

INRAE



➤ Recherches sur les forêts à fonction de protection contre les risques naturels



Sylvain Dupire
INRAE Grenoble



➤ Plan de la présentation

1. Contexte

2. Observations et expérimentations

3. Modélisations

4. Travaux futurs / perspectives



> Contexte

XIX siècle : seulement 10% de forêts dans les Alpes en raison d'une forte pression agricole et démographique (40% aujourd'hui)

1882 : création du service de « **restauration des terrains de montagne** » (RTM) par l'administration des Eaux et Forêts



- **Le recul de la forêt** est responsable d'une augmentation de la gravité et de la fréquence des aléas naturels (inondations, glissements de terrain, érosions...)



Erosion



Avalanches



Coulées de boues et crues torrentielles



Chutes de blocs rocheux

- Le **reboisement** est un moyen efficace et pérenne pour lutter contre ces aléas

 390 000 ha acquis par l'État en France. 250 000 ha reboisés qui constituent les forêts domaniales RTM.

➤ Forêt à rôle de protection

Exemples de reboisement RTM



➤ Forêt à rôle de protection

La nature aussi ! La recolonisation forestière naturelle



Crolles (38)

1911



2017



➤ Plan de la présentation

1. Contexte

2. Observations et expérimentations

3. Modélisations

4. Travaux futurs / perspectives



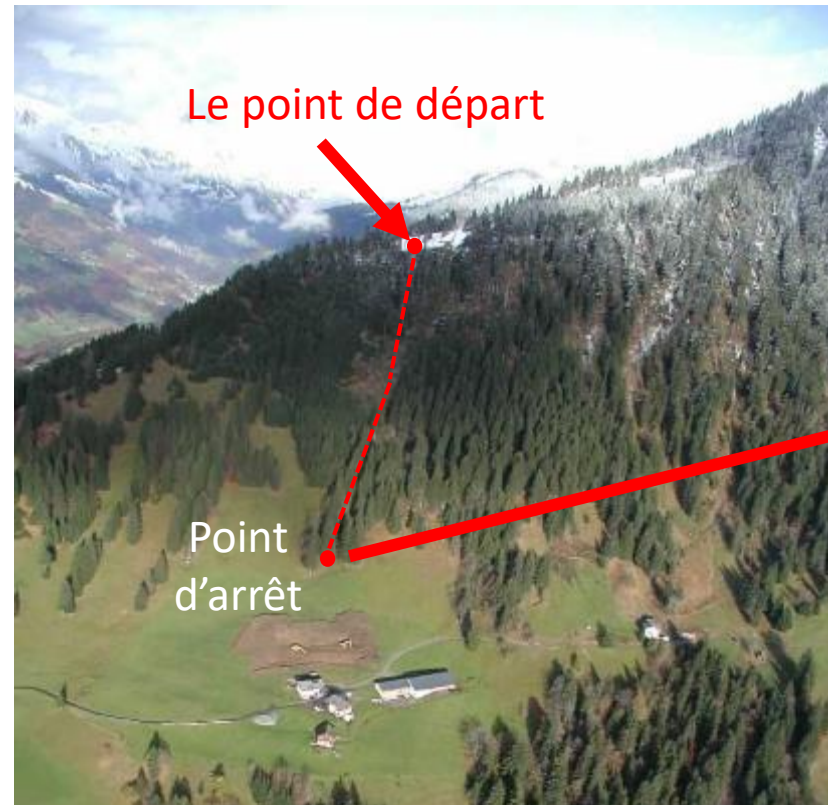
➤ Recueil de données à grande échelle

Base de données d'évènements réels (22 000 évènements)

- **Localisation :**
 - départ
 - Arrivée
- **Profil topographique**
- **Information sur le bloc :**
 - Taille
 - Forme
- **Forêt :**
 - Longueur sur le versant
 - Type de peuplement

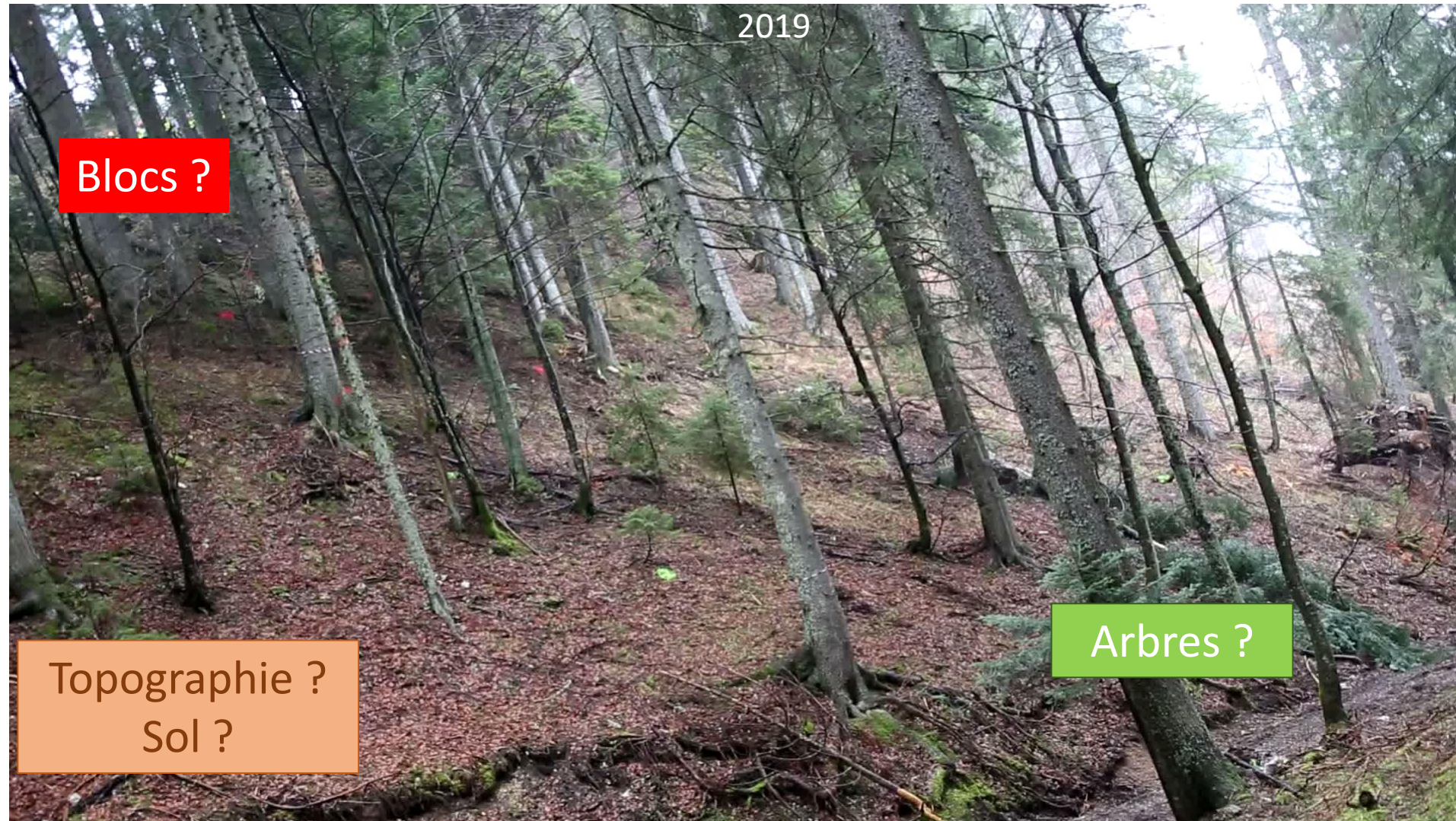
Informations précieuses pour :

- Analyses statistiques
- Calibration de modèles



➤ Expérimentations in situ (échelle versant)

Evaluer le rôle des différents compartiments / mesurer l'efficacité de mesures de gestions



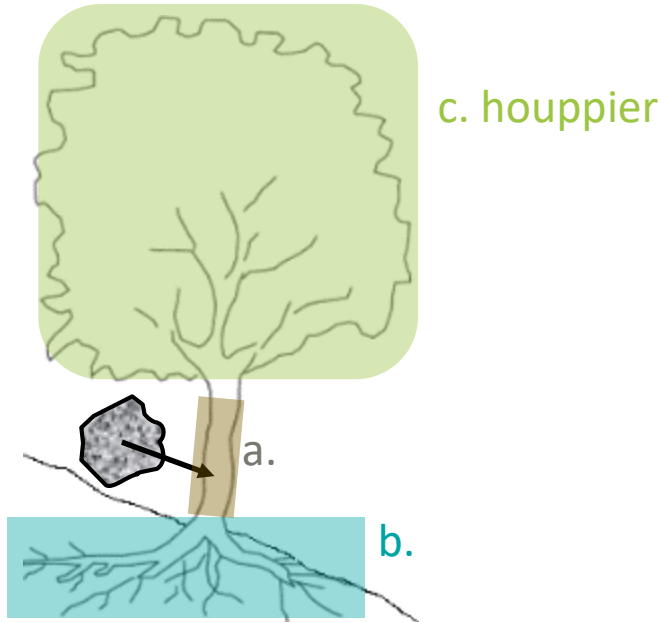
Souches coupées
hautes/arbres en travers



Filets de protection ancrés sur
des arbres

➤ Expérimentations in situ (échelle de l'arbre)

a. tige



b. racines



**Modification de la trajectoire
des blocs avant / après impact**

➤ Mesures mécaniques sur banc d'essais



- Essais normés (3 points)
- Impact d'un pendule sur une tige ancrée à une extrémité
 - > Ordres de grandeurs des variables mécaniques (ancrage, déformation, rupture)

➤ Expérimentations en modèle réduit



Appréhender l'influence :

- de la forme des blocs
- des types de versants
- ...

➤ Plan de la présentation

1. Contexte

2. Observations et expérimentations

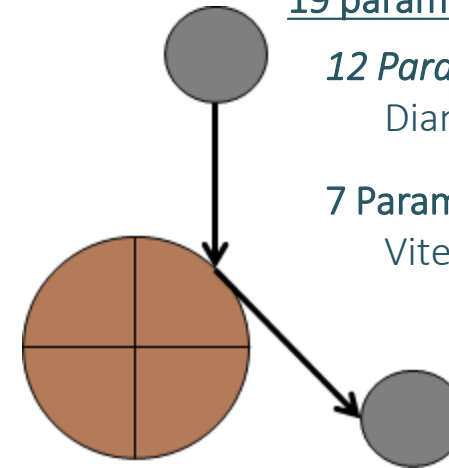
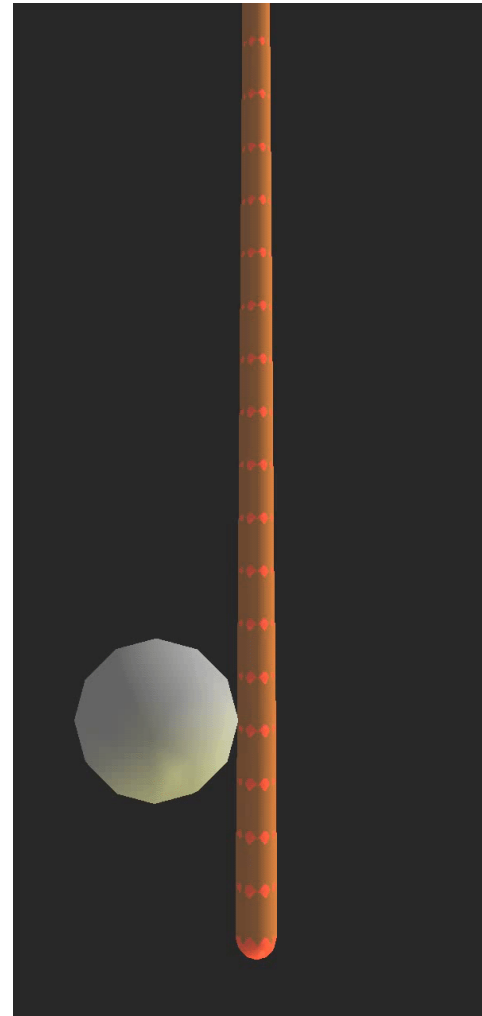
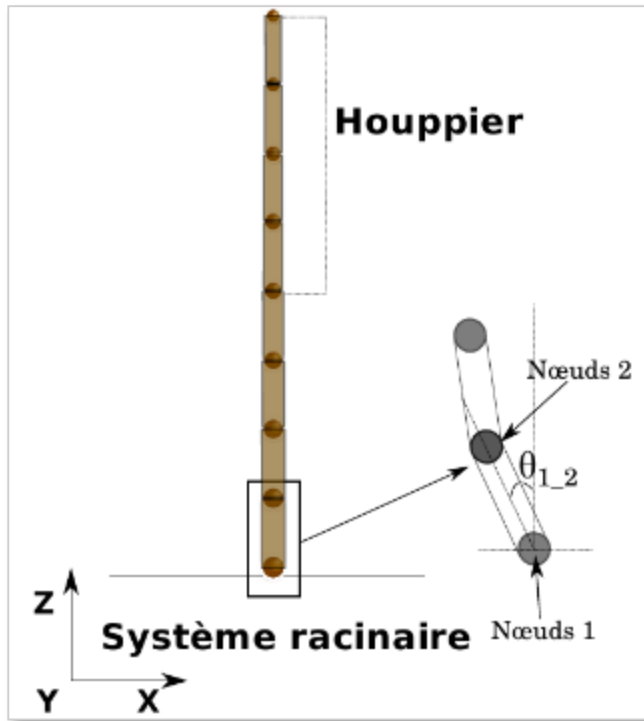
3. Modélisations

4. Travaux futurs / perspectives



➤ Modélisations à l'échelle de l'arbre

Evaluation de la capacité d'un arbre à réduire l'énergie d'un bloc



19 paramètres avant impact

12 Paramètres arbre:

Diamètre, densité, MOE, Masse houppier...

7 Paramètres d'impact:

Vitesse, volume, excentricité...

4 paramètres après impact

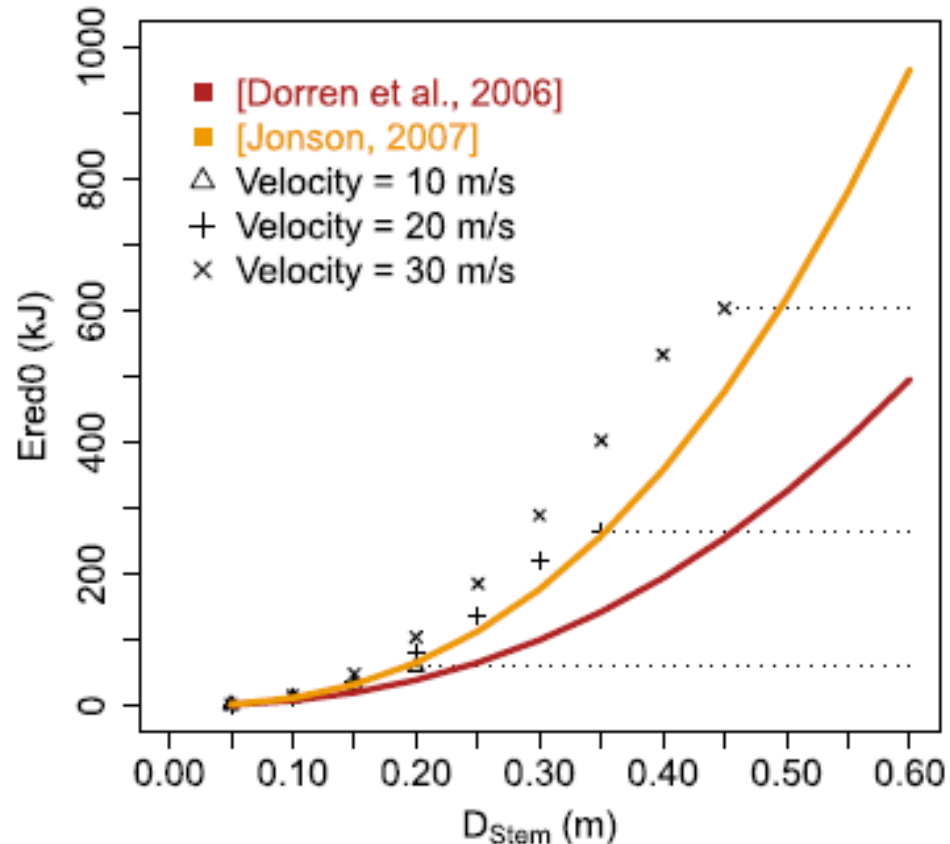
- Réduction d'énergie cinétique
- Variation de la vitesse de rotation
- Déviation du bloc :
 - verticale
 - horizontale

5 variables d'entrée suffisent à bien décrire l'impact :

- Diamètre de l'arbre
- Vitesse
- Volume du bloc
- Excentricité et hauteur de l'impact

➤ Modélisations à l'échelle de l'arbre

Evaluation de la capacité d'un arbre à réduire l'énergie d'un bloc



Création d'un méta-modèle d'impact de bloc sur un arbre

1 équation générique ➡ 1 méta-modèle

Prise en compte plus réaliste de l'effet de seuil
f(vitesse et taille des blocs)

➤ Modélisations à l'échelle d'un versant

Plateforme PlatRock (www.platrock.org) : nouvelle génération de modèles de propagation de blocs le long d'un versant

PlatRock | Web Interface 0.3.0

Granting : None
Account : None

Interreg Alpine Space
INRAE

PROJECT **SIMULATION**

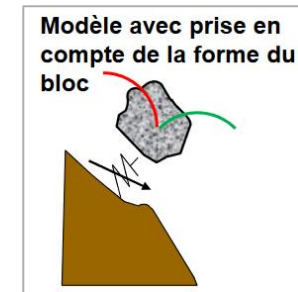
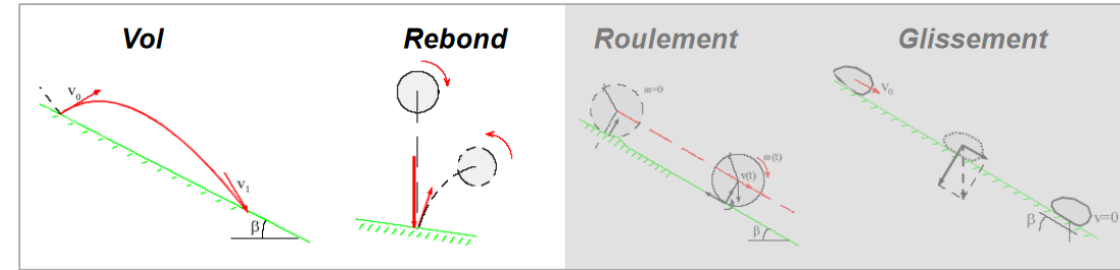
Available simulations:

| NAME | TYPE | STATUS |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|
| My new simulation | PlatRock 2D-Shape | INIT 0% |
| New simulation (04-01-2022, 16:20:00) | PlatRock 2D-Shape | FINISHED 100% |
| New simulation (04-01-2022, 16:22:16) | PlatRock 2D-Shape | INIT 0% |
| New simulation (10-01-2022, 13:50:53) | PlatRock 2D | FINISHED 100% |

Project description

Create new simulation

- PlatRock 2D: 2D Material point rockfall physical simulation based on rebounds, free/flights, rolls on soil
- PlatRock 2DShape: 2D Rockfall physical simulation tool using Siconos engine, modelling rocks shapes as polygons
- PlatRock 3D: 3D Rockfall physical simulation tool modelling rocks shapes as spheres or polyhedron (Siconos engine)
- Rock-EU-Mapping: Large-scale mapping of the protection forests at a spatial resolution of 25 m
- RetroRock: Rock trajectory retro-analysis based on terrain impact measurements
- Rock-EU-2D: Analysis tool of 2D profiles based on European Rockfall past events database
- Import: Import a simulation previously downloaded



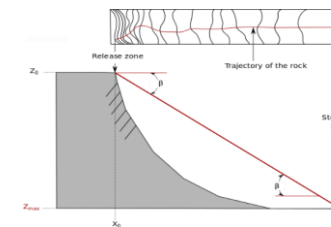
Seulement point matériel auparavant



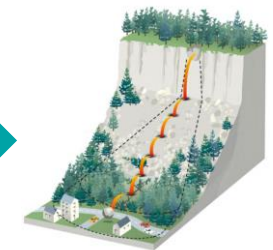
1 équation générique (avant)

1 méta-modèle (PlatRock)

2D

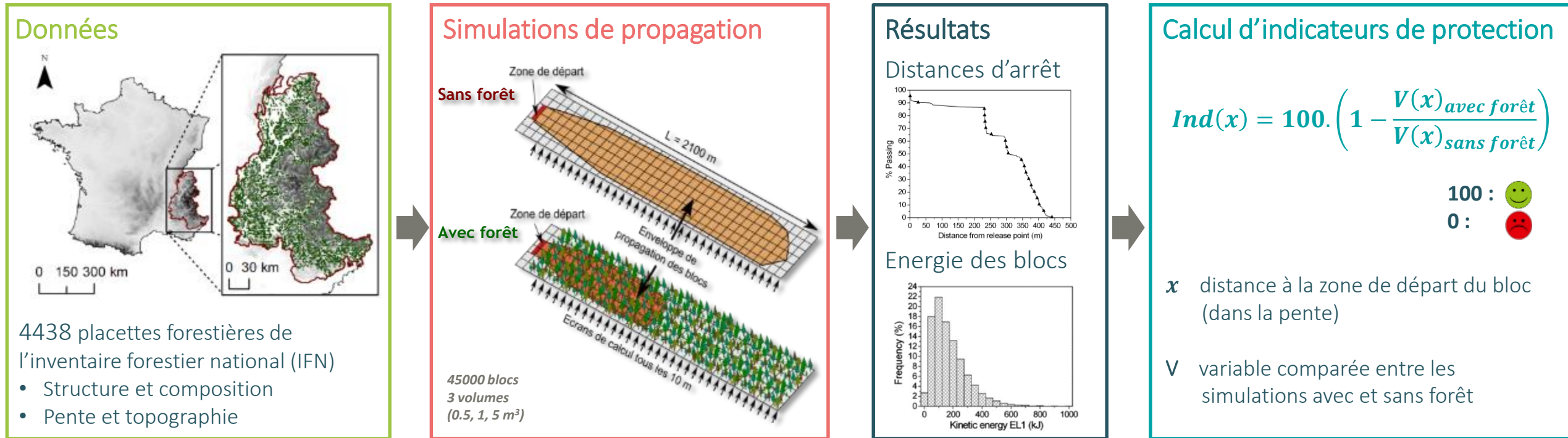


3D



➤ Modélisations à l'échelle d'un versant

Quantifier la capacité de protection d'une forêt



Indicateur de réduction de la fréquence

BARI(x) : BARier effect Index

V: nombre de blocs ayant atteint x

X

Indicateur de réduction de l'intensité

MIRI(x) : Maximum Intensity Reduction Index

V: énergie maximale des blocs ayant atteint x

=

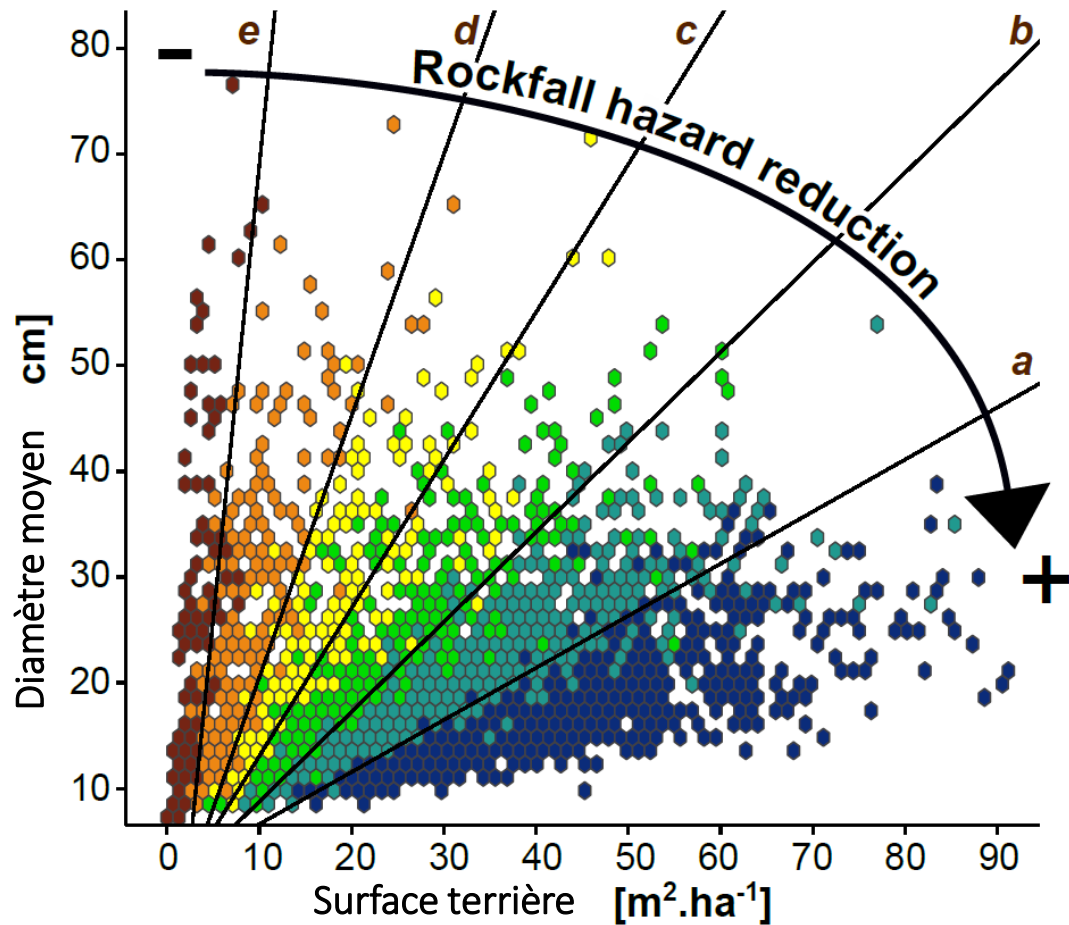
Indicateur combinant réduction de la fréquence et de l'intensité

ORPI(x) : Overall Rockfall Protection Index

V: somme des énergies de tous les blocs ayant atteint x

➤ Modélisations à l'échelle d'un versant

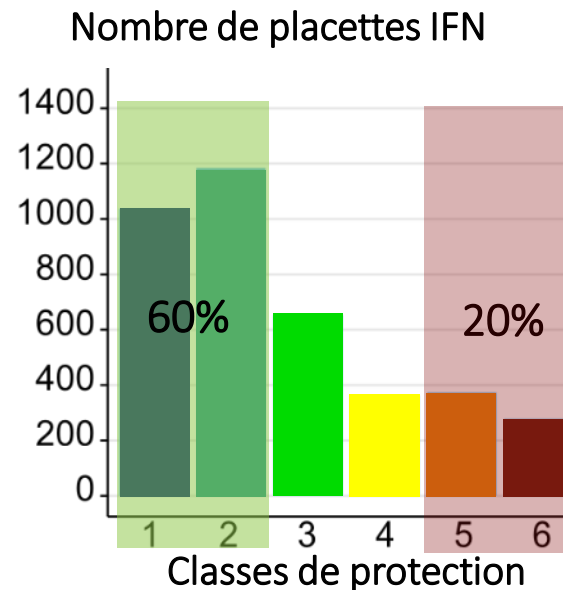
Quantifier la capacité de protection d'une forêt



Classe de protection : 1: ≤ 110 2: 110-190 3: 190-320
 Valeurs de L_{99} [m] 4: 320-600 5: 600-2100 6: > 2100

Bloc de $1m^3$

Bloc de $1m^3$



Haute capacité de protection:

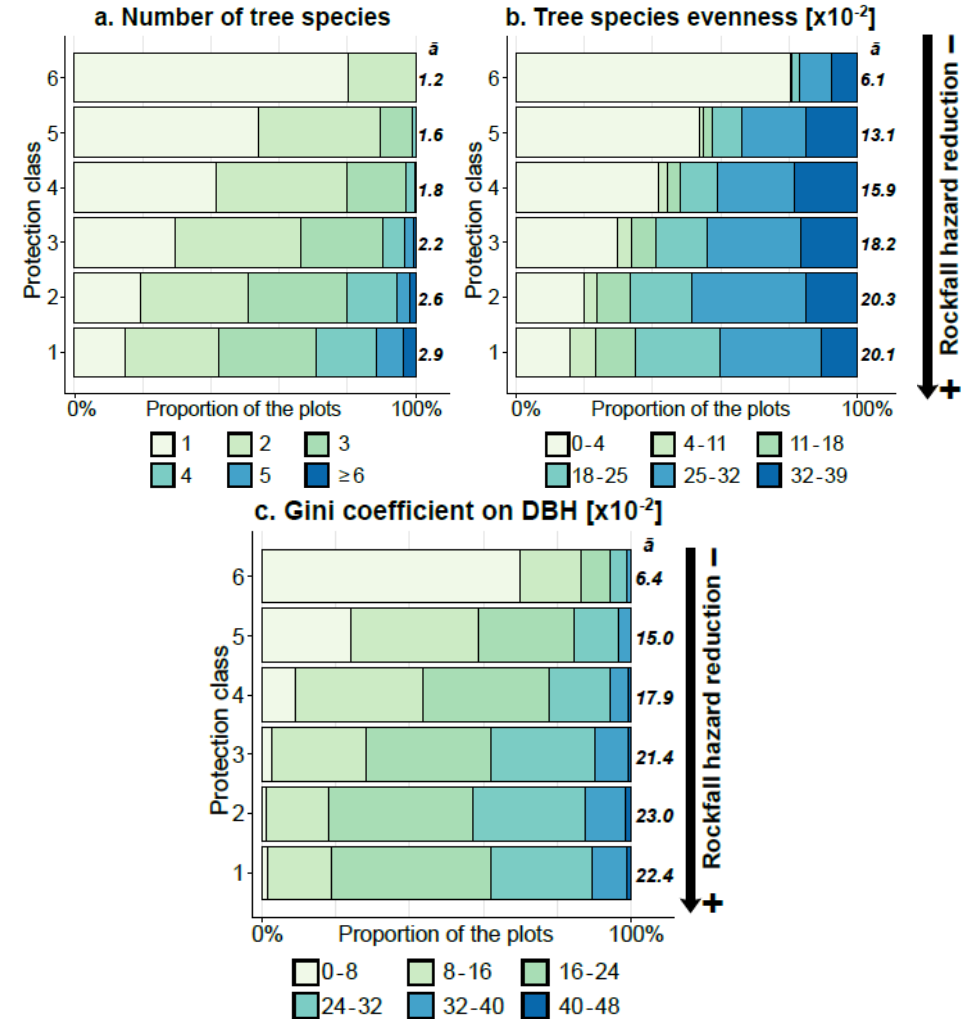
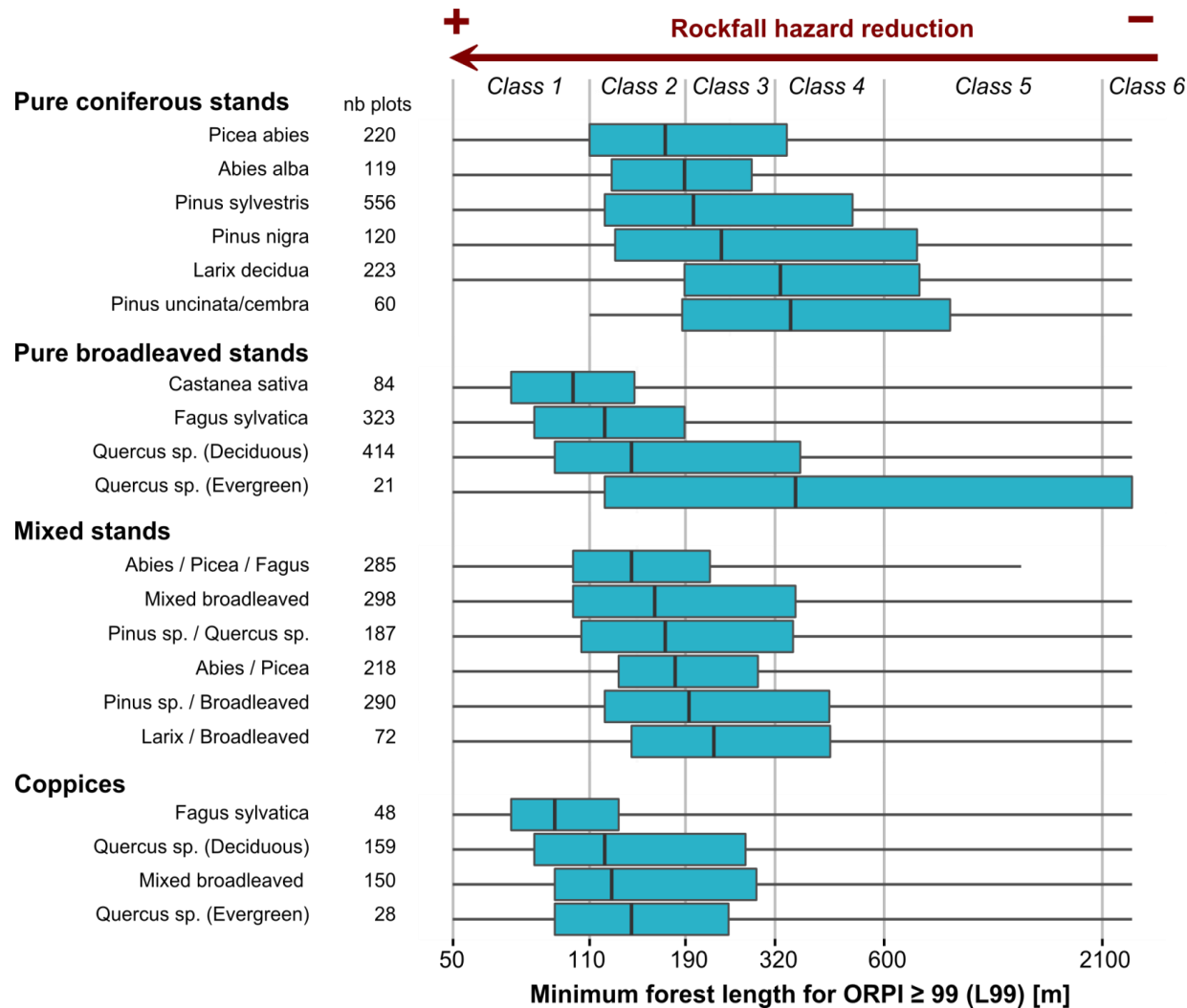
99% de l'aléa réduit après 190 m de versant boisé

Capacité de protection faible:

600 m de versant boisé insuffisant pour réduire l'aléa de 99%

➤ Modélisations à l'échelle d'un versant

Quantifier la capacité de protection par grand type de peuplements



➤ Une diversité plus forte observée dans les peuplements avec une meilleure capacité de protection

➤ Meilleure capacité de protection des peuplements feuillus et mixtes

➤ Modélisations à grande échelle

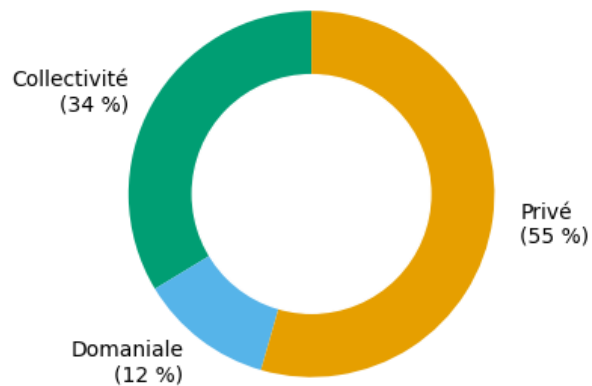
Localiser les forêts à fonction de protection potentielle

Modèle SylvaRock développé depuis 2020.

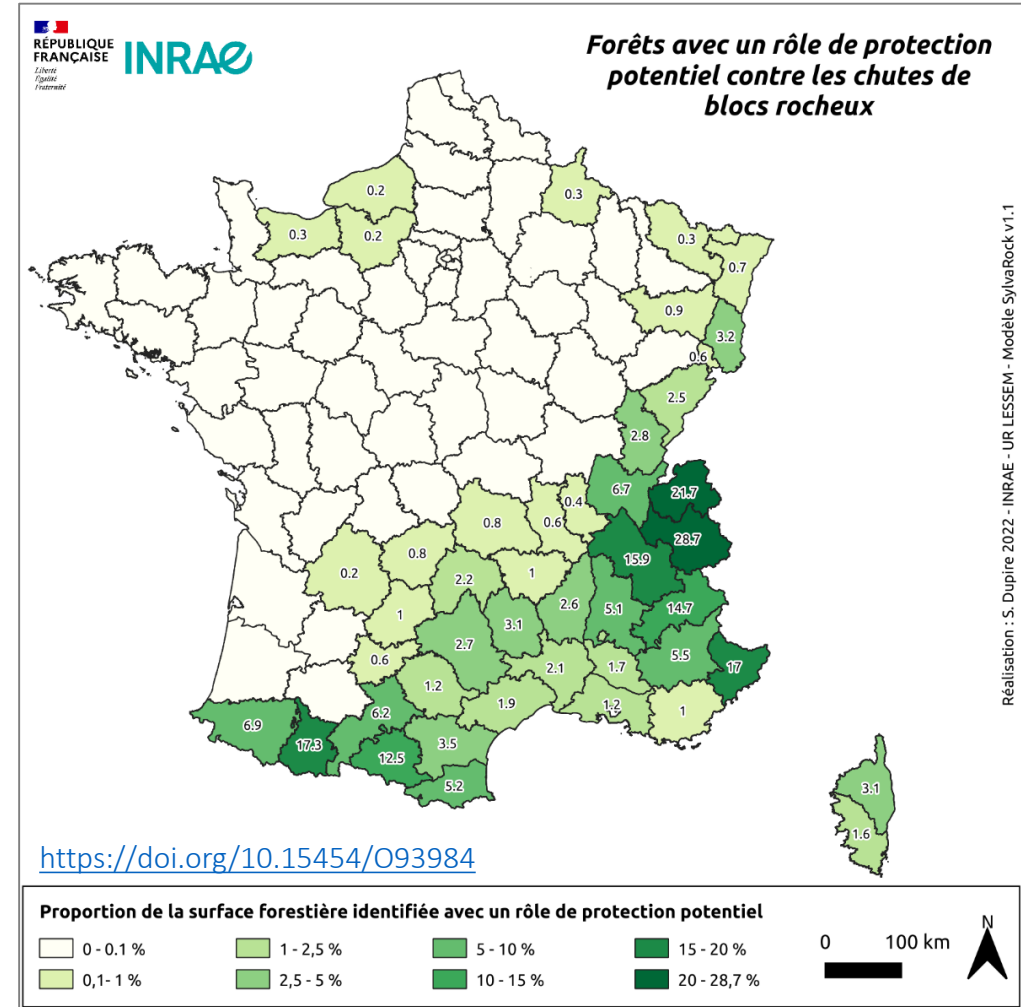
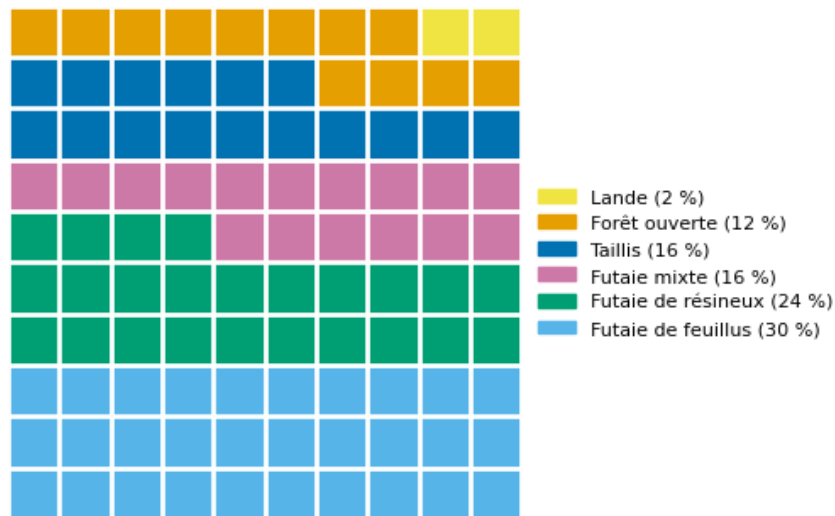
Propagation simplifiée de blocs sur un versant. Les forêts situées sur la trajectoire d'un bloc parvenant jusqu'à (au moins) un enjeu sont identifiées (résolution 25m)

380 000 ha identifiés (≈3% de la surface boisée nationale)

Type de propriété



Type de structure forestière



➤ Plan de la présentation

1. Contexte

2. Observations et expérimentations

3. Modélisations

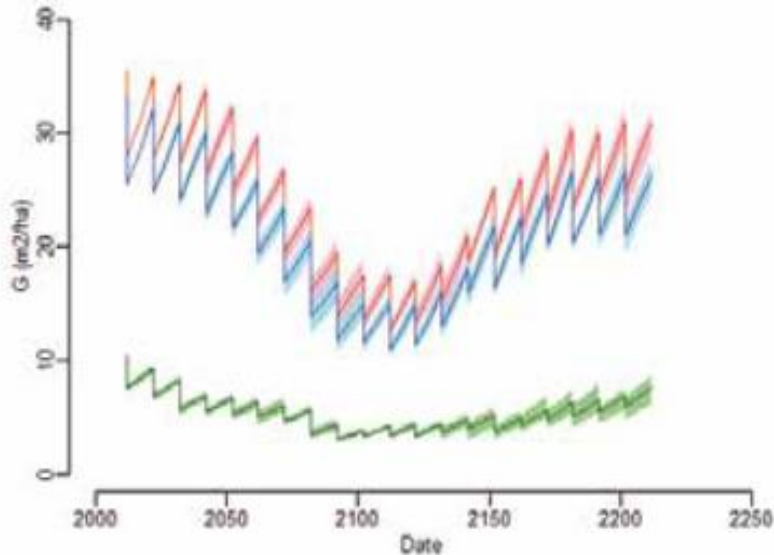
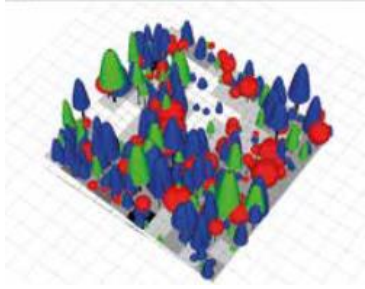
4. Travaux futurs / perspectives



➤ Evaluer les effets de différentes sylvicultures sur le rôle de protection

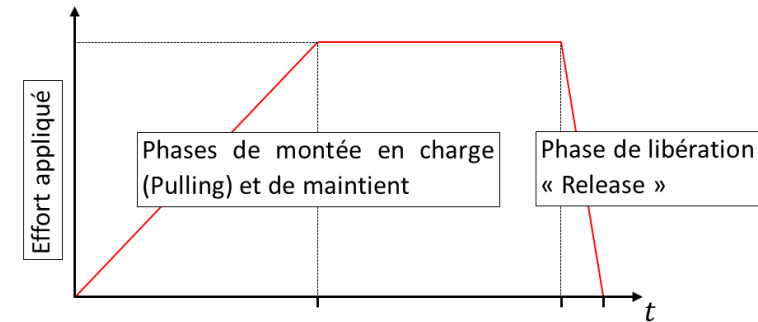
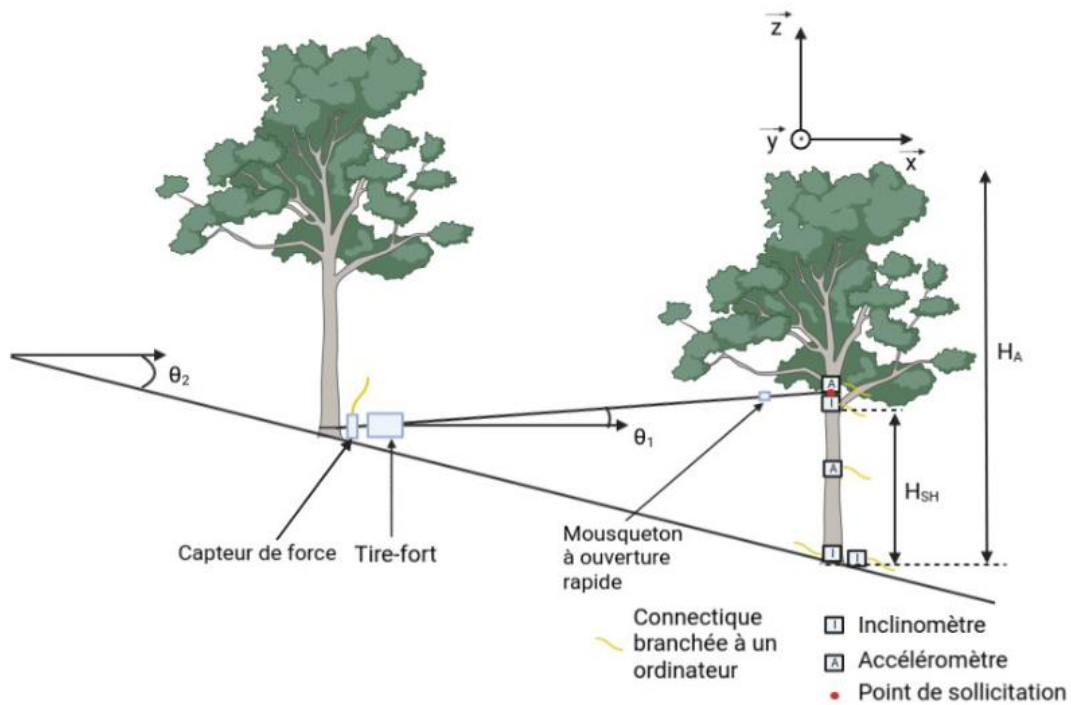
Objectifs :

- Simuler l'évolution des indicateurs de protection d'un peuplement dans le temps (SAMSARA 2 ?)
- Quantifier les effets des sylvicultures de protection (arbre en travers, souche haute)
- Effets de la libre évolution ?



➤ Evaluer les effets des perturbations sur la capacité de protection

Protocole « Pull-release » : mesure des paramètres mécaniques d'un arbre sur pied



➔ Mesures sur des arbres sains de différentes tailles / essences + mesures à différentes saisons

➔ Mesures sur des arbres perturbés



➤ Evaluer les effets des perturbations sur la capacité de protection

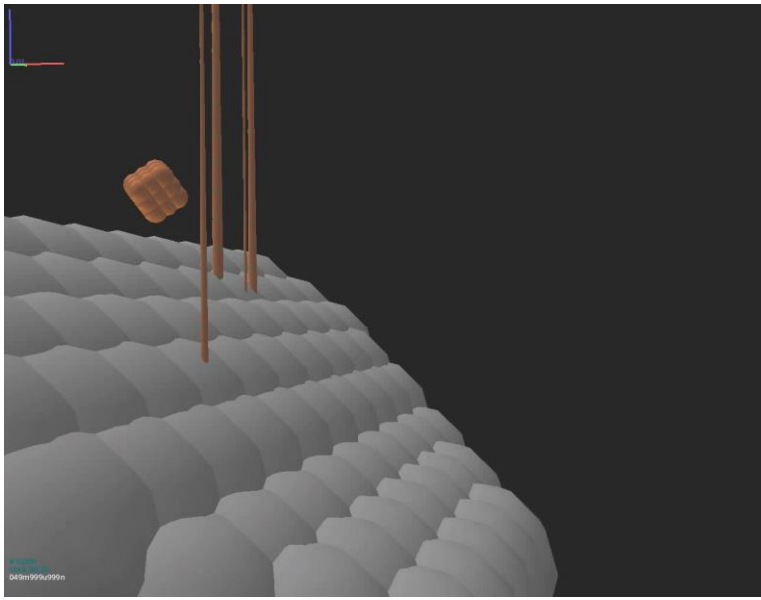
Vers des recherches sur les risques multiples

Eté 2003



Eté 2022





Merci pour votre attention

