



Action "Evolutions Climatiques et Forêt de Montagne" (Axes "Forêt" et "Risques Naturels")  
Acción "Evoluciones Climáticas y Bosques de Montaña" (Ejes "Bosque y "Riesgos Naturales")

Les partenaires / Los socios :



Appui technique :  
Apoyo técnico :



# Les phénomènes naturels et la forêt pyrénéenne

## Synthèse et glossaire



Avec le concours financier / Con el apoyo financiero



UE-FEDER

Ce document a été réalisé dans le cadre des actions "Forêt" et "Risques Naturels" du projet transfrontalier de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique (OPCC).

L'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique ([www.opcc-ctp.org](http://www.opcc-ctp.org)) a été créé par la Communauté de Travail des Pyrénées ([www.ctp.org](http://www.ctp.org)) le 14 janvier 2010 dans le but de mieux suivre et comprendre le phénomène du changement climatique, d'engager des études et réflexions afin d'identifier les actions nécessaires pour en limiter les impacts et s'adapter à ses effets.

Plus largement, la démarche engagée vise à développer la visibilité européenne et internationale des Pyrénées dans les domaines de l'observation et de l'adaptation au changement climatique et à intégrer l'Observatoire dans les réseaux européens qui travaillent également sur ces thématiques.

Pour assurer la mise en œuvre des travaux de l'Observatoire, la CTP a déposé le projet "OPCC" (EFA235/11) au second appel à projets du Programme Opérationnel de Coopération Territoriale Espagne-France-Andorre 2007-2013 (le programme POCTEFA constitue la quatrième génération d'aides communautaires destinées à renforcer l'intégration économique, sociale et environnementale du territoire transfrontalier franco-espagnol-andorran - [www.poctefa.eu](http://www.poctefa.eu)).

Ce projet transfrontalier regroupe 12 partenaires qui travaillent dans le but d'obtenir un véritable éclairage sur la situation environnementale du Massif Pyrénéen à travers l'étude des conséquences des évolutions climatiques sur la forêt, les risques naturels, la biodiversité et l'eau afin d'en tirer des premières pistes de recommandations opérationnelles pour les activités socio-économiques, la gestion des ressources et l'aménagement du territoire.

FORESPIR et ses membres Office National des Forêts (et son service Restauration des Terrains en Montagne), Centre National de la Propriété Forestières (Délégations Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon et SUF IDF), Sociedad Aragonesa de Gestión Agroambiental (Gouvernement Aragonais), Centre Tecnològic Forestal de Catalunya et Gouvernement Catalan, se sont associés avec le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) pour mener à bien les axes "Forêt" et "Risques Naturels".

*Plus d'informations sur FORESPIR, ses Membres et ses actions : [www.forespir.com](http://www.forespir.com)*

# SOMMAIRE

---

## 1. INTRODUCTION

## 2. LES PYRÉNÉES

## 3. LES RISQUES NATURELS EN ZONE DE MONTAGNE

### 3.1 - LES CRUES TORRENTIELLES ET L'ÉROSION

- Les phénomènes
- L'action de la forêt
- Quelques exemples
- Les impacts du changement climatique

### 3.2 - LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

- Le phénomène
- L'action de la forêt
- Quelques exemples
- Les impacts du changement climatique

### 3.3 - LES CHUTES DE BLOCS

- Le phénomène
- L'action de la forêt
- Quelques exemples
- Les impacts du changement climatique

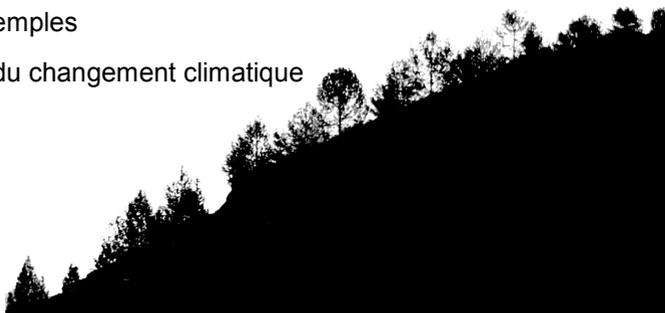
### 3.4 - LES AVALANCHES

- Le phénomène
- L'action de la forêt
- Quelques exemples
- Les impacts du changement climatique

## 4. CONCLUSION

## 5. GLOSSAIRE

## 6. BIBLIOGRAPHIE





## INTRODUCTION

En s'appuyant sur un certain nombre de données collectées à l'échelle interrégionale, l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique a permis de mettre en évidence, dans le massif des Pyrénées, une augmentation de +1,1°C des températures moyennes depuis 1900, la remontée en altitude des espèces végétales de 3 mètres par an entre 1971 et 1993 et de plus de 64 mètres pour les espèces forestières, la diminution de 10 à 15 jours d'enneigement entre 1971 et 2008 pour la moyenne montagne et la diminution de 85% de la surface des glaciers pyrénéens depuis 1850.

Les effets du réchauffement climatique sont donc déjà visibles sur les milieux naturels de notre massif et l'ensemble des modélisations météorologiques (qu'il s'agisse des scénarii optimistes ou pessimistes quant à l'évolution de la concentration de gaz à effets de serre) prédisent que la zone pyrénéenne sera impactée de façon importante par ces évolutions.

Or, les phénomènes naturels se déclenchent sous l'effet d'événements météorologiques, par exemple des précipitations importantes de pluie ou de neige et/ou lorsque la nature du terrain s'y prête. La modification du régime des précipitations et l'augmentation de la température prévisibles dans un contexte d'évolutions climatiques auront donc, selon toute vraisemblance, un impact direct sur l'intensité et sur la répétitivité des aléas naturels.

Les facteurs induits par ces modifications climatiques trouvent donc un écho particulier dans la zone de montagne pyrénéenne. En effet, les expositions diverses et les influences radicalement opposées entre l'Atlantique et la Méditerranée entraînent des conditions stationnelles très variées, contrastes accentués par la diversité des constitutions géologiques de ce massif boisé à plus de 50 %.

Comme le souligne le Livre Blanc des Forêts Pyrénéennes (*GEIE FORESPIR, 2007*) les forêts espagnoles, françaises et andorranes doivent répondre aux différents besoins qu'exprime la société et remplissent ainsi de multiples fonctions :

- Economique avec la production de bois et le maintien d'une activité économique en zone rurale.
- Environnementale par la protection d'espèces, d'habitats naturels et de la biodiversité.
- Sociale par l'accueil du public, la protection paysagère et les activités de pleine nature.
- D'interface très importante entre nature, agriculture et pastoralisme.
- De protection contre les risques naturels.

C'est cette dernière fonction qui nous intéresse plus particulièrement ici. En effet, dans les espaces montagneux, la probabilité qu'un phénomène naturel (influencé par la météorologie spécifique à ce milieu) se produise y est globalement plus importante que sur n'importe quels autres milieux naturels.

Les forêts de montagne y jouent donc un rôle important, raison pour laquelle nous avons souhaité réaliser ce document qui, destiné à un large public, s'efforcera de présenter les phénomènes naturels les plus répandus dans nos montagnes, de préciser comment les peuplements forestiers peuvent contribuer à en limiter les effets, et quels sont les impacts potentiels que les évolutions climatiques peuvent avoir sur ceux-ci.

## LES PYRÉNÉES

Avec ses 38 411 km<sup>2</sup>, 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.

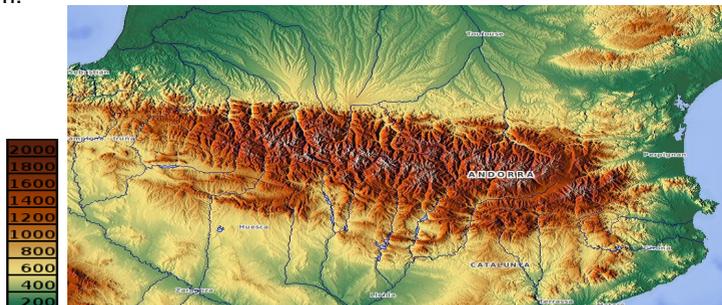
La géographie générale de ce massif est issue d'une géologie complexe liée à la tectonique des plaques et s'articule sur un axe est/ouest à partir duquel s'organisent les réseaux hydrographiques.

**L'histoire géologique** pyrénéenne est ponctuée par deux plissements : l'orogénèse hercynienne (-360 à -290 millions d'années) et l'orogénèse pyrénéenne (-53 à -33 millions d'années). Vers la fin de l'ère primaire, l'orogénèse hercynienne a plissé les roches sédimentaires et a donné naissance à un relief plus imposant que celui que nous connaissons actuellement. A l'ère secondaire, la mer inonde ce socle issu de la chaîne hercynienne érodée avec, au Crétacé supérieur, comblement d'un fossé par des sédiments argileux et sableux : les flyschs. Sur le versant Sud, et sur la plaque ibérique, les eaux peu profondes ont permis le développement d'importantes formations calcaires qui forment aujourd'hui les « Sierras » du sud des Pyrénées (Montsec d'Estall, Ares y Rúbies), en Catalogne et en Aragon.

A la fin du Crétacé supérieur, l'orogénèse pyrénéenne (collision entre la plaque ibérique et la plaque européenne) donna naissance aux Pyrénées actuelles, entre le Golfe de Gascogne (Biscaye) et le Golfe du Lion (Méditerranée). L'érosion favorisée par le climat chaud et humide du Tertiaire attaqua la nouvelle chaîne et les rivières déposèrent dans le Bassin Aquitain des quantités considérables d'alluvions (sables et galets). Au Quaternaire, ce sont de vastes glaciers qui modelèrent les vallées Nord-Sud en auge (ou U), avec dépôt de moraines. Plus récemment, les cours d'eau érodèrent ces vallées en forme de « V ».

La **topographie** de ce massif se caractérise de nos jours par un relief dissymétrique. Les versants nord français sont plus marqués que les reliefs espagnols qui «s'étalent» plus progressivement vers le sud et présentent des accidents souvent spectaculaires dans les nombreuses sierras entrecoupées de canyons.

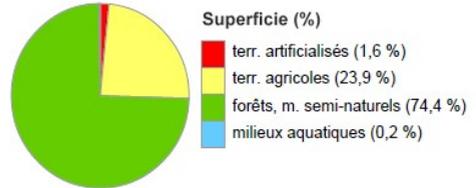
Côté français, l'altitude du massif varie entre 600 m et 3 298 m. Côté espagnol, les montagnes dépassent, dans de nombreux cas, 2 000 mètres d'altitude (le point culminant de la chaîne - 3 404 m - se situe au Pic d'Aneto dans le Massif de la Maladeta). L'altitude moyenne de l'Andorre est de 2 000 m. 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 et d'autres au climat typiquement montagnard.

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 quelques zones agricoles de culture se situent en piémont, tandis que les pâturages sont en zone de montagne et haute montagne (zones de transhumances et estives).



source : UE-SOeS, CORINE Land Cover, 2006 (Géoclip)

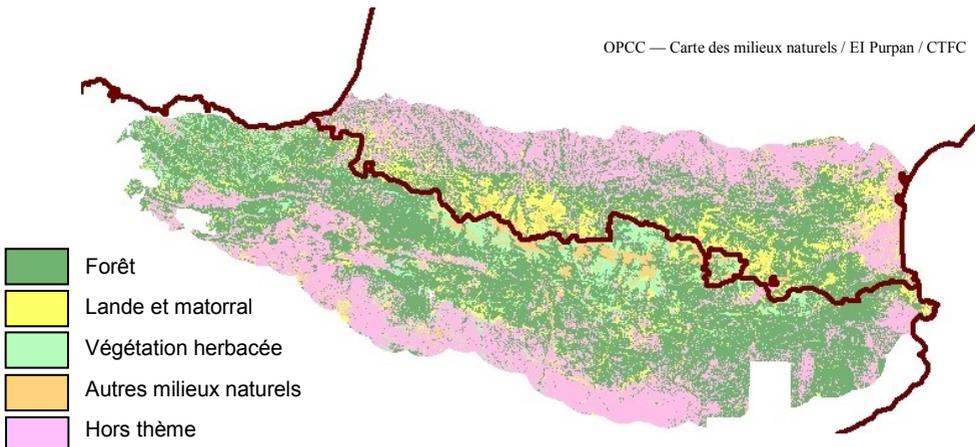
**La forêt et les milieux semi-naturels sont fortement représentés dans les Pyrénées puisqu'ils occupent l'essentiel de la surface (74,4% dont 54% pour la surface forestière).**

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).

OPCC — Carte des milieux naturels / EI Purpan / CTFC



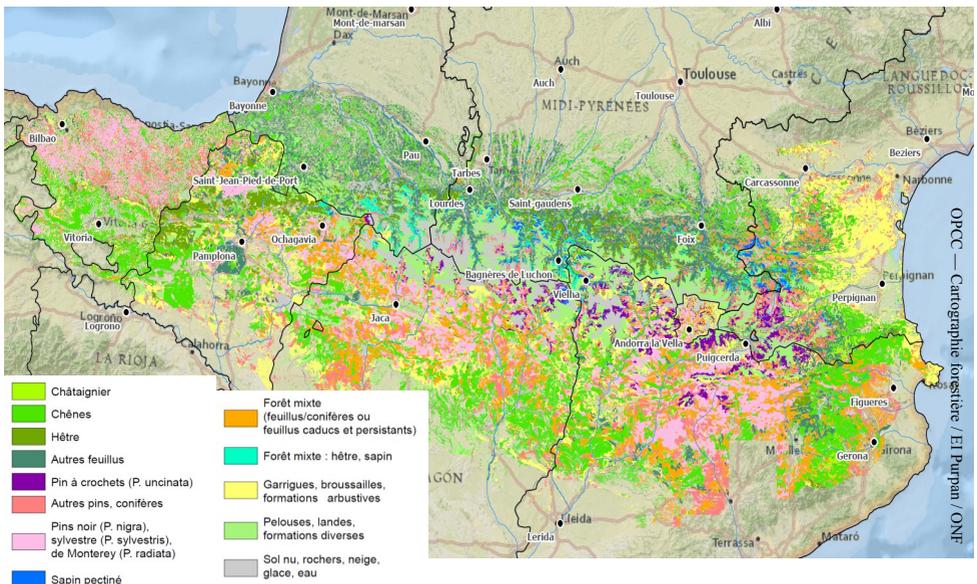
## LES PYRÉNÉES

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

Côté français, majoritairement exposé au Nord, 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, majoritairement exposé au Sud, les pinèdes dominent, 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.



A RETENIR

Du fait notamment de son extension géographique et de sa structure géologique complexe, ce massif étroit présente des conditions écologiques très contrastées. Le relief, les expositions diverses, à dominante nord côté français, sud côté espagnol, et les influences climatiques radicalement opposées entre l'Atlantique et la Méditerranée, entraînent des conditions stationnelles très variées, contrastes qu'accroît la diversité des substrats géologiques.

## LES RISQUES NATURELS EN ZONE DE MONTAGNE

Comme cela a été précisé auparavant, les zones de montagne, du fait notamment des conditions climatiques et du relief vigoureux spécifique à ce milieu, sont propices au déclenchement des phénomènes naturels suivants :

- Les crues torrentielles et les phénomènes érosifs/ravinement
- Les glissements de terrain
- Les chutes de blocs
- Les avalanches

Or, si la notion de « phénomène naturel » est relativement connue et acquise (sont traité ici les phénomènes que l'on rencontre le plus fréquemment dans les Pyrénées), il convient dès à présent de préciser quelques autres notions élémentaires.

Ainsi, on ne parle de « **risque naturel** » que dans la mesure où il existe des personnes ou des biens qui sont menacés par la manifestation de ces phénomènes. La notion d'« **aléa** » se réfère quant-à-elle à « la probabilité qu'un phénomène naturel de nature et d'intensité données se produise en un lieu donné ».

Les **enjeux** peuvent être, quant à eux, très diversifiés : il peut s'agir d'enjeux humains, socio-économiques (habitat, équipements industriels ou touristiques, etc.), publics (voies de communication, réseau électriques, etc.) ou patrimoniaux (bâtiments classés, etc.).

Les phénomènes naturels traités ici se déclenchent classiquement sous l'effet d'évènements climatiques (précipitations de pluie ou de neige, cycles de gel/dégel, fortes chaleurs, etc.) et prennent naissance sur des versants dominant potentiellement des enjeux qui deviennent, par là même, menacés (falaises, bassins versants torrentiels, couloirs d'avalanches).

La façon dont ces versants sont gérés, et en particulier la végétation qu'ils portent, peut donc avoir une influence sur le déclenchement ou l'importance des phénomènes naturels.

### A RETENIR



Un risque naturel résulte de la rencontre des phénomènes naturels et d'enjeux (personnes ou biens) qu'ils menacent.

La façon dont les bassins versants sont gérés, en particulier leur végétation, a un lien avec les phénomènes naturels (leur occurrence et leur intensité).



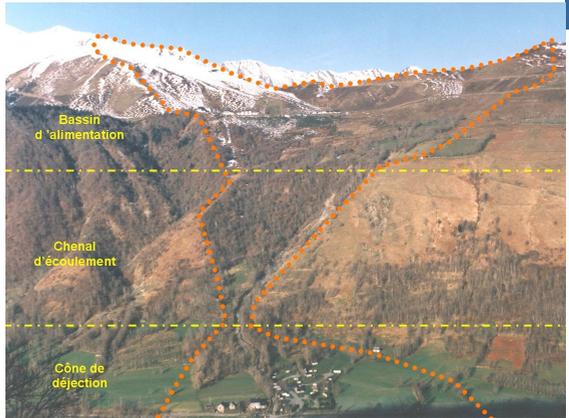
## LE PHÉNOMÈNE DE CRUE TORRENTIELLE

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

L'activité du torrent est fonction de la quantité d'eau amenée par la pluie, mais aussi de la capacité de la végétation et des sols à en retenir une partie dans le bassin d'alimentation. La végétation présente permet ainsi d'atténuer les crues, en repoussant le seuil de déclenchement et en diminuant le débit maximum de la rivière pendant une crue. Il est cependant admis que les crues torrentielles les plus dévastatrices sont dues à de très fortes pluies pour lesquelles, le rôle de la végétation dans la zone amont du bassin versant torrentiel est négligeable, ses capacités de rétention étant largement dépassées.

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

- une zone de départ : bassin d'alimentation, qui correspond à une zone de concentration des eaux et de déclenchement des apports de matériaux
- une zone de transit : linéaire de torrent, qui correspond à une zone de concentration des eaux et des matériaux dans un chenal plus ou moins étroit et encaissé
- une zone d'atterrissement : 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



### A RETENIR

Différents facteurs déclencheurs influent sur l'intensité des crues dans un bassin versant :

- l'intensité des **pluies** : c'est lors de pluies intenses que se produisent la plupart des phénomènes importants d'érosion et de crues torrentielles. Ces phénomènes sont importants sur toute la chaîne pyrénéenne ;
- la **pente** : plus la pente est forte et plus l'eau du torrent a la capacité d'éroder. ;
- la nature des **substrats** (cf. partie sur l'érosion et le ravinement qui couplé à un phénomène de crue torrentielle augmente le risque de lave torrentielle) ;
- une **végétation inefficace**.

## LE PHÉNOMÈNE ÉROSIF

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

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

- 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.
- 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.
- 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.



© Sébastien Chauvin

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.



© Sébastien Chauvin

## L'ACTION DE LA FORÊT

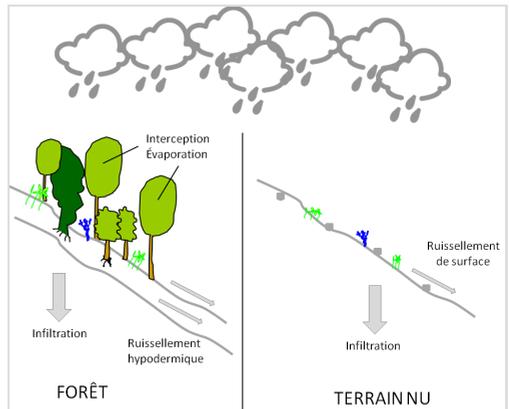
La présence de matière organique (en quantité et en épaisseur) fait que le sol est moins sensible à l'érosion que le même sol sans horizon humifère. Ces phénomènes sont ainsi liés à l'état de la couverture végétale du sol. Les principaux rôles de la végétation dans la maîtrise de l'aléa sont avant tout :

- 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 houppiers.

La forêt et la végétation ne peuvent empêcher la saturation en eau des sols lors d'événements climatiques exceptionnels. Si elles permettent de diminuer la fréquence et l'intensité de crues torrentielles, elles ne peuvent pas les maîtriser lorsque les pluies sont trop intenses : il existe des seuils d'efficacité de la protection qui varient en fonction des types de sols.

# SYNTHÈSE DU RÔLE JOUÉ PAR LA FORÊT SUR LES PHÉNOMÈNES TORRENTIELS ET ÉROSIFS

Rôle positif de la forêt et de la végétation		Conséquences sur l'érosion et les crues	Facteurs pour la maîtrise de l'érosion et des crues
Sur le cycle de l'eau	Interception d'une partie de la pluie	Diminution du ruissellement superficiel de l'eau	Couvert végétal total (> 70 %) (toutes strates confondues) du bassin versant
	Retardement de la fonte nivale		
	Augmentation de l'infiltration de l'eau dans le sol	Contribution à la diminution de la fréquence et de l'intensité des crues	Présence de plusieurs strates végétales d'essences diversifiées
	Pompage d'une partie de l'eau du sol et restitution dans l'atmosphère par évapotranspiration		
Sur la stabilité du sol	Diminution de l'énergie cinétique des gouttes de pluie	Réduction de l'effet « splash » (impact des gouttes de pluies sur l'érosion du sol)	Proximité du couvert végétal avec le cours d'eau (ripsylve, forêt de bas de versant)
	Atténuation des écarts thermiques journaliers	Réduction de la désagrégation des roches	
	Amélioration de la fixation des sols et renforcement de leurs propriétés mécaniques	Fixation des sols et diminution des matériaux mobilisables	Couvert végétal total (> 70 %) (toutes strates confondues) du bassin versant
	Piégeage et rétention des sédiments érodés à l'amont	Diminution de la quantité de sédiments à l'aval des bassins versants	Présence de plusieurs strates végétales d'essences diversifiées
			Couvert végétal arbustif et herbacé > 30 % de la ravine et localisé dans le lit de celle-ci

## QUELQUES EXEMPLES

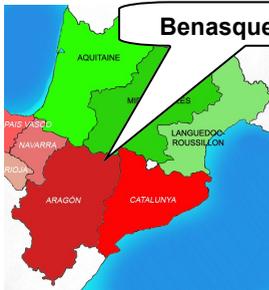
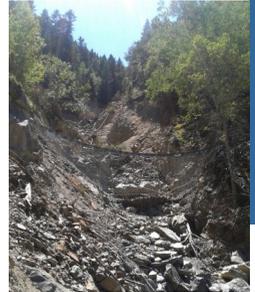


### Portainé (Pallars Sobirà)

Le torrent de Portainé draine la face Nord du Pic de l'Orri (2.439 m.) où a été installée la station de ski de Portainé. Ce torrent opère plusieurs changements de pente, et recueille l'eau des petits affluents qui traversent les forêts et les éboulis de massifs montagneux. La route d'accès à la station traverse à plusieurs reprises ces torrents, et notamment dans les secteurs où les pentes sont particulièrement importantes. Le matériel rocheux très fracturé et les éboulis alimentent un canal raide et profond.

En 2008, de fortes précipitations ont activé le torrent et mobilisé plus de 25 000 m<sup>3</sup> de matériaux, jusqu'à la rivière de Santa Magdalena (950 m.). Un barrage hydroélectrique a été enseveli et la route a été coupée en plusieurs endroits. La coulée de débris a creusé le torrent, jusqu'à 4 m. par rapport à son précédent niveau. Cet événement s'est répété deux fois depuis.

Le Service de Routes de la Généralité de Catalogne a installé des sections de protection en béton sur lesquelles la route passe. Pour renforcer ce dispositif (rapidement colmaté en cas de crue chargée de matériaux) le Service Forestier a installé 9 filets métalliques pour fixer le profil du torrent et ainsi rendre plus difficile le départ des coulées. Afin de protéger les berges et diminuer l'énergie du torrent, les volontaires de l'Association Catalane du Projet de Forêts de Montagne ont installés, dans des tronçons moins pentus, des structures temporaires en bois avec les arbres proches du torrent et les rochers transportés.



### Benasque (Huesca)

Le torrent Remáscaro est périodiquement sujet à d'importantes crues torrentielles qui provoquent d'importants dommages aux terrains agricoles, aux infrastructures routières, et aux habitations des villages d'Anciles et de Cerler et à la station de ski de cette commune. Ce torrent, considéré comme le plus important et dangereux de tous les affluents de la rivière Ésera dans les Pyrénées aragonaises, génère une énorme érosion sur ses rives et charrie un important volume de matériaux qui donne lieu à un énorme cône de déjection de 60 hectares.

Les crues des années 1907, 1925, 1937, 1963, 1977 et 1982 furent les plus désastreuses et causèrent notamment l'inondation du village d'Anciles, la destruction des routes reliant Benasque à Anciles et Barbastro, celle du pont de Cerler et de plusieurs ouvrages de protection d'Anciles, la dégradation de la centrale hydroélectrique de Benasque et la coupure du système d'alimentation en eau potable de Cerler. La protection des populations et des infrastructures aval a nécessité la construction de plusieurs ouvrages de protection, dont certains ont été détruits et/ou remplis les années qui suivirent. Le programme de correction du torrent a été complété par une importante campagne de reforestation avec 1 050 hectares de plantations.

Plus aucune inondation d'envergure n'a été constatée depuis celle de 1982.

## LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

En France, bien qu'il n'y ait pas de tendance significative d'évolution des volumes de crues depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle, une augmentation de la fréquence des crues « extrêmes » a toutefois été enregistrée au cours des 20 dernières années (cf. bibliographie).

Des changements de régimes des crues et des étiages ont également été détectés dans quelques régions (Alpes et Pyrénées) en fonction de la date de fonte de neige et du stock neigeux. Enfin, une augmentation des débits estivaux pour les rivières alimentées par des glaciers, du fait de la fonte accrue de ces derniers en été, a été signalée dans les Alpes.

Les précipitations intenses et la disponibilité des matériaux sont les principales composantes du phénomène susceptibles d'être affectées par les effets du changement climatique.

Deux principaux types de situations sont alors susceptibles de déclencher des aléas torrentiels :

- Les orages de printemps et de début d'été avec des événements localisés et assez brefs.
- Les forts épisodes pluvieux (pas forcément orageux) survenant en période de fonte nival.
- Les épisodes généralisés d'automne (fin août, septembre, octobre) qui tombent sur des sols secs mais avec des durées intenses plus longues et sur des secteurs géographiques plus généralisés.



Tous ces phénomènes sont potentiellement influencés par les évolutions du climat : que se soit par les changements de saisonnalité et de fréquence des précipitations intenses, les changements de cycles gel/dégel ou les changements en disponibilités des matériaux mobilisables.

Cependant, les phénomènes torrentiels présentent de fortes variabilités spatiale et temporelle qui rendent difficile la perception des effets des changements climatiques. Ainsi, malgré de nombreuses hypothèses qui proposent une augmentation de l'intensité des phénomènes torrentiels comme conséquence du changement climatique, aucun impact n'a été détecté. Les études disponibles (cf. bibliographie) font d'ailleurs plutôt état :

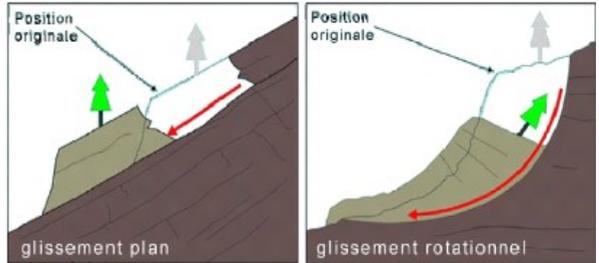
- de la diminution globale de la fréquence de ces phénomènes ;
- d'un décalage temporel du phénomène (de juin/juillet à août/septembre - étude réalisée dans les Alpes Suisses) ;
- d'une élévation des zones de départ des phénomènes torrentiels (observations effectuées dans certains massifs alpins).

## LE PHÉNOMÈNE

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

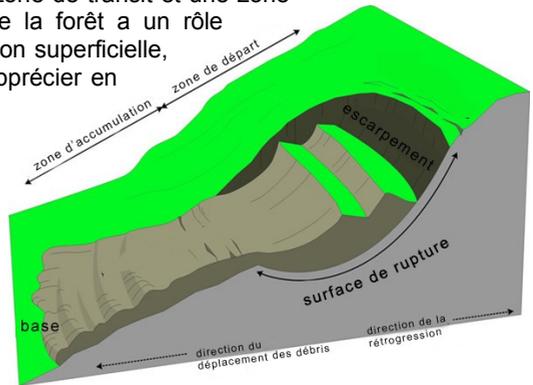


## L'ACTION DE LA FORÊT

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

Jusqu'à 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.

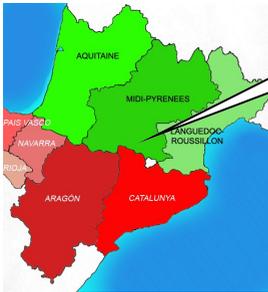
Ainsi, même pour les peuplements les plus surcapitalisés la surcharge n'équivaut qu'au poids d'une couche de sol de 5cm.

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.

# SYNTHÈSE DU RÔLE JOUÉ PAR LA FORÊT SUR LE PHÉNOMÈNE GLISSEMENTS DE TERRAIN

Rôle positif de la forêt et de la végétation		Conséquences sur les glissements		Facteurs pour la maîtrise des glissements	
Sur le cycle de l'eau	Interception d'une partie de la pluie	Diminution de la quantité d'eau infiltrée	Couvert végétal total (> 70 %) (toutes strates confondues) du bassin versant	Présence de plusieurs strates végétales et d'essences diversifiées dans la zone de départ	
	Pompage d'une partie de l'eau du sol et restitution dans l'atmosphère par évapotranspiration				
Sur la stabilité du sol	Amélioration de la fixation des sols et renforcement de leurs propriétés mécaniques, grâce aux systèmes racinaires	Fixation des sols	Couvert végétal total (> 70 %) (toutes strates confondues) du bassin versant	Présence de plusieurs strates végétales et d'essences diversifiées dans la zone de départ	

## QUELQUES EXEMPLES



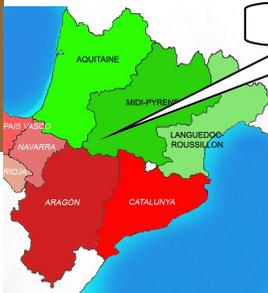
### Haute-Garonne

Un glissement de terrain s'est produit en tête de ravine dans le bassin versant du torrent Sainte-Christine dans des terrains très friables sur la commune de Montauban de Luchon (31), le 18/05/2013. La période pluvio-neigeuse de l'hiver 2013, suivie d'un printemps pluvieux ont fortement saturé les terrains du bassin versant et ont engendré un ruissellement important sur l'ensemble des versants et une augmentation des débits d'eau dans les ravines.

La zone de départ se situe à une altitude comprise entre 1250 et 105 mètres. Sur le linéaire des 400 mètres, 3 grandes niches d'érosion sont présentes. Elles mesurent entre 20 et 25 mètres de large, entre 70 et 90 mètres de long sur des profondeurs moyennes de 8 à 10 mètres.



Le volume estimé de matériaux emporté est de l'ordre de 30 000 m<sup>3</sup>. Le phénomène a également emporté une quarantaine d'arbres en tête de ravine. Les matériaux se sont déposés sur les 3 zones de replat présentes dans la ravine. La plage de dépôt, d'une capacité de 6 000 m<sup>3</sup>, était complètement remplie dès le samedi 19 mai. Le risque de déversement de matériaux vers le village et l'engravement de celui-ci était très important.



### Hautes-Pyrénées

Un glissement de terrain s'est produit en bas du versant Est du Petit Monné sur la commune d'Aste (65) fin janvier – début février 2013. La période pluvio-neigeuse de l'hiver 2013 et notamment le cumul des précipitations pluvieuses du mois de janvier (jamais vues depuis 50 ans) ont fortement saturé les terrains et engendré des ruissellements importants sur l'ensemble du versant.

La zone de départ se situe à une altitude voisine de 650 mètres, au dessus de la route communale des grottes de Médous. La niche d'érosion circulaire mesure environ 10m. de profondeur, 20m. de large et 30 à 40m. de long. Le volume estimé de matériaux emporté est de l'ordre de 6 000 à 8 000 m<sup>3</sup>. Le phénomène a également emporté une quarantaine d'arbres implantés dans le versant.

Les matériaux se sont déposés sur la route communale d'accès aux grottes de Médous et des arbres ont traversé la route. L'impact immédiat de ce glissement de terrain est un soulèvement de la chaussée de la route par l'effet de levier d'un arbre. Il convient désormais de limiter les risques résiduels (érosion régressive, chutes d'arbres et coulées boueuses sur la route). Il semble ainsi souhaitable d'enlever les arbres pouvant entraîner une érosion et faire basculer d'autres arbres dans le glissement et sur la route. Les troncs d'arbre prisonniers de l'argile retiennent une partie des masses argileuse mais l'enlèvement de ces bois pourrait entraîner de nouveaux glissements.



## LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Peu d'éléments concrets traduisent l'impact du changement climatique sur les phénomènes de glissements de terrains superficiels ou profonds, cependant un certain nombre d'hypothèses peuvent être envisagées selon la sensibilité de l'aléa face à certains paramètres climatiques .

En Suisse, des augmentations parallèles du nombre de glissements des terrains superficiels et des **précipitations** depuis deux décennies suggèrent une relation directe entre ces deux phénomènes. Une augmentation des précipitations pourrait engendrer une infiltration importante d'eau dans le corps du glissement et accélérer le mouvement de terrain de



façon significative à partir d'un certain cumul pluviométrique. De même, la circulation d'eau souterraine peut développer des surpressions préjudiciables en mettant en pression les surfaces de cisaillement. Enfin, en saturant les sols en eau, la pluie peut entraîner une perte de cohésion des niveaux meubles.

Le **vent** apparaît comme un paramètre climatique pouvant avoir un impact indirect sur cet aléa. En effet, ce phénomène peut engendrer un effet de levier de la strate ligneuse, effet pouvant déstabiliser les terrains et favoriser les infiltrations d'eau.

La **température** doit également être prise en compte dans la mesure où la sécheresse entraîne une desquamation des terrains de couverture et de façon induite des instabilités d'ampleur variable. Le contraste thermique cyclique entraîne quant à lui une « fatigue » des niveaux de surface.

Des hypothèses proposent également qu'une dégradation des permafrosts et un retrait glacière marqué puissent augmenter l'intensité des glissements superficiels ; hypothèse qui ne concerne pas les Pyrénées (absence de permafrosts).

En combinant ces éléments à des dégradations superficielles des sols (comme par exemple la multiplication des feux de forêts), certains chercheurs envisagent une multiplication des glissements de terrain.

La végétalisation progressive des versants de haute altitude (du fait d'un contexte climatique plus favorable à la remontée des espèces en altitude) pourrait, au contraire, diminuer la fréquence des instabilités en améliorant la cohésion des matériaux.

Toutefois, aucun impact observé du changement climatique sur les glissements profonds n'est actuellement signalé dans la littérature.

### A RETENIR

Établir un lien entre les évolutions climatiques et une évolution de l'occurrence ou de l'intensité des mouvements de terrain en zone de montagne est actuellement difficile. Suite au changement des régimes de précipitations, il est plus probable d'assister à une réactivation d'anciens glissements profonds plutôt qu'à une activation de nouveaux phénomènes.

Toutefois plusieurs hypothèses peuvent être avancées.



## LE PHÉNOMÈNE

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 m<sup>3</sup>.

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.



© PRIM.net



© RTM Alpes-Mauritimes / ONF

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.



© ONF

### A RETENIR

Les chutes de masses rocheuses résultent de la mise en mouvement rapide, discontinue et brutal de matériaux rigides et fracturés.

La nature du terrain et la couverture du sol influent sur la distance parcourue par les blocs et donc sur leur capacité à provoquer des dommages plus ou moins importants.

## L'ACTION DE LA FORÊT

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

### Dans la zone de départ :

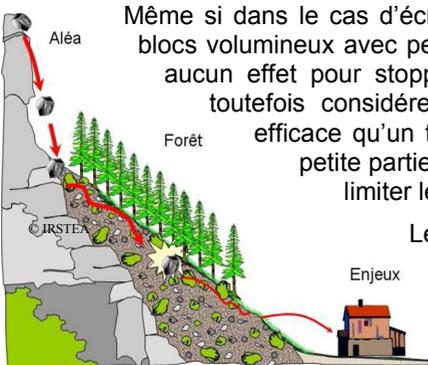
Souvent peu végétalisées, les zones de barres rocheuses ou de falaises fracturées sont propices au déclenchement de chutes de bloc.

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).

**A RETENIR**

Si la forêt a un impact le plus souvent négatif en zone de départ et qu'elle est inefficace pour arrêter un écoulement rocheux ou une chute de bloc d'un volume important, elle est néanmoins intéressante pour freiner, canaliser ou arrêter des blocs de volume modeste en pente moyenne.

## QUELQUES EXEMPLES



### Galié / Ore (Haute-Garonne)

Le décrochement d'un compartiment rocheux volumineux s'est produit le 7 juillet 2008 depuis les falaises calcaires dominant la RD33 entre Galié et Ore (zone de départ : 560 m). Le site à l'origine de l'évènement est inclus dans un versant très boisé (forêt domaniale de Frontignes). La topographie se caractérise par une pente homogène, relativement forte (supérieure à 35°) et par la présence de 2 petites falaises rocheuses à hauteur limitée (20-30m).

Le compartiment rocheux déstabilisé, d'un volume initial de près de 30 m<sup>3</sup>, s'est fractionné en plusieurs éléments rocheux au cours de sa trajectoire dont la plupart se sont arrêtés dans la pente boisée. Deux blocs se sont propagés au-delà de cette zone boisée :

- 1 bloc de 2-3 m<sup>3</sup> qui s'est stoppé sur l'accotement de la RD33 (zone d'arrivée : 460 m)
- 1 bloc d'une cinquantaine de litres (0.05 m<sup>3</sup>) qui s'est propagé jusqu'au milieu de la RD33



### Solà d'Andorra la Vella (Andorre)

Le Solà d'Andorre-la-Vieille est un versant rocheux situé à côté de la ville de l'Andorre-la-Vieille et qui présente une dynamique de chute de bloc spécialement active. Son registre historique est assez significatif et les évènements les plus dévastateurs eurent lieu dans les années 1985, 1994 et 1997 ; années au-cours desquelles les chute de bloc causèrent de nombreux dommages sur les édifices les plus exposés.

Ces événements stimulèrent alors les administrations à réaliser des études et des ouvrages de défense pour réduire le risque.

Le dernier évènement significatifs s'est produit en avril 2008 quand un bloc rocheux d'environ 30 m<sup>3</sup> a impacté un magasin situé dans une zone non constructible et qui avait été délogé .

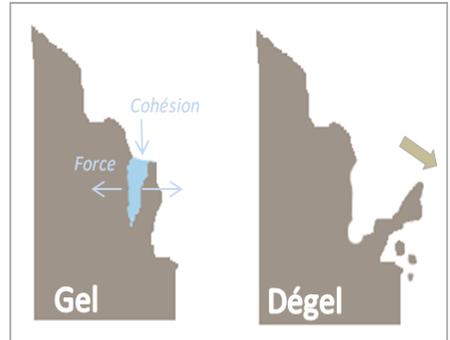


## LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Actuellement, les seules observations réalisées sont localisées dans les Alpes et n'ont mis en évidence, de façon nette, aucun impact significatif du changement climatique sur le phénomène de chute de bloc. En effet, les études réalisées ne montrent pas d'évolution de l'intensité du phénomène au cours du 20<sup>ème</sup> siècle bien que la fréquence semble quant à elle avoir augmentée (notamment en 2003). Deux principaux éléments d'explication sur le lien entre ce phénomène et les facteurs climatiques peuvent être avancés :

**Le cycle gel/dégel :** D'après les différentes études menées (essentiellement dans les Alpes) une corrélation positive entre les chutes de blocs et le cycle de gel/dégel a pu être établie.

La fonte de la glace et le regel au fil du temps provoquent une instabilité des différentes couches géologiques, le regel de matériaux précédemment dégelés amenant des contraintes dans les fissures, favorisant ainsi le déclenchement des chutes de bloc.



On a ainsi pu observer un accroissement de ce phénomène en haute montagne au cours de l'été caniculaire de 2003. Malgré les données insuffisantes pour préciser clairement cette tendance, une étude statistique a montré que la probabilité d'occurrence des chutes de blocs les jours de gel/dégel est 2,5 fois plus élevée que les jours sans.

### La disparition de la forêt et du couvert végétal du fait des incendies :

L'élévation des températures et la diminution des précipitations pourront accentuer le phénomène de sécheresse, propice au départ d'incendies forestiers. La multiplication de ces feux aura des conséquences sur le rôle de la forêt dans l'absorption de l'énergie des blocs en zones de transit et en zone d'arrêt. En affectant le couvert végétal, les incendies peuvent également permettre la remobilisation de blocs.

La forêt devient ici un enjeu à protéger.

En outre, il est admis que sous l'effet de la chaleur, les incendies favorisent la dilatation des roches ce qui augmente l'activité de chute de blocs après le passage d'un feu. L'augmentation du risque incendies constitue donc un facteur aggravant de ce phénomène.

### A RETENIR

Bien qu'il soit difficile de prévoir une évolution de l'intensité des chutes de rochers, les hypothèses avancées prévoient une augmentation de leur fréquence dans les zones soumises aux phénomènes de gel/dégel, et une diminution dans les zones d'altitudes moins élevées.



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 :

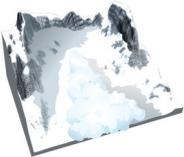
**La zone de départ** sur laquelle s'est accumulée une masse neigeuse et où une rupture du manteau neigeux va provoquer le mise en mouvement de cette masse (1)

**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).

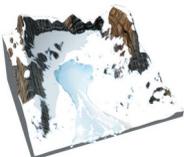


### On distingue généralement 3 types d'avalanche :



**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 FORÊT

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

### A RETENIR

En permettant d'ancrer la neige, de l'intercepter et de modifier son transport par le vent la forêt est une solution efficace pour empêcher le départ d'avalanches mais pas pour les arrêter.



## QUELQUES EXEMPLES

### Ripolles



L'année 1996 a été marquée sur le versant Sud des Pyrénées par d'importantes chutes de neige, particulièrement au mois de novembre 1995, fin janvier 1996 et début février. Ce phénomène accompagné de vents forts favorisa la formation d'avalanches majeures dans presque tous les bassins versants du Sud des Pyrénées entre le 6 et le 8 février 1996. Des dégâts considérables ont été recensés dans les forêts, sur les infrastructures de communication et de nombreux bâtiments, sans toutefois causer de victimes mortelles.



Ci-contre (gauche) les photos prises juste après l'avalanche qui s'est abattue sur l'hôtel Pastuira.



Ci-contre (à droite) : le même hôtel une fois la neige déblayée.

### Arinsal (Andorra)



Après plusieurs jours de fortes chutes de neige et des vents violents, une avalanche de poudreuse exceptionnellement puissante a touché le village d'Arinsal le 8 février 1996.

À 19h00, l'avalanche a détruit et gravement endommagé la plupart des voitures, bâtiments et hôtels se trouvant sur son passage.

Des appartements et trois immeubles en construction ont également été touchés.

Les résidents et les touristes ont été évacués une heure et demie avant l'avalanche, par conséquent aucune victime n'a été déplorée, mais les dommages matériels et économiques furent conséquents.

Par la suite, le gouvernement a ordonné la construction d'un ouvrage paravalanche en travers de la vallée.

Ce barrage, haut de 16m. et large de 320m., a coûté 8 millions d'euros et a nécessité 115 000 m<sup>3</sup> du terre et 11 000 m<sup>3</sup> de roche.



*LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE*

Bien que le phénomène avalancheux soit lié aux conditions climatiques il est très difficile (en l'état actuelle des connaissances) d'établir un lien entre évolution de cet aléa et changement climatique. Ceci est notamment dû à deux principaux facteurs :

- Les données disponibles pour analyser l'évolution du phénomène : le recensement des phénomènes est fourni mais, si les informations disponibles sont précieuses, certaines lacunes demeurent, empêchant ainsi une étude complète de l'évolution de l'aléa.
- L'étude de la sensibilité des avalanches aux paramètres climatiques : le phénomène avalancheux est fonction de facteurs météorologiques à très court terme alors que les études climatiques sont plutôt réalisées sur des tendances à long termes et sur des moyennes. L'étude de l'évolution de ces situations météorologiques extrêmes et leur intégration dans les modèles climatiques est encore relativement émergente.

Toutefois, des études réalisées en France mettent en évidence l'augmentation relative de l'activité avalancheuse sur la période 1960-1980, qui correspond à des hivers plus rigoureux ; un recul de cette activité sur la période 1980-2005, qui correspond à une période de réchauffement marqué ; une reprise de l'activité depuis 2005 (retour d'hivers plus rigoureux).

A contrario, les données historiques du Centre d'Étude de la Neige et de la Montagne d'Andorre montrent qu'entre les saisons hivernales 1988-1994 le nombre d'avalanches de grande ampleur est très faible. Il y a, au contraire, des hivers qui ont été marqués par de grandes avalanches généralisée sur le territoire Andorran, comme par exemple l'hiver 1995-96, 2002-03 et 2008-09.



On ne peut toutefois pas parler de tendance dans les Pyrénées Andorranes .

Une diminution du manteau neigeux ou une élévation de la limite pluie/neige auront donc des impacts sur l'activité avalancheuse ; mais, bien que l'on dispose d'observations correctes de l'évolution du manteau neigeux, de tendances claires et de modélisations diverses, ces données ne sont pas suffisantes pour déterminer une évolution potentielle de cet aléa.

**A RETENIR**

Les deux hypothèses les plus probables pouvant être proposées sont :

- Une diminution de l'activité avalancheuse aux altitudes moyennes et basses ;
- Une augmentation des avalanches humides par rapport aux avalanches de neige sèche du fait de périodes de redoux plus fréquentes et de l'augmentation de la limite pluie/neige.

Il est important de noter que lors d'épisodes neigeux intenses des avalanches continueront à se déclencher à basse altitude comme elles le faisaient auparavant.

Comme cela ressort de l'analyse bibliographique réalisée, il est actuellement très difficile de mettre en évidence de façon empirique l'impact des évolutions climatiques sur les phénomènes naturels (intensité et période de retours).

Le Pôle Alpin d'études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels résume bien la situation en précisant que les services techniques en charge de la gestion des risques naturels ont constaté, souvent sans pouvoir le quantifier réellement, une augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques intenses (pluies diluviennes, amplitudes thermiques importantes sur des laps de temps très restreints : vagues de chaleur, sécheresses, périodes de gel/dégel intenses) ; événements météorologiques qui sont aussi perçus comme plus brutaux et pouvant être très localisés, donc, de fait, très difficiles à prévoir.

Ainsi, si les événements météorologiques extrêmes sont une composante essentielle des risques naturels, nous convenons, et cela est largement rappelé dans la littérature, qu'il manque des données et des analyses afin d'affirmer "qu'il y a plus (ou moins) de phénomènes naturels à cause du changement climatique". C'est une partie des objectifs de notre action « Evolutions Climatiques et Forêt de Montagne » menée dans le cadre de l'OPCC : contribuer à améliorer la connaissance en la matière en permettant la mise en place d'indicateurs de suivi de l'impact du Changement Climatique.

Comme cela est précisé en introduction un risque naturel résulte de la rencontre des phénomènes naturels et d'enjeux (personnes ou biens) qu'ils menacent.

Ainsi, s'il est difficile de prévoir l'évolution des **phénomènes** naturels, il apparaît toutefois important de relever deux éléments pouvant affecter les **risques naturels** :

### □ **Comment vont évoluer les enjeux socio-économiques des Pyrénées ?**

Le massif est une zone d'activité pour environ 500 000 personnes. Les principaux secteurs de l'emploi sont l'agriculture, l'industrie, la construction, le commerce et l'administration.

Le secteur d'activité qui fournit le plus d'emplois dans les Pyrénées est le commerce, suivi de près par l'administration. En revanche même si les emplois provenant de l'agriculture restent plus importants dans le massif, ce secteur connaît une diminution depuis 1999, ainsi que les emplois de l'industrie, principalement au bénéfice de l'administration. Le tourisme et les aménagements qu'il génère sont également des facteurs importants à prendre en compte.

### □ **Comment la forêt va-t-elle évoluer ?**

Face aux aléas, la forêt peut être l'alliée de l'homme en réduisant les impacts (elle peut également, comme nous l'avons vu, avoir un rôle très limité, voire des effets défavorables). On peut cependant se poser la question de savoir si son emprise va augmenter ou diminuer (du fait de l'activité pastorale et de la pression des cervidés par exemple) et à quel terme.

Les sécheresses prolongées fragilisent également la forêt, la rendant plus vulnérable aux maladies, aux attaques parasitaires et bien entendu aux incendies.

L'évolution de l'ensemble des enjeux socio économiques présents dans le massif ainsi que l'évolution de la forêt sont autant de facteurs (parmi beaucoup d'autres) qu'il convient ainsi de suivre dans le temps pour apprécier finement l'évolution du risque naturel.

Ce volet constitue un autre pan des objectifs que s'est fixée notre action « Evolutions Climatiques et Forêt de Montagne » menée dans le cadre de l'OPCC : proposer une méthodologie commune de caractérisation et de localisation du risque naturel (donc du croisement enjeux / aléas) et permettre le suivi homogène de l'indicateur de l'évolution de territoires à fort risque naturel et par conséquent de la surface de forêt de montagne jouant un rôle de protection contre ceux-ci.

Ce rôle peut être amplifié et la forêt peut jouer un rôle encore plus efficace si on intervient à temps sur les peuplements et la végétation.

Ce rôle, dont la mise en œuvre incombe aux gestionnaires forestiers, doit cependant être accompagné par une méthode de diagnostic et des préconisations d'interventions sylvicoles adaptées.

C'est le troisième objectif de notre action « Evolutions Climatiques et Forêt de Montagne » qui a permis de proposer des solutions techniques réunies au sein du « Guide de gestion des forêt Pyrénéennes à enjeu de protection ».

Ce guide traite de la gestion des forêts hors sylviculture à rôle de protection contre les risques naturels. A l'issue d'une démarche de diagnostic, le gestionnaire dispose de tous les éléments techniques pour juger de la priorité d'une intervention sur les peuplements forestiers au titre de la protection contre les aléas naturels.

Le travail global ainsi réalisé (dont le présent document constitue le cadrage général) a pour ambition de permettre aux propriétaires forestiers (collectivités et propriétaires privés), aux élus et aux gestionnaires de ces forêts, de :

- mieux déceler les indices de la présence d'aléas susceptibles de menacer des enjeux socio économiques,
- mieux connaître les services que les forêts rendent pour minimiser les impacts de ces aléas et ainsi protéger les enjeux structurants d'un territoire donné,
- de les sensibiliser sur leurs pratiques mais aussi de leur donner des moyens pour négocier éventuellement des mesures compensatoires pour services rendus tout en leur faciliter la compréhension des préconisations des spécialistes et les coûts engendrés.
- de disposer d'outils techniques permettant de mettre en œuvre des interventions adaptées pour que les peuplements forestiers puissent jouer pleinement leur rôle de protection contre les risques naturels.

# Les phénomènes naturels et la forêt pyrénéenne

## ***GLOSSAIRE***

Général



Crues torrentielles  
Erosion



Glissement de terrain



Chute de blocs



Avalanches



TERMES	DÉFINITION
<p><b>Aléas</b>  <i>Peligrosidad</i>  <i>Perillositat</i></p>	<p>Probabilité qu'un phénomène accidentel produise en un point donné des effets d'une gravité potentielle donnée, au cours d'une période déterminée. L'aléa est donc l'expression, pour un type d'accident donné, du couple probabilité d'occurrence / gravité potentielle des effets. Il est spatialisé et peut être cartographié</p>
<p><b>Aléas naturel</b>  <i>Peligrosidad natural</i>  <i>Perillositat natural</i></p>	<p>Probabilité d'occurrence dans une région et au cours d'une période données d'un phénomène naturel pouvant engendrer des dommages.</p>
<p><b>Catastrophe</b>  <i>Desastre</i>  <i>Catastrofe</i></p>	<p>La catastrophe se définit en fonction de l'ampleur des dégâts aux personnes et aux biens. Il n'y a pas forcément de corrélation entre l'importance d'un aléa et l'importance des dommages.</p>
<p><b>Catastrophe naturelle</b>  <i>Desastre natural</i>  <i>Catastrofe natural</i></p>	<p>Sont considérés comme les effets de catastrophes naturelles, les dommages matériels directs ayant eu pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel.</p>
<p><b>Danger</b>  <i>Peligro</i>  <i>Perill</i></p>	<p>Ce terme est parfois employé aussi pour définir les conséquences objectives d'un aléa sur un individu, un groupe d'individus, des aménagements ou l'environnement. Fait potentiel objectif. Une falaise est un danger.</p>
<p><b>Domage</b>  <i>Daños</i>  <i>Danys</i></p>	<p>Blessure physique ou atteinte à la santé des personnes, ou atteinte aux biens ou à l'environnement.</p>
<p><b>Enjeux socio-économiques</b>  <i>Elementos socio-economicos</i>  <i>Elements socio-econòmics</i></p>	<p>Résultats des activités humaines et ses conséquences, présents dans les zones de risque et qui sont ainsi soumis à des pertes potentielles. Ils correspondent aux biens et aux personnes. Le concept de protection est lié à celui de risque : c'est l'action qui permet de garantir la sécurité des enjeux menacés.</p>

TERMES	DÉFINITION
<p><b>Exposition au risque</b>  <i>Exposición al riesgo</i>  <i>Exposició al risc</i></p>	<p>Résulte de la combinaison de l'aléa affectant une zone donnée avec la vulnérabilité de cette zone. L'exposition est cartographiable, tout comme l'aléa ou la vulnérabilité. On parle parfois, par abus de langage, « d'exposition au risque » pour exprimer le fait qu'une cible soit exposée à un danger potentiel.</p>
<p><b>Forêt de protection</b>  <i>Bosque de protección</i>  <i>Bosc de protecció</i></p> <p><b>En France :</b></p>	<p>Sur le plan juridique : parcelles boisées ou non, ayant fait l'objet d'un classement soit au titre des lois de restauration des terrains en montagne, soit au titre de la loi Chauveau de 1922 (cf. code forestier)</p> <p>Sur le plan technique : peuplement forestier jouant un rôle dans la défense d'intérêts économiques ou humains vis à vis des aléas naturels examinés dans le présent document.</p> <p>Le terme de forêt de protection est utilisé dans ces deux cas.</p>
<p><b>En Espagne</b></p>	<p>Sur le plan juridique on parlera de « Forêt d'Utilité Publique ». Il s'agit des forêts qui sont inscrites au « Catalogue des forêts d'Utilité Publique » et au « Registre des forêts de protection et zones de protection spéciale ».</p> <p>Ces registres sont gérés par l'Administration Générale mais il revient aux Communautés Autonomes d'inclure (ou d'exclure) les forêts publiques ou privées qui jouent un rôle de défense et de régulation, notamment de l'érosion des sols, des régimes hydrologiques du risque avalancheux et de chute de blocs, ...</p>
<p><b>En Andorre</b></p>	<p>En Andorre, la Loi générale d'aménagement du territoire et de l'urbanisme Andorrane définit comme terrains non urbanisables "tous les terrains situés dans les zones affectées par des risques naturels". Ce sont les plans d'aménagement et d'urbanisme des paroisses (divisions administratives locales au nombre de sept, administrées par le <i>Comu</i> ou Mairie) qui distinguent et catégorisent le sol non urbanisable de la façon suivante :</p>

TERMES	DÉFINITION
<p><b>Intensité</b>  <i>Intensidad</i>  <i>Intensitat</i></p>	<p>suivante : sol forestier, sol agricole et élevage, zone de protection des eaux, zones de protection naturelle, environnement de biens d'intérêt historique et culturel, zones exposées aux risques naturels et sol sans désignation spécifique.</p> <p>Expression de la violence ou de l'importance d'un phénomène, évaluée ou mesurée par des paramètres physiques (hauteur ou vitesse par exemple).</p>
<p><b>Période de retour</b>  <i>Período de retorno</i>  <i>Període de retorn / recurrència</i></p>	<p>Intervalle moyen entre deux occurrences successives d'un phénomène</p>
<p><b>Phénomène naturel</b>  <i>Fenómeno natural</i>  <i>Fenòmen natural</i></p>	<p>Terme recouvrant ici un ensemble de phénomènes se déclenchant le plus souvent à la suite d'épisodes climatiques (précipitations importantes de pluies ou de neige alternance gel-dégel ...) lorsque la nature du terrain s'y prête (géologie, pente ...) : avalanche de neige, crue (torrentielle ou inondation de plaine), glissement de terrain, écroulements rocheux, chute de bloc, ravinement, coulée et lave boueuse, ...</p>
<p><b>Prévention</b>  <i>Prevención</i>  <i>Prevenció</i></p>	<p>Ensemble des mesures de toutes natures, prises, avant qu'ils se produisent, pour réduire les effets dommageables, des phénomènes naturels. La prévention englobe le contrôle de l'occupation du sol, la mitigation, la protection, la surveillance, la préparation et la formation des acteurs. Le concept de protection est lié à celui de risque : c'est l'action qui permet de garantir la sécurité des enjeux menacés</p>
<p><b>Protection active</b>  <i>Protección activa</i>  <i>Protecció activa</i></p>	<p>La protection active vise à réduire l'intensité et/ou la fréquence des phénomènes en agissant sur la source de ceux-ci par des actions directes dans leur zone géographique d'apparition</p>
<p><b>Protection passive</b>  <i>Protección pasiva</i>  <i>Protecció passiva</i></p>	<p>La protection passive vise à limiter les conséquences des phénomènes de façon directe en intervenant à proximité des enjeux menacés.</p>

TERMES	DÉFINITION
<b>Risque</b> <i>Riesgo</i> <i>Risc</i>	On définit le risque comme les effets d'un aléa sur des biens ou des personnes vulnérables ; le danger est un état, le risque sa mesure.
<b>Risque naturel</b> <i>Riesgo natural</i> <i>Risc natural</i>	Risque lié à un phénomène naturel (avalanche, inondation, incendie de forêt, mouvements de terrains, séisme, éruption volcanique, tempêtes, cyclones, tornade,...). Degré attendu de pertes en vies humaines, de blessés, de dommages aux biens et d'atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée, pour un aléa particulier. Le risque est le produit de l'aléa par la vulnérabilité.
<b>Suivi</b> <i>Seguimiento</i> <i>Seguiment</i>	Dans la pratique on parle de suivi d'un site lorsqu'au cours de la phase de reconnaissance, il s'avère nécessaire de mesurer le comportement de l'aléa, en général son mode et sa vitesse de déplacement. On parle aussi de suivi lorsque, après un événement, on continue à suivre un site pendant un certain temps par mesure de sécurité « résiduelle » ou par intérêt scientifique.
<b>Susceptibilité</b> <i>Susceptibilidad</i> <i>Susceptibilitat</i>	Probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel dans une zone déterminée. Elle permet seulement de déterminer les zones potentiellement affectées par le phénomène et n'implique pas de période de retour.
<b>Vulnérabilité</b> <i>Vulnerabilidad</i> <i>Vulnerabilitat</i>	La vulnérabilité est l'appréciation de la sensibilité des cibles (humaines, économiques, environnementales) présentes dans une zone donnée soumise à un type de phénomène donné.

TERMES	DÉFINITION
<b>Affouillement</b> <i>Socavamiento</i> <i>Soscavament</i>	<p>Action de creusement due aux remous et aux tourbillons engendrés dans un courant fluvial butant sur un obstacle naturel (rive concave des méandres) ou artificiel (pile de pont, jetée).</p>
<b>Aléa torrentiel</b> <i>Peligrosidad torrencial</i> <i>Perillositat torrencial</i>	<p>L'aléa torrentiel considère plusieurs phénomènes: l'action des cours d'eau dans leur lit (incision, affouillement, ravinement), les débordements torrentiels, les laves torrentielles ainsi que les submersions dues aux ruissellements.</p>
<b>Barrage (un)</b> <i>Presa (una)</i> <i>Presa (una)</i>	<p>Ouvrage artificiel ou naturel (causé par l'accumulation de matériaux à la suite d'un mouvement de terrain) établi en travers du lit d'un cours d'eau, retenant ou pouvant retenir de l'eau.</p>
<b>Bassin hydrographique</b> <i>Cuenca hidrográfica</i> <i>Conca hidrogràfica</i>	<p>Terme utilisé généralement pour désigner un grand bassin versant.</p>
<b>Bassin versant</b> <i>Cuenca</i> <i>Conca</i>	<p>Surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un lac. Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte considérée à partir d'un exutoire, limitée par le contour à l'intérieur duquel se rassemblent les eaux précipitées qui s'écoulent en surface et en souterrain vers cette sortie. Les limites sont la ligne de partage des eaux superficielles.</p>
<b>Cône de déjection</b> <i>Cono de deyección</i> <i>Con de dejecció</i>	<p>Les cônes de déjection sont des amas de débris transportés par les torrents ou par les avalanches au débouché d'une vallée ou en contrebas d'un versant ; ils ont une forme le plus souvent triangulaire et se sont formés au cours du Quaternaire après une phase de retrait glaciaire, avant d'être rabotés par la suivante.</p>
<b>Crues</b> <i>Crecidas fluviales</i> <i>Crescudes fluvials</i>	<p>Phénomène caractérisé par une montée plus ou moins brutale du niveau d'un cours d'eau, liée à une croissance du débit jusqu'à un niveau maximum. Ce phénomène peut se traduire par un débordement du lit mineur. En situation exceptionnelle, les débordements peuvent devenir dommageables par l'extension et la durée des inondations</p>

TERMES	DÉFINITION
<p><b>Ecrêtement de crues</b>  <i>Laminación de crecidas</i>  <i>Laminació de crecudes</i></p>	<p>(en plaine) ou par la violence des courants (crues torrentielles).</p> <p>Action consistant à limiter le débit de pointe d'une crue, soit par stockage dans un ouvrage spécifique, soit par extension des zones d'expansion des crues.</p>
<p><b>Embâcle</b>  <i>Taponamiento</i>  <i>Taponament del riu</i></p>	<p>Accumulation de matériaux transportés par les flots (végétation, bois, rochers, véhicules, etc.) en amont d'un ouvrage (pont) ou bloqués dans des parties resserrées (gorges étroites) ou végétalisées d'une vallée.</p>
<p><b>Erosion</b>  <i>Erosión</i>  <i>Erosió</i></p>	<p>Usure progressive d'une surface, que ce soit une rive, un lit de cours d'eau, un remblai ou toute autre surface provoquée par l'écoulement de l'eau, le vent ou tout autre processus naturel.</p>
<p><b>Etiage</b>  <i>Estiaje</i>  <i>Estiatge</i></p>	<p>Appelé aussi basses eaux, c'est la période durant laquelle le débit d'un cours d'eau est très bas.</p>
<p><b>Inondation</b>  <i>Inundación</i>  <i>Inundació</i></p>	<p>Envahissement par les eaux de zones habituellement hors d'eau, lié aux crues des fleuves, des rivières et des canaux.</p>
<p><b>Lave torrentielle</b>  <i>Corriente de derrubios</i>  <i>Corrent d'arrossegalls</i></p>	<p>Écoulement d'une masse boueuse, plus ou moins chargée en blocs de toutes tailles, canalisé par le lit torrentiel et comportant au moins autant de matériaux solides que d'eau. Les laves torrentielles sont alimentées par des apports divers (éboulis de piémonts, glissements de terrain, écroulements, effondrements de berges) et peuvent atteindre des volumes considérables. Elles se localisent généralement dans les hauts bassins, là où les pentes sont fortes et les matériaux mobilisables importants.</p>
<p><b>Lit mineur / Lit majeur</b>  <i>Lecho menor / mayor</i>  <i>Llit menor/major</i></p>	<p>Un cours d'eau possède un lit mineur et un lit majeur. Les berges droites et gauches marquent sensiblement les limites du lit mineur (espace fluvial, formé d'un chenal unique ou de chenaux multiples et de bancs de sables ou galets, recouverts par les eaux coulant à pleins bords</p>

TERMES	DÉFINITION
<p><b>Moraine</b>  <i>Morrena</i>  <i>Morena</i></p>	<p>avant débordement). Le lit majeur correspond à l'espace situé au-delà des rives et que l'eau peut envahir en cas de crue majeure (espace situé entre le lit mineur et la limite de la plus grande crue historique répertoriée.</p> <p>Une moraine est un amas de débris rocheux, érodés et transportés par un glacier ou par une nappe de glace. Il s'agit donc un empilement de blocs, galets, cailloux et farine glaciaire véhiculé par un glacier et qui se retrouve à ses abords.</p> <p>On appelle dépôts morainiques les produits de l'érosion glaciaire déposés par les glaciers. Ces matériaux sont dans la catégorie géomorphologique des formations superficielles. Lorsqu'ils ont été par la suite remaniés par l'érosion fluviale et déposés plus en aval, l'on parle de dépôts fluvio-morainiques.</p>
<p><b>Pluies cévenoles</b>  <i>Lluvias torrenciales</i>  <i>Pluges torrencials</i></p>	<p>Dans les régions méditerranéennes, des épisodes appelés "pluies cévenoles" peuvent provoquer des cumuls de pluie de plusieurs centaines de millimètres en quelques heures.</p> <p>Les pluies cévenoles sont des précipitations durables qui se produisent par vent de sud, sud-est ou est. Elles ont généralement lieu en automne dans des conditions météorologiques bien particulières.</p> <p>Les orages de ce type, durent plusieurs heures et les pluies parfois plusieurs jours. Ils apportent ainsi des quantités d'eau considérables.</p>
<p><b>Précipitations</b>  <i>Precipitación</i>  <i>Precipitació</i></p>	<p>Une précipitation, en météorologie, est un ensemble organisé de particules d'eau liquide ou solide tombant en chute libre au sein de l'atmosphère. Ce terme est souvent employé au pluriel, ce qui traduit la diversité des types de précipitation, dont les plus communs sont la pluie, la bruine, la neige, la grêle et le grésil.</p> <p>La quantité de précipitation atteignant une portion de surface terrestre donnée en un intervalle de temps donné est évaluée par la hauteur de précipitation, que mesurent les pluviomètres.</p>

TERMES	DÉFINITION
<b>Ravinement</b> <i>Acarcavamiento</i> <i>Aixaragallament</i>	Erosion par les eaux de ruissellement.
<b>Rivières torrentielles</b> <i>Ríos torrenciales</i> <i>Rius torrencials</i>	Les rivières torrentielles constituent une catégorie de cours d'eau intermédiaire entre les torrents et les rivières. Leurs pentes étant de quelques unités pour cent, elles peuvent être le siège d'écoulements hyper-concentrés mais pas de laves torrentielles.
<b>Ruissellement</b> <i>Escorrentía</i> <i>Escorrentia</i>	Le ruissellement est un phénomène physique d'écoulement non organisé de l'eau sur un bassin-versant suite à des chutes de pluies. Le ruissellement peut avoir plusieurs origines : ruissellement naturel pluvial, ruissellement naturel nival et ruissellement anthropique ; [...]. La force du ruissellement dépend d'une combinaison de multiples facteurs : l'intensité des précipitations, la valeur de la pente, la densité de la couverture végétale, etc., et surtout les activités humaines.
<b>Talweg</b> <i>Vaguada</i> <i>Fons de vall</i>	Ligne qui relie les points les plus bas d'une vallée.
<b>Torrent</b> <i>Barranco</i> <i>Barranc</i>	Les torrents sont des cours d'eau à pente forte (supérieure à 6 %) présentant des débits irréguliers et des écoulements très chargés. Ils sont générateurs de risques d'inondation accompagnée d'érosion et d'accumulations massives. La rapidité des crues et des débordements rend l'alerte très difficile, sinon impossible.

TERMES	DÉFINITION
<p><b>Affaissement</b>  <i>Hundimiento</i>  <i>Esfondrament gradual</i></p>	<p>Effondrement d'une surface considérable de terrain, due au déplacement de phases fluides ou solides sous-jacentes ou de matériaux solubles transportés par l'eau (effondrement).</p>
<p><b>Argiles</b>  <i>Arcillas</i>  <i>Argiles</i></p>	<p>Roche sédimentaire, souvent meuble (glaise), qui, imbibée d'eau, peut former une pâte plus ou moins plastique pouvant être façonnée et durcissant à la cuisson. Fraction fine d'un sol, constituée des particules inférieures à 2 µm.</p>
<p><b>Argiles gonflantes</b>  <i>Arcillas expansivas</i>  <i>Argiles expansives</i></p>	<p>Les variations de la quantité d'eau dans certains terrains argileux produisent des gonflements (période humide) et des tassements (périodes sèches). (Phénomène de retrait-gonflement)</p>
<p><b>Coulée de boue</b>  <i>Colada de lodo</i>  <i>Colada de fang</i></p>	<p>Écoulement le long d'une pente d'un mélange de terre à fine granulométrie et d'eau. Elle prend fréquemment naissance dans la partie aval d'un glissement de terrain.</p>
<p><b>Coulée de débris</b>  <i>Colada de derrubios</i>  <i>Colada de derrub</i></p>	<p>Coulée de boue, de densité élevée fortement chargée de matériaux hétérogènes : blocs, troncs d'arbres, etc.</p>
<p><b>Glissement de terrain</b>  <i>Deslizamiento</i>  <i>Esllavissada</i></p>	<p>Mouvement généralement lent, sur une pente, d'une masse de terrain cohérente d'épaisseur, d'extension et de volume variable le long d'une surface de rupture.</p> <p>Cette surface peut être courbe (glissement circulaire) mais peut aussi se développer à la faveur d'une discontinuité préexistante comme un joint de stratification (glissement plan).</p> <p>Des indices caractéristiques peuvent être observés dans les glissements de terrain actifs: niche d'arrachement, fissures, bourrelets, arbres basculés, zone de rétention d'eau, etc.</p>

TERMES	DÉFINITION
<b>Mouvement de terrain</b> <i>Movimiento de ladera</i> <i>Moviments de vessant</i>	<p>Déplacement plus ou moins brutal de terrain (du sol ou du sous-sol) ; sous l'effet de sollicitations naturelles (fonte des neiges, pluviométrie anormalement forte, séismes, etc.) ou anthropiques (terrassement, vibration, déboisement, exploitation de matériaux ou de nappes aquifères, etc.). Il est fonction de la nature et de la disposition des couches géologiques.</p>
<b>Mouvements lents</b> <i>Movimientos lentos</i> <i>Moviments lents</i>	<p>La déformation est progressive et peut être accompagnée de rupture mais en principe d'aucune accélération brutale : (affaissements, tassements, fluage, glissement, retrait/gonflement de certains matériaux argileux).</p>
<b>Mouvements rapides</b> <i>Movimientos rápidos</i> <i>Moviments ràpids</i>	<p>Ils peuvent être scindés en deux groupes, selon le mode de propagation des matériaux : <b>en masse, ou à l'état remanié.</b></p> <p>Le premier groupe comprend : les effondrements, les chutes de pierres ou de blocs, les éboulements ou écroulements, certains glissements rocheux.</p> <p>Le second groupe comprend : les laves torrentielles et les coulées boueuses.</p>

TERMES	DÉFINITION
<p><b>Chutes de pierres et de blocs</b>  <i>Caidas de piedras y bloques</i>  <i>Caigudes de blocs rocosos</i></p>	<p>Chutes de masses rocheuses sont des mouvements rapides, discontinus et brutaux résultant de l'action de la pesanteur, affectant des matériaux rigides et fracturés tels que calcaires, grès, roches cristallines, etc. Ces chutes se produisent par basculement, à partir de falaises, escarpements rocheux, formations meubles à blocs (moraines par exemple), blocs provisoirement immobilisés sur une pente. Les blocs peuvent rouler et rebondir, puis se stabiliser dans une zone dite d'épandage. Les distances parcourues sont fonction de la taille, de la forme et du volume des blocs éboulés, de la pente du versant, de la nature du sol, de la densité et de la nature de la végétation [...].Le volume total mobilisé lors d'un épisode donné est limité à quelques centaines de mètres cubes. Au-delà, on parle d'éboulement.</p> <p>En ce qui concerne les éléments éboulés, on distingue :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ <b>les pierres</b>, d'un volume inférieur à 1 dm<sup>3</sup> ;</li> <li>□ <b>les blocs</b>, d'un volume compris entre 1 dm<sup>3</sup> et 1 m<sup>3</sup> ;</li> <li>□ <b>les gros blocs</b>, d'un volume supérieur à 1 m<sup>3</sup>.</li> </ul>
<p><b>Éboulements</b>  <i>Desprendimiento de placas roc</i>  <i>Desprendimient de plaques rocosas</i></p>	<p>Chutes de pans rocheux, de débris ou de formations superficielles, résultant de l'arrachement de masses rocheuses au niveau d'escarpements à forte pente, d'un volume de quelques milliers à quelques dizaines de milliers de mètres cubes.</p>
<p><b>Eboulements en masse</b>  <i>Desprendimiento en masa</i>  <i>Desprendimient en massa</i></p>	<p>Les éboulements en masse correspondent à un volume total allant de quelques centaines de m<sup>3</sup> à quelques centaines de milliers de m<sup>3</sup>.</p>

TERMES	DÉFINITION
<p><b>Écroulement</b>  <i>Alud rocoso</i>  <i>Allau rocallosa</i></p>	<p>Le terme écroulement est parfois utilisé comme synonyme d'éboulement, souvent avec une idée de volume considérable (<math>&gt; 10^4 \text{ m}^3</math>).</p>
<p><b>Effondrements</b>  <i>Colapso</i>  <i>Esfondrament</i></p>	<p>Les effondrements sont des mouvements gravitaires à composante essentiellement verticale, qui se produisent de façon plus ou moins brutale. Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine préexistante. Cette rupture initiale se propage verticalement jusqu'en surface en y déterminant l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique, dont les dimensions dépendent du volume du vide, de sa profondeur, de la nature géologique du sol et du mode de rupture.</p> <p><i>Remarque</i> : les effondrements correspondent à une dynamique différente de celle des chutes de blocs, éboulements, etc. Il est toutefois intéressant d'en préciser ici la définition et la traduction afin d'éviter les contre-sens et les mauvais emplois.</p>
<p><b>Falaise</b>  <i>Acantilado, Paret rocosa</i>  <i>Penya-segat, Paret rocosa</i></p>	<p>Escarpeement rocheux vertical ou sub-vertical.</p>
<p><b>Niche d'arrachement</b>  <i>Cicatriz de coronación</i>  <i>Cicatriu de coronació</i></p>	<p>Dépression arrondie, de forme plus ou moins hémisphérique, entaillant un versant au départ d'un éboulement.</p>

TERMES	DÉFINITION
<p><b>Avalanche de neige</b>  <i>Avalancha/Alud de nieve</i>  <i>Allau de neu</i></p>	<p>Écoulement gravitaire rapide de neige. C'est un phénomène naturel qui consiste en un déplacement d'une masse importante de neige (par opposition à une coulée de neige) à des vitesses dépassant le mètre par seconde (par opposition à la reptation, dont la vitesse se mesure en mm/jour). L'ordre de grandeur de la masse est le millier de tonnes, celui du volume est le millier de m<sup>3</sup>. La dénivelée se mesure en centaine de mètres.</p>
<p><b>Coulée de neige</b>  <i>Colada de nieve</i>  <i>Purfa</i></p>	<p>Déplacement gravitaire rapide de neige. Sa masse est beaucoup plus faible que celle d'une avalanche, elle n'affecte en général qu'une zone d'un site et ses phases se confondent.</p>
<p><b>Manteau neigeux</b>  <i>Manto nivoso</i>  <i>Mantell de neu</i></p>	<p>Ensemble résultant de la superposition des couches de neige correspondant chacune à un épisode météorologique (précipitation, transport par le vent).</p>
<p><b>Neige croûtée</b>  <i>Nieve costra</i>  <i>Neu crosta</i></p>	<p>Couche de neige dont la surface présente une croûte plus ou moins cassante due au regel, au vent, à la pluie.</p>
<p><b>Neige fondante</b>  <i>Nieve de fusión</i>  <i>Neu de fusió</i></p>	<p>Neige composée de grains ronds regelés et qui commencent à fondre en surface sous l'action du soleil.</p>
<p><b>Neige fraîche</b>  <i>Nieve fresca/reciente</i>  <i>Neu recent</i></p>	<p>Neige récente encore composée de particules reconnaissables.</p>

TERMES	DÉFINITION
<p><b>Neige humide</b>  <i>Nieve húmeda</i>  <i>Neu humida</i></p>	<p>Neige contenant de l'eau sous forme liquide (TEL&gt;0%). Sa température est toujours de 0°C.</p>
<p><b>Neige mouillée</b>  <i>Nieve mojada</i>  <i>Neu molla</i></p>	<p>Neige très humidifiée (pourrie) possédant une TEL importante.</p>
<p><b>Neige poudreuse</b>  <i>Nieve en polvo</i>  <i>Neu pols</i></p>	<p>Neige récente peu transformée caractérisée par une TEL nulle, une faible masse volumique et une cohésion faible (particules reconnaissables). Certaines neiges transformées (couches de faces planes) peuvent garder ou acquérir un aspect poudreux.</p>
<p><b>Neige sèche</b>  <i>Nieve seca</i>  <i>Neu seca</i></p>	<p>Neige qui ne contient pas d'eau (TEL=0%) sous forme liquide</p>
<p><b>Neige soufflée</b>  <i>Nieve venteada</i>  <i>Neu ventada</i></p>	<p>Neige ayant subi une action du vent (transport ou érosion). Les zones d'érosion sont en général caractérisées par une surface irrégulière (neige dure, rides...)</p>
<p><b>Neige transformée</b>  <i>Nieve transformada</i>  <i>Neu transformada</i></p>	<p>Neige (totalement) métamorphosée ayant subi un cycle de gel/dégel et composé de grains ronds. La couche superficielle présente une croûte très dure le matin qui fond durant la journée.</p>
<p><b>TEL</b>  <b>Teneur en Eau Liquide</b>  <i>Contenido en agua líquida</i>  <i>Contingut en aigua líquida</i></p>	<p>Il existe plusieurs définitions selon que l'on parle de teneur massique ou de teneur volumique. La teneur massique est la masse d'eau liquide contenue par rapport à la masse totale d'un échantillon. Plus usuelle de nos jours, la teneur volumique est définie comme le rapport du volume d'eau liquide sur le volume total de l'échantillon. Sa mesure est en % et son abréviation est TEL.</p>

## BIBLIOGRAPHIE

---

*Ce document reprend textuellement certains passages des documents internes suivants :*

**Hurand A.**, (1994) - Gestion Forestière et Risques Naturels Pyrénées Centrales, ONF.

**Daubet B., De Miguel Magaña S., Maurette A.**, (2007) - Livre Blanc des Forêts Pyrénéennes. Projet SILVAPYR 2007 (I3A 1-57E).

Available at: <http://www.forespir.com/les-projets-en-cours/silvapyr>

**Monod B., I. Bouroullec, C Garnier** (2012) – Observatoire Pyrénéen du changement climatique - Eléments de caractérisation géologique des zones de référence. Rapport BRGM/RP-61193-FR, Juin 2012, 27 p., 10 figures.

*Références bibliographiques :*

**OBSERVATOIRE NATIONAL SUR LES EFFETS DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE**, (2008) - Changements climatiques et impacts dans les Alpes. Paris : ONERC

**Projet ClimShALP** (2008) - Impacts observés et potentiels du changement climatique sur les aléas naturels - Synthèse *Working Package 5* (Avalanches, Crues, Incendies, Mouvement de terrain, Tempêtes, Aléas Torrentiels, Végétation).

Available at: <http://www.risknat.org/projets/alpes-climat-risques/pages/wp5.html>

**ONERC** (2003) - Conséquences du réchauffement climatique sur les risques liés aux événements météorologiques extrêmes, actes du colloque du 22 au 23 juin 2003, Paris.

**Chauvin S., Daubet B., Bertrand P.**, (2011) - Annexe technique de l'action "Évolutions Climatiques et Forêt de Montagne". Projet OPCC EFA 235/11.

**Mazet-Brachet D.**, (1991) - Guide PPR mouvement de terrain

**Besson L. et al.**, (1999) - Plans de prévention des risques naturels (PPR) - Risques de mouvements de terrain. Guide méthodologique. La documentation française.

Available at: [http://catalogue.prim.net/145\\_plans-de-prevention-des-risques-naturels-ppr-risques-de-mouvements-de-terrain-guide-methodologique.html](http://catalogue.prim.net/145_plans-de-prevention-des-risques-naturels-ppr-risques-de-mouvements-de-terrain-guide-methodologique.html)

**BRGM**, (1998) - Atlas communaux des risques naturels de la Guadeloupe – Cartographie des aléas.

Available at: <http://www.brgm.fr/brgm/Risques/Antilles/guad/index.htm>

**Don Montague**, (1996) - Dictionary of building and civil engineering / Dictionnaire du bâtiment et du génie civil. Available at: <http://www.casaplusconstruction.com/mo/dic.pdf>

**Ramon Copons**, (2008) - El risc d'allaus a Catalunya, Projecte RISKCAT.

**OEA**, (1993) - Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Available at: <http://www.oas.org/USDE/publications/Unit/oea65s/begin.htm>

**ONU/DHA**, (1992) - Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management.

Available at: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5EQNZV/\\$file/dha-glossary-1992.pdf](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5EQNZV/$file/dha-glossary-1992.pdf)

**UCSC**, (2009) - Diccionario geotécnico Ingles - Castellano / Dictionary of geotechnics English - Spanish. Available at : <http://web2.ucsc.cl/~avillalobos/otras/diccionario.pdf>

## BIBLIOGRAPHIE

---

**ANPC** (2009) – Guia metodològic per a producció de cartografia de risc e para a criação de sistemas de Informação Geogrãfica (SIG) de base municipal.

Available at: [http://www.prociv.pt/Documents/guia\\_metodologico\\_SIG.pdf](http://www.prociv.pt/Documents/guia_metodologico_SIG.pdf)

**Foucault A. et Raoult J.F.** (1995) - Dictionnaire de Géologie, 4ème éd., 324 p. Masson éd. Paris

**Vocabulari de la neu i dels esports d'hivern** DDAA (1999) - Enciclopedia catalane, 348 p. ISBN-10 : 8441201285

**Copons, R.** (2007) - Avaluació de la perillositat de caigudes de blocs rocossos al Solà d'Andorra la Vella. Ed. Institut d'Estudis Andorrans. 213pp. ISBN: 978-99920-2-035-7.

**Berger, F. et Dorren, L.** Rockfor.NET : le premier outil de diagnostic rapide de l'aléa chute de pierres à l'aval d'une forêt de protection. Sciences Eaux & Territoires n°02.

**Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (DGPR - DGALN)** (2011) - Guide : Construire en montagne. La prise en compte du risque torrential. 123 p.

**CEMAGREF** Unité de recherche Erosion torrentielle, neige et avalanche (ETNA) (2002) - L'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA), Statistique descriptive générale des événements et des sites.

**CEMAGREF** Unité de recherche Erosion torrentielle, neige et avalanche (ETNA) (2005) - Présentation de l'Enquête permanente sur les avalanches (EPA) :

**Giordano, A.** (1994) - L'érosion et la lutte contre l'érosion en forêt méditerranéenne. Rev. Forêt Méditerranéenne.

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

**Antoni, V., Darboux, F.** (2009) - L'érosion des sols.

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

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

**DDTM des Pyrénées-Orientales** (DDRM 2012) - Le risque mouvement de terrain.

**Cemagref, CRPF Rhône-Alpes, ONF** (2006) - Guide des Sylvicultures de Montagne (Alpes du Nord françaises).

## BIBLIOGRAPHIE

---

**Cahen, M.** (2010) - Mémoire de fin d'études : "Ouvrages de parade contre les risques naturels en montagne et fonction de protection de la forêt : analyse économique comparative".

**Lavaud, J.** (2009) - L'impact du changement climatique en Midi-Pyrénées, Exemple de la chaîne des Pyrénées. Agence Régionale Pour l'Environnement de Midi-Pyrénées.

**Clouet, N.** (2012) - Méthodologie de zonage des forêts a fonction de protection contre les risques naturels Chutes de blocs et avalanches - Projet INTERREG Forêts de Protection.

**Direction régionale de l'environnement Midi-Pyrénées** (2007) - Document de référence des services de l'État en région Midi-Pyrénées pour la prise en compte du risque mouvement de terrain dans l'aménagement.

**Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (DGPR)** (2011) - Les Mouvements de terrain. Collection prévention des risques naturels.

**Pôle des risques naturels en montagne de la COTRAO** (2006) - Actes de l'atelier transfrontalier sur les crues torrentielles « Gestion du risque torrentiel – partage transfrontalier d'expériences ».

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

**Chambres d'Agricultures RHÔNE – MÉDITERRANÉE** (2008) - Guide "Contribution du monde agricole à la prévention des crues torrentielles en zone méditerranéennes 2006/2008".

**Laigle, D. (CEMAGREF), Peteuil, C. (ONF-RTM)** (2010) - Analyse de l'aléa « lave torrentielle » sur le cône de déjection du torrent du Rioulong (Hautes-Pyrénées) : une approche par scénarios. Sciences Eaux & Territoires n°02.

**Rouvelet, S.** (2011) - Mémoire : "Etat des lieux et diagnostic du bassin versant torrentiel de la Lignarre".

### Sites internet

<http://www.risquesmajeurs.fr>,

<http://www.brgm.fr>

<http://www.irstea.fr>

<http://www.prim.net>

<http://www.irma-grenoble.com>

<http://www.risknat.org>

<http://www.obs.ujf-grenoble.fr/risknat/projets/alpes-climat-risques>

<http://www.sig-pyrenees.net>

<http://atlas.ctp.org>

## AUTEURS ET COLLABORATEURS

---

### **Coordination :**

Sébastien CHAUVIN                      FORESPIR

### **Rédaction :**

Sébastien CHAUVIN                      FORESPIR  
Francis MAUGARD                      ONF DT Sud -Ouest

### **Contribution et remerciements**

Ramon COPONS                      CENMA  
Isabelle BOUROULLEC                      BRGM  
Christophe GARNIER                      BRGM

### **Relecture :**

Conseil Scientifique de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique  
Frédéric BERGER                      IRSTEA

### **Crédit photo couverture / 4ème de couverture :**

Sébastien CHAUVIN



Action "Evolutions Climatiques et Forêt de Montagne" (Axes "Forêt" et "Risques Naturels")  
Acción "Evoluciones Climáticas y Bosques de Montaña" (Ejes "Bosque y "Riesgos Naturales")

Les partenaires / Los socios :



Appui technique :  
Apoyo técnico :



*Les forêts de montagne jouent un rôle important de protection contre les phénomènes naturels.*

*C'est la raison pour laquelle nous avons réalisé, dans le cadre du projet transfrontalier de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique , ce document qui, destiné à un large public, s'efforce :*

- *de présenter les phénomènes naturels les plus répandus dans nos montagnes ;*
- *de préciser comment les peuplements forestiers peuvent contribuer à en limiter les effets ;*
- *de présenter les impacts potentiels que les évolutions climatiques peuvent avoir sur les phénomènes naturels.*

*Ce document contient également un glossaire présentant les définitions des principaux termes liés aux phénomènes naturels et aux risques qui y sont liés ainsi que leurs traductions en Castillan et en Catalan.*

Avec le soutien / Con el apoyo

