

# Prise en compte du rôle de la forêt dans le cadre d'un projet de protection:

## La route cantonale H18 Glovelier-Montfaucon

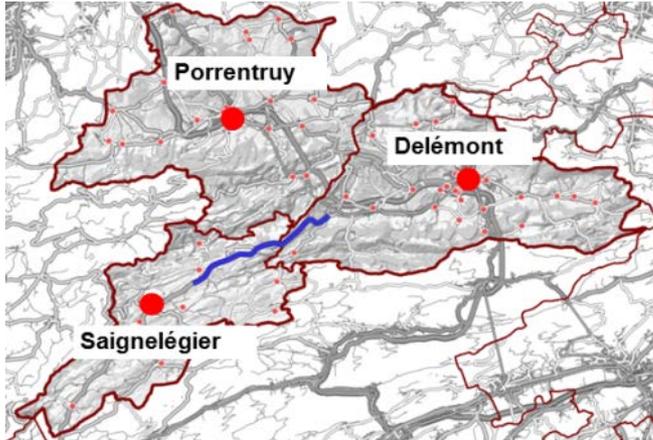


*Hervé Bader, Office de l'environnement Jura*  
*Dr. Andrea Pedrazzini, ancien responsable des dangers naturels JU*

# Plan de la présentation

1. Situation générale
2. Analyse des risques et nécessité d'intervenir
3. Analyse des variantes de protection
4. Développement d'un projet de protection intégré
5. Concept de suivi de la forêt protectrice
6. Conclusions et perspectives

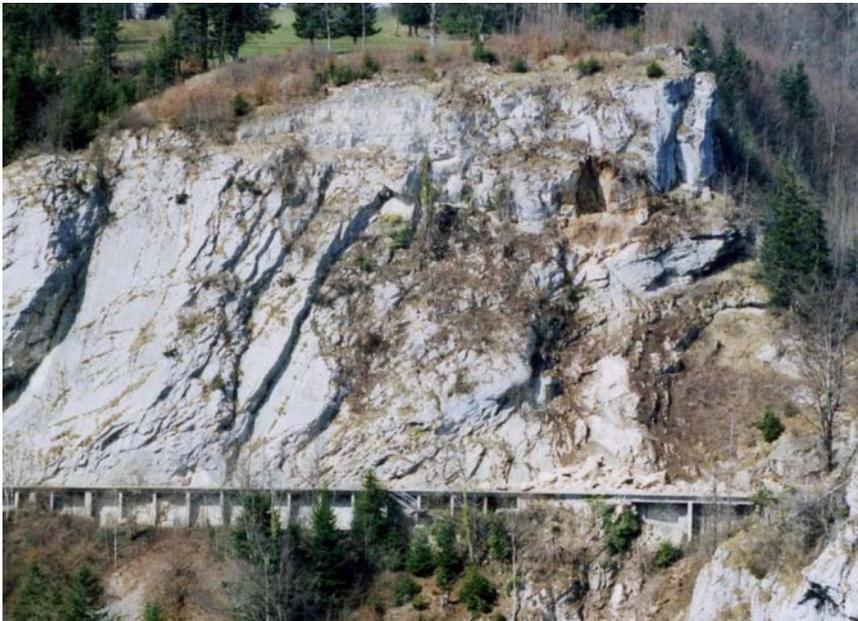
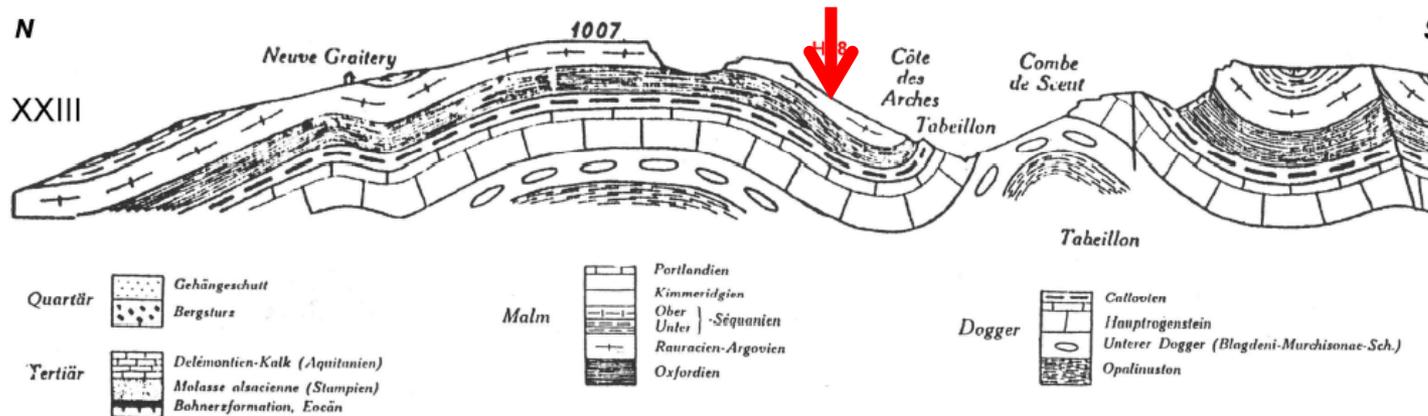
# 1. Situation générale – Route H18



- Route cantonale d'importance nationale (raccordement de l'arc jurassien à la région bâloise).
- Axe principal au niveau cantonal et régional.
- Trafic journalier moyen (DTV): 4000-5000 v./j.
- Plusieurs évènements de chutes de pierres sur la route.
- Motard blessé à cause de chutes de pierres.
- Evénement majeur en 2008 avec un éboulement de 300 m<sup>3</sup> dans le secteur de la Roche.



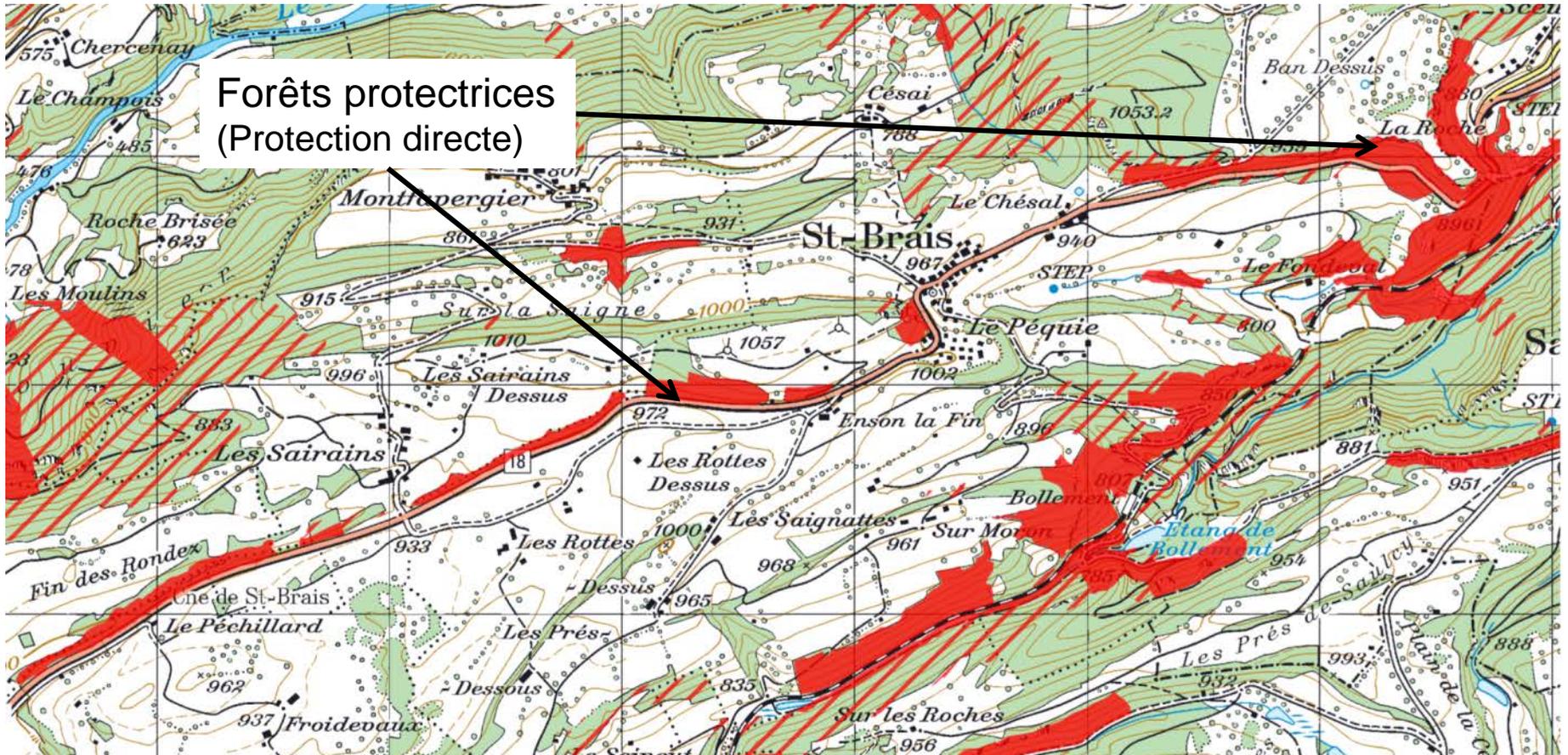
# 1. Situation générale - géologie



Contexte tectonique typique Jura plissé, caractérisé par des plis de grande amplitude, formant une succession de synclinaux (plis en creux) et d'anticlinaux d'axe NE – SW.

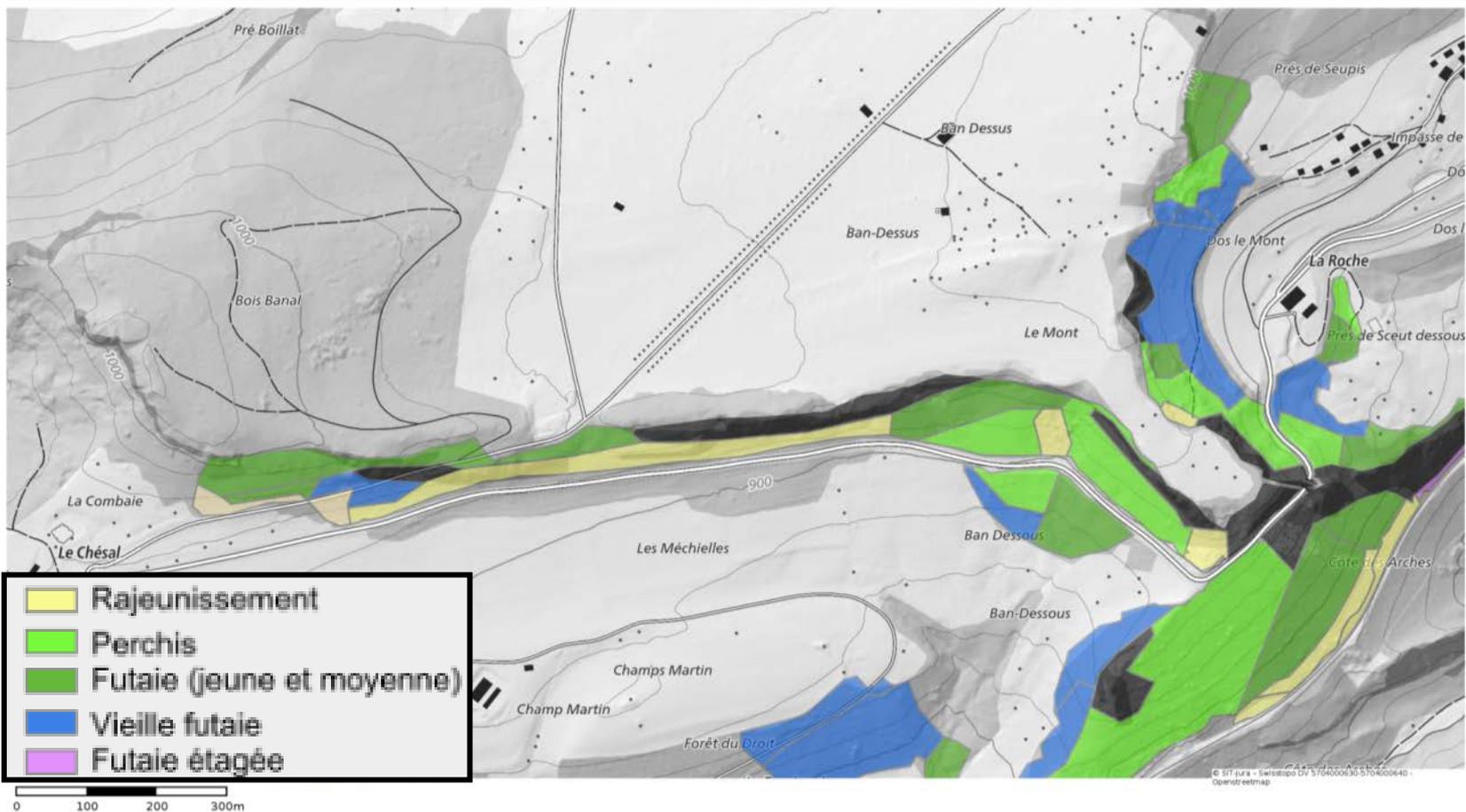
calcaires et marno-calcaires du Malm surmontés localement par des dépôts d'éboulis mélangés ou non avec des limons d'altération et des colluvions.

# 1. Situation générale - forêts protectrices





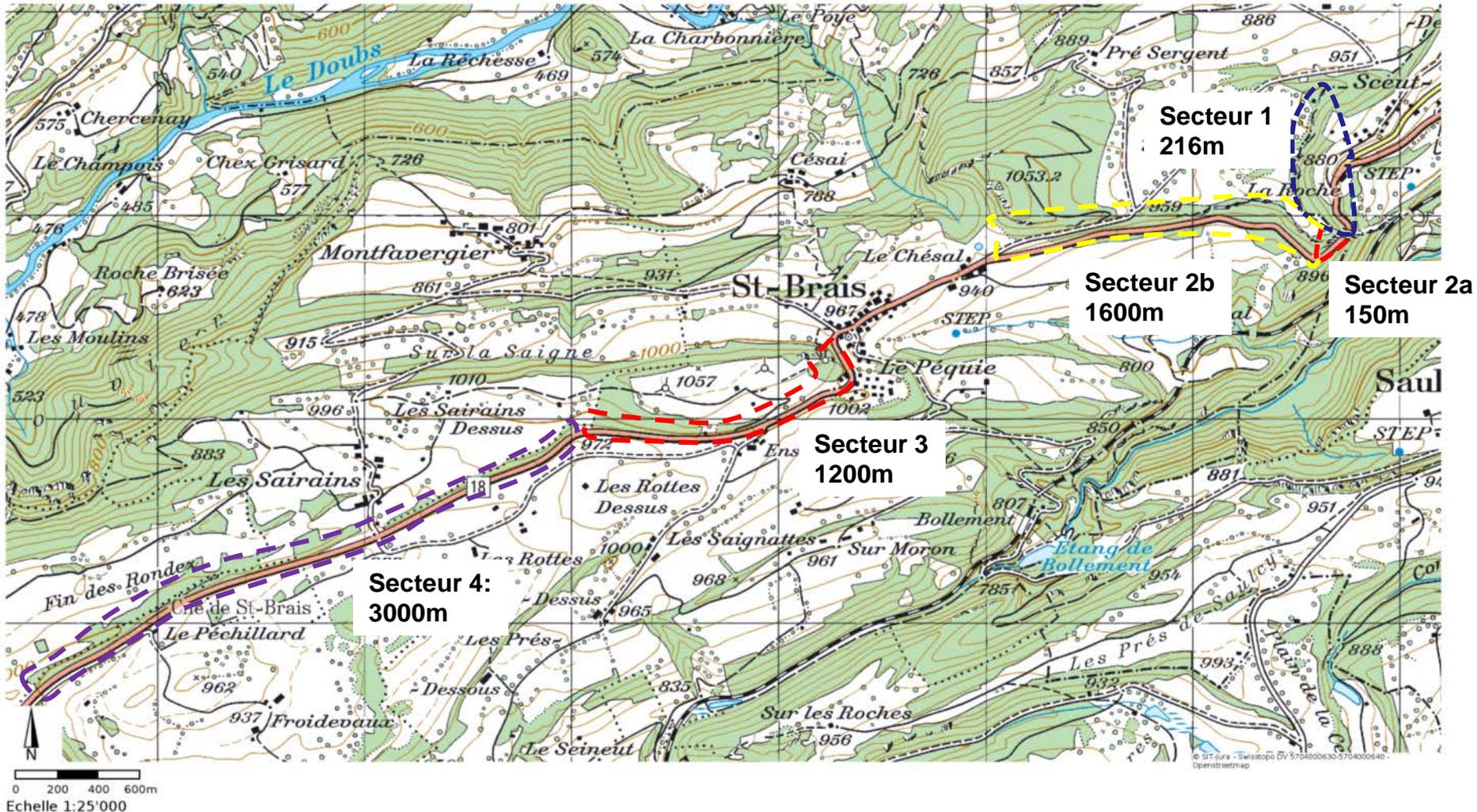
# 1. Situation générale – Peuplements forestiers



# 1. Situation générale – Peuplements forestiers



## 2. Analyse des risques – Périmètre d'étude

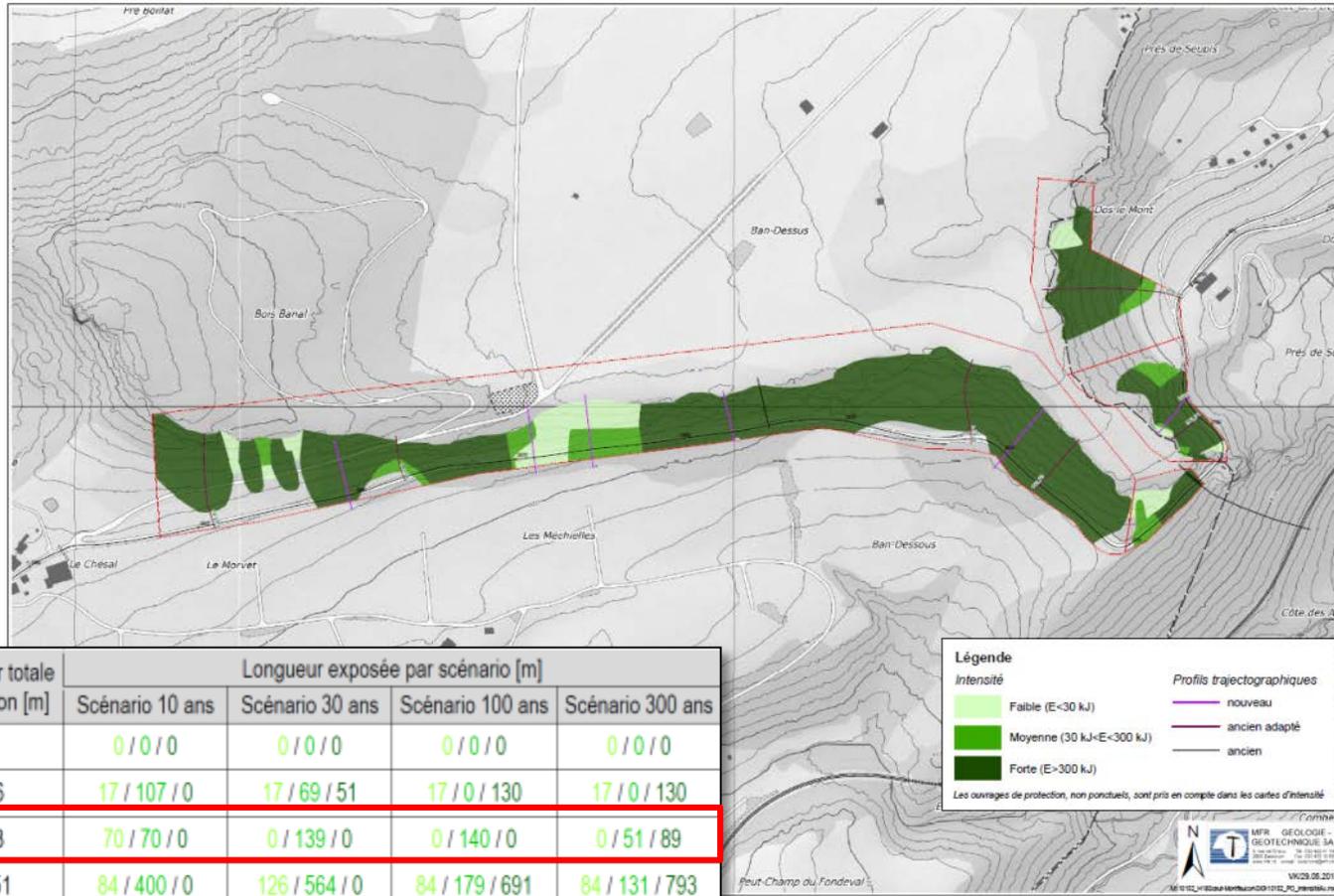


# 2. Analyse des risques – scénarios de danger

4 scénarios de dangers avec différentes probabilités d'apparition

H18 - Scout (Glovelier) - Montfaucon - Axe 8'000, PR 2'725 à 3'500  
Mise à jour des études précédentes et projet de fouvrage

ANNEXE 4.4 - 1/3  
Carte d'intensités CHP avant mesures - Scénario 300 ans 1:5'000

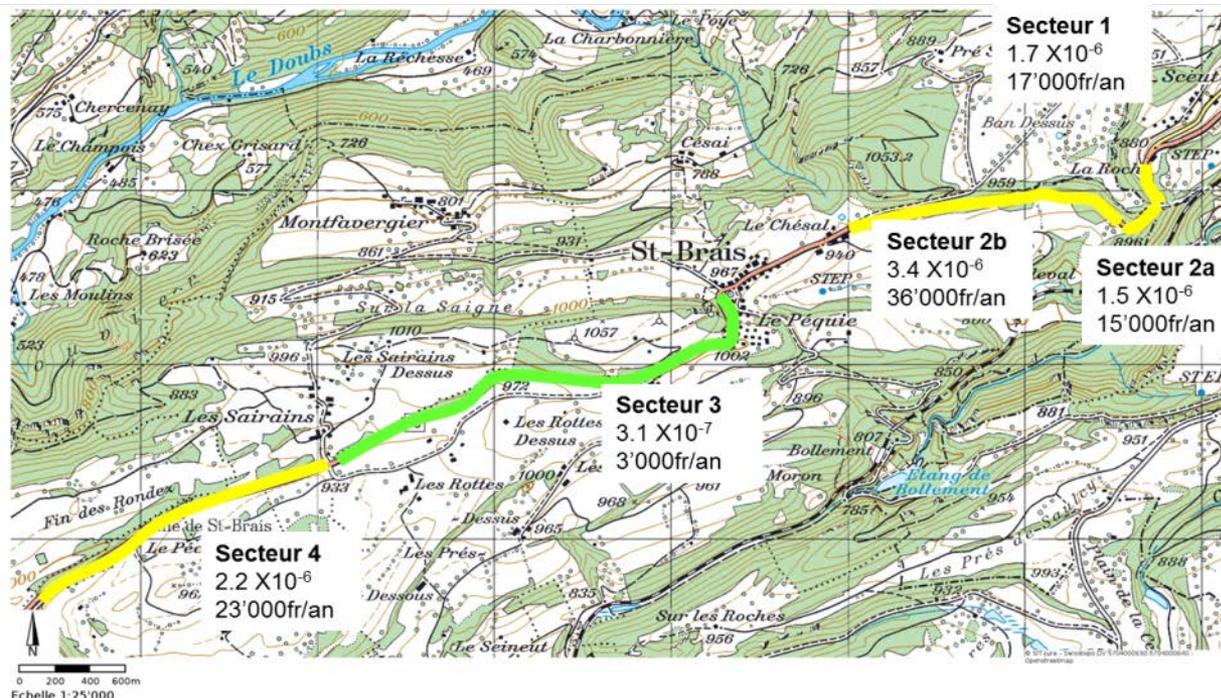


Secteur	Longueur totale du tronçon [m]	Longueur exposée par scénario [m]			
		Scénario 10 ans	Scénario 30 ans	Scénario 100 ans	Scénario 300 ans
Secteur 1a	60	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
Secteur 1b	216	17 / 107 / 0	17 / 69 / 51	17 / 0 / 130	17 / 0 / 130
Secteur 2a	153	70 / 70 / 0	0 / 139 / 0	0 / 140 / 0	0 / 51 / 89
Secteur 2b	1'551	84 / 400 / 0	126 / 564 / 0	84 / 179 / 691	84 / 131 / 793
Secteur 3	1'218	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	0 / 368 / 0
Secteur 4	2'973	334 / 0 / 0	242 / 419 / 0	249 / 828 / 0	244 / 644 / 209

Tableau 3 : Longueur des tronçons exposés aux chutes de pierres (intensité faible / intensité moyenne / intensité forte).

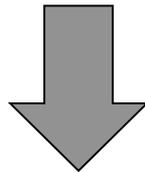
## 2. Analyse des risques – Commentaires

- Le risque individuel de décès pour le secteur 3 est considéré comme acceptable.
- Le risque individuel de décès pour les autres secteurs sont à la limite du seuil d'acceptabilité (Akzeptanzbereich).
- Le risque collectif est globalement important.
- Les secteurs 2b et 4 sont ceux qui présentent les risques les plus élevés mais également la longueur de tronçon la plus importante exposée aux chutes de pierres ;
- Les coûts liés à une fermeture de la route ne sont pas considérés dans cette approche.



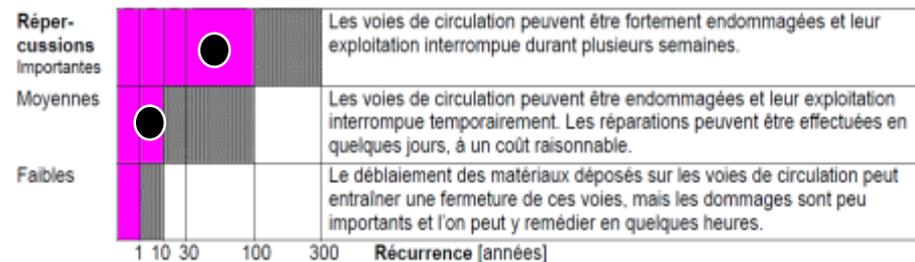
## 2. Analyse des risques - Nécessité d'agir

- Les objectifs de protection fixés au niveau cantonal sont dépassés.
- Le risque individuel est proche de la limite de l'acceptabilité.
- Le risque collectif est important 94000 CHF/a.
- La route présente une importance stratégique à l'échelle inter-régionale et inter-cantonale.



**La nécessité d'agir est démontrée mais...les mesures à mettre en œuvre doivent être proportionnées (→ un rapport bénéfice /coûts >1 !)**

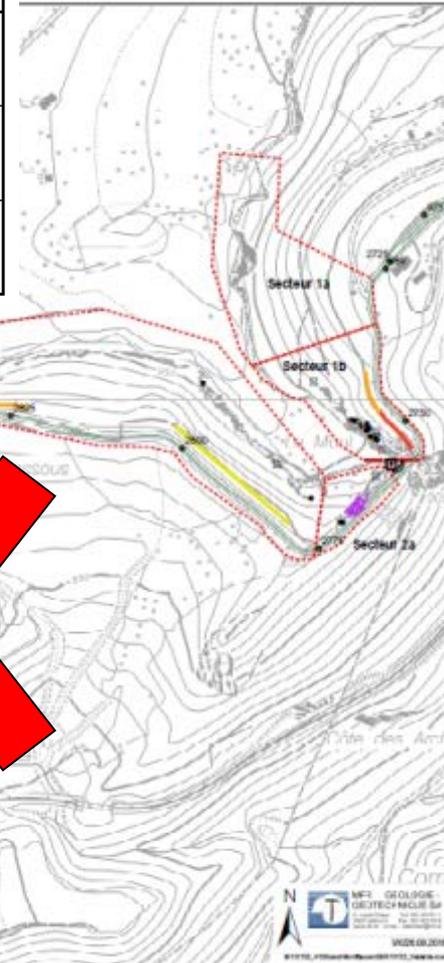
**Objectifs de protection utilisés pour les routes cantonales de 1<sup>ère</sup> importance** (adapté d'après le canton de Berne)



# 3. Analyse des variantes de protection

**Variante 1:** Protection de la route pour le scenario 100 ans (intensités moyennes et fortes)

Variante 1	Intensité après mesures / tronçon [m]			Objectifs de protection atteints ?	
	Faible	Moyenne	Elevée	Commentaires	
140 m de barrière de filets 1000 à 1500 kJ selon annexe 2.2	0	0	0	😊	
Treillis plaqué dans zone très fracturée selon annexe 3		100		😞	Uniquement, les zones jugées les plus actives sont traitées, et pas l'ensemble de la falaise.
910 m de barrière de filets 500 à 1500 kJ selon annexe 2.2	68	112	0	😐	Aucune protection n'est prévue sur un tronçon de 180 m (PR285+40 à PR2850+220), car vu la configuration du site, ce tronçon peut être géré par des purges

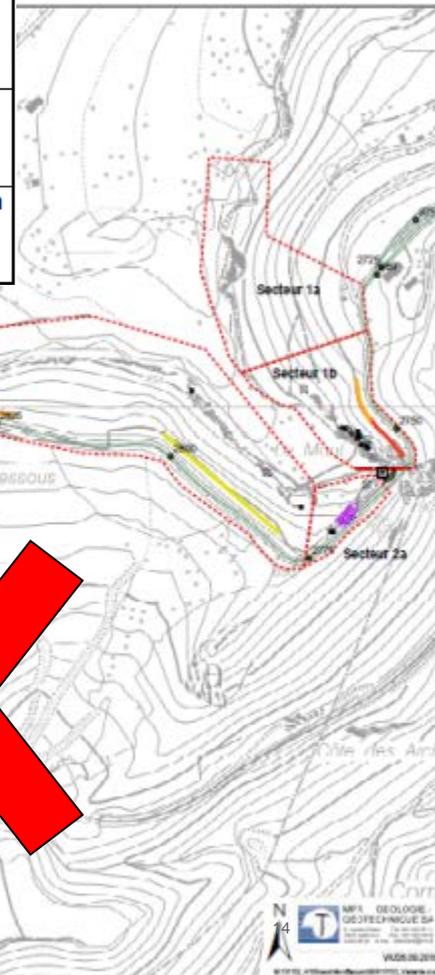


- **Coûts:** 3'100'000 fr .
- **Rentabilité:** **0.26**
- **Risques restants:** limités
- **Impact visuel:** important
- **Mise en œuvre:** difficile
- **Entretien:** important
- **Prise en compte de l'action protectrice de la forêt:** nulle

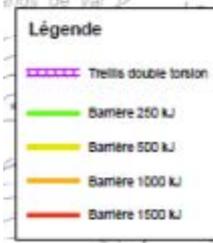
# 3. Analyse des variantes de protection

## Variante 2: Protection de la route pour le scenario 30 ans

Variante 2	Intensité après mesures / tronçon [m]			Objectifs de protection atteints ?	
	Faible	Moyenne	Elevée	Commentaires	
140 m de barrière de filets 250 à 500 kJ selon annexe 2.1	0	0	0	😊	
Treillis plaqué dans zone très fracturée selon annexe 3		120		😞	La zone la plus active est traitée uniquement, et pas l'ensemble de la falaise.
670 m de barrière de filets 250 à 500 kJ selon annexe 2.1	110	0		😐	Aucune protection n'est prévue sur un tronçon de 180 m (PR285+40 à PR2850+220), car vu la configuration du site, ce tronçon peut être géré par des purges

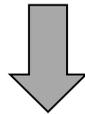


- **Coûts:** 1'500'000 fr .
- **Rentabilité:** **0.34**
- **Risques restants:** importants
- **Impact visuel:** important
- **Mise en œuvre:** localement difficile
- **Entretien:** important
- **Prise en compte de l'action protectrice de la forêt:** nulle

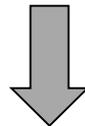


### 3. Analyse des variantes de protection

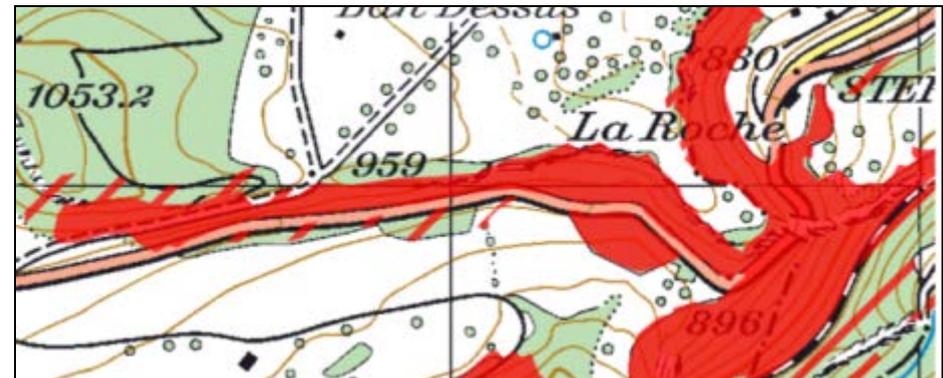
- La mise en œuvre d'une variante technique est difficile (notamment secteur 2b).
  - La longueur de route potentiellement touchée est importante.
  - Faible rentabilité.
  - Impact environnemental important
  - Frais d'entretien importants.
- Aucune prise en compte de l'action protectrice de la forêt.



Nécessité d'évaluer l'effet protecteur de la forêt et le maintenir sur le long terme



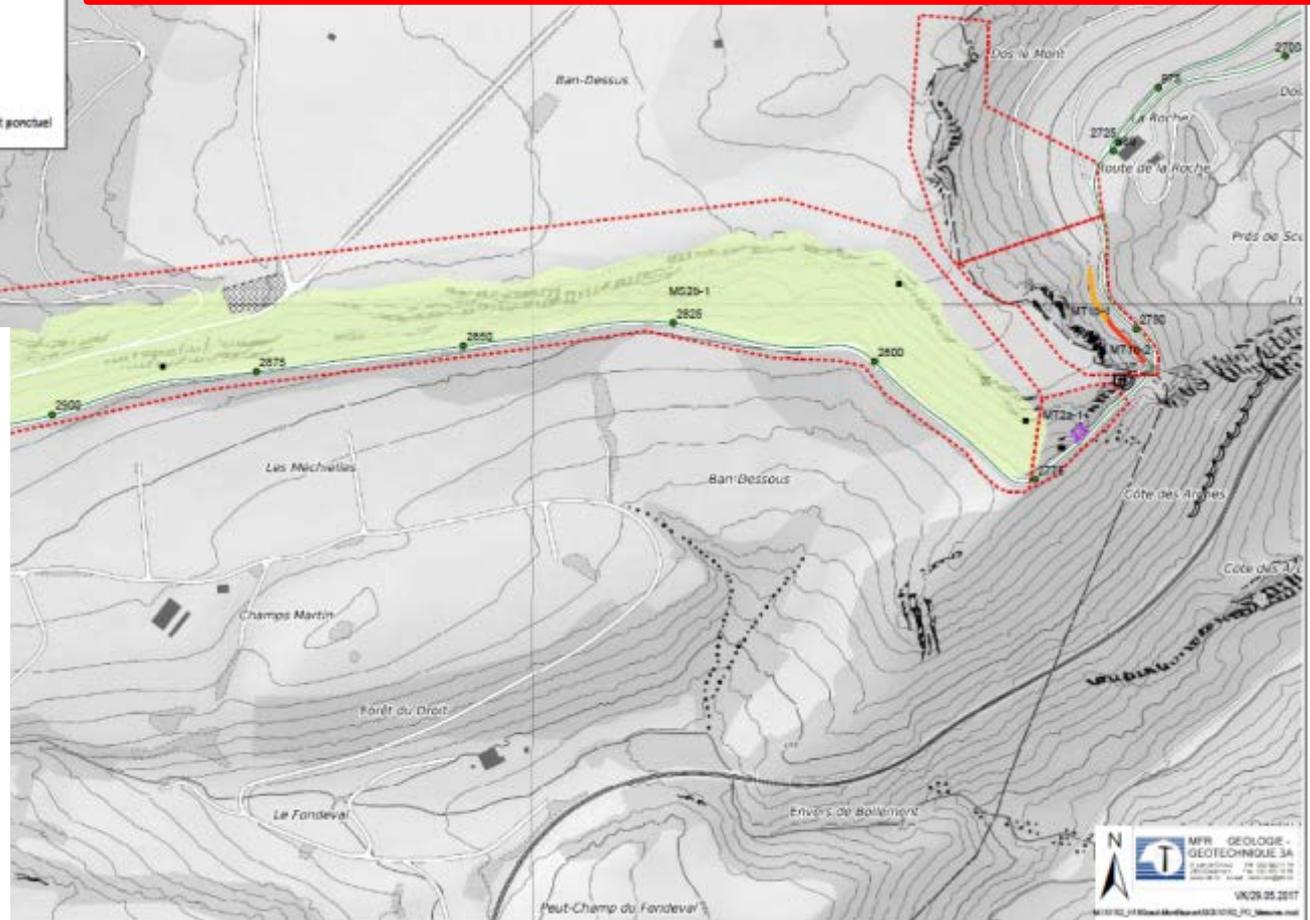
Développement d'un projet couplé ouvrages de protection - forêt protectrice!



## 4. Développement d'un projet de protection intégré



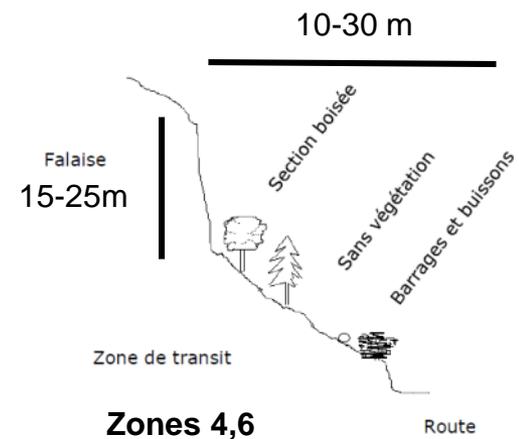
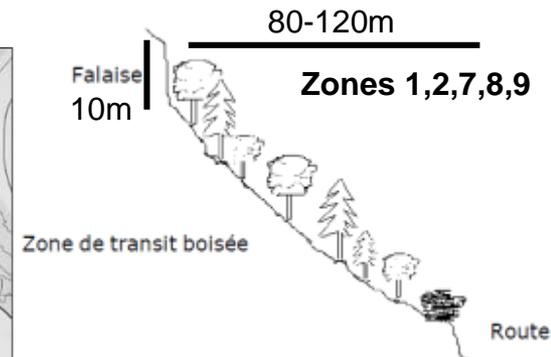
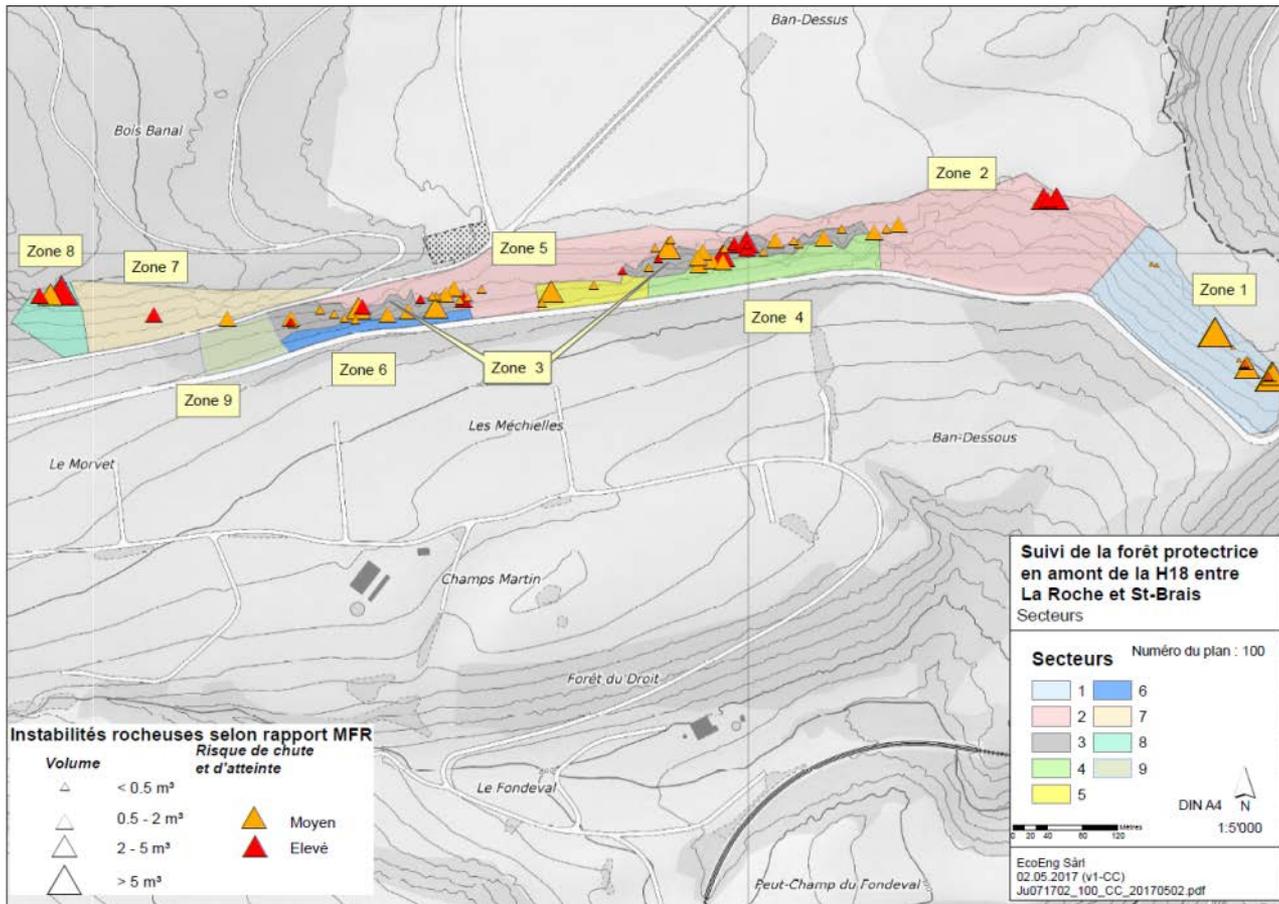
- Secteur 1b : 140 m de barrière de filets de 1'000 à 1'500 kJ
- Secteur 2a : traitement de la zone la plus active avec du treillis plaqué
- Secteur 2b : mise en place d'un suivi et surveillance visuelle des falaises couplé à un suivi de la forêt protectrice



- **Coûts:** 510'000 fr .
- **Rentabilité:** 1.3
- **Risques restants:** limités au secteurs 2b
- **Impact visuel:** limité
- **Mise en œuvre:** localement difficile
- **Entretien:** important
- **Prise en compte de l'action protectrice de la forêt:** importante

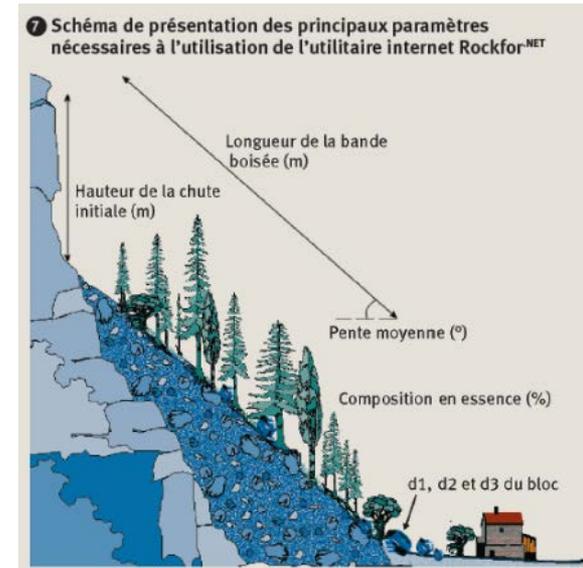
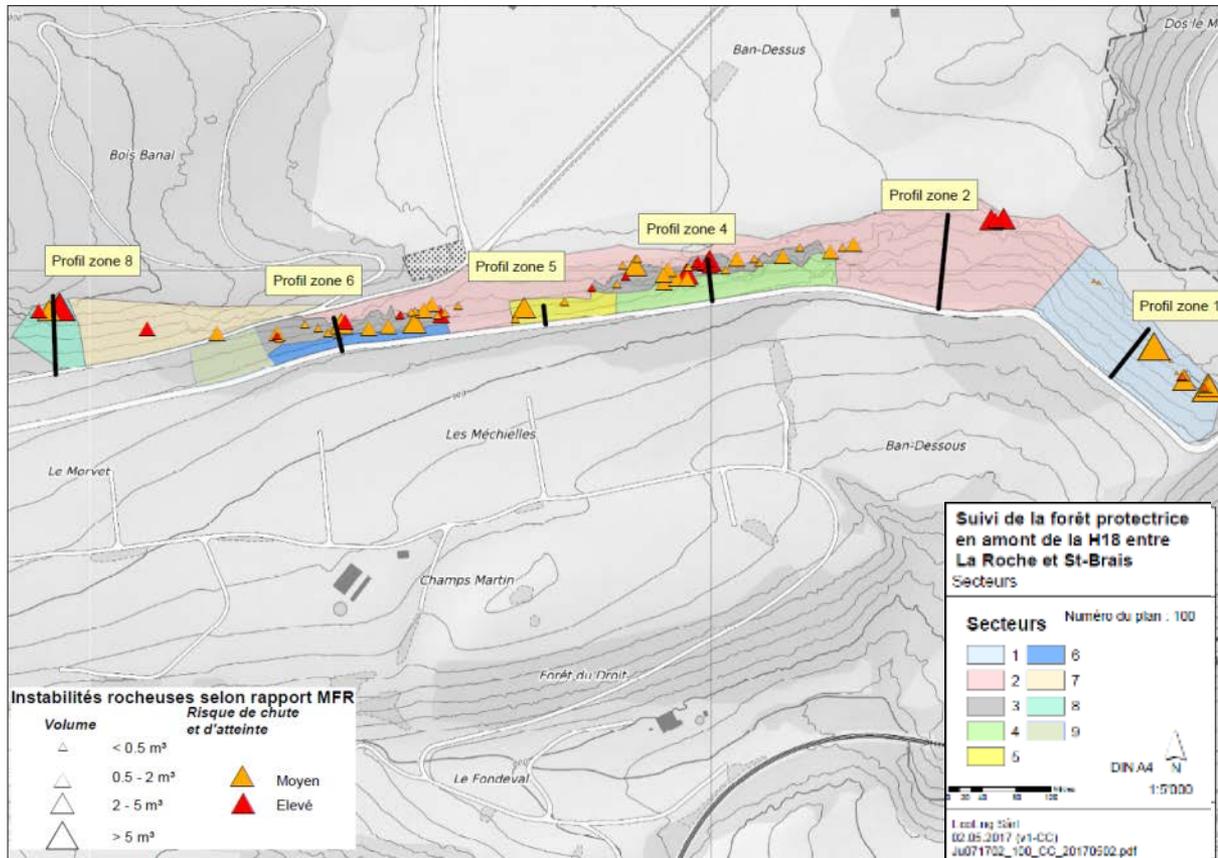
# 5. Concept de suivi de la forêt protectrice

Délimitation de 9 zones en fonction des caractéristiques géométriques du versant et du couvert forestier.



# 5. Concept de suivi de la forêt protectrice

- Quantification de l'effet protecteur de la forêt à l'aide de l'outil Rockfor<sup>NET</sup> en fonction du stade de développement actuel du peuplement
- Détermination du profil minimal par secteur



# 5. Concept de suivi de la forêt protectrice

- Evaluation du rôle protecteur avec l'outil Rockfor.NET

## Résultat de la simulation

### Données utilisées pour le profil d'exigence Nais

<b>Description du projectile</b>	
Dimensions (haut., larg., prof.)	1 x 1 x 1 m
Masse volumétrique	2500 kg/m <sup>3</sup>
Forme du bloc	angulaire
<b>Description du versant</b>	
Pente moyenne en degrés	41.57 °
Hauteur max. de la falaise	5 m
Longueur de la zone boisée (planimétrique)	10 m
Distance d'entrée dans la zone boisée (planimétrique)	0 m
<b>Répartition des essences présentes (selon degré de couverture)</b>	
- Epicéa (Picea abies)	5 %
- Sapin (Abies alba)	25 %
- Hêtre (Fagus sylvatica)	70 %
- Autres feuillus	0 %
- Autres résineux	0 %

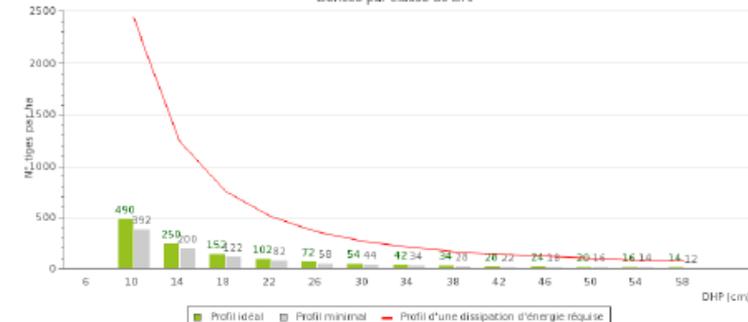
### Données supplémentaires pour calculer le degré de protection actuel de la forêt (facultatif)

N (nombre de tiges) requis avec DHP 8 - 12 cm	0 ti./ha
N requis avec DHP 12 - 24 cm	100 ti./ha
N requis avec DHP 24 - 36 cm	100 ti./ha
N requis avec DHP >= 36 cm	0 ti./ha
<b>OU</b>	
N avec DHP à partir de 8 cm	200 ti./ha
Surface terrière (DHP ? 8 cm)	10 m <sup>2</sup> /ha

### 1. Profil minimal- et idéal pour la protection vis-à-vis des chutes de pierres :

<b>N (nombre de tiges) pour le Nais-formulaire 2:</b>	
N avec DHP 8 - 12 cm :	390 (minimal) à 490 (idéal) ti./ha
N avec DHP 12 - 24 cm:	400 (minimal) à 500 (idéal) ti./ha
N avec DHP 24 - 36 cm:	140 (minimal) à 170 (idéal) ti./ha
N avec DHP >= 36 cm:	110 (minimal) à 140 (idéal) ti./ha

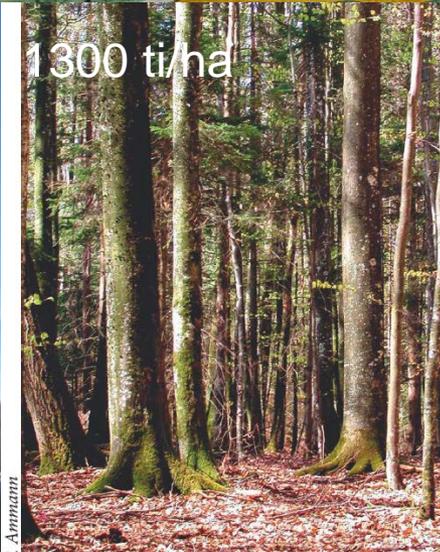
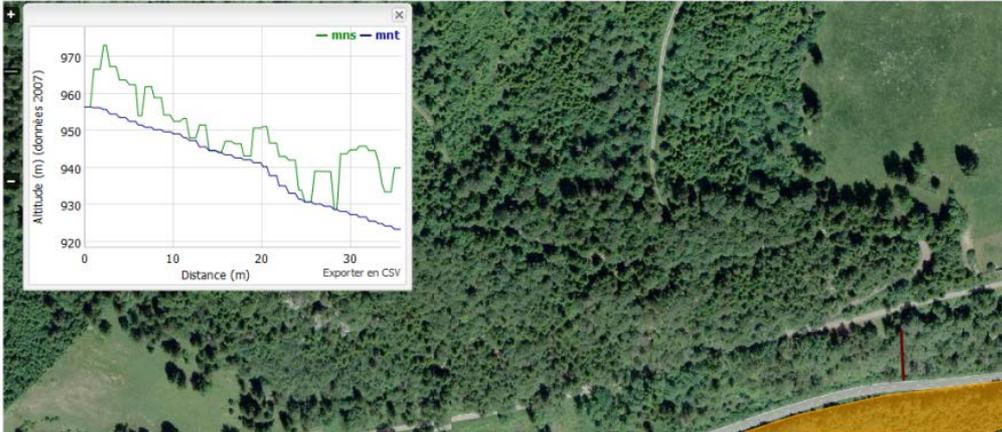
Densité par classe de DHP



- Surface terrière durable (DHP >= 8cm) : 45 m<sup>2</sup>/ha (Profil minimal) à 50 m<sup>2</sup>/ha (Profil idéal)  
 - Surface terrière durable (DHP >= 8cm) : 248 m<sup>2</sup>/ha afin d'arrêter potentiellement toutes les pierres : 248 m<sup>2</sup>/ha

### 2. Degré de protection actuel :

0 - 25 %



## 5. Concept de suivi de la forêt protectrice

Zone <sup>16</sup>	Pourcentage des blocs retenus par la forêt protectrice <sup>17</sup>		Appréciation de l'efficacité de la forêt protectrice pour les différents scénarios (0 à 1)		
	1 m <sup>3</sup>	2-3 m <sup>3</sup>	30 ans – 0.5 m <sup>3</sup>	100 ans – 2 m <sup>3</sup>	300 ans – 5 m <sup>3</sup>
Zone 1	50-75	25-50	0.75	0.35	0.10
Zone 2	75-95	50-75	0.95	0.65	0.25
Zone 4	0-25	0-25	0.25	0	0
Zone 5	0-25	0-25	0.25	0	0
Zone 6	0-25	0-25	0.25	0	0
Zones 7&9	Non quantifié (la forêt assure une bonne protection de la route)	Non quantifié (la forêt assure une bonne protection de la route)	Pas d'atteinte à la route	Atteinte à la route possible	Atteinte à la route possible
Zone 8	25-50	25-50	Pas d'atteinte à la route	Pas d'atteinte à la route	Pas d'atteinte à la route

- La forêt offre localement une bonne protection contre les chutes de pierres jusqu'au scénario 30 ans voir 100 ans !
- Un suivi régulier doit être mise en ouvre pour garantir une efficacité constante!

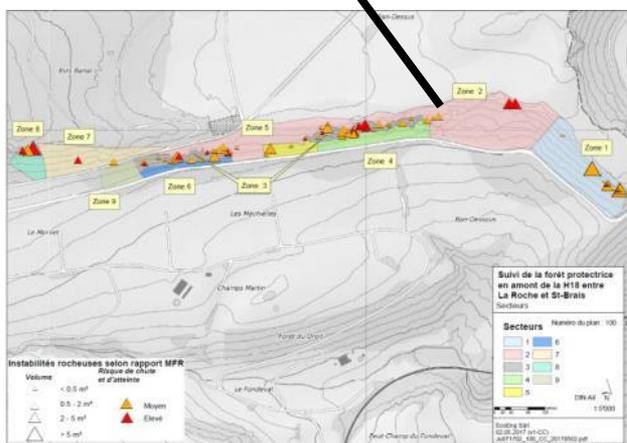
# 5. Concept de suivi de la forêt protectrice

- Le concept de suivi pour la FP est concrétisée par une fiche Excel à tenir à jour
  - Définition du profil à atteindre, relevé de l'état initial et suivi sur plusieurs années
  - Financé par le Service des infrastructures + subventionnement LFo

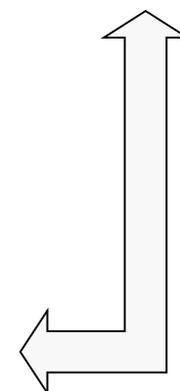
Eléments à relever	
Indicateur	Quantitatif
Recru tous les	> 2,5 m
Fourré	2 à 4 m
Végétation adventive	>10% général
Dégâts de gibier	Faibles
Trouées	2-3 arbres/<20m
Structure	2 classes Ø
Densité	400 ti/ha (env 5 m)
Etat sanitaire	1 à 10 %
Arbres déjetés	1 à 10 %
Arbres gros diamètre	non
Essences	60% Hè, 30% Sa, 10% Ep
Bois en travers	Barrage
Instabilités	Non

Eléments	Objectif
Indicateur	Objectif
Recru tous les	< 1 m zone entre barrages et futaie si pas fourré
Fourré	2 à 4 m selon Ø
Végétation adventive	<10% si pas fourré
Dégâts de gibier	Faible ou non néfaste au rajeunissement
Trouées	<20 m dans le sens de la pente
Structure	3 classes Ø
Densité	Voir modèles annexés
Etat sanitaire	Pas d'arbre "malade" ou sec
Arbres déjetés	Pas d'arbre "déjeté"
Arbres gros diamètre	
Essences	Conforme station, sa bénéf. jusqu'au perchis, ép 0%.
Bois en travers	Barrage
Instabilités	

Eléments	Evaluation	
	Etat actuel	Evolution
Indicateur		
Recru tous les	Mauvaise	Mauvaise
Fourré	Mauvaise	Mauvaise
Végétation adventive	Préoccupante	Mauvaise
Dégâts de gibier	Bonne	Bonne
Trouées	Bonne	Bonne
Structure	Préoccupante	Mauvaise
Densité	Préoccupante	Préoccupante
Etat sanitaire	Mauvaise	Mauvaise
Arbres déjetés	Bonne	Bonne
Arbres gros diamètre	Bonne	Bonne
Essences	Bonne	Bonne
Bois en travers	Bonne	Préoccupante
Instabilités	Bonne	Bonne



Eléments	Intervention		
	Nécessité	Type	But recherché
Recru tous les	Oui	Plantation (ér's, ti'pf)	Permettre le rajeunissement
Fourré	Non	Plantation (ér's, ti'pf)	Fourré à moyen terme
Végétation adventive	Non		
Dégâts de gibier	Non		
Trouées	Non		
Structure	Non	Plantation (ér's, ti'pf)	Amener une classe de plus
Densité	Non	Plantation (ér's, ti'pf)	Augmenter la densité
Etat sanitaire	Oui	Coupe secs/mise en travers	Plus de secs
Arbres déjetés	Non		
Arbres gros diamètre	Non		
Essences	Non		
Bois en travers	Non		
Instabilités	Non		



## 5. Concept de suivi de la forêt protectrice

- Coûts du suivi :
  - 500 CHF/an pour le suivi partiel → Il s'agit d'une inspection rapide axée sur l'analyse de l'état sanitaire du peuplement



## 5. Concept de suivi de la forêt protectrice

- Coûts du suivi :
  - 1'200.- CHF chaque 5 ans, il s'agit ici de réaliser une analyse complète afin d'évaluer tous les critères de la fiche et pouvoir ainsi définir le besoin d'intervention.





## 6. Conclusions et perspectives

- Le long des routes jurassiennes, la réalisation d'ouvrage de protection sur un linéaire important n'est pas rentable.
- Si les conditions le permettent, le rôle de la forêt protectrice doit être quantifié et valorisé.
- La quantification du rôle protecteur de la forêt est important afin de :
  - Prendre en compte la forêt dans l'analyse des risques
  - Développer plus de projets combinés
  - Appliquer de manière plus concrète la GIR
- La mise en place d'un concept de suivi permet de garantir un niveau de sécurité associé à la forêt protectrice constante et durable dans le temps.
- La coordination entre ingénieur forestier et géologue est importante déjà au stade de la définition du scénario de danger.

**Merci pour votre attention !**