ou futaie irrégulière de mélèze	Ouverture de trouées de 1 H x 1,5 H maximum dans le sens de la pente (H étant la hauteur du peuplement) et totalisant 10 à 15 % de la surface + plantation d'une essence résineuse à feuillage persistant	
		Moyenne ou mauvaise	Peuplement résineux (sauf mélèze) avec une durée de survie faible	Coupe d'ensemencement maintenant une densité maximale compatible avec l'apparition et le développement des semis Si la régénération forestière est insuffisante au bout de 10 ans : plantation	
			Peuplement résineux (sauf mélèze) avec une bonne durée de survie	Renouvellement jardinatoire par trouées de 1 H x 1,5 H maximum dans le sens de la pente (H étant la hauteur du peuplement) et totalisant 15 à 20 % de la surface Si la régénération forestière est insuffisante au bout de 10 ans : plantation	
			Peuplement de mélèze	Ouverture du couvert maintenant une densité maximale compatible avec l'apparition et le développement des plants + plantation d'une essence résineuse à feuillage persistant	
Forêt en régression vers le stade Lande/Pelouse, ou en forte régression vers le stade minéral ou indéterminé	→	Peuplement résineux (sauf mélèze) avec une durée de survie faible	Intervention par pieds d'arbres maintenant une densité de 300 t/ha + plantation		
		Peuplement résineux (sauf mélèze) avec une bonne durée de survie	Ouverture de trouées de 1 H x 1,5 H maximum dans le sens de la pente (H étant la hauteur du peuplement) et totalisant 15 à 20 % de la surface + plantation		
		Peuplement de mélèze	Ouverture de trouées de 1 H x 1,5 H maximum dans le sens de la pente (H étant la hauteur du peuplement) et totalisant 15 à 20 % de la surface + plantation d'une essence résineuse à feuillage persistant		
zone de transit zone d'arrêt	→			pas d'intervention	aucune contrainte

AVALANCHE – Peuplement feuillu

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

En cas d'enjeu de production associé, se référer au guides de sylvicultures « classiques » (voir § [1] 1).

Position	Évolution du milieu forestier sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Résilience des peuplem ^{ts} (cf. clé § [2] 2)	Autres critères (Le cas échéant, voir « Notion de durée de survie » au § [2] 2)	Sans possibilité d'extraction des bois	Avec possibilité d'extraction des bois
zone de départ	Forêt stable	Bonne	Peuplement régulier jeune < 40 ans	Pas d'intervention	
		→	Peuplement régulier > 40 ans ou irrégulier	Soit ouverture de trouées de 1 H x 1,5 H maximum dans le sens de la pente (H étant la hauteur du peuplement) et totalisant 10 à 15 % de la surface + plantation d'une essence sempervirente. Soit taillis fureté	
		Moyenne ou mauvaise	Durée de survie faible	Ouverture de petites trouées de 2 à 3 ares maximum totalisant le tiers de la surface + plantation d'une essence sempervirente	
	Autre cas		Ouverture de trouées de 1 H x 1,5 H maximum dans le sens de la pente (H étant la hauteur du peuplement) et totalisant 15 à 20 % de la surface + plantation d'une essence sempervirente		
	Forêt en régression vers le stade Lande/ Pelouse, ou en forte régression vers le stade minéral ou indéterminé	→		Ouverture de trouées de 1 H x 1,5 H maximum dans le sens de la pente (H étant la hauteur du peuplement) et totalisant 15 à 20 % de la surface + plantation d'une essence sempervirente	
zone de transit zone d'arrêt	→			pas d'intervention	aucune contrainte

AVALANCHE – Lande ou pelouse

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ	Milieu en évolution positive vers le stade forêt	Dynamique forestière forte	Pas d'intervention
		Dynamique forestière faible	Boisement (éventuellement par collectifs)
	Milieu reste au stade Lande/pelouse	→	Boisement par collectifs
Zone de transit	→		Pas d'intervention
Zone d'arrêt			

AVALANCHE – Terrain peu végétalisé

RAPPEL

Démarche à ne faire qu'en cas de risque naturel (aléa x enjeu, voir § [1] 4-2) non nul, après avoir défini les priorités d'intervention (voir § [1] 5 et 6).

Position	Évolution du milieu sur 40 ans (cf. clé § [2] 2)	Autres critères	(Sans récolte)
Zone de départ	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	→	Boisement par collectifs
	Milieu reste au stade minéral	→	Pas d'intervention forestière (génie civil)
Zone de transit	→		Pas d'intervention
Zone d'arrêt			



© Thomas Villiers, ONF.

ANNEXES



ANNEXE 1 • MÉMENTO TECHNIQUE DE TERRAIN POUR L'AIDE À LA DÉCISION

1. Contexte : Forêt à rôle de protection (pas de rôle de production)

→ Quantifier les risques naturels

Type d'aléa naturel	Érosion superficielle / Crue torrentielle / Glissement de terrain / Chute de blocs / Avalanche
Localisation topographique	Zone de départ / Zone de transit / Zone de dépôt
Cotation de l'aléa (voir § [1] 4-1)	0 - 1 - 2 - 3
Niveau d'enjeu socio-économique (voir § [1] 4-2)	Nul (0) / Faible (1) / Moyen (2) / Fort (3)
Niveau de risque naturel : croisement aléa/enjeu (voir § [1] 4-2)	Nul * / Faible / Moyen / Fort * si risque nul, la démarche s'arrête à ce stade

2. Description du milieu naturel et calcul de l'Indice de Maîtrise de l'Aléa (IMA)

→ Description générale et plan du site (voir § [2] 2)

Occupation du sol	Forêt : couvert arboré > 30 % (ou potentiellement > 30 % pour les stades de régénération) Lande – pelouse : couvert arboré < 30 % et couvert arbustif et herbacé > 30 % Terrain peu végétalisé : couvert arbustif et herbacé < 30 %
-------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Plan + desserte

Échelle :

Il est intéressant de représenter :

- le plan du site, avec les zones de départ – transit – dépôt
- un profil en long (dans le sens de la pente)

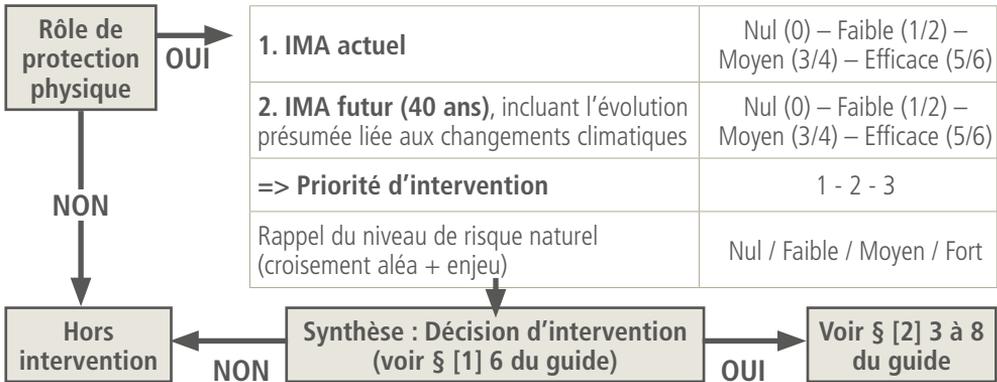
→ Calcul des IMA actuels et futurs à 40 ans (voir § [1] 5.2 ; 6.1 ; 6.2)

TYPE D'ALÉA (COCHER SI CONCERNÉ)	TYPE DE DONNÉE déterminant	VALEUR	
		ACTUELLE	FUTURE (40 ANS)
Érosion superficielle	Couvert végétal total en été (abres + arbustes + herbacées)	0 %	0 %
Glissement de terrain		< 30 %	< 30 %
Crue torrentielle (zone de départ et transit)		30-70 %	30-70 %
		70-95 %	70-95 %
	95-100 %	95-100 %	
Crue torrentielle (zone de transit)	Bois de Ø >40 cm	Absence/Présence	Absence/Présence
Crue torrentielle (zone de dépôt)	Densité des tiges précomptables (Ø > 17,5 cm)	< 350 tiges/ha	< 350 tiges/ha
Chutes de blocs (zone de transit ou dépôt) peuplement majoritairement <u>précomptable</u>		> 350 tiges/ha	> 350 tiges/ha
Chutes de blocs (zone de transit ou dépôt) peuplement majoritairement <u>non précomptable</u>	Densité des tiges non précomptables de Ø > 7,5 cm et < 17,5 cm	< 2 000 tiges/ha > 2 000 tiges/ha	< 2 000 tiges/ha > 2 000 tiges/ha
Chute de blocs (zone de transit ou dépôt)	Largeur bande boisée (planimétrique)	< 200 m > 200 m	< 200 m > 200 m
Chute de blocs (zone de transit ou dépôt)	Surface terrière en m²/ha	< 10	< 10
Avalanches (zone de départ, cas des feuillus + mélèze)		10-25	10-25
		25-40	25-40
	> 40	> 40	
Avalanches (zone de départ, cas des résineux sauf mélèze)	Couvert arboré hivernal des résineux	< 10 % 10-30 % 30-70 % > 70 %	< 10 % 10-30 % 30-70 % > 70 %
VALEUR RÉSULTANTE DE L'IMA		0-1-2-3-4-5-6	0-1-2-3-4-5-6
PRIORITÉ D'INTERVENTION		1 - 2 - 3	

→ Description du milieu forestier, le cas échéant (voir § [2] 2)

Essences et proportions	
Structure	Futaie régulière / Futaie irrégulière / Taillis
Age des arbres de la strate prépondérante	
Ho : hauteur dominante en m	
Dg : diamètre quadratique moyen en m	
Stabilité physique : Ho/Dg	Feuillus : <80 / >80 Résineux : <65 / >65 Présence de nombreux arbres penchés : O/N
Régénération naturelle	<800 semis/ha : insuffisant 800 semis/ha : suffisant
Taux de dépérissement, de mortalité ou d'infestation par le gui	Feuillus : <25 % / >25 % Résineux : <10 % / 10-50 % / >50 %
Dynamique forestière	pas de dynamique/dynamique lente / dynamique rapide
Présence d'une essence concurrente : O/N Nom :	Adaptée à la station : oui / non Rôle par rapport à l'essence dominante : + efficace / -efficace
Résilience du peuplement	Bonne (0-2) / Moyenne (3-5) / Faible (6-7)
Évolution présumée du milieu forestier à 40 ans	forêt / lande-pelouse / terrain peu végétalisé / indéterminé

3. Décision d'intervention



→ Exploitabilité

Difficulté d'exploitation (voir annexe 2)	DE1 / DE2 / DE3 / DE4
-------------------------------------------	-----------------------

→ Menaces sur le milieu forestier (voir § [2] 2)

Incendies	Milieu non menacé d'ordinaire par des incendies : Pas de menace Milieu pouvant être menacé par des incendies : Vigilance Milieu déjà parcouru par des incendies : ALERTE
Équilibre faune - flore : ongulés domestiques	Absence d'ongulés domestiques : Pas de menace Présence d'ongulés domestiques sans traces importantes de cheminements (drailles de sol nu, parallèles et se croisant) : Vigilance Présence d'ongulés domestiques avec traces importantes de cheminements (drailles de sol nu, parallèles et se croisant) : ALERTE
Équilibre faune - flore : grands ongulés sauvages	Absence d'ongulés sauvages : Pas de menace Présence d'ongulés sauvages, sans nombreux indices de présence et avec une végétation importante en dessous de 1,50 m : Vigilance Nombreux indices de présence (fèces, abroustissement, frottis, écorçage sur le peuplement, la régénération ou la végétation adventice) : ALERTE Quasi absence de végétation en dessous de 1,50 m (marque nette) : ALERTE

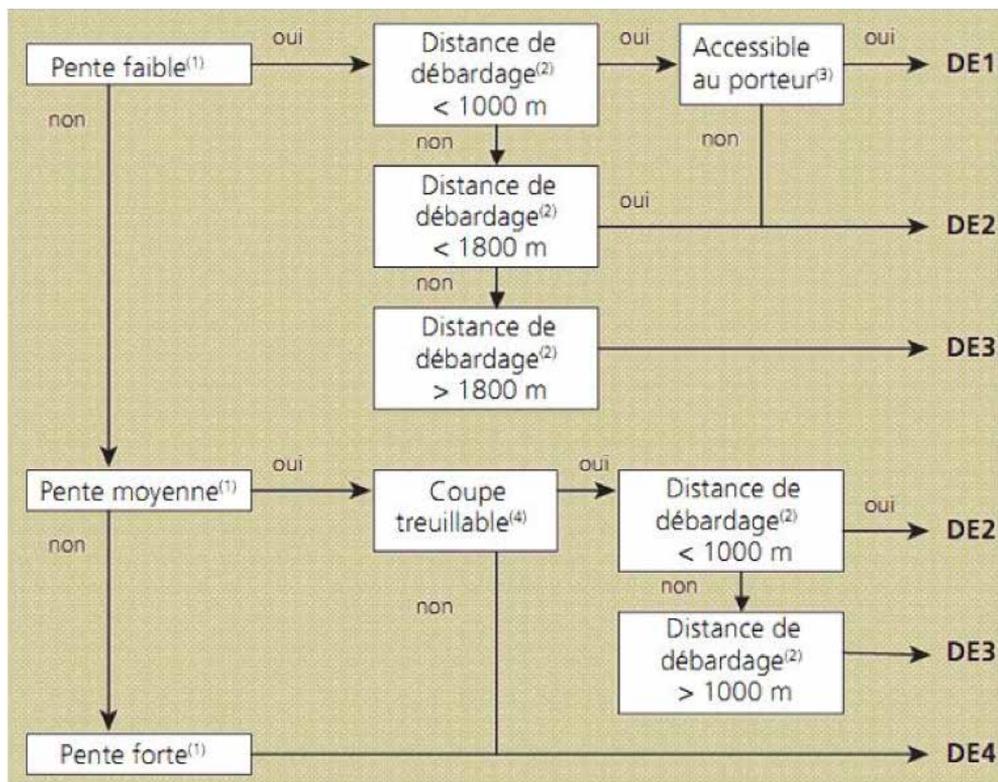
→ Enjeux environnementaux et paysagers

Habitat et/ou espèce remarquable	Nom(s) + statut de protection et prescriptions :
Sensibilité paysagère	Faible/Moyen/Fort + prescriptions :

→ Type d'intervention et objectif (voir § [2] 3 à 8 du guide)

→ Urgence de l'intervention : 0 - 5 ans / 5 - 10 ans / > 10 ans

ANNEXE 2 • DÉFINITION DES NIVEAUX DE DIFFICULTÉ D'EXPLOITATION (DE)



⁽¹⁾ pente faible < 40 % et sans obstacle au parcours de la parcelle, y compris talus infranchissable ;
pente moyenne entre 40 et 60 % ; pente forte > 60 %

⁽²⁾ distance de débarquement ou selon le cas distance de portage pour un porteur

⁽³⁾ la parcelle est majoritairement parcourable par un porteur

⁽⁴⁾ la parcelle est majoritairement treuillable, c'est-à-dire équipée de pistes qui permettent une longueur maximale de treuillage des bois de 50 m à l'amont et 150 m à l'aval.

BIBLIOGRAPHIE

Ce document reprend textuellement certains passages des documents suivants :

Ladier J., Rey F., Dreyfus P. (2012) – Guide des sylvicultures de Montagne – Alpes du Sud françaises, CRPF, INRA, IRSTEA, ONF, 303 pages.

Hurand. A (1994) – Gestion forestière et risques naturels – Pyrénées centrales, ONF, 63 pages.

Références bibliographiques :

Banqué Casanovas M., Grau Ripoll A., Martínez-Vilalta J., Vayreda Duran J. (2013) – « CANVIBOSC : Vulnerabilitat de les espècies forestals al canvi climàtic », Oficina Catalana del Canvi Climàtic, CREAL, 77 pages.

Berger F., Dorren L. (2010) – Rockfor.net : le premier outil de diagnostic rapide de l'aléa chute de pierre à l'aval d'une forêt de protection. Sciences Eaux & Territoires n° 02

Chauvin S., Daubet B., Bertrand P. (2011) – Annexe technique de l'action « Evolutions climatiques et forêts de montagne ». Projet OPCC EFA 235/11.

Copons R. (2007) – Avaluació de la perillositat de caigudes de blocs rocosos al Solà d'Andorra la Vella. Ed. Institut d'Estudis Andorrans. 213 pages.

Copons R. (2008), El risc d'allaus a Catalunya, Projecte RISCKCAT.

Daubet B., De Miguel Magaña S., Maurette A. (2007) – Livre blanc des forêts pyrénéennes. Projet SYLVAPYR 2007 (I3A 1-57E).

Foucault A. et Raoult J.F. (1995) – Dictionnaire de géologie, 4e édition, Masson édition Paris, 324 pages.

Gauquelin X., Courbaud B. (2006) – Guide des sylvicultures de montagne (Alpes du Nord françaises). Cemagref, CRPF Rhône-Alpes, ONF.

Nougier S. (2012), Guide de sylviculture du pin à crochets dans les Pyrénées (programme Unci'plus). Office National des Forêts, CRPF Languedoc-Roussillon, GEIE Forespir, PNR Pyrénées Catalanes, Centre Technologic de Catalunya, Generalitat de Catalunya

Office National des Forêts, Délégation nationale Restauration des Terrains en Montagne (2007) – Analyse Risques des Divisions Domaniales RTM et autres Forêts, Notice pour la mise en œuvre de la cartographie « aléa enjeu ».

OPCC (2014) – Présentation méthodologique : Indicateur « Évolution surfacique des territoires à fort risque naturels » & Production de « Cartes d'indice de maîtrise des aléas par les peuplements forestiers et la végétation des Pyrénées ».

Rey F., Berger F. (2002) – Interactions végétation-érosion et génie écologique pour la maîtrise de l'érosion en montagne. Colloque international « L'eau en montagne : gestion intégrée des hauts bassins versants », Megève, France (4 — 6/09/2002).

Rey F., Berger F., Quézel C., Le Hir C. (2003) – Le rôle de protection passive de la végétation forestière vis-à-vis de l'érosion et des chutes de pierres. Ingénieries N° spécial 2003. pages 165 à 178.

Rey F., Ladier J., Hurand A. (2009) – Forêts de protection contre les aléas naturels. Diagnostics et stratégies (Alpes du Sud françaises). Édition Quae.

Rey F. (2011) – Génie biologique contre l'érosion torrentielle. Édition Quae.

Richard D. (2001) – Impact du changement climatique sur les crues torrentielles – Actes du séminaire international d'experts « Adaptation de la gestion des risques naturels face au changement climatique » (Cemagref Grenoble).

9200-16-GUI-SAM-058

Direction générale

2, avenue de Saint-Mandé
75570 Paris Cedex 12

Décembre 2016

Réalisation et impression ONF Fontainebleau

Champ de certification « cœur de métier » : ISO 9001 et 14001



PEFC 10-4-4 / Promouvoir la gestion durable de la forêt / pefc-france.org



www.onf.fr