

Guide de gestion des forêts pyrénéennes à rôle de protection contre les aléas naturels

Andorre / Espagne / France

Avec le concours financier / Con el apoyo financiero



SOMMAIRE

Organisation du guide

Le guide comprend trois parties :

- La **première partie** définit les critères permettant de décider ou non une intervention.
- La **deuxième partie** définit les règles en cas d'intervention dans des peuplements à rôle de protection.
- La **troisième partie** contient les annexes

1ère partie :

1- Contexte d'utilisation du guide :

Le guide s'applique sur l'ensemble des Pyrénées andorranes, espagnoles et françaises. Il traite de la gestion des forêts hors sylviculture* (sans rôle de production) à rôle de protection contre les aléas naturels. Par contre, le guide ne traite pas du génie civil pouvant être employé pour la gestion du risque.

Le principe du guide est de minimiser les interventions sans compromettre le niveau de protection des 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 mettre en oeuvre des savoirs et compétences techniques complémentaires à valoriser, 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 la mise en oeuvre en consultant spécifiquement le guide de sylviculture du pin à crochets dans les Pyrénées (Programme Unci'plus).

** Le cas des forêts en sylviculture de production avec un rôle de protection est traité dans les guides de sylvicultures "classiques" en vigueur.*

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 de ce massif se caractérise de nos jours 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.

Côté français, l'altitude du massif varie entre 600 m et 3 298 m.

Côté 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 continental.

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.**

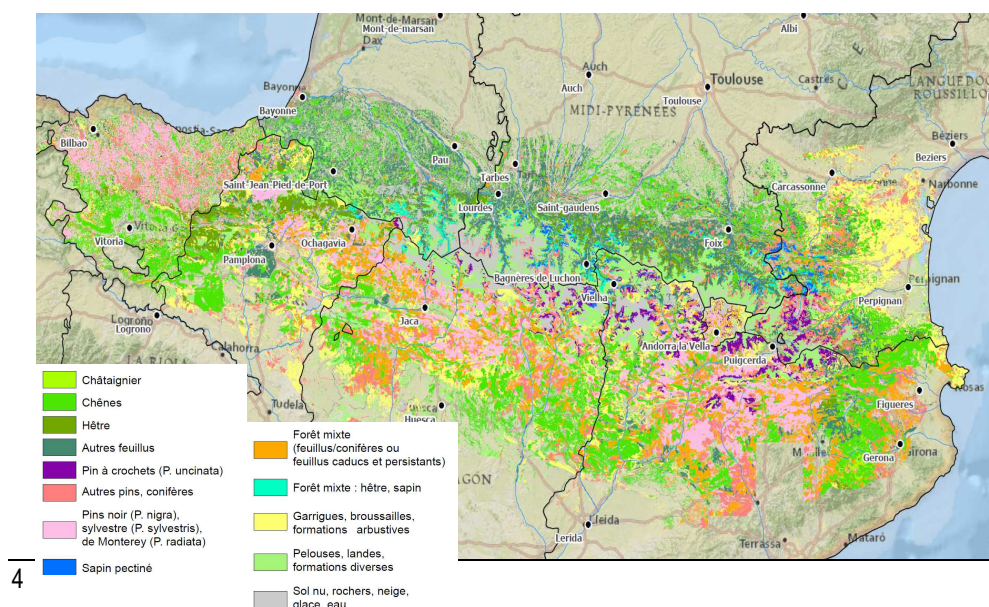
Les régimes fonciers forestiers résultent souvent plus de facteurs humains et historiques que de déterminants géographiques ou physiques. C'est en effet l'activité humaine qui a conduit, au fil du temps, au morcellement des territoires forestiers pyrénéens. Les modes d'utilisation collectifs (élevage 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 pourquoi une partie importante des forêts de montagne soit «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 de la strate montagneuse de la zone, le profil forestier du massif pyrénéen présente des caractéristiques propres à chaque territoire.

Côté 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.

Côté 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 crochet (*pinus uncinata*) qui occupent majoritairement l'espace forestier, puis viennent les pinèdes de pin sylvestre.



3 - Description des phénomènes naturels et du rôle de la végétation dans la protection contre les risques naturels :

LES CRUES TORRENTIELLES ET L'EROSION

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.

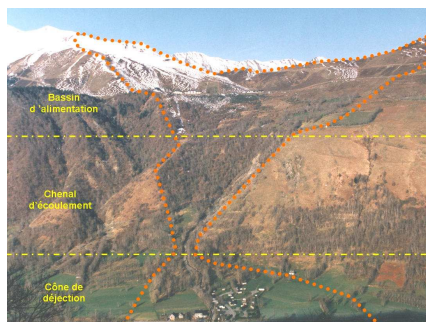
L'activité du torrent est fonction de la quantité d'eau amenée par la pluie, mais aussi de la capacité de la végétation et des sols à en retenir une partie dans le bassin d'alimentation.

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 :

- o une zone de départ : bassin d'alimentation, qui correspond à une zone de concentration des eaux et de déclenchement des apports de matériaux
- o 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
- o une zone d'atterrissement : 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



LE PHÉNOMÈNE EROSIF

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) ; entraînement 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 :

- o Lorsque le sol cesse d'absorber la totalité de la pluie (entre deux averses par exemple) sa saturation est vite atteinte et les dernières pluies ruissellent beaucoup plus qu'elles ne s'infiltrent.
- o 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.

- o D'autre part, 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.

L'appréciation de l'érodabilité du sol 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.

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

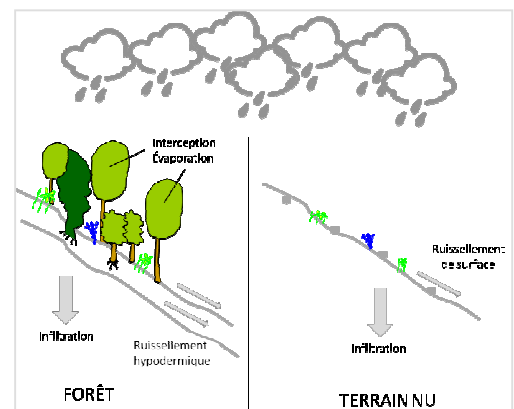
Lorsque l'érosion/ravinement est couplée à un phénomène de crue torrentielle, le risque de lave torrentielle est important. Il s'agit d'une eau très chargée en substrat érodé qui est mis en mouvement. Ces laves torrentielles concernent des bassins versants bien particuliers et ce type de phénomène est caractérisé par un volume de matériau 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.

L'ACTION DE LA FORET

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. Ces phénomènes sont ainsi liés 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 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 d'eau, l'eau finit par ruisseler sur un sol saturé favorisant le phénomène érosif.

- de favoriser la fixation du sol, pour limiter l'érosion et contraindre la mise en mouvement de substrats avec l'eau.

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 :

- La présence d'arbres morts ou arrachés dans les lits des torrents peut générer des phénomènes d'embâcles (obstruction du cours d'eau) et de débâcles (rupture soudaine et imprévisible d'une zone d'obstruction du cours d'eau).
- 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 au glissement) du fait de l'effet balancier des houppliers.

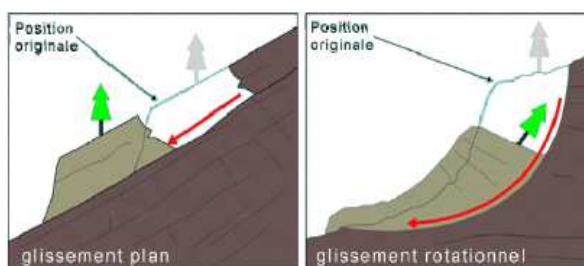
GLISSEMENTS DE TERRAIN

LE PHENOMENE

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'épaisseurs variables. La profondeur de la surface de rupture (ou surface de glissement) peut varier de quelques décimètres à 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 jours, 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 fluvioglaciales, les colluvions, les flyschs, les couches d'altération de schistes ou de marnes sont parmi les formations les plus sensibles ;
- La pente est un 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 ;

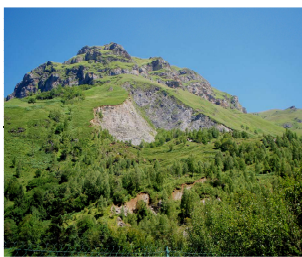
- les travaux de terrassement (déblais, surcharge dus à des remblais, etc.) ;
- Les vibrations des terrains (secousse sismique par exemple).

L'ACTION DE LA FORET

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 2m. de profondeur de glissement, la végétation peut jouer un rôle dans la maîtrise de l'aléa sur la zone de départ.

Au-delà de 2m. 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 celui 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. A 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 5cm.

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 PHENOMENE

Particulièrement rependus 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.

C'est 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 pierre » lorsque le volume considéré est de l'ordre de la dizaine de centimètre cube et de « chute de bloc » 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 roulés ou rebondis, 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 sont alors 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.

De part le caractère spontané de ce phénomène événementiel, des volumes de masse rocheuse pouvant 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 FORET

Le rôle de protection joué par la forêt est, dans ce cas, envisagé sous deux angles :

Dans la zone de départ :

Souvent peu végétalisées, les zones de barres rocheuses ou de falaises fracturées sont propices au déclenchement de chutes de bloc.

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

L'effet d'ancrage est quant à lui négatif dans les barres rocheuses. En effet, 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 peut jouer un rôle de levier par balancement conduisant à des répercussions dans le rocher.

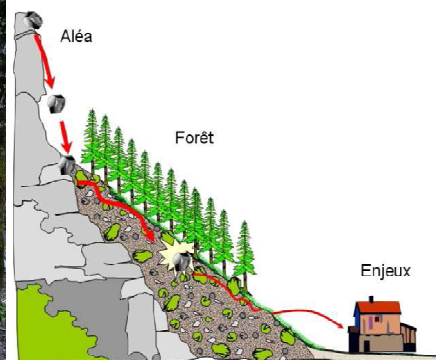


Absorption dans la zone de transit et dans la zone d'arrêt :

Même si dans le cas d'écroulements ou de chutes de blocs volumineux avec pente forte les arbres n'auront aucun effet pour stopper le phénomène, on peut toutefois considérer que l'état boisé est plus efficace qu'un terrain nu : il absorbera une petite partie de l'énergie et contribuera à limiter les rebonds.

Les blessures occasionnées aux arbres par l'arrêt de bloc à répétition pourront mettre en péril la viabilité de ce rôle de protection.

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



AVALANCHES

LE PHENOMENE

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, 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 3 types d'avalanche :

L'avalanche de poudreuse (ou aérosol) qui 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 du manteau neigeux ou provoqués, c'est-à-dire par des causes extérieures au manteau neigeux (humaines ou non).

L'ACTION DE LA FORET

Dans le cas de ce phénomène on considère que les peuplements forestiers vont 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 tout au moins 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 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 :

Les tronc 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 (en particulier les résineux) 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 fini par tomber des branches sur la couche de neige en provoquant un effet de poinçon qui contribue à stabiliser le manteau neigeux.

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 - Quantifier un aléa naturel

→ Voir document "PRÉSENTATION MÉTHODOLOGIQUE - Pour la production des cartes d'indice de maîtrise des aléas (IMA) par les peuplements forestiers et la végétation des Pyrénées" pour plus de détail concernant la méthodologie

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 estimés 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.

Récapitulatif des 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.

Aléa	Caractéristiques	Note
Erosion superficielle	→ Versant sur roches dures non érodables ou pente faible < 20 %	0
	→ Eboulis 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 : on reprend le contour de la plus grande extension historique (critère de la Carte de Localisation des Phénomènes Avalancheux - CLPA)	3

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

Les notes sont spécifiques à chaque aléa, celui-ci étant alors étudié indépendamment.

L'aléa Erosion

Cotation de l'aléa Erosion superficielle	
Caractéristiques	Note
→ Versant sur roches dures non érodables ou pente faible < 20 %	0
→ Eboulis et formations détritiques libérés par des roches dures	1
→ Roches tendres ravinées ou non	2

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 Erosion peut s'appuyer sur l'identification des témoins suivants :

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

Les roches dures comprennent les roches en place telles que calcaires, gneiss ou granites qui sont moins vulnérables à l'érosion.

Les éboulis et formations détritiques sont les couches d'altération issus des roches dures, et qui sont susceptibles d'être érodées.

Les roches tendres comprennent les formations rapportées telles que dépôts d'origine fluvio-glaciaire, 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 Erosion 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 Erosion :

- les 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 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
→ Secteurs non affouillables	0
→ Zones de régulation des transports solides	2
→ 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 qui déborde alors. 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.

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

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

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 leur seuil de déclenchement et en écrêtant leurs pointes. Cependant, il est également 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 est négligeable, ses capacités de rétention étant largement dépassées.

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

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 venues d'eau.

On peut notamment se fier aux témoins suivants :

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

Il est, en effet, admis que la stabilité des glissements superficiels peut être améliorée par la végétation (effet d'ancrage et de pompage dû à la prospection racinaire dans le sol), ce qui n'est pas le cas pour les glissements profonds. Le seuil de profondeur de 2 mètres est retenu pour les distinguer.

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

On considère les zones de déplacement potentiel des blocs susceptibles d'être libérés sur un versant.

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 :

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

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.

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 Avalanche	
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 : on reprend le contour de la plus grande extension historique (critère de la Carte de Localisation des Phénomènes Avalancheux - CLPA)	3

On peut également s'aider des témoins suivants :

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

5 - 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.

Appréciation des enjeux socio-économiques

Niveau d'enjeu socio-économique

Le niveau de chaque enjeu est déterminé selon la grille suivante :

Type d'enjeu/ Niveau d'enjeu (cotation)	3 (Elevé)	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 HT et MT (≥ 20 kv)	Conduite forcée, Ligne de distribution locale d'électricité, d'eau ou de gaz	Réseau des particuliers
Tourisme	Equipements avec hébergement (ex. : camping, centre de vacances, colonie de vacances, hôtel)	Equipements sans hébergement (piscines publiques, domaines skiables 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, Ecole, 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, les 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.

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, qui se trouvent à l'intérieur de l'unité fonctionnelle d'aléa. 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. Ces enjeux indirectement exposés se voient attribuer un poids décroissant de l'amont vers l'aval, selon leur position par rapport à l'unité d'aléa.

Le recensement réalisé permet d'identifier des sites "dépendants" et d'affecter automatiquement à chaque unité d'aléa le niveau d'enjeu résultant.

Méthodologie :

Le cas des enjeux indirectement exposés, situés sur d'autres sites, est traité par la notion de sites fonctionnellement dépendants, par exemple rivière torrentielle en aval d'un site torrent, ou site torrent drainant des sites ravinement.

Le niveau d'enjeu résultant, est donné par le calcul suivant :

- poids respectif des enjeux situés dans un site : 0 / 10 / 30 /100 selon que le niveau d'enjeu est nul / faible / moyen / fort,
- pondération selon la position du site : 1 / 0.9 / 0.5 / 0.2 / 0.2 ... de l'amont vers l'aval, et selon la position dans l'enchaînement des aléas,
- on obtient alors une note finale, qui permet de définir l'enjeu résultant. Enjeu résultant (Valeur de la note) : Nul (0-5), Faible (5-25), Moyen (25-90), Fort (90 et +).

Exemple : de l'amont vers l'aval, un secteur ravinement (enjeu niveau 0), alimentant un torrent (enjeu niveau 1), lui même tributaire d'une rivière torrentielle (enjeu niveau 3). Le calcul du niveau résultant d'enjeu est :

$0 \times 1 + 10 \times 0.9 + 100 \times 0.5 = 59$; soit un niveau résultant « moyen » (car note comprise entre 25 et 90), qui sera affecté aux site ravinement situé en amont.

Les cas d'enjeux indirectement exposés est relativement fréquent 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.

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.

		Niveau d'enjeu socio-économique			
		Nul 0	Faible 1	Moyen 2	Fort 3
Note d'aléa	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

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.

6 - Définir le rôle de la végétation avec l'Indice de Maîtrise de l'Aléa, en lien avec les changements climatiques et autres menaces sur le milieu naturel

Le rôle actuel de la végétation 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.

Le risque incendie est une menace très présente pour les peuplements de protection pyrénéens, surtout dans sa partie méditerranéenne. En revanche, le risque incendie n'est pas pris en compte dans l'évaluation de l'IMA car il n'intervient pas directement dans la maîtrise de l'aléa. En revanche, c'est une menace bien présente à prendre en compte en amont dans les préconisations de gestion de la partie 2, au même titre que le déséquilibre faune - flore.

6 - 1 Impacts possibles des changements climatiques sur les peuplements forestiers pyrénéens et paramètres importants à analyser

Données préalables sur le comportement des essences :

Selon la bibliographie, la sensibilité décroissante des essences vis-à-vis de la sécheresse et des changements climatiques serait la suivante :

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, s'ils sont affectés, leur dépérissement est souvent irréversible. A l'inverse, les chênes sessile et vert ont généralement une plus grande résilience pour réagir à la sécheresse en développant des formes de résistance.

- **Le sapin pectiné** exige une humidité atmosphérique élevée et constante toute au long de l'année. Les précipitations doivent être d'au moins 1000 mm/an dont 600mm au minimum durant la saison de végétation. Son aire bioclimatique optimale se situe entre 1200m et 1600m 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 et canicules de 2003, des premiers signes de pertes de vitalités voire des dépérissements sont observés, notamment dans le Pays de Sault à basse altitude (< 1000m) et/ou en exposition chaude.

Le sapin pectiné est pour le moment bien à sa place en versant nord au-delà de 1200 m d'altitude.

- **Le hêtre** est très sensible à l'eau disponible dans le sol en saison de végétation (printemps et été). Ainsi, la répartition du hêtre est bien corrélée au déficit hydrique climatique (Précipitations - Evapotranspiration) en saison de végétation. On considère que ce déficit doit être compris entre 0 et -85mm sur les mois de juin - juillet - août pour que les conditions soient optimales. Le hêtre se plaît sur une gamme de sols très étendue.

C'est une essence qui a des mécanismes de régulations physiologiques efficaces permettant supporter des sécheresses ponctuelles. En revanche, si les sécheresses se prolongent durant la saison de végétation, des dépérissements apparaissent, comme c'est le cas actuellement dans les zones les plus sèches des Pyrénées orientales, en France.

Globalement, on observe toutefois peu de dépérissements à l'échelle des Pyrénées. Avec les changements climatiques, le hêtre devrait être amené à remonter en altitude, surtout 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 1600m et 2300m. A 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 :

- disparaisse progressivement dans ses limites basses de répartition, en entrant en concurrence avec une progression du le pin sylvestre, du sapin pectiné et du hêtre,
- colonise les milieux ouverts supraforestiers non pâturés.

Dans un premier temps, la progression du pin à crochets dans la limite haute de répartition devrait toutefois être plus rapide que la régression dans la limite basse.

- **Le pin sylvestre** est une essence postpionnière nomade, de pleine lumière. C'est une essence frugale et plastique, tolérant les sols pauvres mais chlorosant souvent sur calcaire. Il résiste en général bien à la sécheresse estivale, sauf si celle-ci se répète sur plusieurs années. 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 2000m d'altitude, et au-delà de 1500m, on le retrouve souvent en mélange avec le pin à crochet au contact avec les milieux ouverts. Les précipitations doivent être supérieures à 600 mm/an, avec au moins 100mm durant l'été. La température moyenne annuelle optimale pour cette espèce est comprise entre 7,5 et 10 ° C.

Peu de signes de dépérissements sont observés côté français actuellement. En revanche, côté espagnol, de nombreux dépérissements ont été observés, surtout dans les zones sèches, à sol superficiel et 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 ici représenté par deux sous-espèces : d'un côté le pin de Salzmann (75%), présent naturellement et majoritairement dans les Pyrénées espagnoles et, de façon relictuelle, en France, et d'un autre côté le pin noir d'Autriche (25%), introduit majoritairement au début du XXème siècle, et surtout en Espagne. Le pin noir est une essence postpionnière nomade, qui se répartit principalement entre 500 et 1200m. C'est également une essence plastique qui supporte tout type de sol, notamment les sols calcaires contrairement au pin sylvestre. Le pin noir résiste en général bien à la sécheresse estivale, sauf si celle-ci se répète sur plusieurs années.

- **Le chêne sessile** est une essence présente dans le piémont pyrénéen, principalement en milieu collinéen. Il semble plutôt bien résister à la sécheresse estivale, sauf si celle-ci se répète sur plusieurs années. Contrairement au chêne pubescent qui peut pousser sur des sols superficiels,

souvent calcaires et à faible réserve en eau, le chêne sessile a quand même 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 les pineraies et les hêtraies.

- **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 méditerranéen, souvent en versant sud et/ou dans des conditions de sécheresse marquée, poussant là où d'autres essences ne peuvent pas s'implanter.

Dans les milieux sous influence méditerranéenne marquée, il peut être concurrencé par l'expansion des garrigues à chêne vert ou pins méditerranéens. Avec les changements climatiques, le chêne pubescent pourrait être amené à coloniser les pineraies et les hêtraies dans les zones les plus sèches.

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

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 : la dynamique forestière et le changement d'essence. Dans les paragraphes suivants sont rassemblés les cas de figure existants, et valable pour tous les aléas. Les titres 6.2 à 6.6 détailleront ensuite les conséquences des changements climatiques en fonction des différents cas.

Il existe 7 grands types de dynamique possible :

- dynamique forestière stable : forêt > forêt, avec la même essence

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 : forêt > forêt, avec changement d'essence

Le peuplement forestier arrive à maintenir un stade boisé continu, 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 devient une hêtraie.

- dynamique forestière neutre avec stade arbustif intermédiaire : forêt > arbustes > forêt

Le peuplement forestier dépérit rapidement pour aboutir à un stade arbustif mais, 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. Ce type de dynamique devrait avoir un impact négatif temporaire sur la maîtrise des aléas avalanches et chutes de blocs.

- dynamique forestière régressive : forêt > lande-pelouse

Il s'agit d'un dépérissement d'une essence, non remplacée par une autre essence, qui disparaît progressivement pour laisser place à un stade lande-pelouse. 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. La dynamique forêt > lande-pelouse devrait avoir un impact négatif durable sur la maîtrise des aléas avalanches et chutes de blocs.

- dynamique herbacée régressive : lande-pelouse > terrain peu végétalisé

Comme ci-dessus, il s'agit surtout d'un contexte de zone sèche (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel/faible réserve utile. Elle concernerait en priorité les milieux herbacés méditerranéens exposés au sud. La dynamique lande-pelouse > terrain peu végétalisé devrait avoir un impact négatif sur la maîtrise des aléas érosion superficielle, crues torrentielles et glissement de terrain.

- dynamique forestière positive : lande-pelouse > forêt

Avec l'augmentation des températures, la colonisation par la forêt des franges supraforestières d'altitude non pâturées est attendue, ces zones d'altitude étant de plus bien arrosées en précipitations. Cette colonisation devrait a priori se faire principalement à partir de pins, et dans une moindre mesure à partir de sapin pectiné ou de hêtre. Les pins sont de bons colonisateurs de milieux ouverts. La dynamique lande-pelouse > forêt devrait avoir un impact positif sur la maîtrise des aléas avalanches et chutes de blocs.

- dynamique herbacée positive : terrain peu végétalisé > lande-pelouse

Comme ci-dessus, cela concerne surtout les zones de haute altitude non végétalisée dont l'augmentation des températures permettrait la colonisation par les herbacées. La dynamique terrain peu végétalisé > lande-pelouse devrait avoir un impact positif sur la maîtrise des aléas érosion superficielle, crue torrentielle et glissement de terrain.

- changements possibles d'essences :

Globalement, pour la colonisation, la succession d'essences devrait être du type :

- Dans les zones les plus humides : Pin à crochets > Sapin pectiné > Hêtre > Chênes,
- Dans les zones les plus sèches : Pin à crochets > Pins (sylvestre et noir) > (Hêtre) > Chênes.

Compte-tenu des essences concernées et du contexte climatique, les dynamiques de groupes d'essences possibles semblent être de type résineux > résineux, résineux > feuillus ou feuillus > feuillus. Sur les Pyrénées, il semble peu probable d'assister des dynamiques naturelles de type feuillus > résineux liées aux changements climatiques, sauf événement extérieur tel un incendie.

6 - 2 Calcul de l'Indice de maîtrise de l'aléa, avec analyse de l'impact possible des changements climatiques et autres menaces sur le milieu naturel

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

6 - 2 - 1 EROSION SUPERFICIELLE

Pour cet aléa, l'IMA est déterminé à l'échelle globale 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.

Indice de maîtrise de l'aléa IMA ↓		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%
TAILLE DES RAVINES	ravines < 1 ha	6	1	4	5
	ravines > 1 ha *	Se reporter ci-contre →	1	3	5

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

Impacts possibles des changements climatiques et autres menaces sur la maîtrise future de l'aléa "érosion superficielle" par les peuplements forestiers :

Les dynamiques de végétation pouvant être liées aux changements climatiques et impactant la maîtrise de l'aléa sont de type :

- dynamique herbacée régressive : lande-pelouse > terrain peu végétalisé

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.

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

- dynamique herbacée positive : terrain peu végétalisé > lande-pelouse

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

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

Les autres types de dynamique décrits au § 6-1 ont un impact neutre sur la maîtrise de l'aléa.

Menace supplémentaire induite par le risque incendie :

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'abrutissement et le piétinement. La maîtrise de l'aléa s'en trouverait alors diminuée, spécialement dans les zones les plus sèches et/ou chaudes.

6 - 2 - 2 CRUES TORRENTIELLES

Pour cet aléa, l'IMA est déterminé à l'échelle globale de chaque zone (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 §3 ci-avant.

Indice de maîtrise de l'aléa IMA		Couvert végétal en été (%) arbres + arbustes + herbacées		
		< 30%	30 - 70%	> 70%
ZONE DE DEPART *	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 <i>ni arbres, ni arbustes; ni herbacées</i>	Zone végétalisée	
			Présence bois 40cm et + *	Absence bois 40cm et +
ZONE DE TRANSIT	Zone de transit = lit et berges du torrent	0	0	2

* ATTENTION : En présence d'arbres de diamètre 40cm et +, tous les arbres susceptibles d'être déstabilisés sont dangereux (destabilisation 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'ARRET	= cône de déjection	0	2	4

Impacts possibles des changements climatiques et autres menaces sur la maîtrise future de l'aléa "crues torrentielles" par les peuplements forestiers :

Les dynamiques de végétation pouvant être liées aux changements climatiques et impactant la maîtrise de l'aléa sont de type :

- dynamique herbacée régressive : lande-pelouse > terrain peu végétalisé

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.

Milieux les plus exposés / vigilance particulière : Les landes - pelouses situées en zone sèche (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel/faible réserve utile sont les plus exposées à la dynamique herbacée régressive. Cela concernerait donc en priorité les milieux herbacés méditerranéens 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 : terrain peu végétalisé > lande-pelouse

Impact sur la maîtrise de l'aléa : positif. La végétalisation des berges et de la zone de départ (en climat méditerranéen) stabiliserait le milieu.

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

Les autres types de dynamique décrits au §6-1 ont un impact neutre sur la maîtrise de l'aléa.

Menace supplémentaire induite par le risque incendie :

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.

6 - 2 - 3 GLISSEMENTS DE TERRAIN

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.

Indice de maîtrise de l'aléa IMA		Couvert végétal total en été (%) <i>arbres + arbustes + herbacées</i>	
		< 70%	> 70%
PROFONDEUR DU GLISSEMENT	Glissement > à 2 m	0 : la végétation n'a aucun rôle de maîtrise de l'aléa	
	Glissement < à 2 m	0	3

Impacts possibles des changements climatiques et autres menaces sur la maîtrise future de l'aléa "glissements de terrain" par les peuplements forestiers :

Les dynamiques de végétation pouvant être liées aux changements climatiques et impactant la maîtrise de l'aléa sont de type :

- dynamique herbacée régressive : lande-pelouse > terrain peu végétalisé

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 - pelouses situées en zone sèche (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel/faible réserve utile sont les plus exposées à la dynamique herbacée régressive. Cela concernerait donc en priorité les milieux herbacées méditerranéens exposés au sud.

- dynamique herbacée positive : terrain peu végétalisé > lande-pelouse

Impact sur la maîtrise de l'aléa : positif. La végétalisation du substrat stabiliserait le substrat.

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

Les autres types de dynamique décrits au §6-1 ont un impact neutre sur la maîtrise de l'aléa.

Menace supplémentaire induite par le risque incendie :

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 induit par l'abrutissement et le piétinement. Ce constat doit également être relativisé, comme pour le risque incendie, 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.

6 - 2 - 4 CHUTES DE BLOCS

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

Lorsque les blocs ont un volume unitaire > 1m³,

l'aléa ne peut pas être maîtrisé par la forêt : l'Indice de maîtrise de l'aléa IMA est égal à 0

Pour les chutes de blocs de volume unitaire < 1m³,

l'Indice de maîtrise de l'aléa IMA est défini par le tableau suivant :

Indice de maîtrise de l'aléa IMA

		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 +	
		N < 2000	N > 2000	N < 350	N > 350
ZONE DE TRANSIT ET D'ARRET	Bande boisée > 200 m (planimétrique)	G < 25 m ² /ha	1	3	3
		G > 25 m ² /ha		4	5
	Bande boisée	G < 25 m ² /ha	0	2	1

	< 200 m (planimétrique)	G > 25 m ² /ha			2	3
ZONE DE DEPART	→		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 utilitaire développé par l'IRSTEA qui est en accès libre sur le site www.Rockfor.net. 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. Pour plus de détail consulter www.Rockfor.net.

Essence	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	

Impacts possibles des changements climatiques et autres menaces sur la maîtrise future de l'aléa "chutes de blocs" par les peuplements forestiers :

Les dynamiques de végétation pouvant être liées aux changements climatiques et impactant la maîtrise de l'aléa sont de type :

- dynamique forestière neutre : forêt > forêt (avec peuplement souvent 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 car le rideau d'arbres, même s'il reste, 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 résineux > feuillu, ce qui devrait être le cas le plus fréquent, la résistance mécanique des feuillus étant meilleure, on peut supposer que le peuplement futur sera probablement plus efficace.

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/faible réserve utile.

- dynamique forestière neutre avec stade arbustif intermédiaire : forêt > arbustes > forêt (avec 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 ne présente 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 à partir d'autres essences. Cependant, cette phase de recolonisation risque d'être fortement ralentie par les chutes de blocs qui ne seront alors plus retenues temporairement par le rideau.

Milieux 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 de répartition, et plus particulièrement dans les zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel/faible réserve utile.

- dynamique forestière régressive : forêt > lande-pelouse

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 chutes de blocs.

Milieux 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 de répartition, et plus particulièrement dans les zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel/faible réserve utile.

- dynamique forestière positive : lande-pelouse > forêt

Impact sur la maîtrise de l'aléa : positif. Ce type de dynamique permet d'améliorer nettement le rôle de protection, surtout lorsque cette recolonisation se fait en remontant le long de la pente vers la zone de départ des blocs, ce qui permettra de les freiner voire bloquer plus efficacement en amont.

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

Les autres types de dynamique décrits au § 6-1 ont un impact neutre sur la maîtrise de l'aléa.

Menace supplémentaire induite par le risque incendie :

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 de blocs. En revanche, il posera un problème au moment du renouvellement du peuplement, du fait de l'abrutissement des semis.

6 - 2 - 5 AVALANCHES

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 (<i>Epicéas</i> , <i>Sapin</i> , <i>Pins</i>)			
		< 10%	10 - 30%	30 - 70%	> 70%
ZONE DE DEPART : CAS DES RESINEUX (SAUF MELEZE*)	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 (m²/ha) des arbres précomptables

		G < 10	10 < G < 25	25 < G < 40	G > 40
ZONE DE DEPART : CAS DES FEUILLUS + MELEZE*	Aléa déclaré en forêt	0	1	2	3
	Aléa potentiel en forêt	0	2	3	5

ZONE DE TRANSIT ET D'ARRET		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 et autres menaces sur la maîtrise future de l'aléa "chutes de blocs" par les peuplements forestiers :

Les dynamiques de végétation pouvant être liées aux changements climatiques et impactant la maîtrise de l'aléa sont de type :

- dynamique forestière neutre : forêt > forêt (avec peuplement souvent 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 car le couvert forestier, même s'il reste, est alors moins dense pour bien retenir la neige. 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 résineux > feuillus, ce qui devrait être le cas le plus fréquent, le rôle de maintien du manteau neigeux étant moins bon pour les feuillus, on peut supposer que le peuplement futur sera probablement moins efficace.

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 de répartition, ou dans les zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel/faible réserve utile.

- dynamique forestière neutre avec stade arbustif intermédiaire : forêt > arbustes > forêt (avec 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 pieds ou au sol conserveront néanmoins un rôle transitoire de maintien du manteau neigeux et protégeront la régénération à venir.

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

- dynamique forestière régressive : forêt > lande-pelouse

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.

Milieux 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 de répartition, et plus particulièrement dans les zones sèches (faibles précipitations) et/ou avec sol superficiel/faible réserve utile.

- dynamique forestière positive : lande-pelouse > forêt

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

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

Les autres types de dynamique décrits au § 6-1 ont un impact neutre sur la maîtrise de l'aléa.

Menace supplémentaire induite par le risque incendie :

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 modifier 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.

7 - Définition des priorités d'intervention et critères d'intervention

7 - 1 Définir les priorités interventions

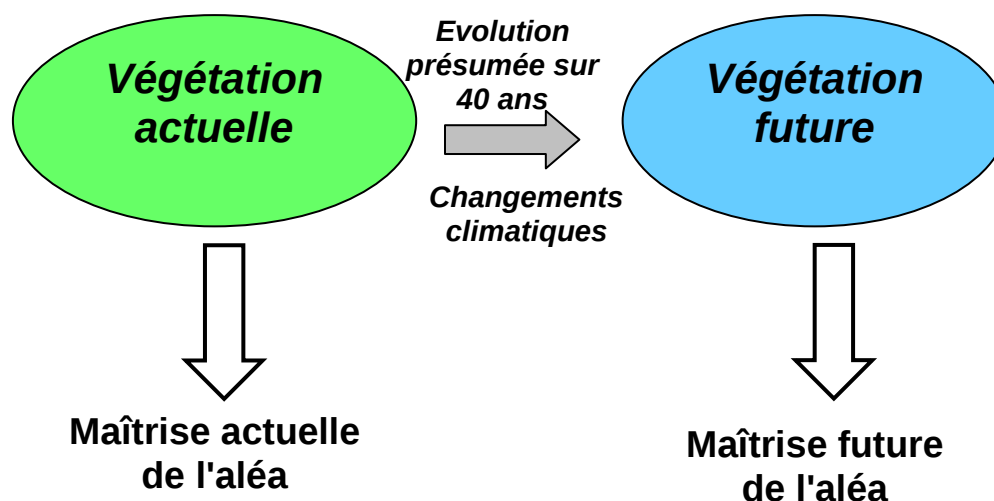
Rôle futur de la forêt et de la végétation dans la maîtrise des aléas naturels

Dans la définition des priorités, l'évaluation de la maîtrise future des aléas est très importante. En effet, il est inutile d'intervenir lorsque l'évolution spontanée de la végétation garantit le maintien ou l'amélioration de la maîtrise de l'aléa. A l'inverse, une intervention est d'autant plus prioritaire et rapide si la maîtrise future de l'aléa diminue en efficacité car il y a alors un risque de reprise de l'aléa, et des coûts d'interventions plus importants.

L'évolution présumée de chaque unité élémentaire de peuplement permet de constituer 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 40 ans.

L'indice futur de maîtrise de l'aléa doit bien intégrer les effets possibles des changements climatiques sur le peuplement forestier ou la végétation. Le descripteur s'appuiera sur les données du §6 mais aussi sur les études actuelles et futures sur le sujet (voir bibliographie).

Le rôle futur peut alors être évalué sur le terrain en utilisant à nouveau les clés de détermination par aléa.



Des **zones d'interventions prioritaires** peuvent ainsi être déterminées en fonction de la maîtrise actuelle et de la maîtrise future de la forêt et de la végétation. Le tableau ci-dessous propose trois niveaux de priorités :

		Indice <u>actuel</u> de Maîtrise de l'Aléa		
		5-6 : Efficace	3-4 : Moyen	0-1-2 : Faible ou nul
Indice <u>futur</u> 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

Remarque : 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.

7 - 2 Récapitulatif des étapes pour envisager une intervention

Un mémento technique de terrain pour l'aide à la décision figure en annexe 1. Il ne constitue pas une obligation pour l'utilisation du guide, mais il est à disposition du gestionnaire pour structurer l'analyse. Il permet d'avoir de façon synthétique et chronologique les éléments qui entrent en compte dans la décision. Les étapes suivantes proposées permettent d'appuyer le diagnostic et les décisions, en lien avec le mémento technique de terrain dont l'utilisation est conseillé :

Etape 1 : Avant d'envisager une intervention, il faut évaluer le risque naturel et son importance à partir du croisement aléa-enjeu.

La cartographie aléa-enjeu existe-t-elle sur la forêt étudiée ?

- ➔ Si oui, récupérer directement le niveau de risque naturel à partir de la carte à disposition,
- ➔ Sinon, procéder 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, il n'est alors pas nécessaire de continuer les étapes suivantes. En effet, aucune intervention n'est à prévoir dans ce cas.

Si un risque naturel identifié, alors les étapes suivantes sont déroulées.

Etape 2 : Une évaluation de l'exploitabilité, des menaces pesant sur le milieu forestier (incendies, déséquilibre faune - flore) et des enjeux environnementaux/paysagers est réalisée. Le cas échéant, elle permet de programmer des actions préalables et caler des prescriptions.

Etape 3 : La réalisation d'un plan du site est importante 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.

Etape 4 : La description du milieu forestier permet in fine de déterminer la résistance du peuplement forestier et l'évolution présumée du milieu forestier à 40 ans. Elle permet aussi de mettre en perspective l'objectif et les actions à mener.

Etape 5 : L'indice de maîtrise des aléas (IMA) s'appuie sur des descriptions complémentaires. Celles-ci sont réalisées en fonction de l'aléa concerné. L'IMA est évalué par rapport à l'état actuel et à l'état à moyen terme (40 ans) du milieu.

Etape 6 : L'évolution de l'IMA dans le temps permet de déterminer un niveau de priorité. En fonction du risque naturel et de la priorité d'intervention la décision est prise ou non d'intervenir.

A l'issue de cette démarche, le gestionnaire a tous les éléments techniques pour juger de la priorité d'une intervention au titre de la protection contre les aléas naturels. En cas de nécessité, et seulement dans ce cas, il doit se reporter à la partie 2 "Gestion des forêts à rôle de protection contre les aléas naturels" où sont déclinées les interventions préconisées.

2ème partie

Gestion des forêts Pyrénéennes à rôle de protection contre les aléas naturels

Rôle de protection	Objectif de production	
	NON	OUI
	OUI	voir guides de sylviculture
	NON	hors intervention voir guides de sylviculture

EROSION - Peuplement résineux.....	37
EROSION - Peuplement feuillu.....	38
GLISSEMENT DE TERRAIN	48
AVALANCHE	55
AVALANCHE - Peuplement résineux.....	56

Introduction

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

Les règles d'intervention sont présentées sous forme de fiches. Chaque fiche rappelle l'objectif imposé par la fonction de protection et donne les règles sylvicoles à appliquer pour l'atteindre ou le maintenir.

Les clés de détermination de la "résistance des peuplements" et de "l'évolution présumée des milieux forestiers à moyen terme (40 ans)" figurent dans le chapitre suivant.

Les interventions préconisées sont par nature :

- soit cycliques (ex : renouvellement jardinatoire par trouées ...). Sauf perturbation importante, elles sont soumises à une rotation de 20 ans.
- 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.

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 et les travaux de boisement à vocation de protection contre les risques naturels.

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

Diagnostic préalable du milieu

Définitions :

- **peuplement forestier** : 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.

Résistance des peuplements forestiers :

La résistance d'un peuplement forestier est sa capacité à résister aux perturbations d'origine biotique (attaques parasitaires, ...) et abiotiques (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. Le diagnostic de résistance résulte de la combinaison de ces critères.

On distingue 3 niveaux de résistance des peuplements forestiers :

- **résistance bonne** : assurée pour une durée supérieure à deux aménagements, soit plus de 40 ans;
- **résistance moyenne** : vraisemblable pour une durée comprise entre un et deux aménagements, soit entre 20 et 40 ans;
- **résistance 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.

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.

Equilibre faune - flore : Ongulés domestiques :

Absence d'ongulés domestiques : **Pas de prise en compte**

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**

Equilibre faune - flore : Grands ongulés sauvages :

Absence d'ongulés sauvages : **Pas de prise en compte**

Présence d'ongulés sauvages, sans nombreux indices de présence et avec une végétation importante en dessous de 1,50m : **Vigilance**

Nombreux indices de présence (fèces, abroustissement, frotis, écorçage sur le peuplement, la régénération ou la végétation adventice) : **ALERTE**

Quasi absence de végétation vivante en dessous de 1,50m (marque nette) : **ALERTE**

Risque Incendie :

Absence de risque incendie : **Pas de prise en compte**

Milieu pouvant être menacé par des incendies : **Vigilance**

Milieu déjà parcouru par des incendies : **ALERTE**

Tableau de détermination de la résistance des peuplements forestiers

Essence principale	Essences feuillues	Essences résineuses	Indice
âge des arbres de la strate prédominante	> 100 ans	Pineraie issue de régénération naturelle > 100 ans OU Pineraie issue de régénération artificielle > 60 ans OU Autre essence résineuse > 130 ans	2
	< 100 ans	Pineraie issue de régénération naturelle compris entre 60 et 100 ans Pineraie < 60 ans OU Autre essence résineuse < 130 ans	1 0
Taux de dépérissement, de mortalité ou d'infestation par le gui	> 25 %	> 50 %	2
	< 25 %	10 à 50 %	1
		< 10 %	0
Composition du peuplement	Essence principale > 75 % Autres > 25 %	Essence principale > 75 % Autres > 25 %	1 0
Structure du peuplement ⁽¹⁾	Régulier	Régulier	1
	Irrégulier	Irrégulier	0
Stabilité physique ⁽²⁾	H ₀ /D _g > 80 ou nombreux arbres penchés	H ₀ /D _g > 65 ou nombreux arbres penchés	1
	Autre cas	Autre cas	0

L'addition des indices donne la classe de résistance :

- ⇒ notes 0 à 2 : **résistance bonne**
 ⇒ notes 3 à 5 : **résistance moyenne**
 ⇒ notes 6 et 7 : **résistance mauvaise**

⁽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 H₀ = hauteur dominante et D_g = diamètre quadratique moyen = diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne

Evolution 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 :

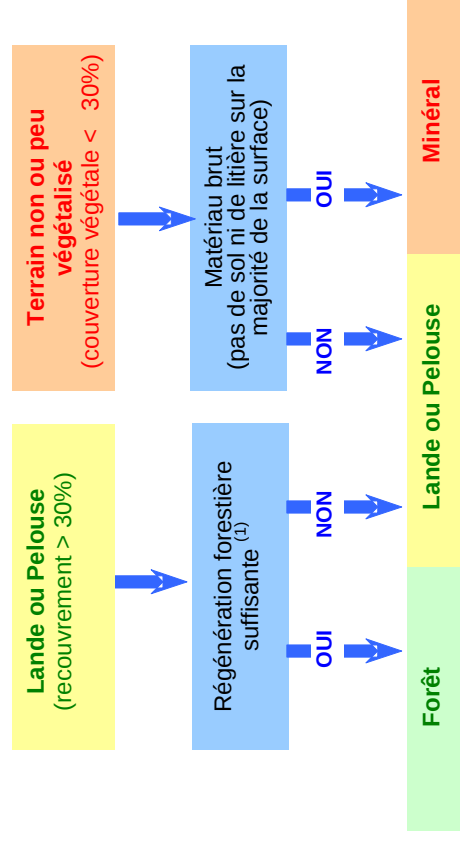
- vers une **forêt** ;
- vers une **lande ou une pelouse** (couvert arbustif ou herbacé > 30 %) ;
- vers un terrain **minéral** (couvert végétal < 30 %)

En l'absence d'indice d'évolution en cours ou présumée, cette variable est notée « indéterminé ».

On se base pour cela 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 dans les deux années précédentes.

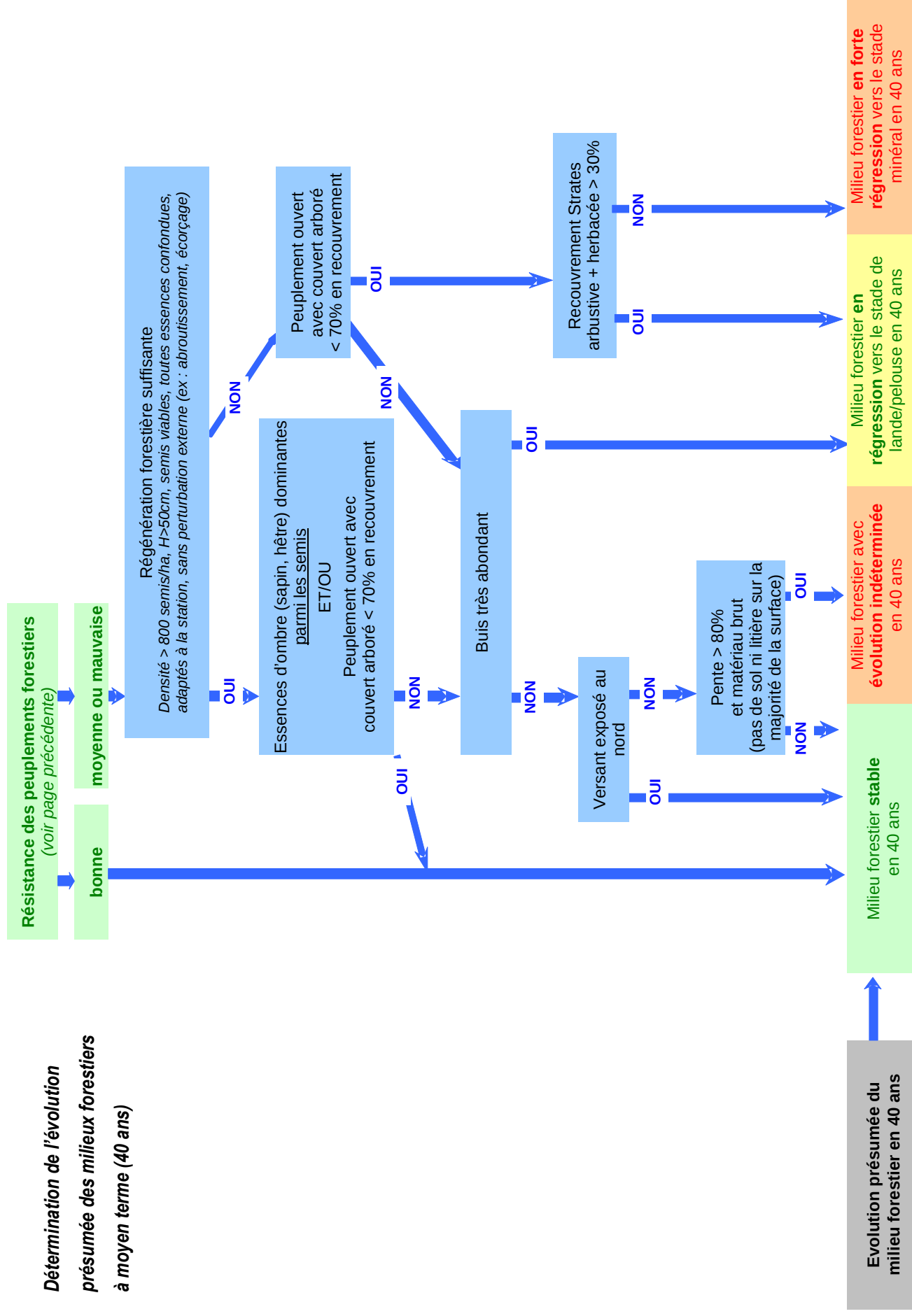
Enfin, la maîtrise des populations animales, domestiques et sauvages, notamment de grands ongulés, et de leur impact est une condition indispensable pour la pérennité des formations végétales, tant pour limiter la dégradation du couvert herbacé et arbustif que pour éviter les échecs de régénération des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

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



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

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



EROSION - 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 attendre 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.

Rappel : en cas de superposition d'une unité d'aléa-enjeu Erosion 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



Le risque incendie doit être évalué au préalable pour s'assurer qu'il ne constitue pas une menace sur les peuplements à rôle de protection. En cas d'alerte, des travaux de défense des forêts contre l'incendie doivent être réalisés si nécessaire, en parallèle avec des actions de prévention (encadrement des écobuages, communication, ...).

L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation. En cas d'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.

EROSION - ravine de moins de 1 ha - Peuplement résineux

Position	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères	Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe avec possibilité d'extraction des bois
zone de départ 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	⇔ intervention laissant 70 % de <u>couvert arboré</u>	⇔ coupe laissant au minimum 70 % de <u>couvert végétal</u>
			Autres cas	⇔ pas d'intervention	⇔ coupe laissant au minimum 70 % de <u>couvert végétal</u>
	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 %	⇔ intervention par pieds d'arbres laissant 70 % de <u>couvert arboré</u>	⇔ coupe laissant au minimum 70 % de <u>couvert végétal</u>
		Mauvaise	Couvert arboré clair < 70 %	⇔ génie biologique	⇔ récolte totale avant dépérissement + génie biologique « renforcé »
			Couvert arboré dense > 70 %	⇔ intervention par pieds d'arbres laissant 70 % de <u>couvert arboré</u> + génie biologique	⇔ récolte avant dépérissement laissant 30 % de <u>couvert arboré</u> + génie biologique « renforcé »

EROSION - ravine de moins de 1 ha - Peuplement feuillu

Position	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères	Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe avec possibilité d'extraction des bois
zone de départ	⇄	⇄	⇄	⇄ pas d'intervention	⇄ aucune restriction particulière
zone de transit					
zone d'arrêt	Forêt stable ou en régression vers le stade de lande/pelouse	⇄	⇄	⇄ pas d'intervention	⇄ coupe laissant au minimum 70 % de <u>couvert végétal</u>
	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 %	⇄ intervention par pieds d'arbres laissant 70 % de <u>couvert arboré</u>	⇄ coupe laissant au minimum 70 % de <u>couvert végétal</u>

EROSION - ravine de moins de 1 ha - Lande ou pelouse

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	Autres critères	(Sans récolte)
zone de départ	⇨	⇨	⇨ pas d'intervention
zone de transit			
zone d'arrêt	⇨	⇨	⇨ génie biologique pour compléter le couvert si nécessaire

EROSION - ravine de moins de 1 ha - Terrain peu végétalisé

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	Autres critères	(Sans récolte)
zone de départ			
zone de transit	⇨	⇨	⇨ pas d'intervention
zone d'arrêt	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	Evolution rapide	⇨ pas d'intervention
		Evolution lente	⇨ génie biologique
	Milieu reste au stade Minéral ou Indéterminé	⇨	⇨ génie biologique

EROSION – 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.

Remarque : le renouvellement du peuplement doit se faire par trouées si l'on souhaite favoriser les pins

Rappel : en cas de superposition d'une unité d'aléa-enjeu Erosion 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



Le risque incendie doit être évalué au préalable pour s'assurer qu'il ne constitue pas une menace sur les peuplements à rôle de protection. En cas d'alerte, des travaux de défense des forêts contre l'incendie doivent être réalisés si nécessaire, en parallèle avec des actions de prévention (encadrement des écobuages, communication, ...).

L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation. En cas d'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.

EROSION – versant ou grande ravine - Peuplement résineux

Positi on	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères	Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe avec possibilité d'extraction des bois
zone de départ	Forêt stable ou en régression vers le stade Lande/pelouse	⇒	Absence de strate basse sous un peuplement fermé	⇒ intervention par trouées de 0,10 ha (Sapin/épicéa) à 0,25 ha (pins/mélèze) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de <u>couvert arboré</u>	⇒ 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 <u>couvert végétal</u>
			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 <u>couvert végétal</u>
zone de transit zone d'arrêt	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 %	⇒ intervention par trouées de 0,10 ha (Sapin/épicéa) à 0,25 ha (pins/mélèze) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de <u>couvert arboré</u>	⇒ 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 <u>couvert végétal</u>
		Mauvaise	Couvert arboré clair < 70 %	⇒ génie biologique	⇒ récolte totale avant dépérissement + génie biologique « renforcé »
Couvert arboré dense > 70 %	⇒ intervention par trouées de 0,10 ha (Sapin/épicéa) à 0,25 ha (pins/mélèze) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de <u>couvert arboré</u> + génie biologique		⇒ récolte avant dépérissement laissant 30 % de <u>couvert arboré</u> + génie biologique « renforcé »		

EROSION – versant ou grande ravine - Peuplement feuillu

Position	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères	Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe 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	⇔	⇔	⇔ pas d'intervention	⇔ coupe par trouées (0,5 ha maximum) ou par pieds d'arbres laissant au minimum 70 % de <u>couvert végétal</u>
	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 %	⇔ intervention par trouées (10 ares) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de <u>couvert arboré</u>	⇔ coupe par trouées (0,5 ha maximum) ou par pieds d'arbres laissant au minimum 70 % de <u>couvert végétal</u>

EROSION – versant ou grande ravine - Lande ou pelouse

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	Autres critères	(Sans récolte)
zone de départ zone de transit zone d'arrêt	⇄	⇄	⇄ génie biologique pour compléter le couvert si nécessaire

EROSION – versant ou grande ravine - Terrain peu végétalisé

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	Autres critères	(Sans récolte)
zone de départ zone de transit zone d'arrêt	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	Evolution rapide	⇄ pas d'intervention
		Evolution lente	⇄ génie biologique
	Milieu reste au stade Minéral ou Indéterminé	⇄	⇄ génie biologique

CRUE TORRENTIELLE

Unité d'aléa-enjeu

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 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, ravinelements) des 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.

Préconisations générales



Le risque incendie doit être évalué au préalable pour s'assurer qu'il ne constitue pas une menace sur les peuplements à rôle de protection. En cas d'alerte, des travaux de défense des forêts contre l'incendie doivent être réalisés si nécessaire, en parallèle avec des actions de prévention (encadrement des écobuages, communication, ...).

L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation. En cas d'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

Position	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères	Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe avec possibilité d'extraction des bois
zone de départ	Forêt stable	⇨	Absence de strate basse sous un peuplement fermé	⇨ intervention 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 %	⇨ intervention 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 %	⇨ intervention 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 intempestifs (sauf temporaires pendant les exploitations) et favoriser les gués (radiers)	
zone d'arrêt	⇨	⇨	⇨	⇨ pas d'intervention	⇨ aucune restriction particulière

CRUE TORRENTIELLE - Peuplement feuillu

Position	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères	Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe 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 %	⇧ génie biologique à objectif forestier	⇧ pas de coupe ⇧ génie biologique à objectif forestier
			Couvert arboré dense > 70 %	⇧ intervention 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 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 (traîtes 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 restriction particulière

CRUE TORRENTIELLE - Lande ou pelouse

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	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

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	Autres critères	(Sans récolte)
zone de départ	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	Evolution rapide	⇨ pas d'intervention
		Evolution lente	⇨ génie biologique
	Milieu reste au stade Minéral ou indéterminé	⇨	⇨ génie biologique
zone de transit	⇨	⇨	⇨ génie biologique
zone d'arrêt	⇨	⇨	⇨ pas d'intervention

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



Le risque incendie doit être évalué au préalable pour s'assurer qu'il ne constitue pas une menace sur les peuplements à rôle de protection. En cas d'alerte, des travaux de défense des forêts contre l'incendie doivent être réalisés si nécessaire, en parallèle avec des actions de prévention (encadrement des écobuages, communication, ...).

L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation. En cas d'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,
- Dans le cas de peuplements denses à gros bois, des interventions destinées à délester les terrains et à éliminer les gros bras de levier sont à prévoir.
- éviter l'ouverture ou l'élargissement de pistes. En cas de nécessité, prévoir une étude géotechnique, une hauteur des talus < 2m 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

Position	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères	Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe 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 <u>couvert végétal total</u>
			Couvert arboré clair < 70 %	⇨ génie biologique	⇨ pas de coupe ⇨ génie biologique
	Forêt en forte régression vers le stade Minéral ou indéterminé	Moyenne	Couvert arboré dense > 70 %	⇨ <u>ouverture</u> laissant 70 % de <u>couvert arboré</u>	⇨ coupe par trouées (0,5 ha maximum) ou par pieds d'arbres laissant 70 % de <u>couvert végétal total</u>
			Couvert arboré clair < 70 %	⇨ génie biologique	⇨ récolte totale avant dépérissement + génie biologique « renforcé »
			Couvert arboré dense > 70 %	⇨ <u>ouverture</u> laissant 70 % de <u>couvert arboré</u> + <u>génie</u> biologique	⇨ récolte totale avant dépérissement + génie biologique « renforcé »
zone de transit	⇨	⇨	⇨	⇨ pas d'intervention	⇨ aucune restriction particulière
zone d'arrêt					

GLISSEMENT DE TERRAIN - Lande ou pelouse

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	Autres critères	(Sans récolte)
zone de départ	⇨	⇨	⇨ pas d'intervention
zone de transit			
zone d'arrêt	⇨	⇨	⇨ pas d'intervention

GLISSEMENT DE TERRAIN - Terrain peu végétalisé

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	Autres critères	(Sans récolte)
zone de départ	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	Evolution rapide	⇨ pas d'intervention
		Evolution lente	⇨ génie biologique
	Milieu reste au stade Minéral ou Indéterminé	⇨	⇨ génie biologique, végétalisation avec ligneux bas
zone de transit			
zone d'arrêt	⇨	⇨	⇨ pas d'intervention

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 ($\varnothing > 17,5\text{cm}$).
- ⇒ Irrégulariser les peuplements pour y garantir le maintien d'une densité suffisante d'arbres adultes.

Préconisations générales



Le risque incendie doit être évalué au préalable pour s'assurer qu'il ne constitue pas une menace sur les peuplements à rôle de protection. En cas d'alerte, des travaux de défense des forêts contre l'incendie doivent être réalisés si nécessaire, en parallèle avec des actions de prévention (encadrement des écouvages, communication, ...).

L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation. En cas d'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 1,30m 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 1,30m 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

Position	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères		Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe 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 > 65 - 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	Bande boisée > 300 m	⇔ renouvellement jardinatoire par petites trouées de forme horizontale de 40 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 10 à 15 % de la surface ⇔ si régénération forestière insuffisante au bout de 10 ans : plantation	
			ou futaie irrégulière	Bande boisée < 300 m	⇔ Intervention d'ensemencement maintenant une densité maximale compatible avec l'apparition et le développement des semis ⇔ si régénération forestière insuffisante au bout de 10 ans : plantation	
		Moyenne ou mauvaise	Durée de survie faible ou bande boisée < 300 m		⇔ Intervention d'ensemencement maintenant une densité maximale compatible avec l'apparition et le développement des semis ⇔ si régénération forestière insuffisante au bout de 10 ans : plantation	
			Autres cas		⇔ renouvellement jardinatoire par petites trouées de forme horizontale de 40 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 10 à 15 % de la surface ⇔ si régénération forestière 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 de 40 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 15 à 20 % de la surface + plantation	
			Bande boisée < 300 m		⇔ Intervention par pieds d'arbres maintenant une densité de 300 t/ha + plantation	

CHUTE DE BLOCS - Peuplement feuillu

Position	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères	Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe 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 : Toute	Peuplement régulier jeune < 40 ans	⇄ pas d'intervention	
			Peuplement régulier > 40 ans ou irrégulier	⇄ renouvellement jardinatoire par petites trouées de forme horizontale de 20 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 10 à 15 % de la surface ⇄ si régénération forestière insuffisante au bout de 10 ans : plantation soit taillis fureté (option valable uniquement pour le hêtre)	
		Hêtre : Moyenne ou mauvaise Chêne : Non concerné	Durée de survie faible ou bande boisée < 300 m	⇄ renouvellement jardinatoire par petites trouées de forme horizontale de 20 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 10 à 15 % de la surface + plantation	
			Autres cas	⇄ renouvellement jardinatoire par petites trouées de forme horizontale de 20 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 10 à 15 % de la surface ⇄ si régénération forestière 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 de 20 m maximum dans le sens de la pente et totalisant 15 à 20 % de la surface + plantation	

CHUTE DE BLOCS - Lande ou pelouse

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	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
zone d'arrêt	Milieu reste au stade Lande/pelouse	Dynamique forestière faible	⇨ plantation
		⇨	⇨ plantation ou génie civil si impossibilité stationnelle d'implanter une forêt

CHUTE DE BLOCS - Terrain peu végétalisé

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	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, ...)

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 :
 - une zone de transit :
 - zone d'arrêt :

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



Le risque incendie doit être évalué au préalable pour s'assurer qu'il ne constitue pas une menace sur les peuplements à rôle de protection. En cas d'alerte, des travaux de défense des forêts contre l'incendie doivent être réalisés si nécessaire, en parallèle avec des actions de prévention (encadrement des écouvages, communication, ...).

L'équilibre sylvocynégétique et sylvopastoral est une condition préalable indispensable pour maintenir le rôle de protection de la végétation. En cas d'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 restent sur place, disposer les bois abandonnés de telle sorte qu'ils ne puissent pas être mis en mouvement, généralement en position oblique dans la pente (ces bois vont ensuite 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, possibilité de réaliser un dépressement précoce ($H=3-5m$) afin de stabiliser le peuplement
- Afin de limiter la déstabilisation des peuplements dans la "zone de combat", on préférera commencer les coupes d'aval en amont,
- Pour les pins et le Mélèze : Si nécessaire, prévoir un crochelage (pins) ou un décapage (mélèze) du sol pour faciliter la régénération naturelle,
- Créer ou favoriser des collectifs.
- Laisser les rémanents sur place en cas d'intervention.

En cas de coupes laissant des souches de 1,30m 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.

AVALANCHE - Peuplement résineux

Position	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères	Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe 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	⇒ 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 régénération forestière insuffisante au bout de 10 ans : plantation	
			Ou futaie irrégulière de pins ou sapin/épicéa		
		Moyenne ou mauvaise	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	
			Peuplement résineux (sauf Mélèze) avec une durée de survie faible	⇒ Intervention d'ensemencement maintenant une densité maximale compatible avec l'apparition et le développement des semis ⇒ si régénération forestière 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	⇒	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 régénération forestière 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	
			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

Position	Evolution du milieu forestier sur 40 ans	Résistance des peuplements	Autres critères	Coupe sans possibilité d'extraction des bois	Coupe 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	⇒	⇒	⇒	⇒ pas d'intervention	⇒ aucune contrainte
zone d'arrêt					

AVALANCHE - Lande ou pelouse

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	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

Position	Evolution du milieu sur 40 ans	Autres critères	(Sans récolte)
zone de départ	Milieu en évolution positive vers le stade Lande/Pelouse	⇒	⇒ boisement par collectifs
		⇒	⇒ pas d'intervention forestière (génie civil)
	Milieu reste au stade Minéral		
zone de transit	⇒	⇒	⇒ pas d'intervention
zone d'arrêt			

ANNEXE 1 : Mémento technique de terrain pour l'aide à la décision

1. Contexte

Forêt :

Parcelle / Unité de gestion :

Protection contre les risques naturels :

Type d'aléa naturel	Erosion 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 partie 1, §4)	0 - 1 - 2 - 3
Niveau d'enjeu socio-économique (voir partie 1, §5)	Nul (0) / Faible (1) / Moyen (2) / Fort (3)
Niveau de risque naturel (voir partie 1, §5)	Nul / Faible / Moyen / Fort

Exploitableté :

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

Menaces sur le milieu forestier (voir partie 2, § "Diagnostic préalable du milieu") :

Risque incendie	Absence de risque incendie : Pas de prise en compte Milieu pouvant être menacé par des incendies : Vigilance Milieu déjà parcouru par des incendies : ALERTE
Equilibre faune - flore : ongulés domestiques	Absence d'ongulés domestiques : Pas de prise en compte 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
Equilibre faune - flore : grands ongulés sauvages	Absence d'ongulés sauvages : Pas de prise en compte Présence d'ongulés sauvages, sans nombreux indices de présence et avec une végétation importante en dessous de 1,50m : Vigilance Nombreux indices de présence (fèces, abrouissement, frottis, écorçage sur le peuplement, la régénération ou la végétation adventice) : ALERTE Quasi absence de végétation en dessous de 1,50m (marque nette) : ALERTE

Enjeux environnementaux et paysagers :

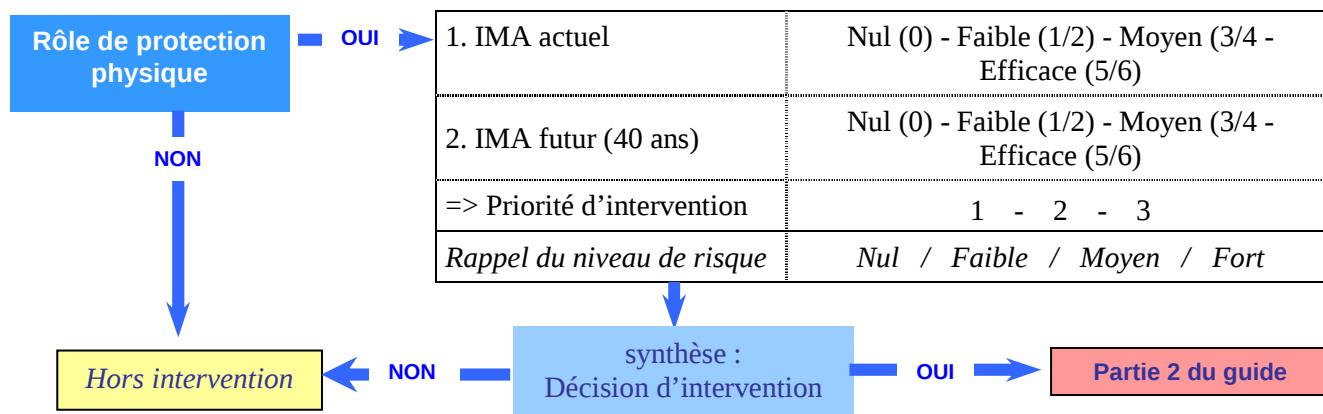
Habitat et/ou espèce remarquable	Nom(s) + statut de protection et prescriptions :
Sensibilité paysagère	Faible / Moyen / Fort + prescriptions :

3 – Calcul de l'Indice de Maîtrise de l'Aléa (IMA) et décision d'intervention

Description complémentaire préalable pour le calcul des IMA actuels et futurs à 40 ans (voir §1-6) :

ALEA CONCERNÉ	TYPE DE DONNEE	VALEUR	
		ACTUELLE	FUTURE (40 ANS)
Erosion superficielle	Couvert végétal total en été (arbres + arbustes + herbacées)	0% / <30% /	0% / <30% /
Glissement de terrain		30-70% /	30-70% /
Crue torrentielle (zone de départ et transit)		70-99% / 100%	70-99% / 100%
Crue torrentielle (zone de transit)	Bois de Ø >40cm	Absence / Présence	Absence / Présence
Crue torrentielle (zone de dépôt)	Densité des tiges précomptables (Ø > 17,5 cm)	<350 tiges/ha / >350 tiges/ha	<350 tiges/ha / >350 tiges/ha
Chutes de blocs (zone de transit ou de dépôt) avec peuplement <u>majoritairement précomptable</u>			
Chutes de blocs (zone de transit ou de dépôt) avec peuplement <u>majoritairement non précomptable</u>	Densité des tiges non précomptables de Ø > 7,5 cm et <17,5 cm	<2000 tiges/ha / >2000 tiges/ha	<2000 tiges/ha / >2000 tiges/ha
Chute de blocs (zone de transit ou dépôt)	Largeur de la 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 - 25 / 25 - 40 / >40	<10 / 10 - 25 / 25 - 40 / >40
Avalanches (zone de départ, cas des feuillus + Mélèze)			
Avalanches (zone de départ, cas des résineux sauf Mélèze)	Couvert arboré hivernal des résineux (sauf Mélèze)	<10% / 10-30% / 30-70% / >70%	<10% / 10-30% / 30-70% / >70%

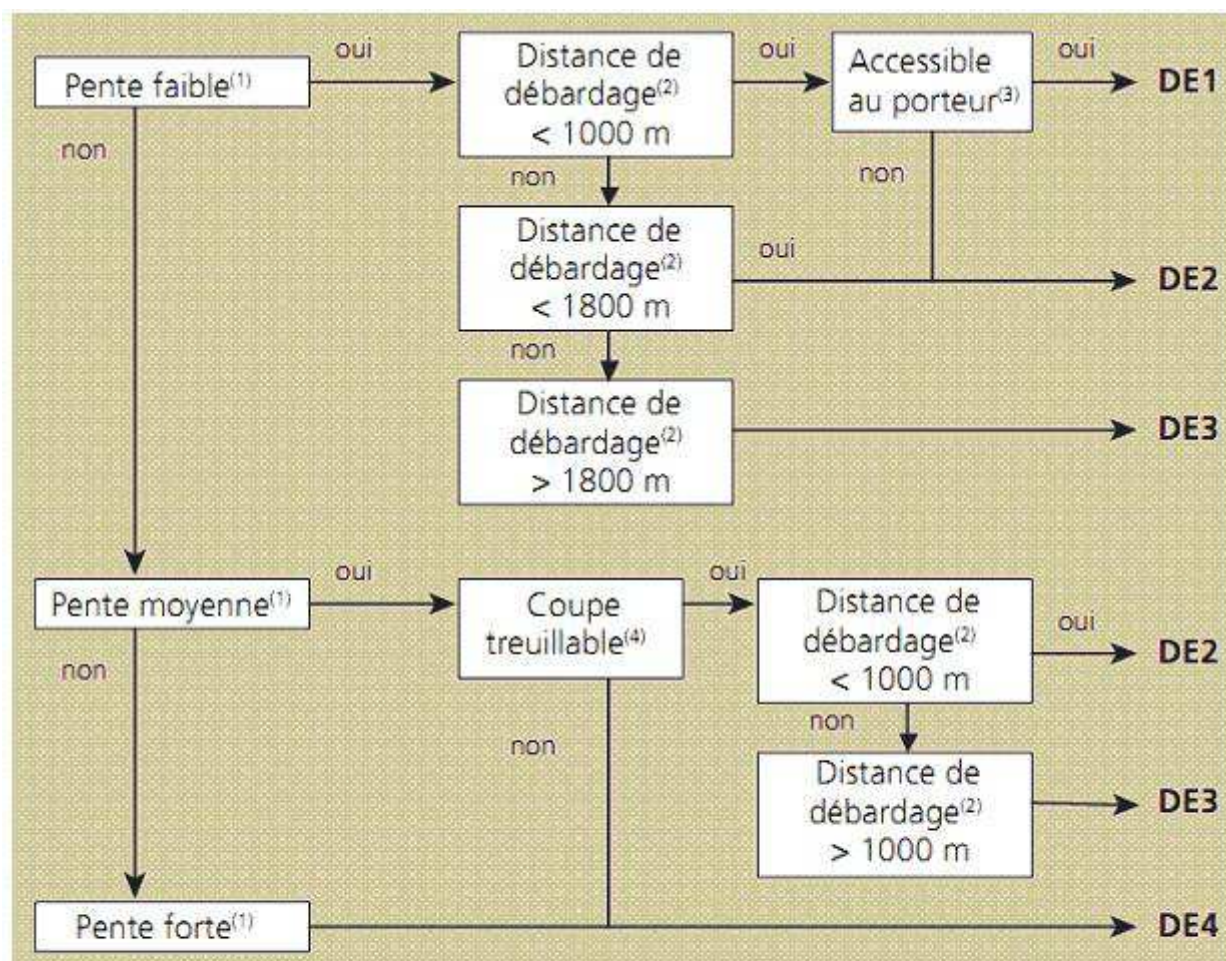
Décision d'intervention (voir §1-6 et 1-7 du guide) :



Type d'intervention et objectif (voir §2 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 débardage 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.