

3. « Permafrost » et « Mat-érosion », deux projets d'adaptation en Valais – Eric BARDOU (CREALP / Valais)

Ces deux projets ont trait à des dangers naturels qui sont liés aux effets du changement climatique. Le premier est en lien avec le permafrost et porte sur le glacier Bonnard, où un corps gelé en cours de dégradation alimente deux torrents en matériaux mobilisables par les laves torrentielles. Le second concerne l'ensemble de la vallée dans sa partie amont, où les cours d'eau ne parviennent plus à exporter les sédiments et où l'on s'attend à ce que ce problème s'accroisse dans le futur.

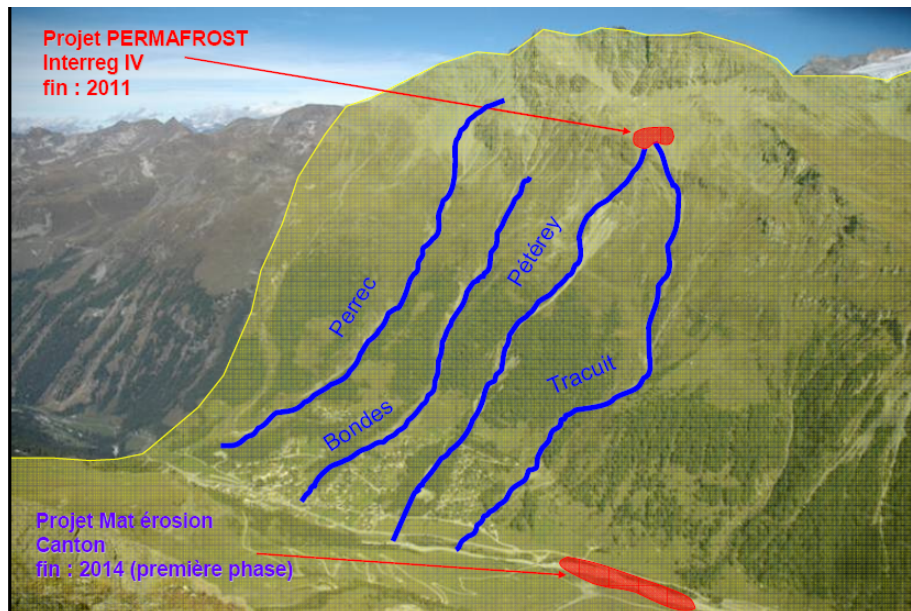


Fig. 5. Secteurs d'étude des projets « PERMAFROST » et « Mat-érosion » (Valais, Suisse)

1. Projet PERAMFROST – "Glacier" Bonnard

Ce projet s'inscrit dans le cadre du projet stratégique Alcotra *RiskNat* (activité B1-C1). Il vise à étudier une zone inscrite dans le permafrost au niveau du glacier Bonnard et constituant la principale source d'alimentation en matériaux déclencheurs pour les laves torrentielles des torrents de Pétérey et de Tracuit. Le secteur constitué par une moraine très raide (Fig. 6) présente une rupture de pente sur laquelle des matériaux gelés qui la surplombent progressent encore à l'heure actuelle, plus ou moins rapidement selon les secteurs. L'ensemble de la zone s'affaisse progressivement. L'étude des cartes anciennes (Fig. 7) montre qu'au Petit Âge Glaciaire, le glacier était déjà en train de se couvrir à l'amont de son bastion morainique.

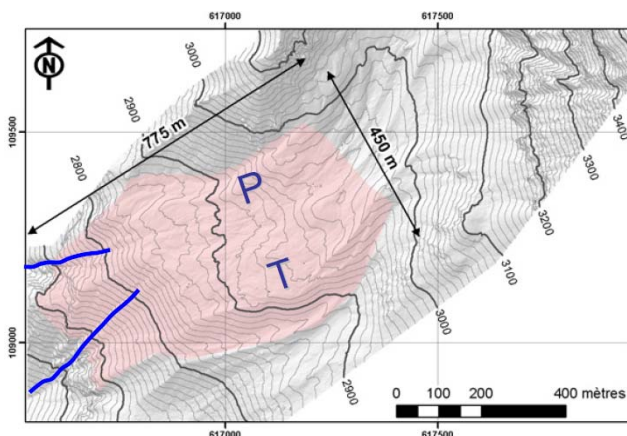


Fig. 6. (A) La zone d'étude

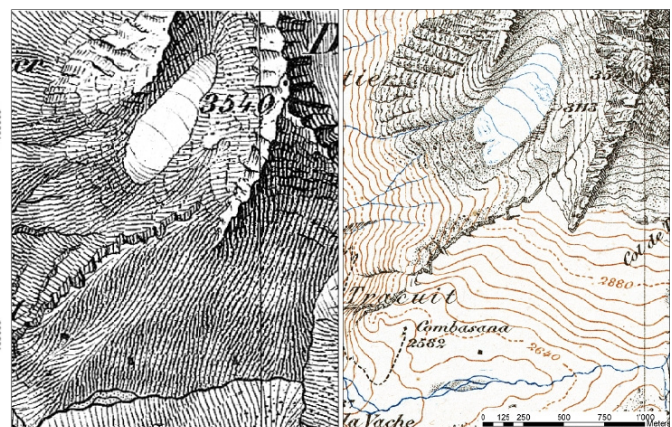


Fig. 7. (A) Carte Dufour (1861) ; (B) Carte Siegfried (1878)

L'étude en cours a pour objectif l'estimation (1) du volume total de la réserve de sédiments à disposition stockés dans la masse en mouvement, et (2) des volumes disponibles au niveau événementiel pour les laves torrentielles. Le but est de **fournir des éléments utiles à la gestion du risque de débordements torrentiels** dans le village de Zinal situé en aval, que ces torrents séparent en différents quartiers, dans la perspective d'une **éventuelle adaptation de cette gestion aux effets du changement climatique**.

Une des difficultés d'analyse provient du fait que de la glace est visible par endroits mais qu'on ignore s'il s'agit d'un glacier rocheux ou d'un glacier noir, ou encore d'un mélange entre ces deux formes. Des investigations de surface ont été mises en œuvre pour mieux connaître la structure et la dynamique de cette zone. Elles comprennent des mesures de déplacement par GPS différentiel (DGPS) et des reconnaissances géophysiques en forages et par sismique réfraction.

Les mesures GPS effectuées sur 150 points et renouvelées chaque année entre 2006 et 2009 ont permis de mettre en évidence un champ de déplacement assez hétérogène présentant des zones de déplacement rapide (en rouge sur la Fig. 8) et des zones stables ou sub-stables (en bleu). La moyenne des vitesses augmente depuis 2006, sans que l'on sache encore si cette tendance est directement liée à l'augmentation récente des températures et si elle va se poursuivre, ou si les déplacements vont plutôt adopter un caractère sinusoïdal alternant des phases d'accélération et de décélération. On voit que les observations nécessaires pour prendre en compte l'hétérogénéité spatiale de ces déplacements doivent descendre à un niveau d'échelle assez précis.

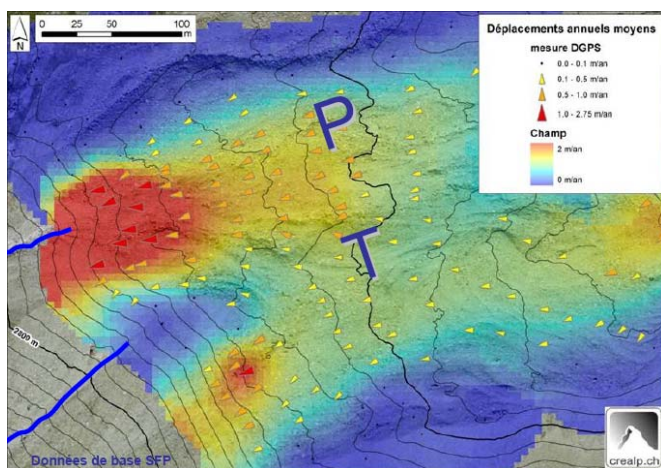


Fig. 8. Interprétation des mesures DGPS 2006-2009.

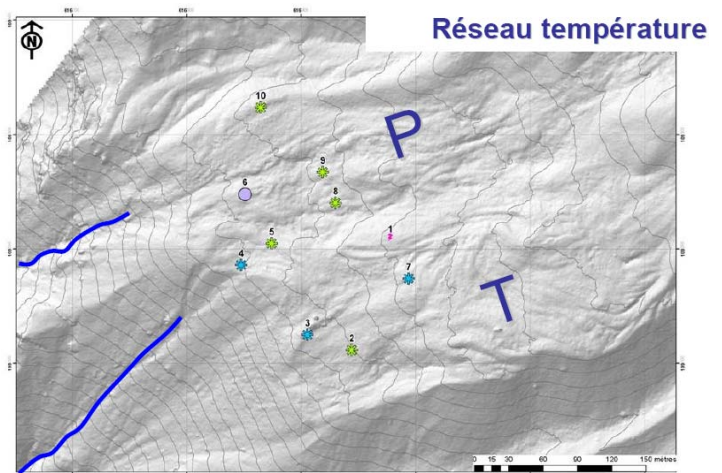
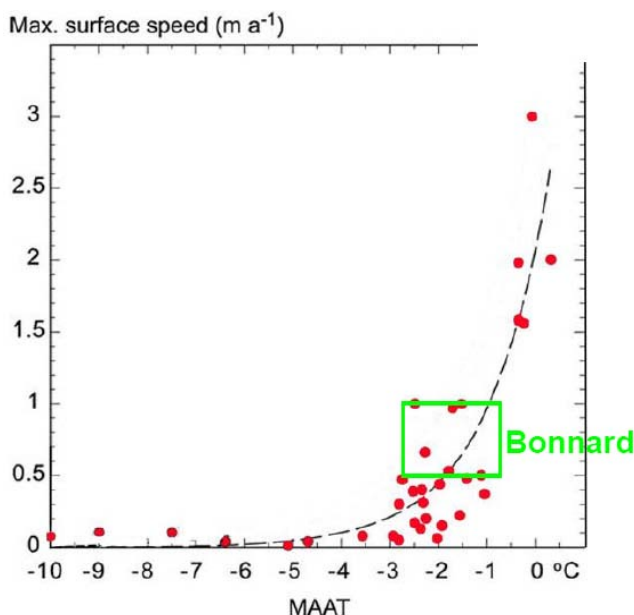


Fig. 9. Réseau de mesure des températures.

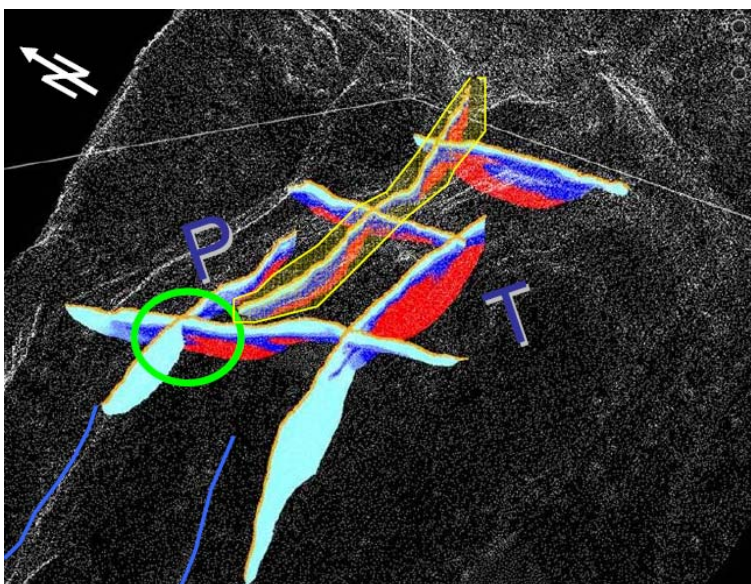


Pour relier l'évolution des vitesses de déplacement à celle des températures de surface, un réseau de capteurs est en cours d'installation (Fig. 9). Des développements techniques ont été effectués pour permettre la consultation des données on-line (ce dispositif est encore en phase de test). À terme, l'interprétation de la courbe reliant vitesses de déplacement et températures (Fig. 10) devrait permettre de dégager des perspectives d'évolution future.

Fig. 10. Relation entre vitesses de surface mesurées sur des glaciers rocheux alpins et température moyenne annuelle de l'air (Harris et al., 2009). Carré vert : gamme des vitesses mesurées au glacier Bonnard.

La comparaison des valeurs mesurées au glacier Bonnard avec les mesures effectuées sur d'autres glaciers rocheux montre que **les déplacements observés sont susceptibles de connaître une accélération notable sous l'effet d'une augmentation future des températures, ce qui pourrait conduire à une augmentation importante de la quantité de matériaux parvenant dans les chenaux des torrents. La poursuite du monitoring est donc nécessaire pour appréhender les évolutions à venir.**

Pour mieux comprendre les liens entre les différentes zones individualisées par les mesures de vitesse et leur rôle dans l'alimentation aux torrents, il est par ailleurs nécessaire d'examiner la nature des matériaux à l'intérieur de la masse du « glacier rocheux ». Une série de 14 forages a été réalisée. Ils indiquent que la nature des matériaux est très variable à la fois en profondeur (ce qu'on a pu aussi observer en faisant descendre une caméra dans un forage) mais aussi latéralement (les profils verticaux obtenus sont très différents les uns des autres), révélant une structure 3D assez complexe. De plus, des inclinomètres installés dans les forages ont permis de préciser la répartition en profondeur des vitesses de déplacement.



Ces données de forages ont été complétées par 11 profils de sismique réfraction sur l'ensemble de la zone. Leur interprétation en trois dimensions (Fig. 11) permet de distinguer la roche en place (en rouge), la présence de glace, soit pure soit mélangée avec des matériaux (en bleu) et des matériaux plus meubles en surface (en bleu ciel).

Fig. 11. Tomographies sismiques

L'ensemble de ces données fournit des éléments préliminaires à la compréhension du fonctionnement de ce corps gelé et ont permis une première estimation des volumes de matériaux en présence. Le volume total de matériaux en mouvement stockés à l'amont du village de Zinal ainsi évalué est de 1,5 millions de m^3 (Fig. 12) et le **volume de matériaux immédiatement mobilisables par des laves torrentielles est évalué à 40 000 m^3 pour l'un des torrents et 6000 m^3 pour l'autre.**

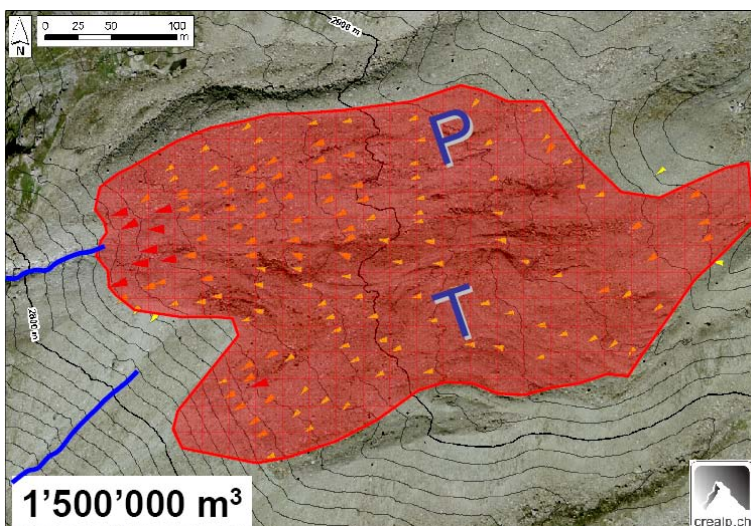


Fig. 12. Volume total de matériaux en mouvement estimé dans la partie aval de la zone d'étude

Cet exemple illustre le fait que **l'évaluation de l'impact des changements climatiques sur ce type de phénomènes requiert à la fois des investigations détaillées et un suivi continu et inscrit dans la durée sur la base d'un grand nombre de points de mesure**. Vu le nombre d'observations nécessaires, il y a donc « un niveau d'échelle à passer » impliquant des **moyens importants, que les décideurs ne sont pas encore forcément prêt à mettre en œuvre**.

Référence

Harris, C., et al. 2009. Permafrost and climate in Europe: Monitoring and modelling thermal, geomorphological and geotechnical responses, *Earth-Science Reviews*, doi:10.1016/j.earscirev.2008.12.002.

2. Projet « Mat érosion » : bilan sédimentaire

Cette partie, non présentée lors du séminaire, reprend le contenu du diaporama support de cette présentation.

Constat

- Exemple sur Zinal (été 2008)
 - 1 camion = 8 m³;
 - 1 coulée de 10 000 m³ = 1250 camions
 - Stockage à proximité 2 km
 - Stockage en décharge 4 km (en 2015 → 30 km!)
 - Cas réel 2008, différence de 5'250 km (45% des coûts)
- Décharges matériaux terreux propres
 - A court terme fermeture de 59 sur 86 sites
 - Gestion annuelle de 1-2 Mm³

Mandat

Fournir un concept consolidé

- Techniquement, économiquement environnementalement et "paysagèrement" faisable
- Conforme aux dispositions législatives cantonales

Carte des taux d'érosion obtenus pour chaque bassin versant par l'étude de l'alluvionnement dans la retenue hydroélectrique respective

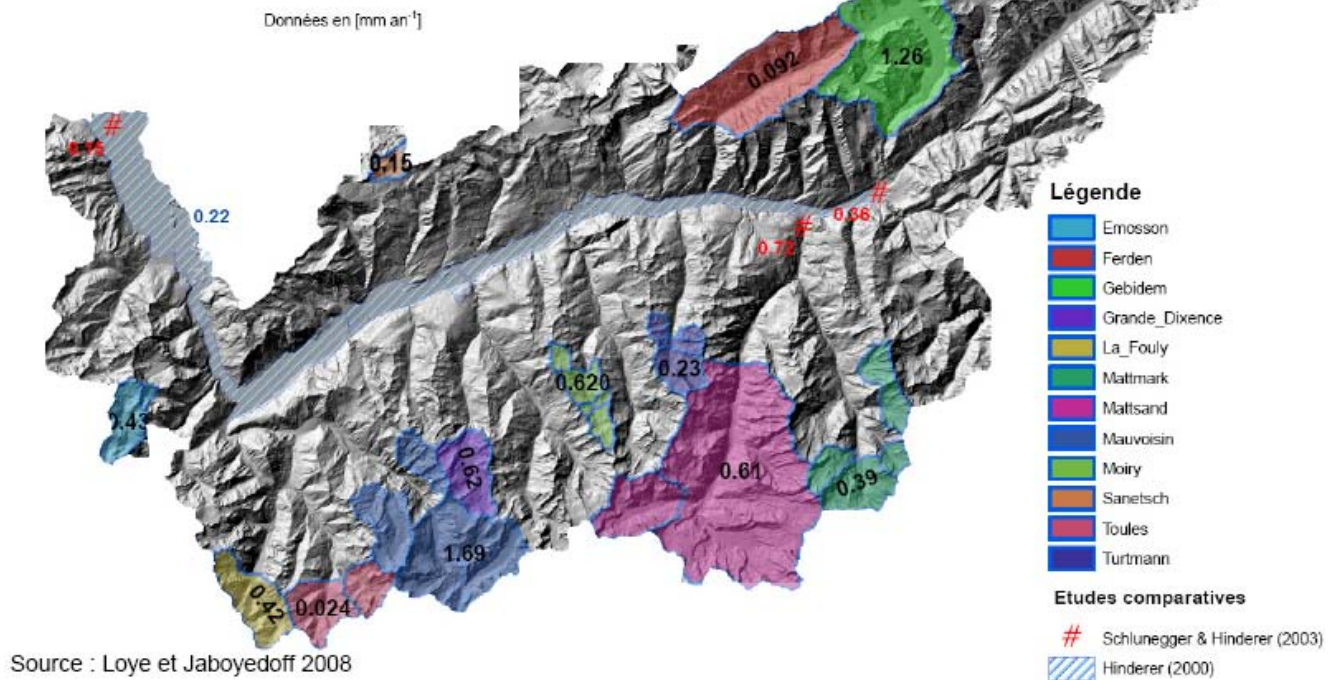


Fig. 13. Bilan sédimentaire

Etat du climat en 2100 selon GIEC

	Hiver	Eté
Température moyenne	↗ 2 - 4°C	↗ 5-7°C
Précipitations de pluie	↗ 5 - 20%	↘ 10 - 30%
Conséquences futures	++ humide	++ chaud et sec

Constat

- Taux d'érosion maximum 1.69 mm/an soit 8'450 m³/an (pour un BV de 5km²)
- Taux d'érosion minimum 0.024 mm/an soit 120 m³/an (pour un BV de 5km²)
- Extrapolation au plan cantonal ~ 1,25 Mm³/an
- **Volume en probable augmentation** dus aux changements climatiques

Une adaptation : stockage organisé in-situ

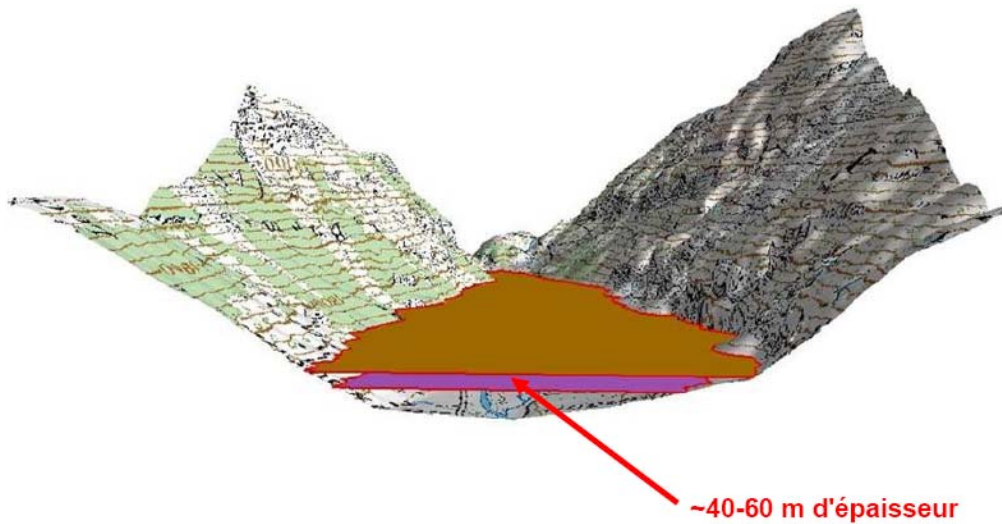


Fig. 14. Stockage des matériaux dans la vallée

Bilan

Message

- L'adaptation demande une prise en compte de plus en plus complexe
- Cela nécessite de "**connaître**" quantitativement l'environnement, soit :
 - d'avoir une base de données "événements"
 - de progresser dans l'utilisation des techniques d'investigation

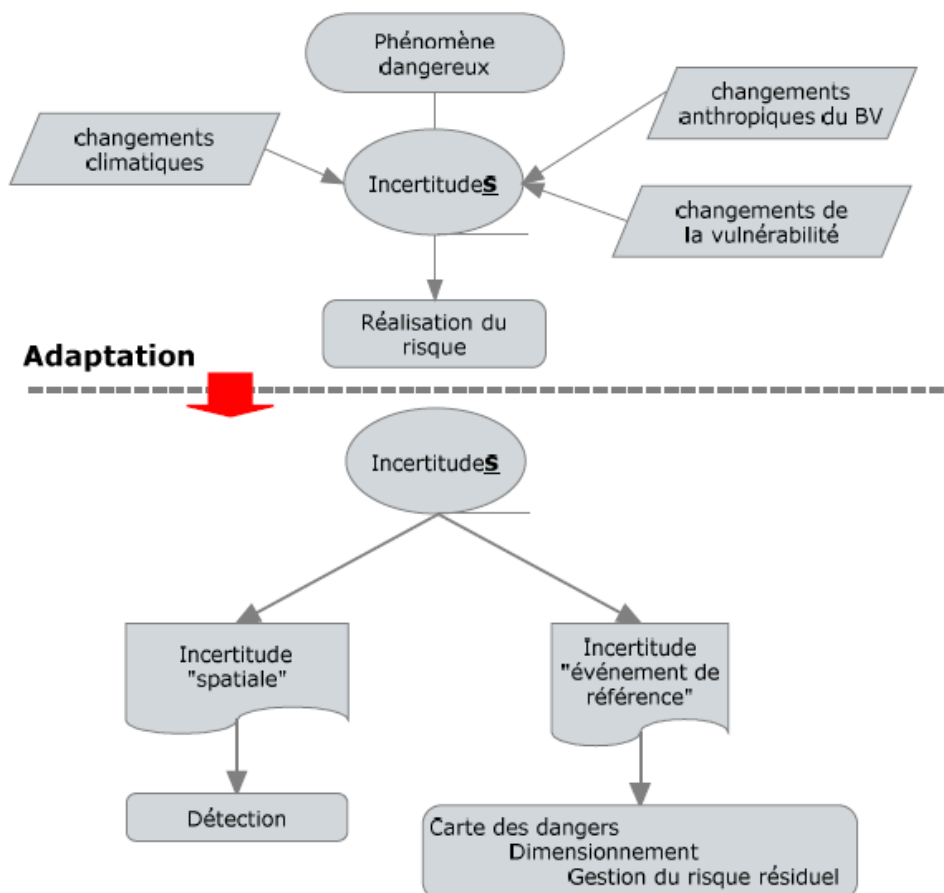


Fig. 15. Synthèse