

## 5 Torrents, crues

- 5.1 Profil d'exigences pour la forêt en rapport avec les torrents et les crues
  - 5.2 Importance de la forêt en fonction de la situation
  - 5.3 Influence des peuplements forestiers sur le régime des eaux
  - 5.4 Importance du type de station
  - 5.5 Importance de certains facteurs caractérisant l'état de la forêt
  - 5.6 Forêt riveraine sur les berges exposées des cours d'eau
- Annexe: Classement des types de stations

1

### 5.1 Profil d'exigences pour la forêt en rapport avec les torrents et les crues

Lieu	Effet potentiel de la forêt	Exigences en fonction du danger naturel Profil minimal	Exigences en fonction du danger naturel Profil idéal
Bassin versant Influencer les débits de pointe à l'intérieur du bassin versant	<b>Grand:</b> sur les types de stations de la classe 1 <sup>1</sup>	<b>Structure horizontale</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Degré de recouvrement des couronnes dès le stade du perchis<sup>2</sup> toujours <math>\geq 60\%</math></li> <li>• Exigences minimales atteintes en fonction du type de station</li> </ul>	<b>Structure horizontale</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Degré de recouvrement des couronnes dès le stade du perchis<sup>2</sup> toujours <math>\geq 70\%</math></li> <li>• Exigences idéales atteintes en fonction du type de station</li> </ul>
	<b>Moyen</b> sur les types de stations de la classe 2 <sup>1</sup>	<b>Structure horizontale</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Degré de couverture des couronnes dès le stade du perchis<sup>2</sup> toujours <math>\geq 50\%</math></li> <li>• Exigences minimales atteintes en fonction du type de station</li> </ul>	
	<b>Faible:</b> sur les types de stations de la classe 3 <sup>1</sup>	<b>Rajeunissement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rajeunissement assuré durablement</li> </ul>	
	<b>Très faible:</b> sur les types de stations de la classe 4 <sup>1</sup>	Pas d'exigences	<b>Structure horizontale</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Degré de couverture des couronnes dès le stade du perchis<sup>2</sup> toujours <math>\geq 50\%</math></li> <li>• Exigences idéales atteintes en fonction du type de station</li> </ul>
Forêts riveraines sur les berges des cours d'eau Empêcher les effets négatifs des bois flottants dans le lit du cours d'eau	<b>Faible à fort:</b> Selon les conditions dans le lit du cours d'eau (endroit potentiel d'occlusion, etc.)		
		<b>Autres</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'arbres instables ni de troncs au sol non stabilisé</li> </ul>	<b>Autres thèmes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'arbres instables ni de tronc au sol non stabilisé</li> <li>• Exigences idéales atteintes en fonction du type de station</li> <li>• Végétation pionnière sur les surfaces non boisées ou non colonisables par la forêt</li> </ul>

<sup>1</sup> cf. classement des types de stations en annexe

<sup>2</sup> c'est-à-dire sans tenir compte du rajeunissement ni du fourré

Dans les endroits où le danger de **glissements de terrain** s'ajoute à celui des crues, les divers types d'exigences doivent être combinés. En cas de glissements superficiels, la

priorité va en général aux exigences concernant les glissements; par contre, il faut juger au cas par cas lorsque la profondeur des glissements est moyenne ou forte.

## 5.2 Importance de la forêt en fonction de la situation locale

Suivant les conditions de départ prévalant en cas de fortes précipitations, une forêt stable et conforme à la station représente la forme d'occupation du sol qui permet de retenir le plus d'eau. Quant à savoir si l'état de la forêt exerce lui aussi une influence essentielle sur l'évolution de la crue, cela dépend des éléments fondamentaux suivants:

### Proportion et localisation des surfaces boisées dans le bassin versant

L'effet de la forêt sur le débit total d'un bassin versant augmente logiquement avec la proportion de la surface boisée dans ce bassin. En outre, il faut tenir compte de la localisation des forêts. Les surfaces boisées se situent souvent à proximité immédiate des cours d'eau (p. ex. pentes bordant un torrent) et sont le principal facteur influençant l'évolution du débit. L'effet de la forêt peut ainsi se révéler plus important que sa seule surface pourrait le laisser supposer.

### Le type d'épisode pluvieux est déterminant

Le régime des eaux doit être impérativement considéré en fonction du type de précipitations. Les averses de courte durée succédant à une période sèche sont presque complètement absorbées par interception; seule une petite partie atteint le sol. En cas de fortes précipitations, il est essentiel de distinguer – pour citer des extrêmes – les pluies d'orages brefs et violents des bruines légères, mais qui durent longtemps. Le **volume des précipitations** peut être le même dans les deux cas. Mais comme l'**intensité** des épisodes pluvieux est différente, il est possible que le potentiel d'infiltration du sol soit insuffisant dans le premier cas et qu'un écoulement superficiel apparaisse alors. Cette conséquence est moins probable dans le second cas.

Le déroulement des précipitations avant un épisode extrême joue aussi un rôle central. Si le sol est déjà largement saturé à la suite de la fonte des neiges ou d'une pluie antérieure, la capacité d'absorption en est d'autant diminuée.

En simplifiant, on peut considérer trois types de scénarii typiques<sup>3</sup>:

- 1 Précipitations brèves et violentes sur une surface relativement peu étendue
- 2 Fortes précipitations de longue durée sur un grand secteur

- 3 Précipitations très étendues alors que la saturation en eau du sol est déjà élevée (par exemple à la fonte des neiges)

L'importance de la forêt ou de la végétation est la plus effective lorsque le réservoir d'eau que constitue le sol est vide au moment de l'épisode pluvieux. Cette importance est donc beaucoup plus prononcée dans le scénario 1 que dans le scénario 3, le scénario 2 se situant entre les deux.

Lorsque l'on procède à la délimitation de forêts à fonction de protection contre les crues, il faut donc tenir compte des principaux scénarii de précipitations dans la région concernée.

## 5.3 Influence des peuplements forestiers sur le régime des eaux

L'influence de la forêt en cas de précipitations extrêmes est principalement déterminée par l'effet indirect de sa présence sur les caractéristiques et sur l'état du sol forestier à moyen et long terme<sup>4</sup>. Les propriétés du sol sont cependant aussi dépendantes de la roche-mère, du climat et du relief. Ce sont ces trois facteurs de formation des sols qui déterminent si l'effet de la forêt est potentiellement élevé ou faible.

La forêt peut être d'une grande importance en raison de la **profondeur du sol occupé par les racines et par la densité de leur réseau**. Ces dernières donnent naissance à un réseau de pores finement ramifié, créant ainsi les conditions d'une bonne perméabilité du sol. Plus la pénétration des racines est dense et profonde et plus la **capacité de rétention** en eau du sol pourra être exploitée lors d'un épisode pluvieux.

Le peuplement peut en outre influencer les **conditions prévalant à la surface du sol** et qui jouent un rôle important en rapport avec le **potentiel d'infiltration**. Si le sol est compacté en surface (p. ex. par le passage des machines ou par le piétinement du bétail), le volume d'eau infiltré en temps utile est moindre. Ceci augmente la probabilité d'apparition d'écoulements en surface. Inversement, la capacité d'infiltration peut être fortement favorisée si la forme de l'humus et de l'horizon supérieur est favorable et si la strate de muscinale et herbacée est dense.

<sup>3</sup> d'après Zimmermann (2001), modifié

<sup>4</sup> Alors que la végétation de surface, par la transpiration et l'interception, exerce une influence prépondérante sur le cours annuel du débit des eaux, son effet reste très faible lors d'un épisode extrême considéré isolément.

## 5.4 Importance du type de station

Le sol, notamment l'espace racinaire, est le facteur clé par lequel la forêt exerce son influence sur le régime des eaux. S'il est vrai qu'il est possible de bien observer les propriétés du sol à un endroit donné à l'aide d'un profil ou d'une carotte, il n'en reste pas moins que leur variation et répartition dans l'espace est très difficile à connaître. Comme chaque type de station forestière offre une palette connue de caractéristiques pédologiques, il est possible de se baser sur la station et la végétation qui la recouvre pour estimer les propriétés du sol sur une certaine étendue<sup>5</sup>.

De cette manière, il est possible d'estimer dans quelle mesure la forêt, en fonction de son état, peut influencer le développement des crues à un endroit donné et de savoir s'il faut éventuellement prévoir des interventions sylvicoles. Le schéma suivant illustre cette problématique. La capacité absolue de rétention de l'eau est la plus forte sur la station A; mais c'est sur la station C que l'influence de la forêt sur le niveau de rétention est la plus élevée. C'est pourquoi les soins sylvicoles sont hautement prioritaires sur les stations de type C. Il s'agit notamment des stations périodiquement engorgées. Car contrairement à la situation des sols bien perméables, où l'état de la forêt joue un rôle moins important, les essences à enracinement profond peuvent augmenter la capacité de rétention en eau de façon déterminante en cas d'humidité stagnante (meilleure occupation de l'espace potentiel de stockage). L'influence sylvicole est faible sur les sols très superficiels ou très perméables (type D).

## 5.5 Importance de certains facteurs caractérisant l'état de la forêt

### Essences:

Le développement de l'enracinement des arbres est spécifique à l'essence et à la station. La colonisation du sol par les racines peut donc fortement varier en fonction des propriétés du sol et de son profil-type.

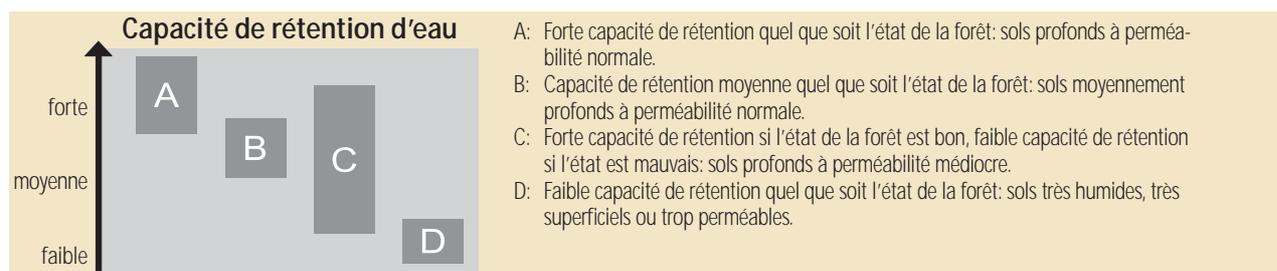
Les indications de la littérature sur la colonisation du sol par les racines en fonction des types de sol sont rares et peu précises. On y traite surtout de la profondeur maximale de l'enracinement. Ce qui est déterminant ici est **la capacité de certaines essences à coloniser des horizons temporairement engorgés**. Parmi les principales essences des étages montagnards supérieurs et hauts-montagnards, c'est le sapin qui a le mieux développé cette capacité. Mais le hêtre lui aussi colonise ces horizons mieux que l'épicéa. Parmi les essences secondaires, l'érable et le frêne indiquent aussi de bonnes dispositions à cet égard.

**L'intensité de la colonisation** par les racines est également spécifique à l'espèce et joue un rôle au moins aussi déterminant. Ici encore, l'épicéa est moins performant que le sapin et le hêtre<sup>6</sup>.

**Les conditions d'infiltration** sont améliorées par les essences dont la litière se décompose rapidement (feuillus, notamment frêne et érable). Les horizons d'accumulation de matière organique hydrofuges, qui freinent la pénétration de l'eau, posent problème.

<sup>5</sup> Des études réalisées dans des forêts renversées par la tempête ont montré que le type de station peut servir d'indicateur pour estimer l'écoulement superficiel (Badoux et al. 2003; Hegg 2004).

<sup>6</sup>Lüscher (2000).



Ill. 6: Éventail des effets de stockage en cas de fortes précipitations (schématiquement). Les colonnes représentent la variation des différentes stations forestières: la valeur inférieure indique la situation la plus défavorable (p. ex. après une destruction totale due à une tempête), la valeur supérieure correspond à l'effet d'une structure de peuplement idéale.

### Structure du peuplement:

Il est évident que la densité de la colonisation du sol par les racines augmente avec la densité du peuplement. Pour obtenir une forte densité de racines, il faut donc viser un haut degré de couverture.

Il est en outre déterminant d'obtenir une bonne répartition des racines dans l'ensemble du volume colonisable, dans le plan vertical comme dans le plan horizontal.

- Pour assurer la colonisation dans le plan horizontal, il faut que la part de surface des trouées reste faible. L'important est la surface totale des trouées et non l'étendue individuelle de certaines trouées.
- Sur le plan vertical, il s'agit de viser une répartition aussi homogène que possible des racines sur toute la profondeur potentielle de l'espace racinaire. Il est admis qu'un peuplement étagé, qui colonise l'espace aérien de façon homogène, entraîne un effet semblable au niveau des racines.

La structure idéale du peuplement est donc étagée sur de petites surfaces, avec un haut degré de couverture et une répartition homogène.

### Compactage du sol:

L'utilisation inadéquate de machines (surtout lors de la récolte du bois) peut provoquer un compactage massif du sol. Il en résulte une dégradation à long terme des conditions d'infiltration, de la perméabilité et de la capacité de stockage en eau du sol. Il faut ainsi éviter, par exemple lors de l'évacuation des bois d'une zone sinistrée, de créer des ornières et de les prolonger dans la ligne de plus grande pente.

## 5.6 Forêts riveraines sur les berges exposées des cours d'eau

Si la forêt exerce un effet équilibrant sur le régime des eaux dans les bassins versants, les arbres et leur bois sont problématiques au voisinage immédiat du lit des torrents. Les troncs d'arbres (bois flottants) qui se trouvent à l'intérieur du profil des hautes eaux peuvent être emportés par une crue ou une lave torrentielle.

Des occlusions problématiques peuvent apparaître dans les endroits rétrécis (promontoire rocheux, coudes, ponts). Les alluvions accumulées risquent en effet d'être mobilisées ultérieurement sous forme de lave torrentielle. Lors d'une crue, le cours d'eau peut quitter son lit à l'endroit obstrué et entraîner une inondation, des épandages de graviers ou des recouvrements de laves torrentielles. C'est pour ces raisons qu'il faut empêcher les obstructions lorsque le potentiel de dégâts consécutifs est important.

### Forêt au voisinage immédiat du lit des cours d'eau

Le voisinage immédiat du lit d'un cours d'eau est la zone touchée en cas de forte crue ou de lave torrentielle.

Dans la plupart des cantons, la surveillance de cette zone est de la compétence des services hydrologique ou des ponts et chaussées. En ces endroits, il faut donc coordonner les mesures entre les services concernés.

### Forêt sur les pentes en bordure des cours d'eau

Il s'agit ici de la surface forestière à partir de laquelle du bois peut parvenir au voisinage immédiat du cours d'eau.

Le but sylvicole prioritaire sur de tels versants consiste à assurer la stabilité des peuplements, de façon à empêcher l'arrivée de bois susceptible de former des obstructions. La mesure la plus importante consiste ainsi à enlever les arbres (et souches) instables. Comme les endroits concernés sont souvent difficiles d'accès, il est aussi possible de renoncer au transport en découpant les troncs en petits rondins abandonnés sur place. La dimension de ces rondins est fonction de la conformation des endroits susceptibles d'être obstrués.

La stabilité du peuplement permet aussi fréquemment d'empêcher la déstabilisation du versant et l'érosion de surface. Dans ce cas, il faut tenir compte en plus du profil d'exigences concernant les glissements de terrain.

## 5.7 Classement des types de stations

Les types de stations sont classés en fonction de trois caractéristiques pédologiques connues pour toutes les sta-

tions: profondeur, engorgement et perméabilité. (Les sols des divers types de stations sont décrits dans l'annexe 2).

Profondeur	Engorgement	Perméabilité			
	très engorgé	ralentie	normale	excessive	
très superficiel	très engorgé	très superficiel			
superficiel à moyennement profond		superficiel à moyennement profond, perméabilité ralentie	superficiel à moyennement profond, perméabilité normale	perméabilité excessive	
moyennement profond à profond		moyennement profond à profond, perméabilité ralentie	moyennement profond à profond *, perméabilité normale		
Légende:		<b>Classe 1</b> influence sylvicole importante	<b>Classe 2</b> influence sylvicole moyenne	<b>Classe 3</b> influence sylvicole réduite	<b>Classe 4</b> influence sylvicole très réduite

\* engorgé en profondeur

Dans certains cas, il faut s'écarter de ce classement:

### Stations où l'influence de la sylviculture est réduite

Les possibilités sylvicoles d'agir sur la capacité de stockage du sol forestier ne sont pas les mêmes sur tous les types de stations. L'influence de la sylviculture diminue notamment en altitude (étage subalpin): l'épicéa est la plupart du temps la seule essence à disposition, les processus sont en général plus lents et le degré de couverture – donc aussi la densité de l'enracinement – est plus faible. Mais les possibilités de la sylviculture sont aussi limitées sur d'autres stations (p. ex. frênaies pures) en raison du manque de liberté du choix des essences. En conséquence, ces stations sont attribuées à une classe inférieure.

Exemples: 26 Frênaie à Érable  
53 Pessière à Polygala petit buis  
57 Pessière à Homogyne

### Stations à large spectre de sols

Un certain nombre de types de stations importantes et très répandues indiquent un large spectre de propriétés du sol qui peuvent énormément varier en fonction des conditions locales (notamment la géologie). Ces types de stations ne peuvent donc être rassemblées dans une seule classe pour l'ensemble de la Suisse. Leur classement doit s'opérer et s'expliquer différemment selon la région. Dans la liste principale, ces stations sont attribuées à la classe E (classe E = à évaluer au cas par cas). Dans le tableau qui suit, on trouvera des indications sur les conditions permettant d'attribuer ces stations à certaines classes. À cet effet, des compléments d'études du sol sont toujours indispensables (Hegg et al., 2004).

Types de stations	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
7a, 8a, 18, 19, 50, 50P, 51	lorsque des signes clairs d'engorgement sont visibles (souvent sur du Flysch)	lorsque les signes d'engorgement font défaut ou presque		
11, 12S, 46	si le sol est profond (souvent sur le Plateau et dans les Préalpes)	si le sol est superficiel (souvent dans le Jura)		
12a, 46M		si le sol est profond (souvent sur le Plateau et dans les Préalpes)	si le sol est superficiel (souvent dans le Jura)	
(42)-34A, Rob		s'il s'agit d'une terre brune ou d'un cryptopodzol	s'il s'agit d'un ranker	
26 ho, 49		si la proportion des dépressions topographiques (stations avec indicateurs d'engorgement) est < 60 %	si la proportion des dépressions topographiques (stations avec indicateurs d'engorgement) est > 60 %	si la proportion des dépressions topographiques (stations avec indicateurs d'engorgement) est > 80 %

### Mode d'utilisation de la classification des types de stations

- ▶ Si l'on dispose d'une cartographie des stations, la classification présente permet de dresser une liste de priorités. Il s'agit de pondérer les classes de types de stations avec le degré d'urgence et d'efficacité des mesures sylvicoles au niveau du peuplement. Il est ainsi possible de reconnaître les endroits où l'action du sylviculteur aura le plus d'impact sur la capacité de rétention en eau du sol.
- ▶ Si les circonstances le justifient, il est possible de s'écarter de la classification proposée. Cela peut se justifier par exemple lorsque des conditions géologiques particulières ont entraîné une modification de la profondeur ou de la perméabilité du sol sur un type de station donné.
- ▶ Lors de la cartographie des stations, on ne délimite en général pas seulement des unités pures, mais aussi des transitions ou une mosaïque de types de stations. Dans

ce cas, il faut chercher à combiner les diverses classes auxquelles les unités sont attribuées.

Exemple: Soit une surface cartographiée en tant que transition 18(20). La station 18 (hêtraie à sapin typique) peut appartenir soit à la classe 1, soit à la classe 2; la station 20 (hêtraie à sapin avec hautes herbes) appartient à la classe 1. Cette surface sera donc attribuée à la classe 1.

**Lorsqu'on parle de mesures sylvicoles et de leur influence sur les crues, la réflexion ne doit pas être orientée vers un peuplement ou un type de station donné, mais bel et bien sur l'état de la forêt sur l'ensemble du bassin versant. C'est pourquoi, pour obtenir le meilleur résultat possible, il est nécessaire de prendre en compte non seulement la station, mais aussi l'état de la forêt et les facteurs qui influencent celui-ci (p. ex. technique de récolte des bois).**