



HAL
open science

**Combien coûte (rapporte) la forêt de protection? Des
coûts raisonnables au regard des bienfaits enregistrés
Projet Interreg “ Forêts de protection ” - Étude
économique**

S. Dupire

► **To cite this version:**

S. Dupire. Combien coûte (rapporte) la forêt de protection? Des coûts raisonnables au regard des bienfaits enregistrés Projet Interreg “ Forêts de protection ” - Étude économique. [Rapport de recherche] AgroParisTech. 2011. hal-03035287

HAL Id: hal-03035287

<https://hal.science/hal-03035287>

Submitted on 2 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Action 2.4.1 Étude économique

Démarche et principaux résultats

Sylvain Dupire,
Laboratoire d'économie forestière
AgroParisTech – ENGREF, Nancy
sylvain.dupire@gmail.com

Juin 2011



Résumé

Réalisée dans le cadre du projet Interreg IV « Forêts de protection », cette étude a pour objectif d'apporter des éléments de méthode, de réflexion et de réponse aux questions d'ordre économique qui se posent autour des forêts de montagne avec une fonction de protection, notamment contre les chutes de pierre. L'essentiel du travail a été de répondre à deux questions :

- Combien coûtent les interventions visant à améliorer la protection des hommes et de leurs biens contre les chutes de blocs ?
- Comment évaluer de manière économique la fonction de protection contre les chutes de blocs des forêts de montagne ?

Une base de données de coûts d'intervention en forêt de protection a ainsi été créée à partir d'une trentaine de chantiers existants et pourra être complétée par la suite pour répondre à la première question.

Une méthode d'analyse permettant d'apprécier la valeur de protection des forêts a par ailleurs été élaborée et testée sur 6 chantiers répartis en France, Suisse et Italie.

Ce document rappelle brièvement les objectifs de l'étude ainsi que la démarche suivie au cours de celle-ci. Les principaux résultats et éléments de discussion sont aussi présentés ici.

Summary

Conducted as part of the Interreg project IV "Forest with a function of protection", this study aims to provide some methods, reflections and answers to economic issues that arise around the mountain forests with a function of protection, especially against rock falls. The main work was to answer the two questions above:

- How much do the interventions to improve the protection of people and their property against rock fall cost?
- How to evaluate cost-effectively the protective function against rock falls of mountain forests?

A database concerning the costs of intervention in forests has been created from an existing thirty samples and can be supplemented later on to answer the first question.

An analytical method for assessing the protective value of forests has also been developed and tested on six sites throughout France, Switzerland and Italy.

This paper briefly reviews the study objectives and the approach taken in this one. The main findings and discussion points are also presented here.

Remerciements

Cette étude n'aurait pu avoir lieu sans le soutien et l'appui technique de nombreuses personnes en France, en Suisse et en Italie.

Côté français, je tiens à remercier l'ensemble du personnel de l'ONF rencontré au cours de l'étude et notamment les personnes de l'agence de Haute-Savoie qui m'ont accueilli dans leur locaux pour l'intégralité de l'étude. De la même façon, un grand merci à toute l'équipe « dynamique et fonction de protection des écosystèmes forestiers de montagne » du Cemagref de Grenoble ainsi qu'à Luuk Dorren qui ont su apporter un soutien permanent et de nombreuses réponses tout au long de ce travail. Enfin, bien entendu un remerciement sincère à l'équipe du laboratoire d'économie forestière de Nancy et plus particulièrement à Max Bruciamacchie et Olivier Seiler.

Du côté italien, mes remerciements se portent vers Filippo Brun et Simone Blanc de l'université de Turin pour leur intérêt dans l'aspect économique de ce travail et au personnel forestier des régions Val d'Aoste et Piémont.

Enfin du côté Suisse, mes remerciements sont tout d'abord dirigés vers Roland Métral pour son très chaleureux accueil lors de la semaine passée sur place et pour nos nombreux échanges instructifs par email ou en vis à vis. Un grand merci aussi à Jean-Louis Gay, François Bossel et tous les gardes qui ont consacré une partie de leur temps à fouiller dans les archives pour retrouver des données économiques qui se sont avérées très utiles.

Index

Introduction	1
Objectifs	1
Résultats attendus	2
Méthode retenue pour l'évaluation de services environnementaux	2
1. Démarche et méthodologie	3
1.1 Établissement des bases de données de coût	3
1.1.1 Bases de données des coûts de génie civil	3
1.1.2 Bases de données des coûts d'intervention en forêt de protection	3
1.2 Étude économique par site	3
2. Base de données des coûts	4
2.1 Interventions en forêt de protection	4
2.1.1 Résultats bruts.....	4
2.1.1.1 Productivité observée sur l'ensemble des trois pays :.....	4
2.1.1.2 Productivités et coûts observés en France (15 chantiers)	5
2.1.1.3 Productivités et coûts observés en Suisse (15 chantiers).....	5
2.1.2 Discussion sur les résultats.....	6
2.1.2.1 Paramètres influençant les résultats et nombre de chantiers renseignés.....	6
2.1.2.2 Détails des activités.....	6
2.2 Implantation et entretien des ouvrages de génie civil	7
2.2.1 Résultats.....	7
2.2.2 Discussions	7
3. Résultats par site d'étude	8
3.1 Site de Bellevaux – France – Haute-Savoie	8
3.2 Site de Fontaine – France – Isère	9
3.3 Site de Grignon – France – Savoie	10
3.4 Site de Lioutre – France – Haute-Savoie	11
3.5 Site de Morgex – Italie – Vallée d'Aoste	12
3.6 Site de Sarreyer – Suisse – Canton du Valais	13
4. Utilisation des résultats et de la méthodologie mise au point	14
4.1 Analyse globale des résultats de l'étude économique	14
4.1.1 Valeur de protection de la forêt contre les chutes de blocs	14
4.1.2 Frais de gestion sylvicole et bénéfice pour la société en termes de réduction des dommages prévisibles	15
4.1.3 Dimensionner les ouvrages de génie civil en tenant compte de la présence d'une forêt	15
4.1.4 Variabilités des valeurs obtenues.....	16
4.1.5 Gestion forestière et efficacité de la protection contre les chutes de blocs	16
4.1.6 Complémentarité entre forêt gérée et génie civil	16
4.2 Reproductibilité de l'étude	17
4.2.1 Sur des sites d'études équivalents (Surface de l'ordre de 10 ha).....	17
4.2.2 À grande échelle (versant, territoire communal ou départemental, etc.)	17
4.2.2.1 Approche « aléa » et méthode des coûts de substitution	17
4.2.2.2 Approche « enjeu » et méthode des coûts évités	19
Conclusion	20
Autres documents associés à cette étude :.....	21

Index alphabétique des sigles

- CH** : Confédération helvétique appelée plus communément Suisse
- CHF** : Francs suisses
- CV** : Coefficient de variation
- FR** : France
- IT** : Italie
- MCE** : Méthode des coûts évités
- MCS** : Méthode des coûts de substitution
- ONF** : Office national des forêts (français)
- RTM** : Restauration des terrains de montagne (service « risque » de l'ONF)
- SIG** : Système d'information géographique

Introduction

Dans les pays de l'arc Alpin, il n'est pas rare de lire dans les faits divers des journaux locaux : « un bloc dévale la pente en évitant les habitations » ou encore « éboulement sur la route ... ». Il arrive aussi parfois que des blocs percutent directement des maisons ou des voitures sur la route, pouvant alors occasionner des dommages matériels ou plus grave causer des morts.



Dans ce processus, le rôle de la forêt est bien souvent méconnu. Les forêts ayant une fonction de protection contre les chutes de blocs représentent cependant une surface considérable du territoire alpin (parfois jusqu'à un tiers du territoire, voir action 1).

Objectifs

Ainsi, le projet INTERREG IVa France-Suisse « Forêts de Protection » a comme objectif principal de proposer aux collectivités territoriales et aux élus, des outils permettant d'évaluer le rôle de la forêt dans la prévention du risque lié aux aléas chute de pierre et avalanche.

L'action 2.4.1 s'intéresse plus particulièrement à la dimension économique. Elle traitera essentiellement de l'aléa chute de pierre. En matière d'avalanche, la forêt n'a un rôle positif que dans la zone de départ où elle contribue à fixer le manteau neigeux. Par ailleurs les modèles actuels ne sont pas suffisamment performants pour mesurer l'impact d'une faible modification de l'état des peuplements sur la probabilité de départ d'une avalanche.

En matière de chute de pierre, la forêt a un rôle positif dans la zone de transit. Les modèles actuels de trajectographie permettent de calculer avec précision la probabilité qu'un enjeu soit atteint par un bloc, ainsi que l'énergie et la hauteur maximale de ceux-ci au niveau des enjeux.

L'évaluation économique du rôle de la forêt sera réalisée selon 2 axes :

- Établissement d'une **base de données du coût des interventions de génie civil ou biologique** actuellement pratiquées dans les forêts à but de protection contre les chutes de pierres et les avalanches. Pour les ouvrages de génie civil, les coûts feront la distinction investissement et d'entretien.

- **Évaluation de la valeur de protection contre les chutes de bloc de la forêt.** Elle sera basée sur 6 chantiers pilotes concernés par l'aléa chute de blocs.

Résultats attendus

Dans le cas de l'aléa chute de pierre, ces deux axes permettront :

- la **comparaison économique** d'une protection réalisée par « **génie biologique** », ou par **génie civil** ou par combinaison des deux.

- **l'évaluation du bénéfice** pour la société **induit par des interventions en forêt de protection** contre les chutes de blocs.

- **l'élaboration d'une méthode d'évaluation de la rentabilité des interventions en forêt pour l'aléa chute de pierre.**

Méthode retenue pour l'évaluation de services environnementaux

En matière d'évaluation économique des biens ou des services environnementaux, seules les méthodes de l'analyse conjointe ou de l'analyse contingente permettent une évaluation totale comprenant à la fois la valeur d'usage et de non-usage. Ces deux méthodes reposent sur le consentement à payer d'un échantillon de personnes. Elles ont comme principal inconvénient d'être très chères.

Dans le cadre de ce programme Interreg, ces méthodes auraient dû être mises en œuvre par pays partenaire, ce qui aurait multiplié par 3 le coût. Par ailleurs, il n'est pas nécessaire pour mesurer l'intérêt d'une intervention en forêt d'estimer la valeur de non-usage (leg, convenance).

La méthode retenue appartient à la catégorie très générale de l'analyse coût-bénéfice. Elle peut se décliner en 2 sous-méthodes : celle des coûts de substitution et celle des coûts évités. Souvent confondues, elles se distinguent par leur approche :

- Approche « aléa » :

Elle repose sur le choix d'un niveau de risque contre lequel on veut se protéger et en fonction duquel on compare des scénarios (génie civil contre génie biologique par exemple) La méthode économique adaptée à ce type de calcul est celle des coûts de substitution.

- Approche « enjeux » :

Elle repose sur le calcul de la réduction des dommages sur les enjeux (vie humaine, habitations, voies de circulations, etc.) suite aux mesures de protection. La méthode économique adaptée à ce type de calcul sera celle des coûts évités. Le calcul sera réalisé en faisant l'hypothèse que la vulnérabilité et l'importance des enjeux restent constantes : pas d'augmentation ou de diminution de la vulnérabilité en fonction des changements climatiques, pas d'augmentation d'enjeux suite à la mise en œuvre de mesures de protection.

1 Démarche et méthodologie

1.1 Établissement des bases de données de coût

1.1.1 Bases de données des coûts de génie civil

Les données de coût d'installation et entretien des ouvrages de génie civil sont issues de trois sources distinctes :

- Des données réelles issues de chantiers réalisés dans le passé (données essentiellement disponible pour la Suisse)
- Résultats du projet Interreg IIIa RiskYdrogéo réalisé en 2006
- Dire d'expert du service RTM de l'ONF

1.1.2 Bases de données des coûts d'intervention en forêt de protection

Les chantiers réalisés au sein du projet Interreg ont tous fait l'objet d'un suivi économique précis permettant de ventiler le temps passé aux diverses activités mises en place ainsi que leurs coûts associés. À ces chantiers s'ajoutent de plus vieux dont les éléments de temps et de coût sont connus.

Un outil a été développé sur Excel afin de renseigner ou modifier les données d'un chantier et obtenir le récapitulatif des coûts par chantier ou par pays. Il est ainsi possible de continuer à renseigner cette base de données dans le futur afin d'obtenir des fourchettes de coût de plus en plus précises.

1.2 Étude économique par site

Le schéma ci-contre permet d'identifier les principales étapes de la démarche suivie pour effectuer l'étude économique.

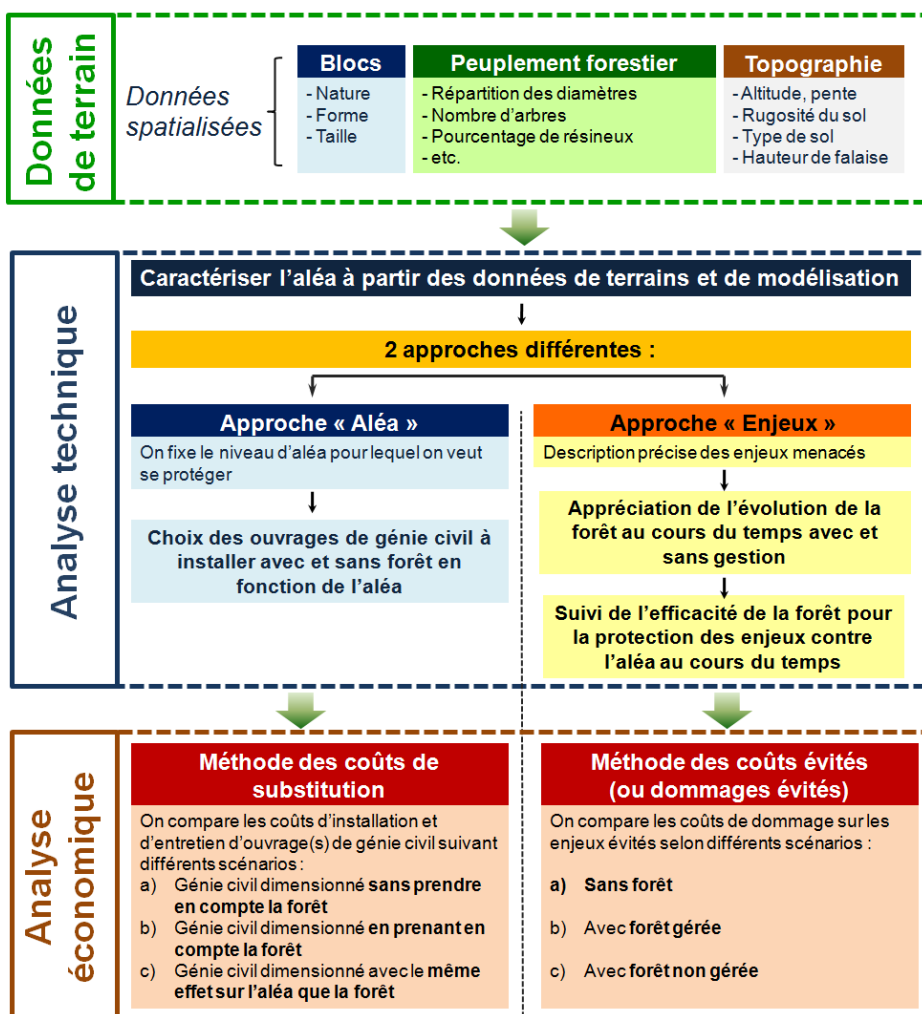
Celle-ci se décompose ainsi en trois phases :

- **Phase de terrain** : qui permet de collecter toutes les données indispensables à l'étude
- **Phase d'analyse technique** : en suivant les 2 approches exposées en introduction
- **Phase d'analyse économique** : toujours en fonction des deux approches.

Plusieurs classeurs de calcul ont été réalisés sous Excel afin de faciliter et d'accélérer les différentes étapes de la méthodologie.

Remarque :

Un document méthodologique décrit plus précisément les différentes étapes suivies ainsi que les hypothèses faites lors de l'étude.



2 Base de données des coûts

2.1 Interventions en forêt de protection

Les données des tableaux suivants correspondent à la base de données mise à jour le 14 juin 2011. Cela représente 33 chantiers (15 suisses, 15 français et 3 italiens). Certains chantiers n'étant encore pas terminés, leurs données n'ont alors pas été rentrées.

2.1.1 Résultats bruts

2.1.1.1 Productivité observée sur l'ensemble des trois pays :

Le tableau suivant récapitule la productivité observée suivant différentes activités pour les trois pays concernés. Cela correspond donc à 33 chantiers. Certaines activités ne concernent cependant qu'un chantier (celle avec un coefficient de variation (CV) de 0%).

Type	Code	Description activité	Productivité				
			Unité	Min	Moyenne	Max	CV
0 - Infrastructure	0021	Remise en état de l'infrastructure existante	ml/h	89.1	108.8	128.6	18%
	0031	Aménagement place à bois	ha/h	0.0037	0.0037	0.0037	0%
	0041	Aménagement de banquettes - bermes	ha/h	0.001	0.002	0.004	47%
	0051	Construction de trépiéds	unité/h	0.1	0.2	0.3	48%
	0061	Autres travaux d'infrastructure	h	51.0	51.0	51.0	0%
1 - Travaux préparatoires et complémentaires	1011	Logistique du chantier	h	3.0	39.6	103.5	75%
	1021	Nettoyage du terrain, débroussaillage - Manuel	ha/h	0.001	0.007	0.017	73%
	1031	Coordination du chantier : piquetage - martelage - marquage peinture	ha/h	0.02	0.89	12.00	335%
	1041	Remise en état des sentiers - Manuel	ml/h	2.0	2.0	2.0	0%
	1051	Constructions de nouveaux sentiers - Manuel	ml/h	4.2	4.2	4.2	0%
	1061	Sécurisation du chantier	h	1.0	33.5	143.5	161%
	1071	Autres travaux préparatoires	h	4.0	28.4	66.0	92%
2 - Renouveaulement (régénération)	2021	Plantations en godets ou en pots	plant/h	5.0	13.3	23.8	46%
	2041	Travail du sol (écroutage) - Mécanisé	ha/h	0.005	0.005	0.005	0%
	2041	Semer des graines	ha/h	0.005	0.005	0.005	0%
	2051	Protection individuelle du rajeunissement - Physique	arbre/h	7.5	58.1	144.0	97%
	2061	Lutte contre la concurrence herbacée et arbustive	ha/h	0.004	0.004	0.004	0%
3 - Jeunes peuplements (h < 10m)	3031	Soins ou formation de collectifs - En plein	ha/h	0.010	0.010	0.010	0%
	3032	Soins ou formation de collectifs - Sélectif	ha/h	0.007	0.012	0.021	48%
4 - Coupe avec bois laissé sur place	4011	Abattage - ébranchage - débitage - Manuel	m3/h	0.4	1.3	4.7	87%
	4021	Ecorçage (zone sensible bostryche typo.)	arbre/h	1.8	1.8	1.8	0%
	4031	Striage	arbre/h	1.1	1.8	2.5	30%
	4041	Mise en place et ancrage des bois	arbre/h	0.4	1.2	3.0	74%
	4051	Mise en tas et andainage des branches	ha/h	0.01	0.06	0.38	199%
	4061	Autres travaux (bois laissé sur place)	h	7.0	15.5	24.0	55%
5 - Coupe réalisée par un prestataire avec commercialisation des bois	5011	Abattage - ébranchage - débitage - Manuel	m3/h	0.5	1.3	4.0	74%
	5021	Abattage - Manuel	m3/h	3.8	3.9	4.0	2%
	5031	Ebranchage - débitage - Mécanisé	m3/h	11.6	12.1	12.5	3%
	5071	Débardage (entreprise) - Tracteur	m3/h	2.2	3.0	4.1	21%
	5081	Débardage (entreprise) - Câble - grue < 500 mètres	m3/h	1.3	5.6	14.2	71%
	5091	Câble - grue (entreprise) < 500 mètres - Montage de ligne	h/ligne	12.0	25.4	45.0	39%
	5101	Câble - grue (entreprise) < 500 mètres - Démontage de ligne	h/ligne	4.0	13.2	25.0	46%
	5111	Débardage (entreprise) - Câble - grue > 500 mètres	m3/h	4.8	7.8	13.2	47%
	5121	Câble - grue (entreprise) > 500 mètres - Montage de ligne	h/ligne	17.0	56.9	120.0	59%
	5131	Câble - grue (entreprise) > 500 mètres - Démontage de ligne	h/ligne	10.0	32.3	72.0	61%
	5141	Débardage (entreprise) - Hélicoptère	m3/h	16.2	32.3	50.4	39%
	5151	Mise en tas et andainage des branches - Manuel	ha/h	0.006	0.014	0.025	47%
	5152	Mise en tas et andainage des branches - Mécanisé	ha/h	0.05	0.12	0.18	45%
5161	Remise en état des lieux (après chantier) - Manuel	ha/h	0.044	0.044	0.044	0%	
6 - Coupe réalisée en régie avec commercialisation des bois	6011	Abattage - ébranchage - débitage - Manuel	m3/h	0.8	0.9	1.1	9%

2.1.1.2 Productivités et coûts observés en France (15 chantiers)

Type	Code	Description activité	Productivité					Coût unitaire				
			Unité	Min	Moyenne	Max	CV	Unité	Min	Moyen	Max	CV
0 - Infrastructure	0021	Remise en état de l'infrastructure existante	ml/h	89.1	108.8	128.6	18%	€/ml	0.24	0.29	0.35	18%
	0041	Aménagement de banquettes - bermes	ha/h	0.001	0.002	0.004	47%	€/ha	8517	19043	29756	35%
	0051	Construction de trépiéds	unité/h	0.1	0.2	0.3	50%	€/unité	121	277	396	35%
	0061	Autres travaux d'infrastructure	h	51.0	51.0	51.0	0%	€	1581	1581	1581	0%
1 - Travaux préparatoires et complémentaires	1011	Logistique du chantier	h	9.0	37.2	92.0	71%	€	315	1213	2882	68%
	1021	Nettoyage du terrain, débroussaillage - Manuel	ha/h	0.001	0.007	0.017	73%	€/ha	2226	9454	28607	82%
	1031	Coordination du chantier : piquetage - martelage - marquage peinture	ha/h	0.02	1.29	12.00	276%	€/ha	95	811	1849	74%
	1041	Remise en état des sentiers - Manuel	ml/h	2.0	2.0	2.0	0%	€/ml	68	68	68	0%
	1051	Constructions de nouveaux sentiers - Manuel	ml/h	4.2	4.2	4.2	0%	€/ml	7	7	7	0%
	1061	Sécurisation du chantier	h	1.0	24.0	137.0	193%	€	31	1272	4678	145%
	1071	Autres travaux préparatoires	h	4.0	28.4	66.0	92%	€	134	903	2094	86%
2 - Régénération (renouvellement)	2021	Plantations en godets ou en pots	plant/h	5.0	13.3	23.8	49%	€/plant	2	4.8	10.2	56%
	2041	Travail du sol (écroutage) - Mécanisé	ha/h	0.005	0.005	0.005	0%	€/ha	10842	10842	10842	0%
	2041	Semer des graines	ha/h	0.005	0.005	0.005	0%	€/ha	10842	10842	10842	0%
	2051	Protection individuelle du rajeunissement - Physique	arbre/h	7.5	29.5	72.6	103%	€/arbre	2	4.9	9.0	60%
	2061	Lutte contre la concurrence herbacée et arbustive	ha/h	0.004	0.004	0.004	0%	€/ha	8502	8502	8502	0%
4 - Coupe avec bois laissé sur place	4011	Abattage - ébranchage - débitage - Manuel	m3/h	0.4	1.3	3.2	58%	€/m3	14	41	84	48%
	4031	Striage	arbre/h	1.1	1.5	1.9	25%	€/arbre	20	26	33	25%
	4041	Mise en place et ancrage des bois	arbre/h	0.4	1.2	3.0	74%	€/arbre	15	51	92	46%
	4051	Mise en tas et andainage des branches	ha/h	0.01	0.06	0.38	199%	€/ha	89	3723	6896	55%
	4061	Autres travaux (bois laissé sur place)	h	7.0	15.5	24.0	55%	€	6	437	868	99%
5 - Coupe réalisée par un prestataire avec commercialisation des bois	5011	Abattage - ébranchage - débitage - Manuel	m3/h	1.1	1.2	1.3	7%	€/m3	40	72	104	44%
	5071	Débardage (entreprise) - Tracteur	m3/h	4.1	4.1	4.1	0%	€/m3	64	64	64	0%
	5151	Mise en tas et andainage des branches - Manuel	ha/h	0.014	0.014	0.014	2%	€/ha	3161	7212	11263	56%

 2.1.1.3 Productivités et coûts observés en Suisse (15 chantiers)

Type	Code	Description activité	Productivité					Coût unitaire				
			Unité	Min	Moyenne	Max	CV	Unité	Min	Moyen	Max	CV
0 - Infrastructure	0031	Aménagement place à bois	ha/h	0.0037	0.0037	0.0037	0%	CHF/ha	52380	52380	52380	0%
1 - Travaux préparatoires et complémentaires	1011	Logistique du chantier	h	103.5	103.5	103.5	0%	CHF	8143	8143	8143	0%
	1031	Coordination du chantier : piquetage - martelage - marquage peinture	ha/h	0.06	0.08	0.13	35%	CHF/ha	431	1323	2112	52%
	1061	Sécurisation du chantier	h	143.5	143.5	143.5	0%	CHF	26814	26814	26814	0%
2 - Renouvellement (régénération)	2021	Plantations en godets ou en pots	plant/h	13.8	13.8	13.8	0%	CHF/plant	5	5.3	5.3	0%
	2051	Protection individuelle du rajeunissement - Physique	arbre/h	144.0	144.0	144.0	0%	CHF/arbre	900	900.0	900.0	0%
3 - Jeune peuplement (H < 10 m)	3031	Soins ou formation de collectifs - En plein	ha/h	0.01	0.01	0.01	0%	CHF/ha	5002	5002	5002	0%
	3032	Soins ou formation de collectifs - Sélectif	ha/h	0.007	0.012	0.021	48%	CHF/ha	2127	5000	7602	46%
4 - Coupe avec bois laissé sur place	4011	Abattage - ébranchage - débitage - Manuel	m3/h	0.5	0.7	0.9	20%	CHF/m3	70	90	108	16%
	4031	Striage	arbre/h	2.5	2.5	2.5	0%	CHF/arbre	28	28	28	0%
5 - Coupe réalisée par un prestataire avec commercialisation des bois	5011	Abattage - ébranchage - débitage - Manuel	m3/h	0.5	1.3	4.0	87%	CHF/m3	15	78	176	59%
	5021	Abattage - Manuel	m3/h	3.8	3.9	4.0	2%	CHF/m3	34	34	35	1%
	5031	Ebranchage - débitage - Mécanisé	m3/h	11.6	12.1	12.5	3%	CHF/m3	26	30	33	12%
	5071	Débardage (entreprise) - Tracteur	m3/h	2.2	2.8	3.2	14%	CHF/m3	64	67	70	4%
	5081	Débardage (entreprise) - Câble - grue < 500 mètres	m3/h	1.3	5.6	14.2	71%	CHF/m3	33	66	99	30%
	5091	Câble - grue (entreprise) < 500 mètres - Montage de ligne	h/ligne	12.0	25.4	45.0	39%	CHF/ligne	848	1492	2475	31%
	5101	Câble - grue (entreprise) < 500 mètres - Démontage de ligne	h/ligne	4.0	13.2	25.0	46%	CHF/ligne	424	749	1375	37%
	5111	Débardage (entreprise) - Câble - grue > 500 mètres	m3/h	4.8	8.2	13.2	46%	CHF/m3	36	59	77	26%
	5121	Câble - grue (entreprise) > 500 mètres - Montage de ligne	h/ligne	17.0	44.3	72.0	44%	CHF/ligne	3300	4740	6600	23%
	5131	Câble - grue (entreprise) > 500 mètres - Démontage de ligne	h/ligne	10.0	24.3	36.0	37%	CHF/ligne	1650	2779	4092	33%
	5141	Débardage (entreprise) - Hélicoptère	m3/h	16.2	32.3	50.4	39%	CHF/m3	77	134	229	43%
6 - Coupe réalisée en régie avec commercialisation des bois	5151	Mise en tas et andainage des branches - Manuel	ha/h	0.006	0.015	0.025	63%	CHF/ha	5437	8113	10790	33%
	5152	Mise en tas et andainage des branches - Mécanisé	ha/h	0.05	0.12	0.18	45%	CHF/ha	1872	3441	6240	58%
	5161	Remise en état des lieux (après chantier) - Manuel	ha/h	0.04	0.04	0.04	0%	CHF/ha	3091	3091	3091	0%

2.1.2 Discussion sur les résultats

De manière générale, les tableaux précédents sont donnés à titre informatif. Ils ne constituent cependant qu'un état des lieux partiel pour les raisons exposées ci-dessous.

2.1.2.1 Paramètres influençant les résultats et nombre de chantiers renseignés

Malgré le fait que certains paramètres furent notés lors des suivis de chantier (pente, météo, accessibilité, etc...), le nombre de chantiers où les données de coût ont été relevées reste trop faible pour effectuer une analyse statistique assez robuste pour assurer avec certitude que tel ou tel paramètre provoque une augmentation des coûts.

Il faudrait, pour réaliser une étude sérieuse, avoir des données sur une centaine de chantier par code d'activité.

Une base de données sous Excel a ainsi été créée. Il est alors très aisé de renseigner ou modifier un nouveau chantier ou encore obtenir un récapitulatif par chantier ou par pays. Si l'effort de renseigner de nouveaux chantiers est fait dans un avenir proche, l'analyse statistique spécifiée plus haut sera possible en utilisant directement les données entrées dans cet outil.

2.1.2.2 Détails des activités

Le tableau des activités choisies pour effectuer la base de données des coûts est certainement modifiable afin de faciliter le suivi directement sur le terrain. Les modifications souhaitables sont listées ci-dessous :

- Bien **spécifier le type d'unité correspondant à chaque activité**. Ceci a été fait pour la base de données réalisée ici mais les agents de terrain doivent en avoir conscience.
- **Supprimer les activités non listées**, en effet, elles seront trop rares pour effectuer une analyse statistique dessus.
- **Différencier temps de personnel et temps de machine**. Il est beaucoup plus intéressant de connaître la productivité des machines (tracteur, câble, hélicoptère, abatteuse, etc.) que le nombre d'heures de l'équipe nécessaires pour faire tourner la machine. Le coût de la main d'œuvre sera par contre ajouté à celui de la machine. Le temps passé à l'entretien quotidien doit aussi être intégré dans « le temps machine ».
- **L'activité manutention des bois doit être ajoutée**. Cette activité n'est en effet pas négligeable dans le coût final d'exploitation des bois de montagne. Il n'est en effet pas rare lors de débardage par câble par exemple de voir un tracteur trier les bois à leur arrivée.
- De façon générale, **le suivi des chantiers pourrait être simplifié de manière à ce que les ouvriers remplissent chaque soir les activités** qu'ils ont réalisées dans la journée comme cela se passe dans la plupart des triages suisses. Le nombre d'activités est alors restreint.

2.2 Implantation et entretien des ouvrages de génie civil

2.2.1 Résultats

2.2.1.1 Frais d'implantation

Le tableau suivant donne des fourchettes de coûts en France et en Suisse en fonction des classes (de la norme européenne ETAG) de filets pare-blocs :

Classe de filets selon différentes normes	Norme européenne (ETAG 2008)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Norme française (NF-P- 95-308)	1 - 2	3	4	5	6	7	8	9	9	9
Norme italienne	-	1	2	3	4	5	6	7	7	7
Norme suisse	1	2	3	4 - 5	6	7	8	9	9	9
Energie absorbée	Niveau d'énergie de service [KJ]	-	85	170	330	500	660	1 000	1 500	> 1 500
	Niveau d'énergie maximal [KJ]	100	250	500	1 000	1 500	2 000	3 000	4 500	> 4 500
Tarif de fourniture + pose en France (source : Interreg IIIa RiskYdrogéo, 2006)	Prix minimum observé [€/ml]	140	230	300	400	600	600	620	1 000	1 500
	Prix maximum observé [€/ml]	230	400	400	600	700	950	1 000	1 600	1 800
Tarif de fourniture + pose en Suisse (source : analyse de 50 chantiers suisses)	Prix minimum observé [€/ml]	160	330	430	460	480	1 160	1 580	-	2 290
	Prix maximum observé [€/ml]	200	510	550	560	1 500	1 380	1 680	-	2 900

Le tarif de fourniture est généralement stable, seuls les coûts de pose varient beaucoup en fonction des opérations nécessaires à la mise en place de l'ouvrage (hélicoptage du matériel, forage dans la roche, etc.).

2.2.1.2 Frais d'entretien

Les frais d'entretien des ouvrages de génie civil représentent une part considérable des frais totaux associés à cette mesure de protection. Pour donner un ordre d'idée, pour les six chantiers étudiés les frais d'entretien correspondaient à entre 13 % et 58 % des frais totaux sur une période de 100 ans.

Ils dépendent essentiellement des facteurs suivants (triés du plus au moins cher) :

- **Fréquence d'arrivée des blocs :**
Elle détermine la fréquence des purges à réaliser ainsi que la fréquence de remplacements de pièce
- **Longueur installée :**
Elle influence la surface à débroussailler ainsi que le temps nécessaire aux contrôles de sécurité.

Plus de précisions sur ces frais sont disponibles dans le document présentant les résultats par chantier.

2.2.2 Discussions

De la même façon que pour les chantiers sylvicoles, il serait intéressant de tenir une base de données des coûts associés aux ouvrages de génie civil. Cette base de données pourrait s'intéresser aux postes du tableau suivant et renseignerait pour chaque ouvrage de son implantation jusqu'à son remplacement ou démontage :

Renseignement sur l'ouvrage :


- Lieu, type de roche, facilité d'installation
- Classe ETAG
- Hauteur et longueur

	Année	Description de l'activité	Unité	Temps passé à l'activité	Coût total
Implantation		Fourniture du matériel	ml	-	
		Pose du matériel	ml		
Entretien		Contrôle annuel	-		
		Contrôle et rédaction de procès-verbal	-		
		Débroussaillage	ha		
		Purge	m ³		
		Remplacement de pièce	-		

3 Résultats par site d'étude

Les résultats pour chacun des sites étudiés seront exposés dans cette partie à titre d'exemple. Le document « Résultats détaillés de l'étude économique par site » permet d'obtenir plus de détails pour chaque site.


3.1 Site de Bellevaux – La Mèche – France – Haute-Savoie



**ACTION 2.4.1 -
ÉTUDE ÉCONOMIQUE**

LOCALISATION ET INFORMATIONS GÉNÉRALES

Nom du site : Bellevaux
 Pays : France
 Partenaire : Haut-Chablais
 Surface : 6 ha
 Type de propriété : Privée



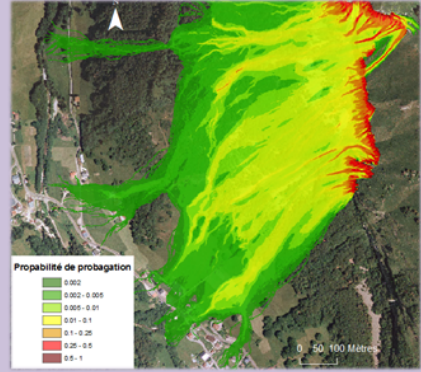
ANALYSE TECHNIQUE

ALÉA ET ENJEUX

Volume moyen des blocs : 0.8 m³
 Pente : 30 à 70 °
 Hauteur maximale de falaise : 100 m

Liste des enjeux menacés :

Bâtiments :	
Nombre de bâtiments	22
Nombre de vies humaines menacées en moyenne	50
Route :	
Longueur	420 m
Trafic automobile journalier moyen	300
Trafic autobus journalier moyen	2
Vitesse autorisée sur le tronçon	50 km/h



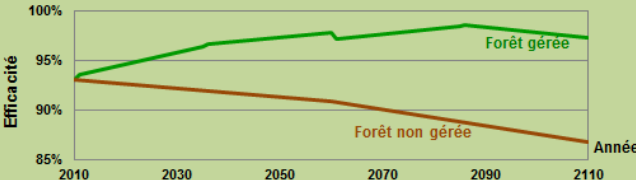
FORÊT ET SYLVICULTURE

Type de peuplement majoritaire : Taillis
 Essence principale : Hêtre
 Longueur de la bande boisée : 200 à 500 m
 Stabilité : globalement satisfaisante
 État sanitaire : satisfaisant
 Régénération : insuffisante

Objectif de la gestion forestière :

- améliorer le rôle protecteur de la forêt
- assurer le renouvellement du peuplement

Efficacité de la forêt contre les chutes de blocs

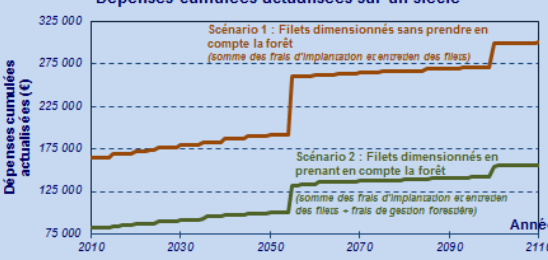


Coût du scénario sylvicole envisagé sur la période de calcul d'un siècle : **50 €/ha.an**

ANALYSE ECONOMIQUE

APPROCHE ALÉA : METHODE DES COÛTS DE SUBSTITUTION

Dépenses cumulées actualisées sur un siècle



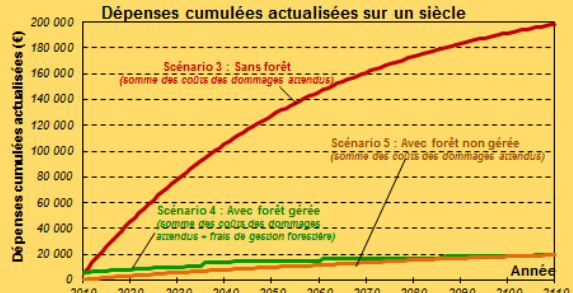
Valeur de protection contre les chute de blocs: **52 600 €/ha**

Bénéfice pour la société du dimensionnement des filets en prenant en compte la forêt : **3 350 €/an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

APPROCHE ENJEU : METHODE DES COÛTS ÉVITÉS

Dépenses cumulées actualisées sur un siècle




Valeur de protection contre les chute de blocs: **34 700 €/ha**

Bénéfice pour la société procuré par la gestion forestière (réduction des dommages possibles) : **0 €/ha.an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

CONCLUSION

- La gestion forestière peut être autofinancée par la réduction des dommages attendus sur les enjeux.
- Sur ce site la forêt en elle-même est une mesure de protection satisfaisante. La mise en place d'ouvrages de génie civil constitue en effet un surcoût très important (7 000 €/an) comparé aux frais liés à une bonne gestion de la forêt (300 €/an).




Auteur : Sylvain DUPIRE, Ingénieur forestier
Laboratoire d'économie forestière, AgroParisTech-ENGREF
Juin 2011

Sylvain Dupire – 2011. LEF – AgroParisTech – ENGREF, Nancy

8


3.2 Site de Fontaine – France – Isère



**ACTION 2.4.1 -
ÉTUDE ÉCONOMIQUE**

LOCALISATION ET INFORMATIONS GÉNÉRALES

Nom du site : Fontaine
 Pays : France
 Partenaire : Agglomération de Grenoble
 Surface : 5 ha
 Type de propriété : Communale

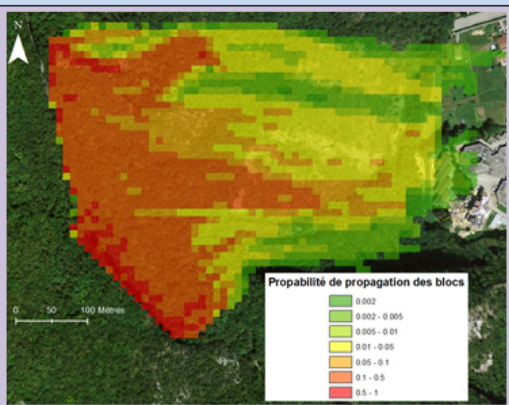


ANALYSE TECHNIQUE

ALÉA ET ENJEUX

Volume moyen des blocs : 0.6 m³
 Pente : 40 à 70 °
 Hauteur maximale de falaise : 55 m
 Enjeux menacé :

Bâtiments :	
Nombre de bâtiments	1 Lycée
Nombre de vies humaines menacées en moyenne	225



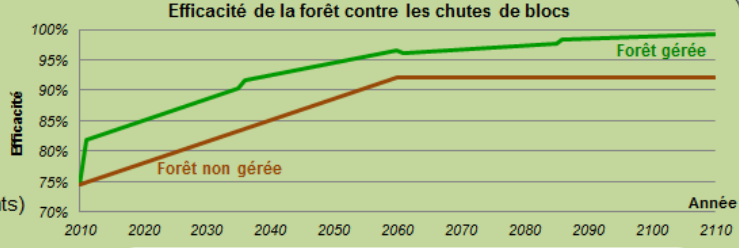
FORÊT ET SYLVICULTURE

Type de peuplement majoritaire : Taillis
 Essences principales : Chêne, frêne, tilleul et hêtre
 Longueur de la bande boisée : 210 m
 Stabilité : globalement satisfaisante
 État sanitaire : satisfaisant
 Régénération : insuffisante (fragon et buis envahissants)

Objectif de la gestion forestière :

- Augmenter le diamètre moyen des arbres en place
- assurer le renouvellement du peuplement

Efficacité de la forêt contre les chutes de blocs

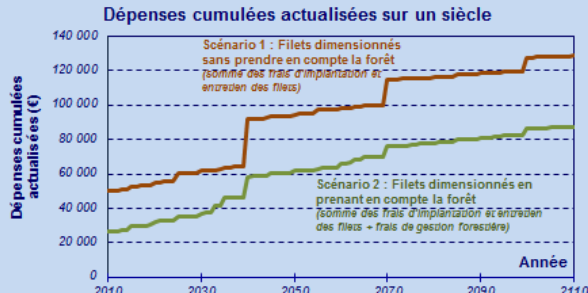


Coût du scénario sylvicole envisagé sur la période de calcul d'un siècle : 76 €/ha.an

ANALYSE ECONOMIQUE

APPROCHE ALÉA : METHODE DES COÛTS DE SUBSTITUTION

Dépenses cumulées actualisées sur un siècle



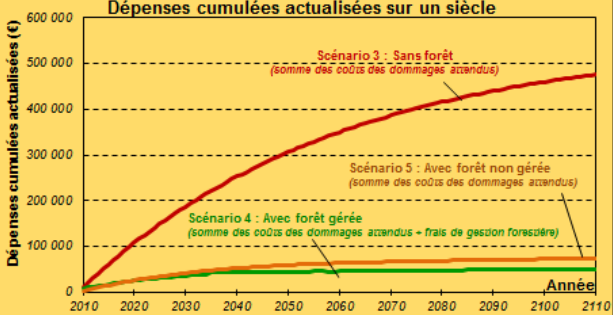
Valeur de protection contre les chute de blocs: **21 000 €/ha**

Bénéfice pour la société du dimensionnement des filets en prenant en compte la forêt : **960 €/an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

APPROCHE ENJEU : METHODE DES COÛTS ÉVITÉS

Dépenses cumulées actualisées sur un siècle




Valeur de protection contre les chute de blocs: **99 200 €/ha**

Bénéfice pour la société procuré par la gestion forestière (réduction des dommages possibles) : **125 €/ha.an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

CONCLUSION

- La gestion forestière peut être autofinancée par la réduction des dommages attendus sur les enjeux.
- L'importance de l'enjeu à protéger va dans le sens d'une protection complémentaire entre génie civil et gestion forestière



© 2011. LEF – AgroParisTech – ENGREF, Nancy

Auteur : Sylvain DUPIRE, ingénieur forestier
 Laboratoire d'économie forestière, AgroParisTech-ENGREF
 Juin 2011

Sylvain Dupire – 2011. LEF – AgroParisTech – ENGREF, Nancy

9

3.3 Site de Grignon – France – Savoie



ACTION 2.4.1 - ÉTUDE ÉCONOMIQUE

LOCALISATION ET INFORMATIONS GÉNÉRALES

Nom du site : Grignon
 Pays : France
 Partenaire : Arlysère
 Surface : 6.4 ha
 Type de propriété : Communale et privée

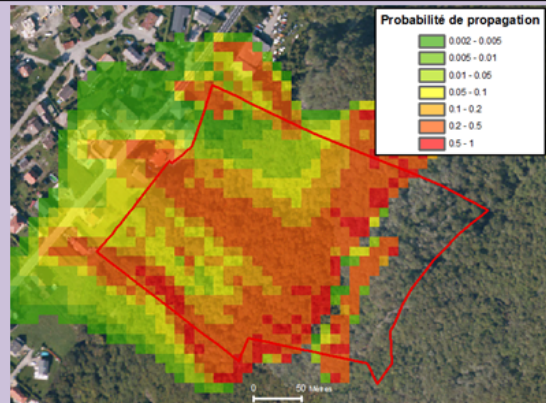


ANALYSE TECHNIQUE

ALÉA ET ENJEUX

Volume moyen des blocs : 0.5 m³
 Pente : 40 à 50 °
 Hauteur maximale de falaise : 5 m
 Liste des enjeux menacés :

Bâtiments :	
Nombre de bâtiments	10
Nombre de vies humaines menacées en moyenne	36
Route :	
Longueur	240 m
Trafic automobile journalier moyen	4500
Trafic autobus journalier moyen	10
Vitesse autorisée sur le tronçon	50 km/h



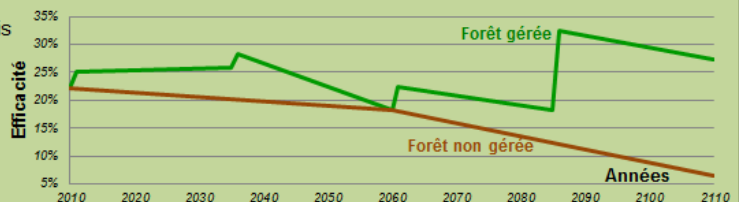
FORÊT ET SYLVICULTURE

Type de peuplement majoritaire : Francs pieds et taillis
 Essence principale : Chêne, châtaignier et charme
 Longueur de la bande boisée : 350 m
 Stabilité : globalement satisfaisante
 État sanitaire : satisfaisant
 Régénération : insuffisante

Objectif de la gestion forestière :

- améliorer le rôle protecteur de la forêt (augmentation des diamètres)
- assurer le renouvellement du peuplement

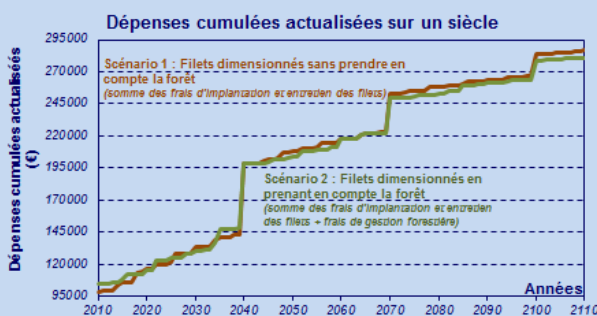
Efficacité de la forêt contre les chutes de blocs



Coût du scénario sylvicole envisagé sur la période de calcul d'un siècle : **120 €/ha.an**

ANALYSE ECONOMIQUE

APPROCHE ALÉA : METHODE DES COÛTS DE SUBSTITUTION

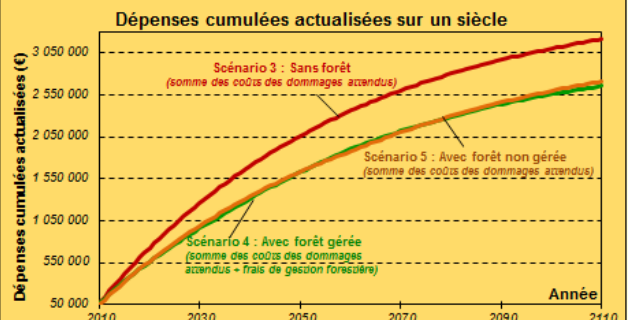


Valeur de protection contre les chute de blocs: **40 715 €/ha**

Bénéfice pour la société du dimensionnement des filets en prenant en compte la forêt : **140 €/an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

APPROCHE ENJEU : METHODE DES COÛTS ÉVITÉS



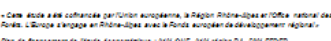
Valeur de protection contre les chute de blocs: **88 600 €/ha**

Bénéfice pour la société procuré par la gestion forestière (réduction des dommages possibles) : **180 €/ha.an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

CONCLUSION

- La gestion forestière peut être autofinancée par la réduction des dommages attendus sur les enjeux ou par la réduction du coût d'implantation et d'entretien des filets s'ils sont dimensionnés en prenant en compte la forêt.
- L'étendue des enjeux à protéger vont dans le sens d'une protection complémentaire entre génie civil et gestion forestière. Ce type de scénario coûterait environ 6 500 €/an



Auteur : Sylvain DUPIRE, Ingénieur forestier
 Laboratoire d'économie forestière, AgroParisTech-ENGREF
 Juin 2011

3.4 Site de Lioutré – France – Haute-Savoie



ACTION 2.4.1 - ÉTUDE ÉCONOMIQUE

LOCALISATION ET INFORMATIONS GÉNÉRALES

Nom du site : Lioutré
 Pays : France
 Partenaire : Chamonix
 Surface : 11 ha
 Type de propriété : Communale

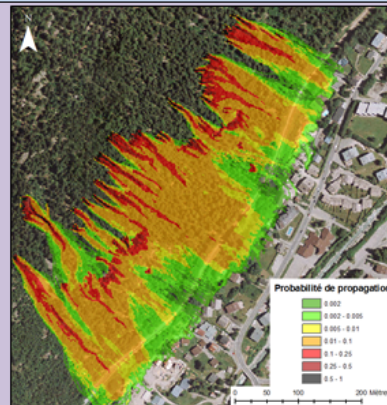


ANALYSE TECHNIQUE

ALÉA ET ENJEUX

Volume moyen des blocs : 1 m³
 Pente : 40 à 70 °
 Hauteur maximale de falaise : 130 à 250 m
 Liste des enjeux menacés :

Bâtiments :	
Nombre de bâtiments	20
Nombre de vies humaines menacées en moyenne	110
Voie ferrée et train :	
Longueur	650 m
Nombre de trains par jour	33
Nombre de passager par an	460 000
Vitesse autorisée sur le tronçon	50 km/h



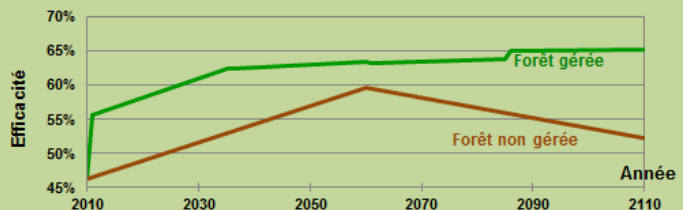
FORÊT ET SYLVICULTURE

Type de peuplement majoritaire : Futaie adulte
 Essences principales : Épicéa et mélèze
 Longueur de la bande boisée : 130 à 250 m
 Stabilité : satisfaisante sauf bordure voie ferrée
 État sanitaire : satisfaisant
 Régénération : insuffisante

Objectif de la gestion forestière :

- améliorer le rôle protecteur de la forêt / assurer la sécurité des trains
- assurer le renouvellement du peuplement

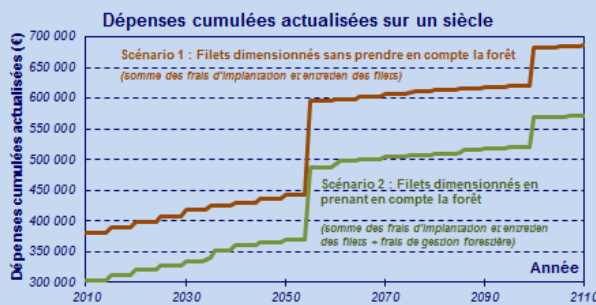
Efficacité de la forêt contre les chutes de blocs



Coût du scénario sylvicole envisagé sur la période de calcul d'un siècle : **90 €/ha.an**

ANALYSE ECONOMIQUE

APPROCHE ALÉA : METHODE DES COÛTS DE SUBSTITUTION

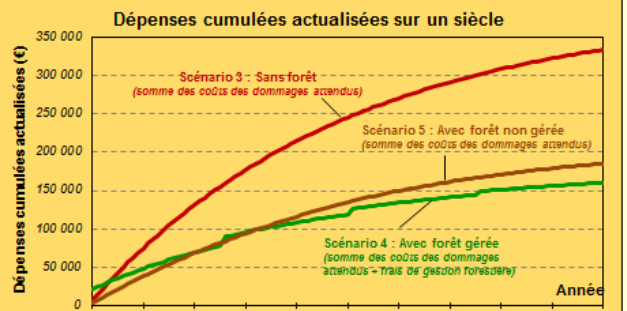


Valeur de protection contre les chute de blocs: **46 300 €/ha**

Bénéfice pour la société du dimensionnement des filets en prenant en compte la forêt: **2 650 €/an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

APPROCHE ENJEU : METHODE DES COÛTS ÉVITÉS



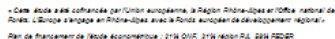
Valeur de protection contre les chute de blocs: **18 300 €/ha**

Bénéfice pour la société procuré par la gestion forestière (réduction des dommages possibles) : **53 €/ha.an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

CONCLUSION

- La gestion forestière peut être autofinancée par la réduction des dommages attendus sur les enjeux ou la diminution des dépenses en implantation et entretien d'ouvrages génie civil si la forêt est prise en compte lors de leur dimensionnement.
- La gestion forestière dans un but d'améliorer la fonction de protection du peuplement est justifiée lorsque les enjeux s'étendent sur un linéaire important



Auteur : Sylvain DUPIRE, Ingénieur forestier
 Laboratoire d'économie forestière, AgroParisTech-ENGREF
 Juin 2011

3.5 Site de Morgex – Italie – Vallée d'Aoste



ACTION 2.4.1 - ÉTUDE ÉCONOMIQUE

LOCALISATION ET INFORMATIONS GÉNÉRALES

Nom du site : Morgex
 Pays : Italie
 Partenaire : Vallée d'Aoste
 Surface : 5.3 ha
 Type de propriété : Communale

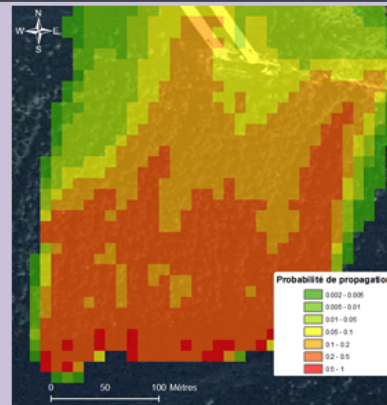


ANALYSE TECHNIQUE

ALÉA ET ENJEUX

Volume moyen des blocs : 0.3 m³
 Pente : 27 à 53 °
 Hauteur maximale de falaise : 35 m
 Liste des enjeux menacés :

Route (autoroute) :	
Longueur	37 m
Trafic automobile journalier moyen	9217
Trafic autobus journalier moyen	59
Vitesse autorisée sur le tronçon	110 km/h

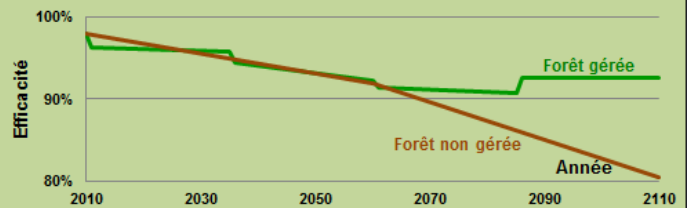


FORÊT ET SYLVICULTURE

Type de peuplement majoritaire : Futaie
 Essences principales : Sapin pectiné, épicéa, mélèze
 Longueur de la bande boisée : 275m
 Stabilité : globalement satisfaisante
 État sanitaire : satisfaisant
 Régénération : insuffisante

Objectif de la gestion forestière :
 - améliorer le rôle protecteur de la forêt
 - assurer le renouvellement du peuplement

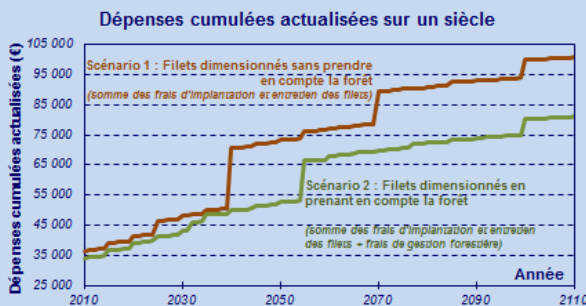
Efficacité de la forêt contre les chutes de blocs



Coût du scénario sylvicole envisagé sur la période de calcul d'un siècle : **19 €/ha.an**

ANALYSE ECONOMIQUE

APPROCHE ALÉA : METHODE DES COÛTS DE SUBSTITUTION

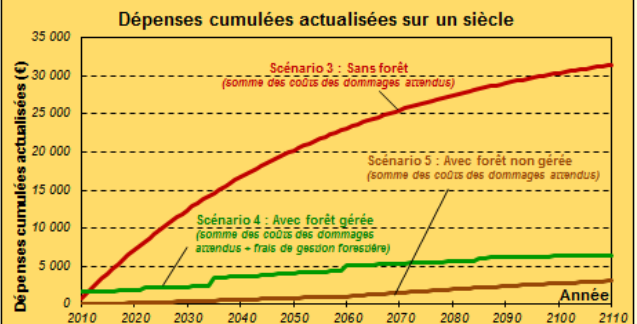


Valeur de protection contre les chute de blocs: **17 855 €/ha**

Bénéfice pour la société du dimensionnement des filets en prenant en compte la forêt : **460 €/an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

APPROCHE ENJEU : METHODE DES COÛTS ÉVITÉS



Valeur de protection contre les chute de blocs: **5 500 €/ha**

Bénéfice pour la société procuré par la gestion forestière (réduction des dommages possibles) : **- 15 €/ha.an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

CONCLUSION

- Lorsque la valeur des enjeux à protéger est très faible, les dépenses liées aux mesures de protection en génie civil ou biologique (si on n'intègre aucune vente de bois) ne sont pas justifiées économiquement.
- La gestion de la forêt permet cependant de conserver un bon état sanitaire et une bonne stabilité du peuplement au fil du temps qui réduit le risque de grosse perturbation (tempête, bostryche...)



Cette étude a été cofinancée par l'Union européenne, la Région Rhône-Alpes et l'Office national des Forêts. Le Centre de recherche et d'innovation de la Vallée d'Aoste a financé le développement de ce projet. Plan de financement de l'étude économique : 2116 01/5, 2116 Région-RA, 2216 ENGREF

Auteur : Sylvain DUPIRE, ingénieur forestier
 Laboratoire d'économie forestière, AgroParisTech-ENGREF
 Juin 2011

3.6 Site de Sarreyer – Suisse – Canton du Valais



**ACTION 2.4.1 -
ÉTUDE ÉCONOMIQUE**

LOCALISATION ET INFORMATIONS GÉNÉRALES

Nom du site : Sarreyer
 Pays : Suisse
 Partenaire : Canton du Valais
 Surface : 3.5 ha
 Type de propriété : Privée

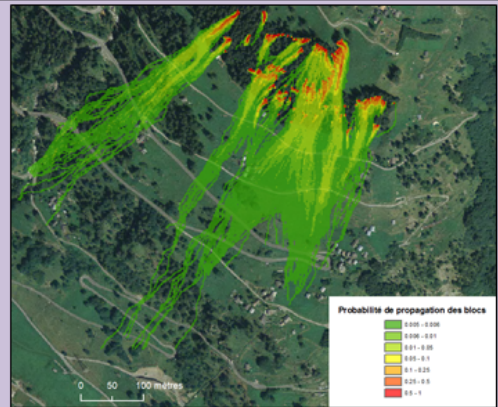


ANALYSE TECHNIQUE

ALÉA ET ENJEUX

Volume moyen des blocs : 0.25 m³
 Pente : 35 à 42 °
 Détachement des blocs depuis une multitude de mini barres rocheuses
 Liste des enjeux menacés :

Bâtiments :	
Nombre de bâtiments	18
Nombre de vies humaines menacées en moyenne	33
Route :	
Longueur	1 054 m
Trafic automobile journalier moyen	80
Trafic autobus journalier moyen	0

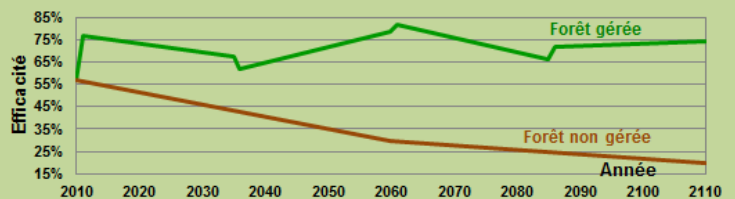


FORÊT ET SYLVICULTURE

Type de peuplement majoritaire : Jeune Futaie
 Essence principale : Epicéa
 Longueur de la bande boisée : 57 à 140 m
 Stabilité : très mauvaise (nombreux arbres dangereux)
 État sanitaire : très mauvais
 Régénération : insuffisante

Objectif de la gestion forestière :
 - améliorer le rôle protecteur de la forêt / supprimer les arbres dangereux
 - assurer le renouvellement du peuplement

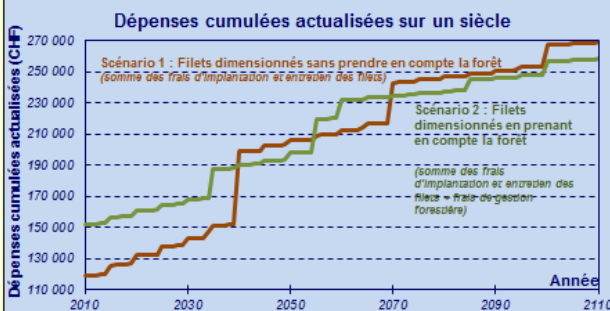
Efficacité de la forêt contre les chutes de blocs



Coût du scénario sylvicole envisagé sur la période de calcul d'un siècle : **880 CHF/ha.an**

ANALYSE ECONOMIQUE

APPROCHE ALÉA : METHODE DES COÛTS DE SUBSTITUTION

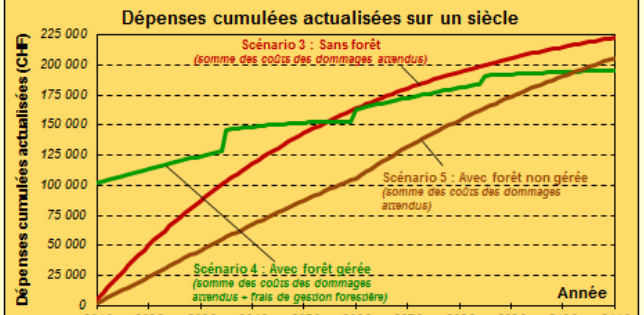


Valeur de protection contre les chute de blocs: **57 200 CHF/ha**

Bénéfice pour la société du dimensionnement des filets en prenant en compte la forêt : **260 CHF/an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

APPROCHE ENJEU : METHODE DES COÛTS ÉVITÉS



Valeur de protection contre les chute de blocs: **8 970 CHF/ha**

Bénéfice pour la société procuré par la gestion forestière (réduction des dommages possibles) : **66 CHF/ha.an**

Remarque : Valeurs calculées sur une période d'un siècle

CONCLUSION

- La forêt peut constituer un risque si on attend trop longtemps pour intervenir en forêt de protection.
- Cette attente peut conduire à des surcoûts d'intervention très importants par la suite qui mettrons longtemps à être absorbés (50 ans dans le cas présent).



Cette étude a été cofinancée par l'Union européenne, la Région Rhône-Alpes et l'Office national des forêts. Le Service Régional Rhône-Alpes ainsi que le Service régional de développement régional.

Auteur : Sylvain DUPIRE, ingénieur forestier
 Laboratoire d'économie forestière, AgroParisTech-ENGREF
 Juin 2011

4 Utilisation des résultats et de la méthodologie mise au point

4.1 Analyse globale des résultats de l'étude économique

Malgré le fait que l'étude n'ait porté que sur 6 sites distincts, il est possible de tirer quelques conclusions et de souligner des tendances à partir des résultats obtenus sur chacun d'eux.

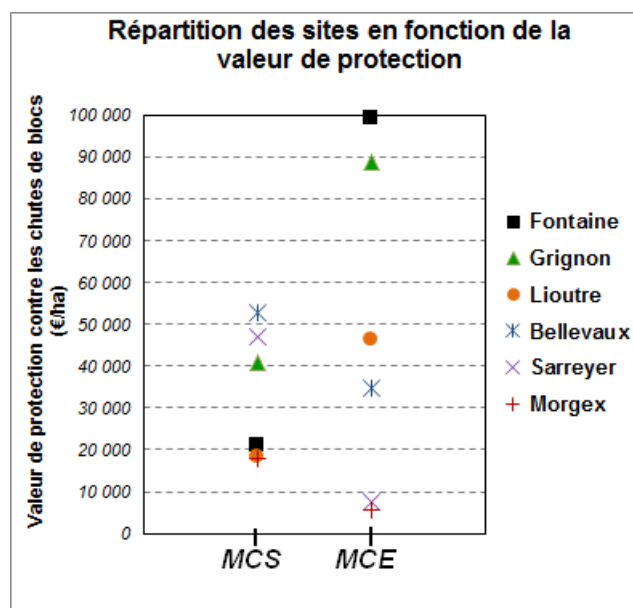
Avant d'entrer dans les détails des différentes valeurs obtenues, il est important de garder dans l'esprit que toutes les valeurs données correspondent à un calcul effectué à l'échelle d'un siècle.

4.1.1 Valeur de protection de la forêt contre les chutes de blocs

Comme expliqué dans la partie 1, la valeur de protection peut être calculée suivant deux approches :

- L'approche « aléa », la valeur est alors calculée par la méthode des coûts de substitution (MCS). Elle est obtenue en calculant les frais d'implantation et d'entretien d'un ouvrage de génie civil d'efficacité équivalente à celle de la forêt.
- L'approche « enjeu », la valeur est calculée par la méthode des coûts évités (MCE). Elle correspond à la différence de frais de dédommagement des dégâts prévisibles avec et sans forêt.

Une fois ce rappel fait, il est plus aisé de comprendre le graphique ci-contre qui permet de visualiser les valeurs de protection obtenues pour chacun des sites présentés précédemment par les deux méthodes précitées.

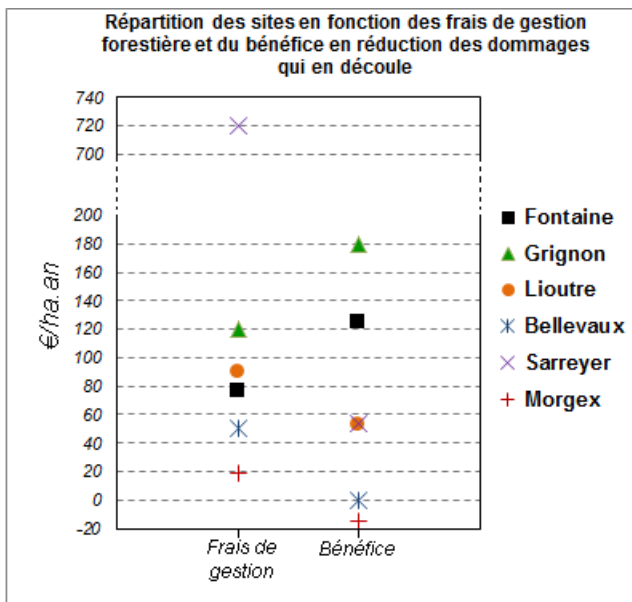


Les points suivants peuvent être soulignés à l'observation de cette figure :

- Les **valeurs issues de la MCS sont moins dispersées** que celles issues de la MCE. Ceci s'explique simplement par le fait que la méthode des coûts évités repose principalement sur la valeur des enjeux menacés (donc un facteur très variable) tandis que la méthode des coûts de substitutions s'appuie sur des coûts d'ouvrage de génie civil qui varient simplement en fonction de la difficulté d'implantation.
- **3 sites** (Fontaine, Grignon et Lioutre) ont une **valeur MCE supérieure à leur valeur MCS**. Cela traduit simplement le rôle protecteur très important joué par la forêt. Les forêts dans cette configuration doivent ainsi bénéficier de la plus grande attention.
- Les **3 autres sites** ont une **valeur MCS supérieure à la valeur MCE**. Dans ce cas-là, l'importance des enjeux à protéger est généralement faible et vouloir installer des mesures de protection supplémentaires (génie civil en masse par exemple) ne sera pas justifié économiquement. Dans cette configuration une bonne gestion forestière suffit généralement à maintenir un bon niveau de protection.
- Les valeurs de protection contre les chutes de blocs obtenues par l'une ou l'autre méthode sont généralement bien plus élevées que la valeur des bois présents sur place. En effet, pour ce type de forêt la valeur des bois dépassent rarement les 30 000 €/ha (36 600 CHF/ha).

4.1.2 Frais de gestion sylvicole et bénéfice pour la société en termes de réduction des dommages prévisibles

Cette étude permet d'obtenir des éléments de coûts concernant les frais de gestion sylvicole dans un but de protection. Le graphique ci-après permet de se rendre compte de la diversité des situations qu'il est possible de rencontrer. Ainsi la borne supérieure correspond au chantier de Sarreyer (Suisse) où suite à de nombreuses années de retard dans la planification des activités à réaliser en forêt, le peuplement lui-même constituait une menace (voir fiche détaillé de Sarreyer pour plus d'information). Les frais engendrés pour rattraper ce retard sont alors très élevés, il n'est même certainement pas osé de dire qu'ils constituent un maximum.



Les autres sites présentent des **frais de gestion** beaucoup plus courants se situant en moyenne autour des **70 €/ha.an (85 CHF/ha.an)**. Il est important de noter que ces valeurs ne tiennent pas compte des éventuelles ventes de bois.

La deuxième information présentée ci-contre concerne le bénéfice annuel pour la société procuré par la gestion forestière sur un siècle. Il s'agit donc de la différence des dépenses occasionnées par le scénario où la forêt est gérée avec le scénario où elle ne l'est pas.

Pour 5 sites sur 6, cette valeur est positive. Cela signifie donc **qu'il est économiquement justifié, sur le long terme, de gérer la forêt dans un but de protection plutôt que de la laisser évoluer naturellement.**

Pour un site (Morgex), cette valeur est légèrement négative. Ce résultat s'explique à la fois par la très faible valeur des enjeux à protéger mais aussi la très faible probabilité qu'un bloc atteigne cet enjeu. Une modification du peuplement sur le long terme n'influe donc que très peu le résultat.

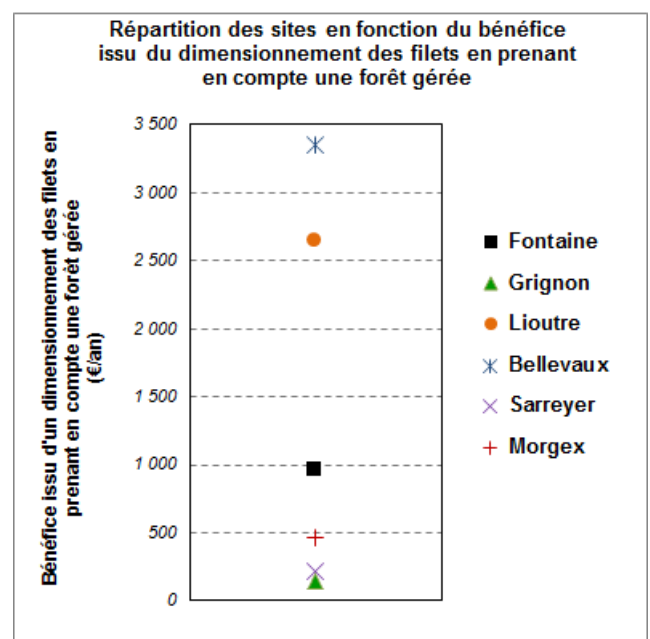
4.1.3 Dimensionner les ouvrages de génie civil en tenant compte de la présence d'une forêt

Cette étude permet de comparer les coûts observés lorsqu'on dimensionne les filets de protection en tenant compte de la présence d'une forêt gérée à ceux où tout se passait comme s'il n'y avait pas de forêt sur le versant. Le graphique ci-contre permet de visualiser cette comparaison.

Sur tous les sites, **il serait rentable d'effectuer le dimensionnement des filets en considérant la forêt.**

Les chiffres donnés ci-contre sont comparables d'un site à l'autre car la surface d'étude ne varie pas beaucoup et est de l'ordre de 7 ha.

Le **bénéfice** réalisé sur un siècle en agissant de la sorte s'élèverait ainsi en moyenne à **1 300 €/an (1 600 CHF/an)** ou, si on s'intéresse à la surface prise en compte, **195 €/ha.an (240 CHF/ha.an)**.



4.1.4 Variabilités des valeurs obtenues

Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus pour les 6 sites étudiés concernant les 5 paramètres exposés dans les paragraphes précédents. Une fourchette de valeur est ainsi donnée. On remarque que le coefficient de variation des valeurs est très élevé ce qui est en partie normal car la variabilité des sites est très importante. De plus, le nombre de sites étudiés reste faible. À la vue du coefficient de variation observé, il faudrait réaliser l'étude sur une centaine de sites pour obtenir des valeurs de référence avec une erreur relative de 20 %. Ce tableau est ainsi donné à titre informatif, les valeurs données à l'état actuel ne doivent donc pas constituer une référence pour appuyer des politiques financières.

		Valeurs en Euros			Valeurs en Francs Suisses			Coefficient de variation
		Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	
Coût estimé de la gestion forestière	[unité monétaire/ha.an]	19	180 (70 sans Sarreyer)	720	23	880 (85 sans Sarreyer)	880	136% (48 % sans Sarreyer)
Valeur de protection - MCS	[unité monétaire/ha]	17 850	32 890	52 600	21 800	40 125	64 175	43%
Valeur de protection - MCE	[unité monétaire/ha]	5 500	46 940	99 200	6 710	57 270	121 000	77%
Bénéfice procuré par la gestion forestière	[unité monétaire/ha.an]	-15	66	180	-18	81	220	103%
Bénéfice du dimensionnement des filets en prenant en compte la forêt	[unité monétaire/an]	215	1 295	3 350	260	1 580	4 090	96%

4.1.5 Gestion forestière et efficacité de la protection contre les chutes de blocs

Sur l'ensemble des sites d'étude, l'application théorique du **scénario sylvicole défini conduit** à une **augmentation de l'efficacité de la forêt pour remplir son rôle de protection** contre les chutes de blocs. Cette augmentation est l'effet d'une augmentation de la rugosité du sol (arbres coupés en partie laissés en travers de la pente) mais aussi une gestion visant spécifiquement à remplir les prérequis des guides de sylvicultures de montagne (diamètre et nombre de tiges optimales, installation de régénération, etc...). Le peuplement sera ainsi plus à même de récupérer d'une grosse perturbation.

A l'inverse, l'efficacité offerte par une forêt non gérée peut augmenter à moyen terme (50 ans) mais fini naturellement par diminuer sur le long terme. De plus, le renouvellement est généralement insuffisant voire impossible s'il n'y a pas de grosses perturbations (tempête, problème sanitaire majeur...) pour apporter un peu de lumière. Ce type d'évènement est cependant très indésirable pour une forêt de protection car il conduirait à une diminution très importante de l'efficacité et mettrait le sol à nu pendant une période plus ou moins longue.

4.1.6 Complémentarité entre forêt gérée et génie civil

Des mesures complémentaires entre génie civil et gestion forestière sont parfois souhaitables. C'est particulièrement le cas pour les sites de Fontaine et Grignon où l'importance des enjeux à protéger nécessite une protection optimale que la forêt seule ne peut pas remplir. Dans ces cas-là, on cherchera à limiter le nombre d'ouvrage de génie civil à installer en choisissant les endroits les plus exposés en priorité.

Lorsque les enjeux à protéger sont linéaires (routes et voies ferrées), une bonne gestion forestière est d'autant plus importante car l'installation d'ouvrages de génie civil sur toute la longueur est tout simplement irréaliste. On pourra cependant installer des filets ou merlons au niveau des couloirs les plus actifs.

4.2 Reproductibilité de l'étude

4.2.1 Sur des sites d'études équivalents (Surface de l'ordre de 10 ha)

Un **document méthodologique** a été rédigé afin de permettre la reproduction de ce type d'étude sur des sites de surface équivalente. Des **classeurs de calcul** ont aussi été élaborés pour faciliter la tâche.

Les résultats exposés au point 5.1.5 peuvent permettre de faciliter et fluidifier la méthodologie en faisant l'hypothèse qu'une forêt gérée aura une efficacité constante sur la période de calcul considérée. Le nombre de simulations à réaliser passerait ainsi de 13 à 3, ce qui est un gain de temps de calcul considérable.

Le tableau suivant donne une idée du temps nécessaire pour effectuer l'étude.

		Type d'opérateur	Estimation du temps nécessaire
Terrain	Préparation de la sortie	Technicien	1 journée
	Relevés en forêt	Agent + technicien	1 à 2 journées à 2
	Identification des enjeux	Technicien	1/2 journée
	Saisie informatique	Technicien	1/2 journée
Analyse technique	Préparation des données avant modélisation	Ingénieur	1 journée
	Modélisation	Machine	3 à 5 heures de temps de calcul par modélisation
	Organisation des données après modélisation	Ingénieur	1 journée
Analyse économique	Méthode des coûts de substitution	Ingénieur	1/2 journée
	Méthode des coûts évités	Ingénieur	1/2 journée
Rédaction de l'étude		Ingénieur	1 journée
Nombre estimé de journées (personnel) :			8 à 10 jours
Nombre estimé d'heures de calcul (machine) :			15 à 65 heures

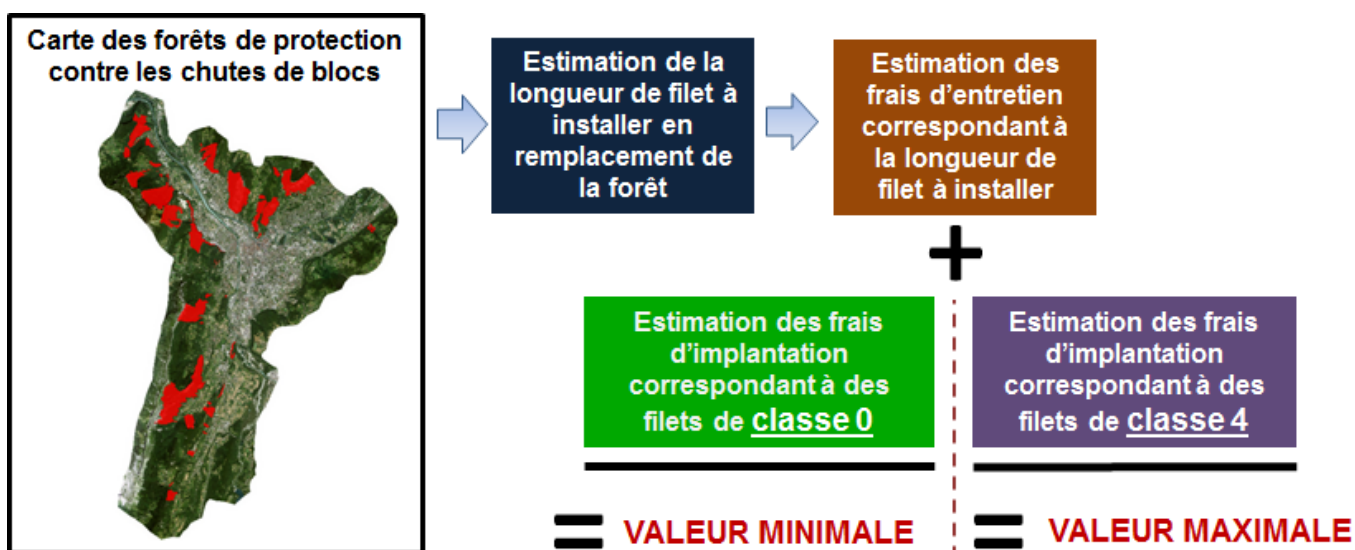
Il faut néanmoins ajouter à cela un éventuel coût d'acquisition des données numériques.

4.2.2 À grande échelle (versant, territoire communal ou départemental, etc.)

Avant tout il faut préciser qu'une augmentation d'échelle implique en général une dégradation de la qualité de l'information. Vouloir conserver le même niveau d'information coûterait en effet très cher. La suite propose cependant des solutions pour chacune des approches utilisées (aléa ou enjeu).

4.2.2.1 Approche « aléa » et méthode des coûts de substitution

L'approche « aléa », et donc l'utilisation de la méthode des coûts de substitution constitue la manière la plus expéditive afin d'obtenir des résultats à large échelle. Le schéma ci-dessous permet de visualiser la méthode globale proposée.



À partir des types de cartes réalisées lors de l'action de zonage du projet Interreg (Action 1), les forêts de protection contre les chutes de blocs sont identifiées tout comme les enjeux menacés.

L'idée est alors de calculer la longueur de filet pare-blocs qu'il faudrait installer en remplacement de la forêt. On calcule ensuite les frais d'entretien de ces filets comme précisé dans le document méthodologique. Enfin on détermine les frais d'implantation des filets correspondant à la Classe ETAG 0 (classe minimale observée lors de l'étude) et ceux liés à des filets correspondant à la classe ETAG 4 (classe maximale observée).

Au final on obtient une fourchette de valeurs de protection correspondant aux forêts de la zone étudiée.

Application à titre d'exemple sur le territoire de la Métro (Agglomération de Grenoble - France) :

Les cartes de zonages des forêts de protection du territoire de la Métro ont été réalisées lors de l'action 1 du projet Interreg. Il est donc possible d'appliquer directement la méthode expéditive exposée précédemment afin d'avoir une idée rapide de la valeur de protection contre les chutes de blocs (par la méthode des coûts de substitution) des forêts se situant sur la zone en question. On obtient alors les résultats suivants :

- **Surface de forêt** de protection contre les chutes de blocs donnée par l'action de zonage : **4 016 ha**
- **Longueur théorique de filets** qu'il faudrait installer **en remplacement de la forêt** : **75 000 m**

En se basant sur les résultats observés sur les 6 sites d'études, l'hypothèse faite est que la valeur de protection minimale correspondrait à une forêt qui dissiperait en moyenne l'énergie équivalente à un filet de classe ETAG 0, c'est-à-dire au maximum 100 KJ. La valeur maximale correspondrait à des filets de classe ETAG 4, c'est-à-dire au maximum 1 500 KJ.

À partir de cette hypothèse, on obtient les résultats suivants :

	MINIMALE : Filets dimensionnés en classe ETAG 0	MAXIMALE Filets dimensionnés en classe ETAG 4
Valeur de protection contre les chutes de blocs de la forêt par la méthode des coûts de substitution : <i>(calculée sur une période de 100 ans)</i>	9 400 €/ha	34 000 €/ha

Par cette méthode, la valeur de protection contre les chutes de blocs des quelques 4 000 ha de forêts concernées autour de l'agglomération de Grenoble se situeraient donc entre 9 400 €/ha et 34 000 €/ha (soit au total entre 38 et 136 millions d'euros).

Remarque :

Lorsque toutes les données sont disponibles, il ne faut qu'une demi-journée d'étude pour arriver à ce résultat. Cette méthode expéditive a donc le mérite d'être très rapide, en revanche le résultat obtenu reste très peu précis et la fourchette de valeur de protection trouvée très large.

4.2.2.2 Approche « enjeu » et méthode des coûts évités

Cette approche nécessite beaucoup plus de données de terrains et de manipulations que la précédente. **L'utilisation de données Lidar lorsqu'elles sont disponibles sera un gain de temps précieux.**

Phase de terrain :

La première difficulté consiste à obtenir assez de données de terrain afin de réaliser les calculs. Pour cela, une première étape est de réaliser une photo-interprétation menant à une cartographie délimitant des zones homogènes (différent type forestier, zone de pâturages, pierrier, etc...). Les données listées dans le document méthodologique devront être relevées sur le terrain pour chacune des zones pré-identifiées.

Remarque :

- La disponibilité de données Lidar dispensera de relever les données forestières sur le terrain

Analyse technique et simulations :

Plus la surface à traiter sera grande plus le temps de calcul lors de la modélisation sera long. Afin de réduire le temps de calcul il faudra faire les deux adaptations suivantes :

1) Réaliser seulement 3 simulations :

- Une sans forêt
- Une avec la forêt dans son état initial (on considèrera l'efficacité constante sur la période de calcul considérée)
- Une avec une forêt non gérée potentielle en fin de période

2) Découper le territoire en sous-territoires (en bassin versant par exemple) pour diminuer le temps de calcul.

Analyse économique :

Suivant la taille du territoire à traiter, il ne sera peut-être pas possible de passer voir chaque enjeu menacé afin d'estimer son type, sa valeur, son nombre d'habitant, etc. Une solution alternative peut être de donner une valeur moyenne à chaque enjeu identifié.

En ce qui concerne les routes et voies ferrées, la procédure sera inchangée car les données sont relativement faciles à connaître.

Estimation du coût de l'étude pour 1 000 ha traités :

Le tableau suivant donne une estimation du temps nécessaire pour réaliser l'étude sur 1 000 ha. Les estimations du temps de terrain sont tirées de l'analyse du temps passé lors de l'action 1 (Zonage) du projet Interreg. L'incertitude demeure cependant sur le temps de calcul machine nécessaire pour un territoire de cette ampleur car cela n'a jamais été fait.

		Type d'opérateur	Estimation du temps nécessaire
Terrain	Préparation de la sortie	Technicien	3 journées
	Relevés en forêt	Agent + technicien	18 journées
	Identification des enjeux	Technicien	3 journées
	Saisie informatique	Technicien	2 journées
Analyse technique	Préparation des données avant modélisation	Ingénieur	5 journées
	Modélisation	Machine	? (fonction de la résolution utilisée)
	Organisation des données après modélisation	Ingénieur	5 journées
Analyse économique	Méthode des coûts de substitution	Ingénieur	1/2 journée
	Méthode des coûts évités	Ingénieur	1/2 journée
Rédaction de l'étude		Ingénieur	1 journée
Nombre estimé de journées (personnel) :			38 jours
Temps estimé de calcul (machine) :			Certainement plusieurs semaines

Conclusion

Cette étude a permis de dégrossir le champ d'investigation concernant les questions d'ordre économique liées aux forêts de montagne avec une fonction de protection contre les chutes de blocs.

Le **principal apport** de ce travail est très certainement **l'élaboration d'une méthode et d'outils** permettant d'**obtenir une valeur de protection** ainsi que divers éléments à la fois sur le comportement du peuplement forestier vis-à-vis de l'aléa et l'efficacité de ce dernier pour protéger les enjeux menacés.

Cette **méthode reproductible** à l'identique sur des sites d'une dizaine d'hectare peut aussi être adaptée afin de couvrir des territoires plus larges et donc intéresser d'avantage les élus et citoyens dans une perspective d'**aménagement du territoire**.

Du côté des chiffres, l'étude de six sites répartis sur trois pays donne une idée de l'importance de **conserver et entretenir les forêts de protection contre les chutes de blocs**. Ainsi, les valeurs de protection des forêts rencontrées s'étendent d'environ 5 500 €/ha à près de 100 000 €/ha.

Ce travail met aussi l'accent sur **l'importance d'intégrer la forêt lorsqu'un raisonnement est fait sur l'installation de mesures de protection en génie civil**. En effet, « génie biologique » et génie civil peuvent dans certains cas parfaitement se superposer. Lorsque les enjeux à protéger sont très nombreux et importants, la gestion forestière en complémentarité de mesures de génie civil conduit alors toujours à une diminution des dépenses totales engendrées.

Le deuxième apport de l'étude est l'élaboration d'une **base de données des coûts d'interventions en forêt de protection** qui pourra par la suite être complétée par de nouveaux chantiers et conduire à une analyse statistique plus poussée avec pour objectif d'identifier les principaux facteurs influençant les coûts des activités. Ce type d'analyse pourrait permettre à l'avenir d'élaborer des plans de financements et des devis plus précis ce qui s'avèrerait intéressant autant pour les entrepreneurs que pour les propriétaires forestiers.

Les **coûts** donnés pour les **filets pare-blocs** s'avèrent aussi intéressants pour effectuer ce type d'étude mais une documentation et une analyse plus poussée serait souhaitable pour obtenir des fourchettes plus réalistes encore mais aussi identifier les facteurs impliquant des surcoûts. Les données sur les frais d'entretien sont quasi inexistantes à l'heure actuelle et seule une discussion avec des gestionnaires permet de se rendre compte de leur importance et d'en déduire des estimations. De la même façon un suivi financier tout au long de la vie des ouvrages permettrait de mieux cibler le coût réel de cette mesure de protection.

Enfin, lors de cette étude, nous ne nous sommes intéressés qu'à **une seule fonction assurée par la forêt**. Celle-ci dispose incontestablement d'autres valeurs : **paysage, biodiversité, régulation de l'érosion et des flux d'eau en général, accueil du public** mais encore la valeur plus commune liée aux **ventes de bois**.

Bien que l'exploitation des forêts de montagne soit parfois très compliquée, il faut garder à l'esprit que **gérer une forêt en souhaitant maintenir son rôle de protection n'est pas incompatible avec le maintien d'autres fonctions et notamment la mobilisation des bois**.

Autres documents associés à cette étude :

- **Document méthodologique :**

Ce document d'une vingtaine de pages décrit plus en détail la méthodologie appliquée, les hypothèses faites et leur justification. Des annexes rassemblant les données nécessaires pour appliquer la méthode le complètent. La bibliographie consultée y est aussi mentionnée.

- **Description détaillée des résultats obtenus pour les six chantiers étudiés :**

Ce document rassemble les résultats détaillés par chantiers des six sites étudiés lors de ce travail. Chaque chantier représente une dizaine de pages.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

*« Cette étude a été cofinancée par l'Union européenne, la Région Rhône-Alpes et l'Office national des Forêts.
L'Europe s'engage en Rhône-Alpes avec le Fonds européen de développement régional »*

Plan de financement de l'étude économétrique : 21% ONF, 21% région RA, 58% FEDER



Rhône-Alpes Région

