



le cnam



Stabilité des pentes rocheuses (versants naturels et talus anthropiques)

Véronique MERRIEN-SOUKATCHOFF

Jean-Louis DURVILLE

Jean-Alain FLEURISSON

Spécificités des pentes

- Surface
 - On voit le massif et on peut revenir faire des observations
 - Influences météorologiques et climatiques
 - Altération, dégradation fréquente du massif rocheux en surface
 - Il peut y avoir des formations de surface (dont **SIRT**)
 - État de contrainte singulier, influencé par la topographie
 - A priori faibles contraintes... quoique
 - la possibilité de ruptures avec grands déplacements en raison de la proximité d'une surface libre
 - dispersion des volumes instables loin de leur point de départ
- Importance de l'eau mais méconnaissance de sa répartition
- Phénomènes à différentes échelles
- Sur certaines pentes surveillance plutôt qu'action, notamment pour les versants naturels

Liens entre activités humaines et les instabilités potentielles de pentes rocheuses

- Infrastructures de communication
 - Routes
 - Voies ferrées
 - Pistes de ski
- Bords de mer
- Tourisme et constructions en montagne
- Extensions des zones urbaines
- MCO et carrières de plus en plus profondes

50 ans du CFMR

- Développements qui font (ont fait) évoluer l'analyse des pentes ?
- Quels sont les points encore mal pris en compte, à développer ?

Thèmes possibles

Développements qui font (ont fait) évoluer l'analyse des pentes

- Techniques de relevés à distance
- Apport de la géophysique
- Classifications
- Modélisation
- Contraintes dans les pentes
- Prise en compte des séismes
- Influence de l'eau sur les instabilités
- Influence des variations de température
- Comportement évolutif des versants
- Le traitement de l'aléa rocheux
- Les problèmes d'échelle
- Volumes instables et propagation
- Confortement, boulonnage
- L'alternative surveillance /action

Points encore mal pris en compte, à développer ?

Thèmes possibles

Développements qui font (ont fait) évoluer l'analyse des pentes

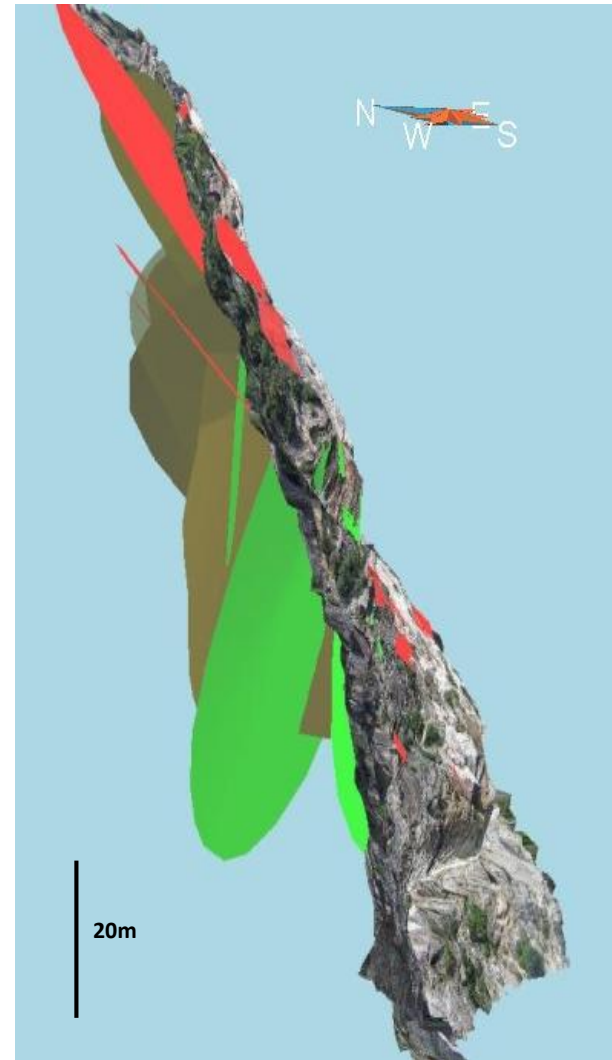
- Techniques de relevés à distance
- Apport de la géophysique
- Classifications
- Modélisation
- Contraintes dans les pentes
- Prise en compte des séismes
- Influence de l'eau sur les instabilités
- Influence des variations de température
- Comportement évolutif des versants
- Le traitement de l'aléa rocheux
- Les problèmes d'échelle
- Volumes instables et propagation
- Confortement, boulonnage
- L'alternative surveillance /action

les points encore mal pris en compte, à développer ?

Techniques de relevés à distance

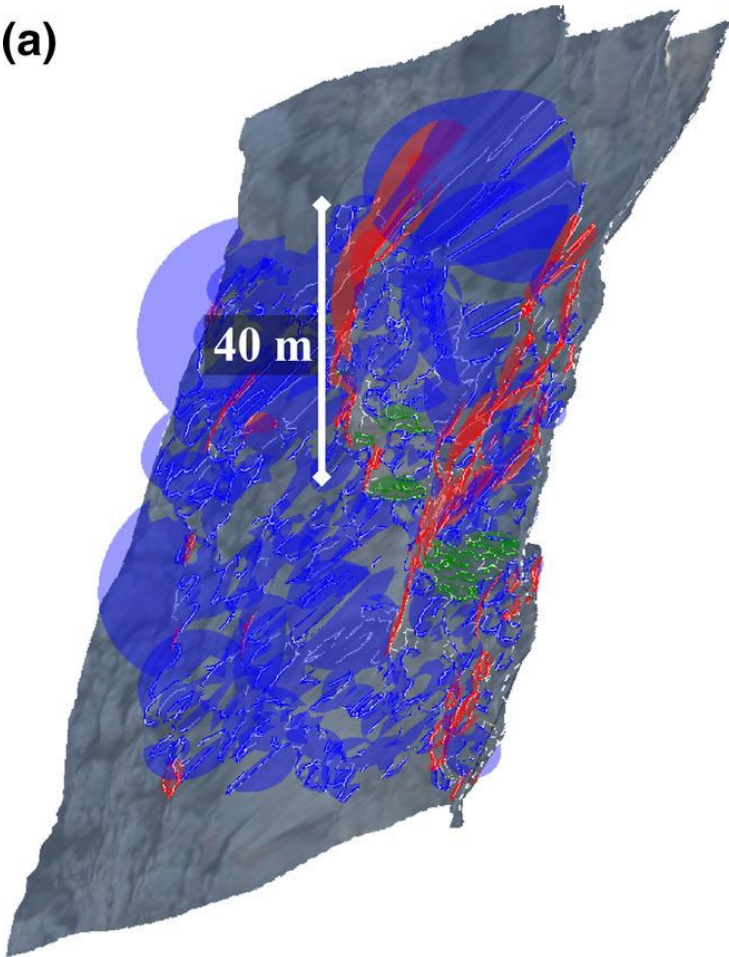


Techniques de relevés à distance

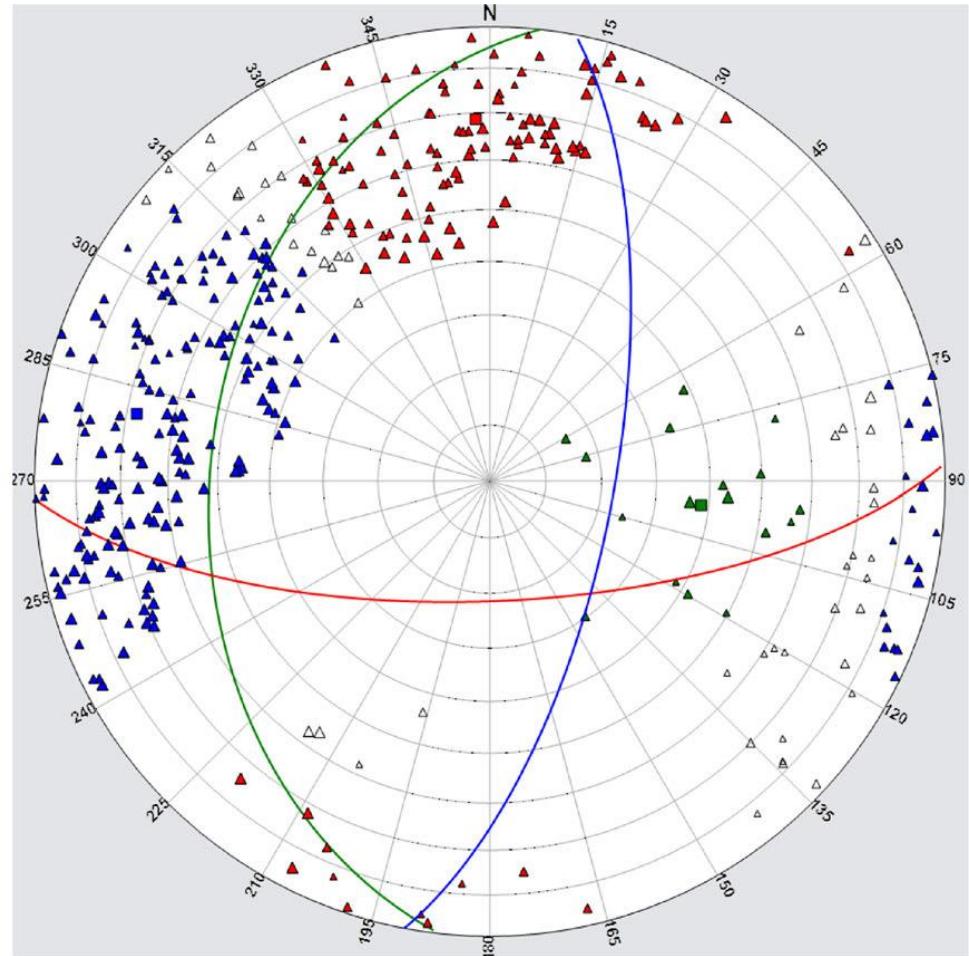


Techniques de relevés à distance

(a)

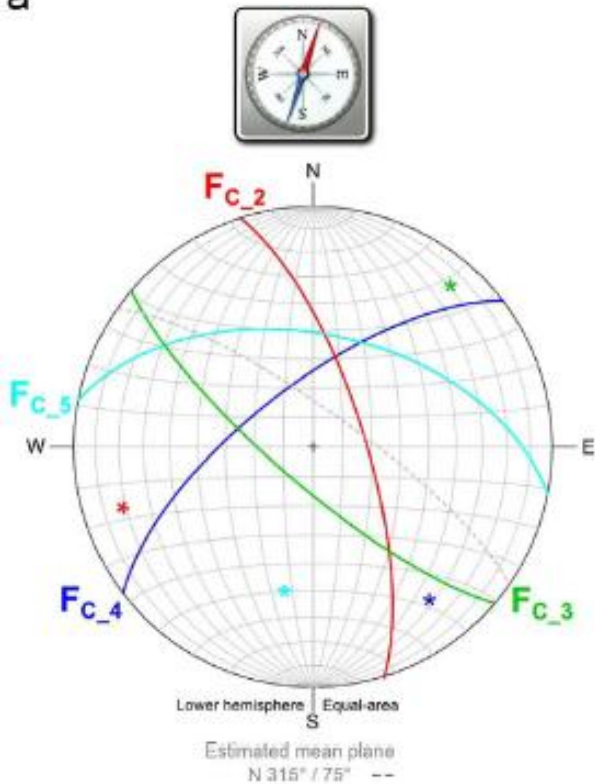


(b)

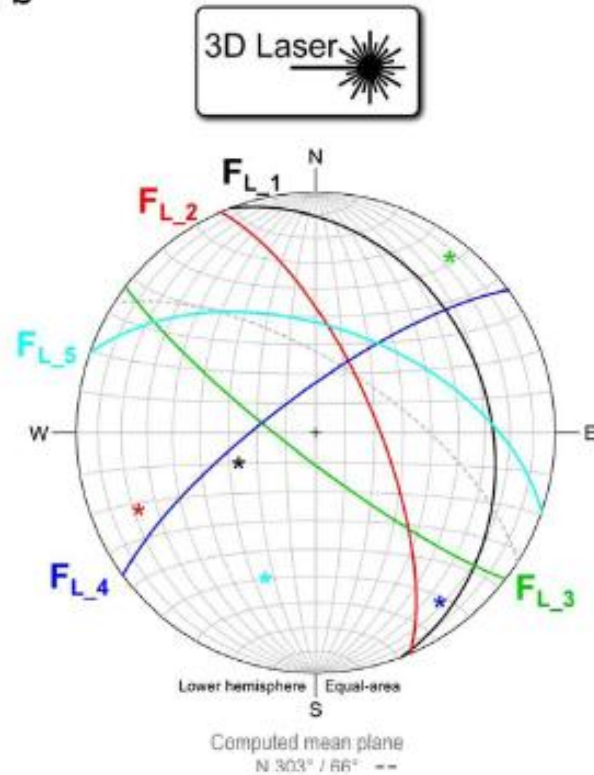


Techniques de relevés à distance

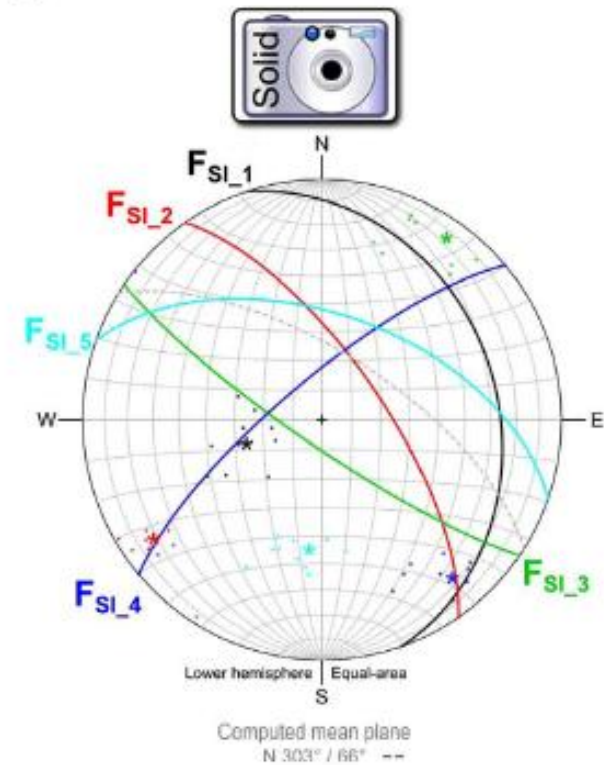
a



b



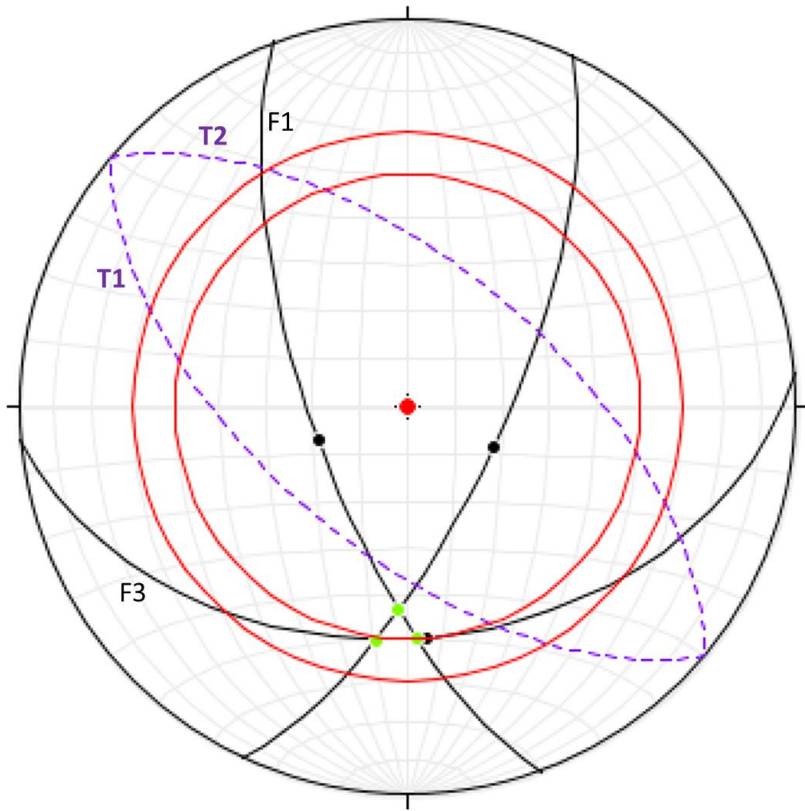
c



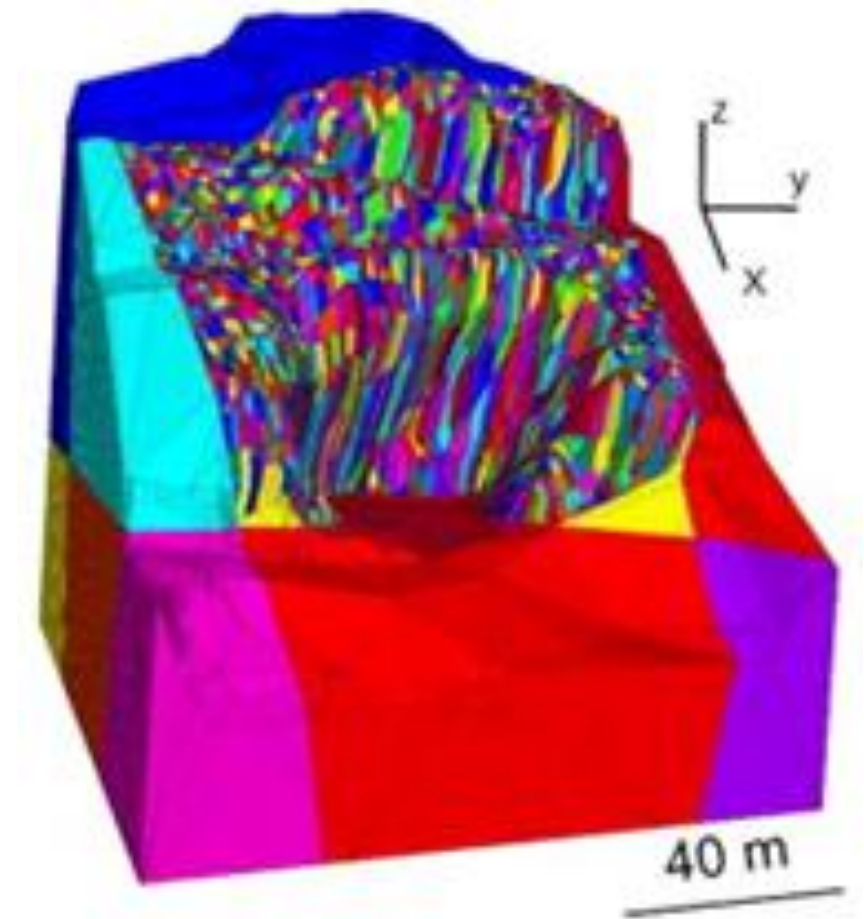
Techniques de relevés à distance

- Informations 3D précises sur la topographie
- Interprétation pour l'analyse structurale
- Blocométrie dans massif
- Suivi des déplacements (par comparaison de 2 "images" successives) y compris blocs tombés
 - Lidar
 - Radar
 - Permet l'alerte mais seuil ?
- Autres informations
 - État de surface de surface des discontinuités
 - Persistance, fréquence, ponts rocheux
 - ...

Conséquences sur les modélisations ?

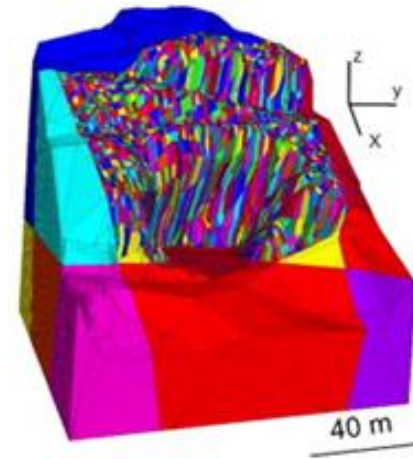
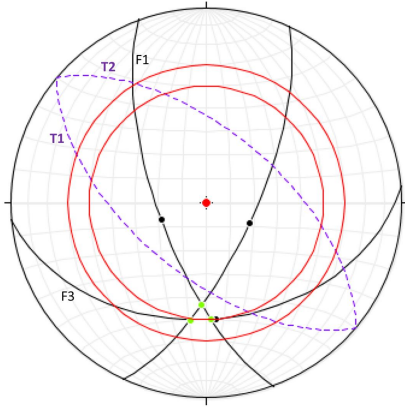


Calcul à l'équilibre limite
réalisé à partir d'un stéreonet



Exemple de modélisation tridimensionnelle éléments
distincts (3DEC), d'après Francioni et al. (2014)

Modélisations



- Mécanisme de rupture élémentaire, petites dimensions (grande échelle)
- Élémentaires
- Nécessitent peu d'informations
- Potentiellement stochastiques
- Dimensionnement
- Stable/instable

- Comportement mécanique d'ensemble (grandes dimensions)
- Complexes
- Nécessitent beaucoup d'informations non maîtrisées
- Utilisation pour comprendre mais pas pour dimensionnement sauf si calage préalable
- Déformations, déplacements
- On explique mieux, mais prévoit-on mieux avec les modèles ?

Proposition de Benchmark

Esquiroullet

Nord

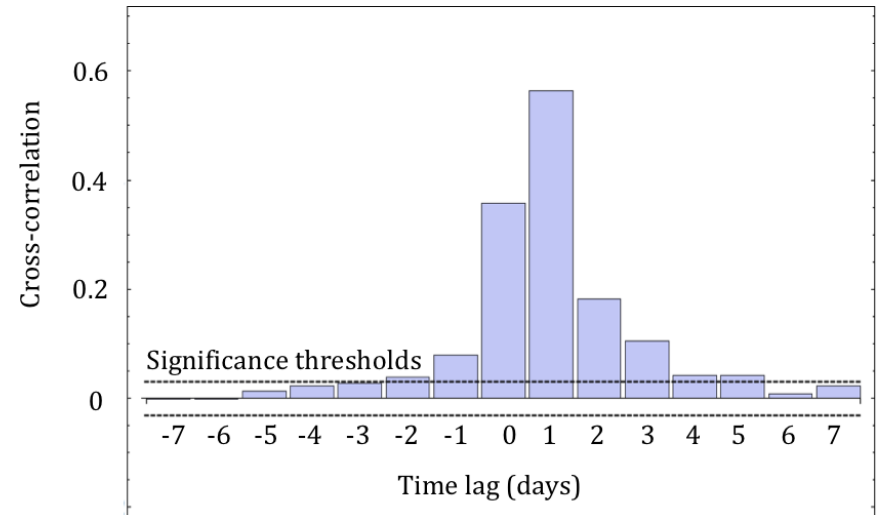
Sud

Esquiroullet'
cuttings

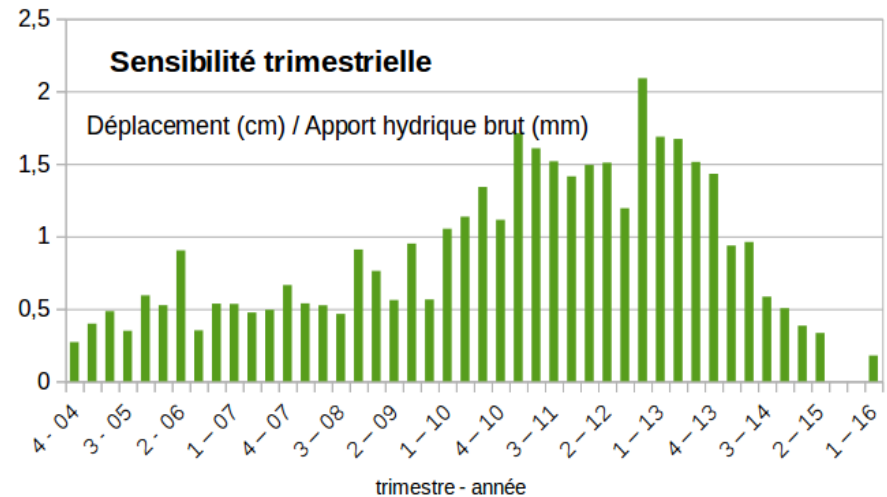
100 m

Influence de l'eau

- Études statistiques montrent des relations précipitations/chute de blocs
- Relations pluie déplacements dans les grands versants
- Mécanismes ?



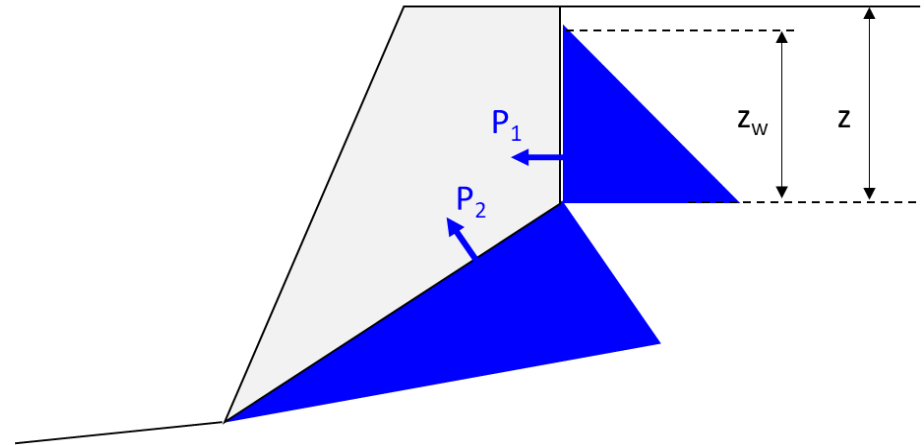
D'après Delonca et al.(2014)



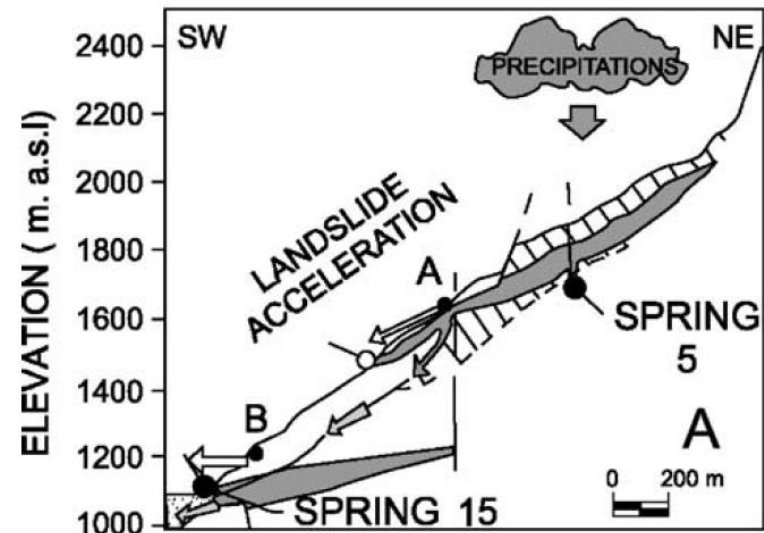
Séchilienne(données du Cerema)

Influence de l'eau prise en compte explicite des pressions

- Blocs
 - Quels niveaux d'eau ?
 - Quelles conditions aux limites

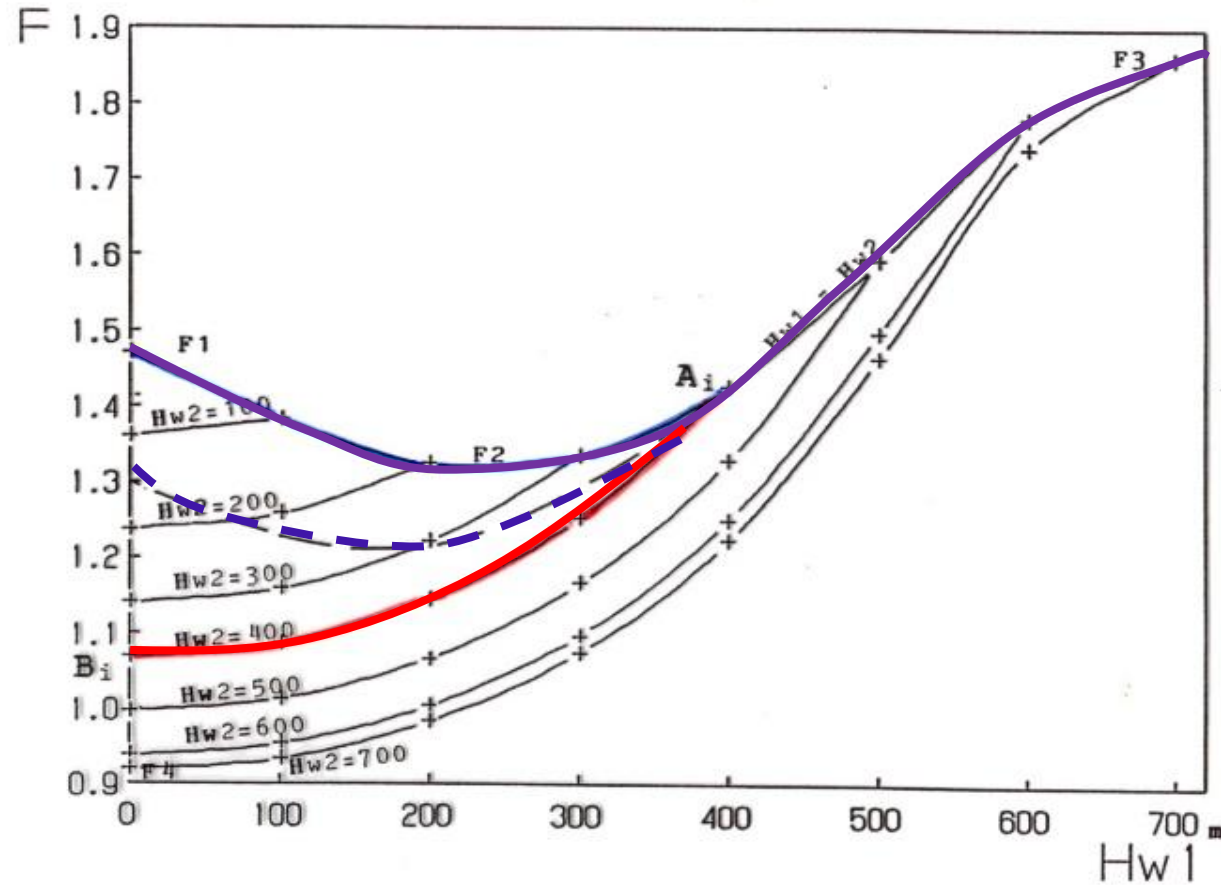
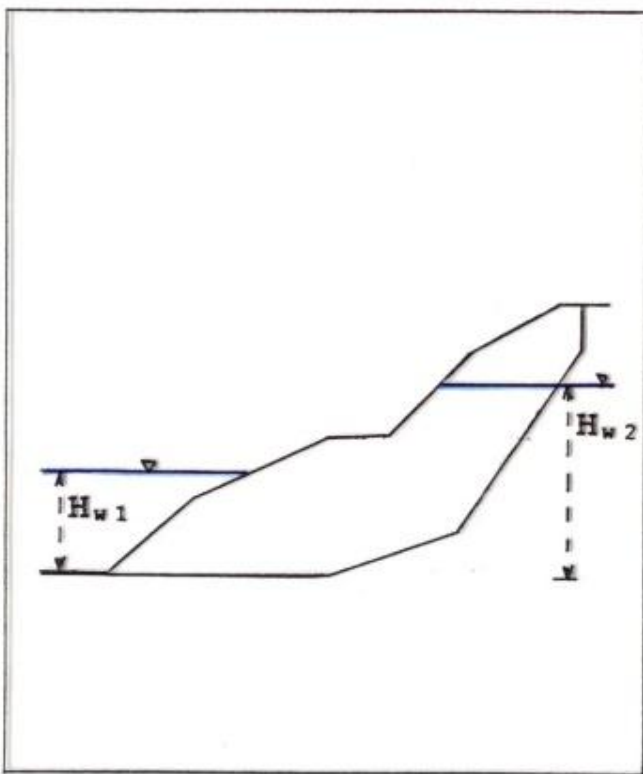


- Grands versants
 - Notion de nappes ?
 - Scénarios hydrauliques (cf. diapo suivante)



Modèle conceptuel de l'hydrogéologie du versant de la Clapière en période d'accélération, d'après Cappa et al., 2004

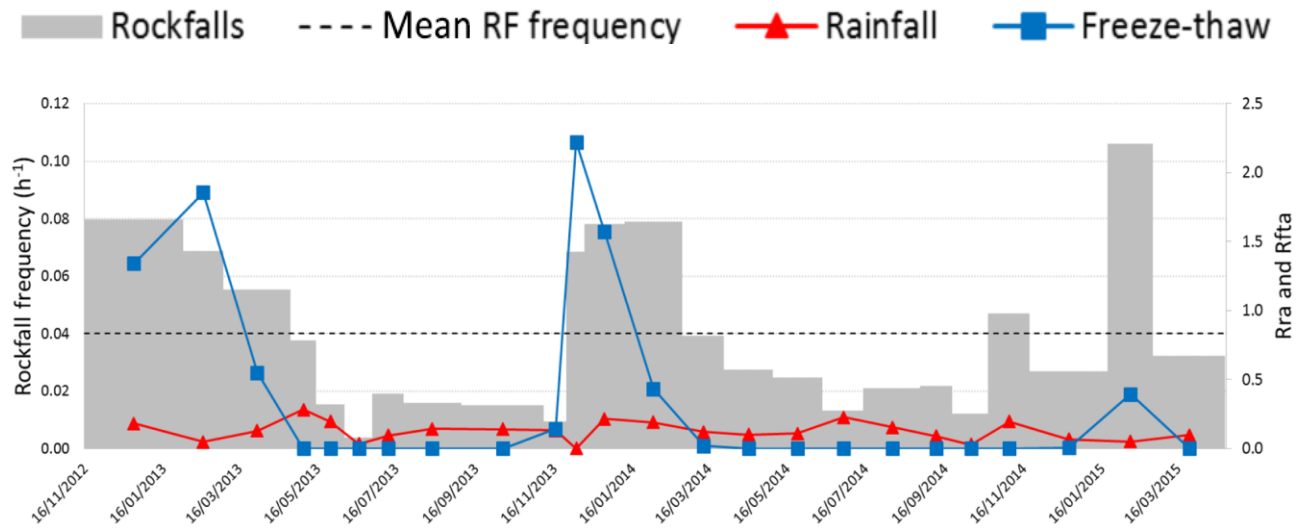
Influence de l'eau dans le cas de la submersion progressive d'une pente



D'après Cojean et Fleurisson (1990)

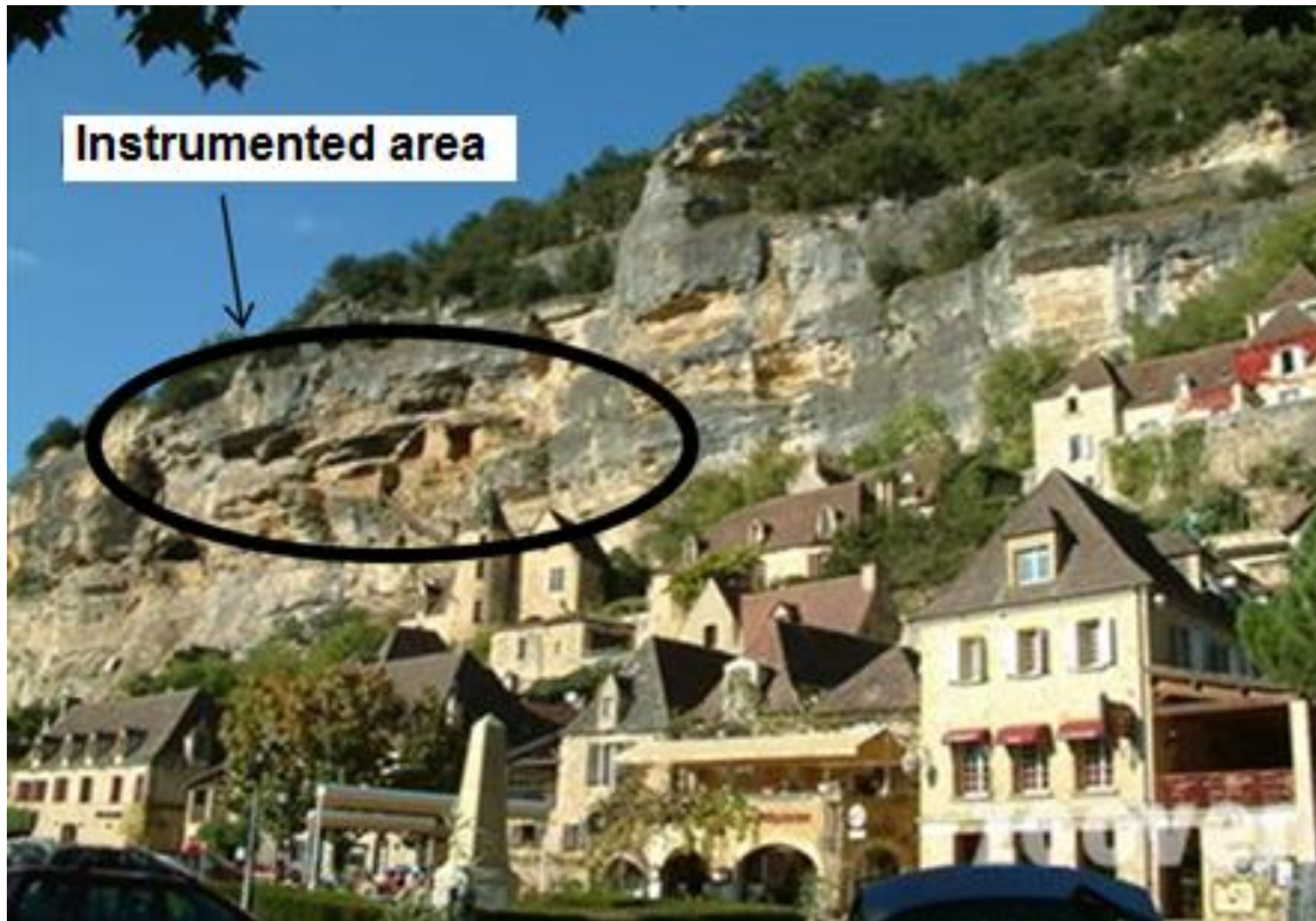
Influence de la température

- Relation statistiques



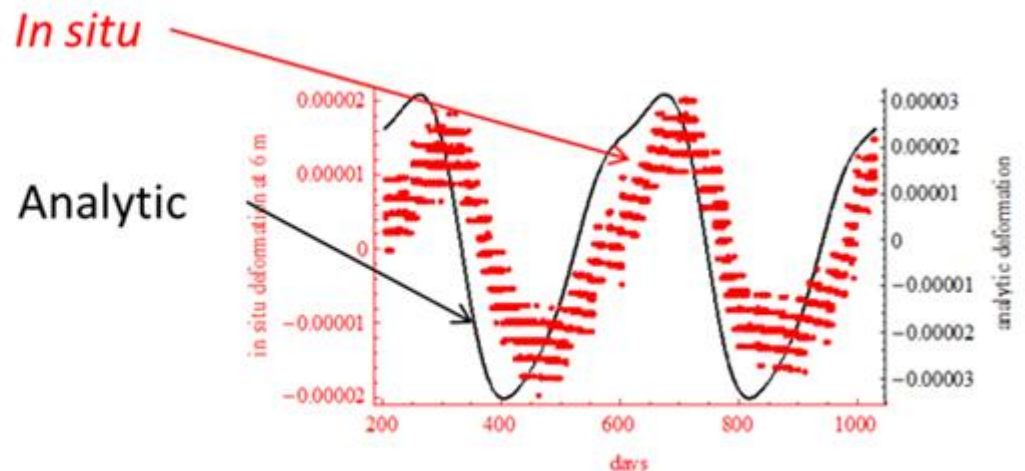
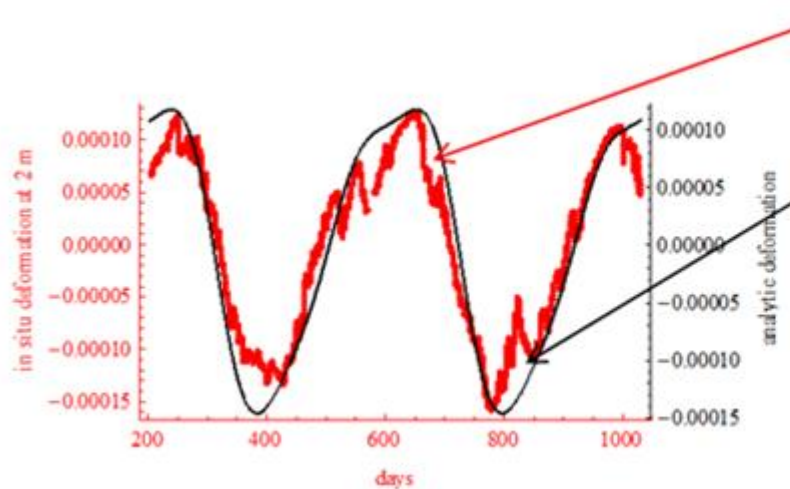
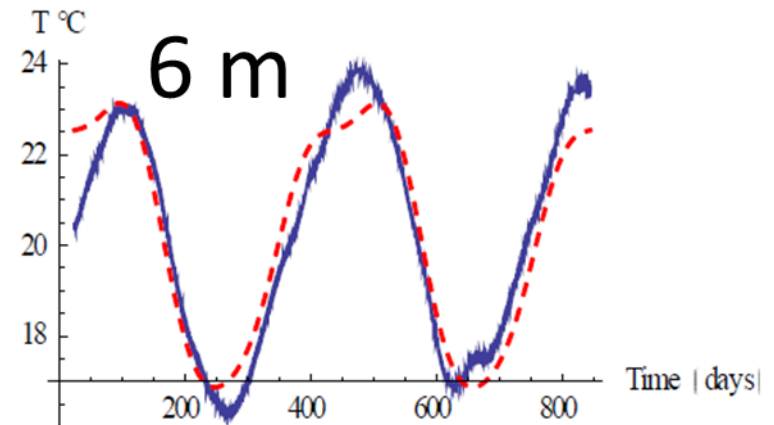
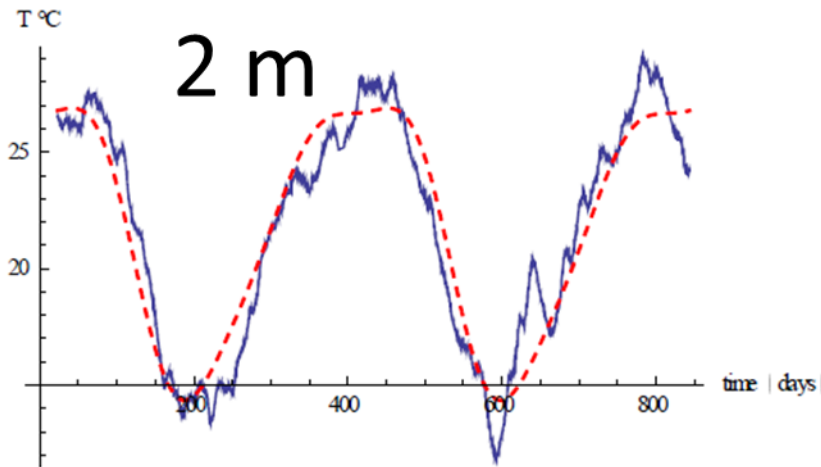
D'après D'Amato et al.(2016)

Influence de la température

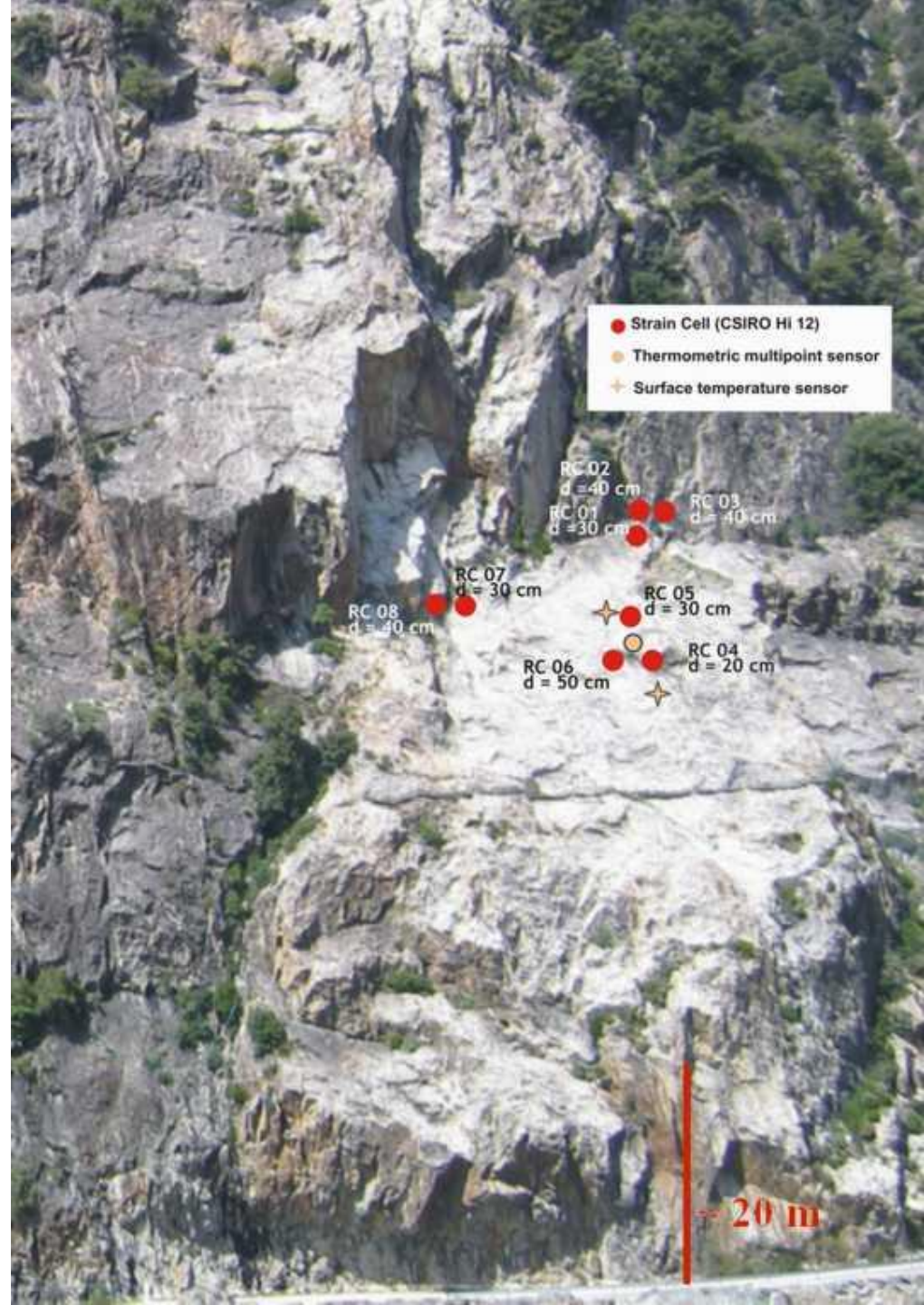


La Roche Gageac, photo Cerema

Influence de la température



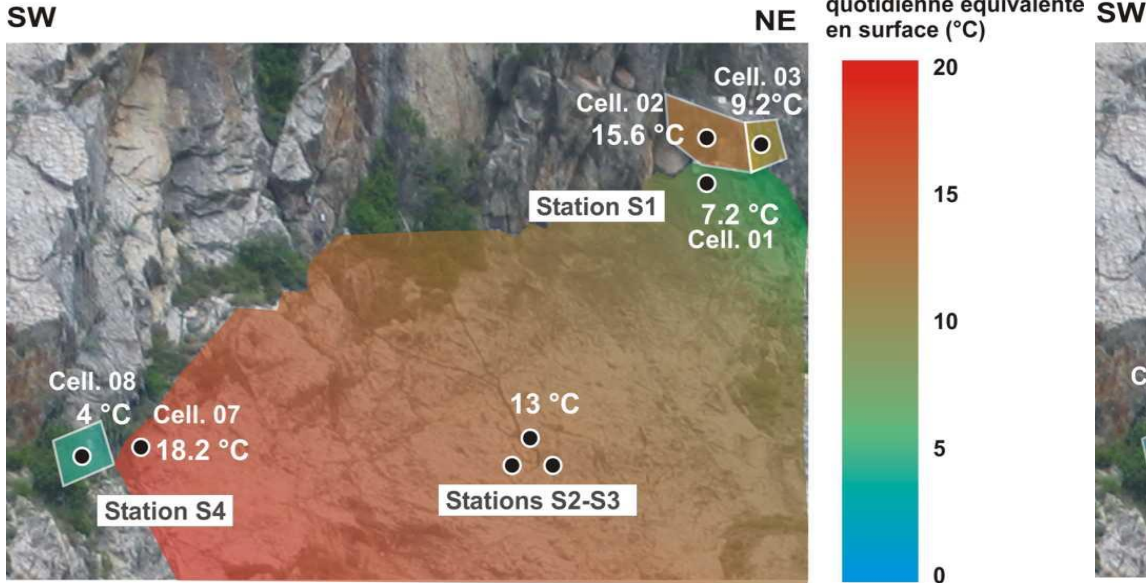
Influence de la température



Influence de la température

Amplitude thermique équivalente de surface

Été 2007



Hiver 2006



➤ Importance de l'effet de la radiation solaire liée à l'orientation

Conclusions

- Pente
 - Complexité
 - 3D
 - Eau
 - Mécanismes à plusieurs échelles
 - Connaissances limitées des propriétés mécaniques dont SIRT
- Pas considérées comme des "ouvrages" (pas de méthodologie codifiée, de référentiel technique, peu d'investigations)
- Recrudescence des instabilités de pente en lien avec les changements climatiques ?
 - Pluies plus intenses, variations thermiques plus fortes

Conclusions

- Beaucoup de publications mais pas nécessairement dans les revues ou congrès de mécanique des roches
 - Et manque de synthèse
- Beaucoup de descriptions, observations mais mécanismes pas toujours bien compris / étudiés
- La pratique des dimensionnements courants de talus reste insuffisamment maîtrisée.
 - Insuffisance des reconnaissances
 - Insuffisance de la formation en mécanique des roches et en géologie de l'ingénieur
- Versants naturels ne sont étudiés que quand il y a des risques (enjeux) avec souvent des moyens financiers limités.