

# PRÉSENTATION DES ACTIVITÉS DU WP4

**VIDEO décembre 2020**  
**Séminaire final de communication**  
**Nathalie Marçot BRGM : [n.marcot@brgm.fr](mailto:n.marcot@brgm.fr)**

Progetto Interreg Alcotra n°1573 “AD-VITAM”

Projet Interreg Alcotra n°1573 “AD-VITAM”

- Contexte et objectifs
- Présentation des activités du WP4
- Conclusion

# PRÉSENTATION DES ACTIVITÉS DU WP4

## Contexte et objectifs

Progetto Interreg Alcotra n°1573 “AD-VITAM”

Projet Interreg Alcotra n°1573 “AD-VITAM”

Dix dernières années :  
+ récemment (novembre-décembre 2019, puis lors de la tempête Alex des 2 et 3 octobre 2020),

→ **épisodes de pluies intenses et violents** provoquant inondations et **mouvements de terrain associés**

Territoires concernés :

- Régions Ligurie, Piémont, Val d'Aoste (Italie)
- Provence Alpes Côte d'Azur (PACA), Alpes Maritimes (France)

*Illustrations des conséquences d'événements récents en Italie (Ligurie) et en France (Alpes-Maritimes)*

*©Union des Communes du Val d'Ormea, d'Argentina et de Mendatica (2014)*



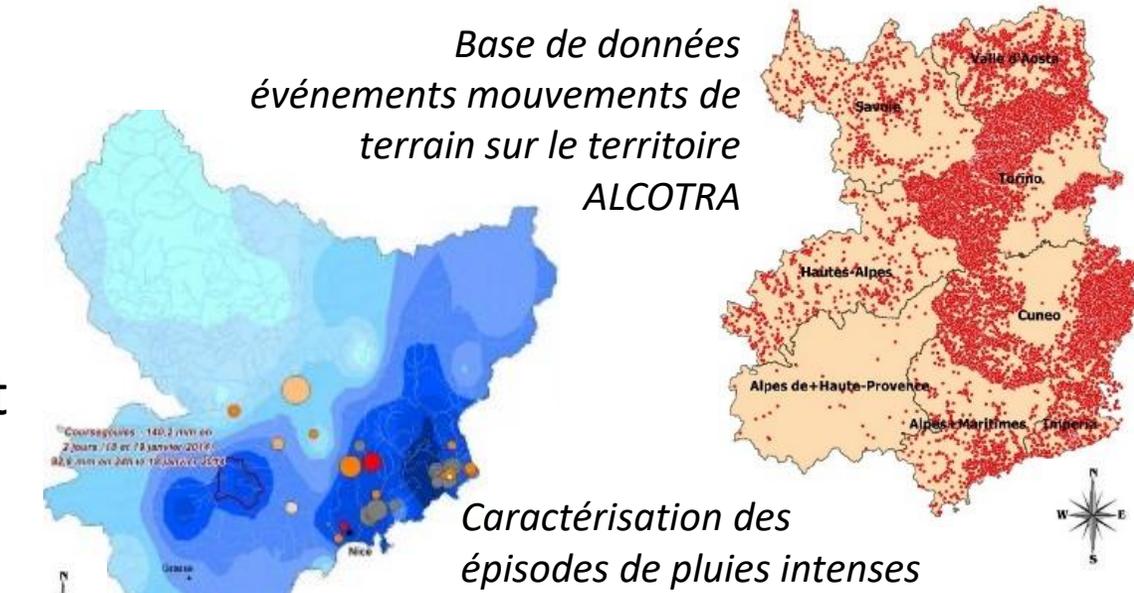
*Destructions et glissements de terrains suite à la crue de la Vésubie - 03/10/2020  
©Pompier06*

# Contexte et objectifs

## Activités WP3 réalisées :

- Création d'une **base de données franco-italienne des événements mouvements de terrain** sur le territoire ALCOTRA ;
- caractérisation des **épisodes de pluies intenses** et des **mouvements de terrain** (éboulements, glissements de terrain) associés ;
- **retour d'expérience** sur les événements passés ;
- caractérisation d'une **typologie spécifique des épisodes** types de pluies intenses ;
- caractérisation des **conséquences probables** en termes de déclenchements de mouvements de terrain et évaluation d'un **seuil départemental**.

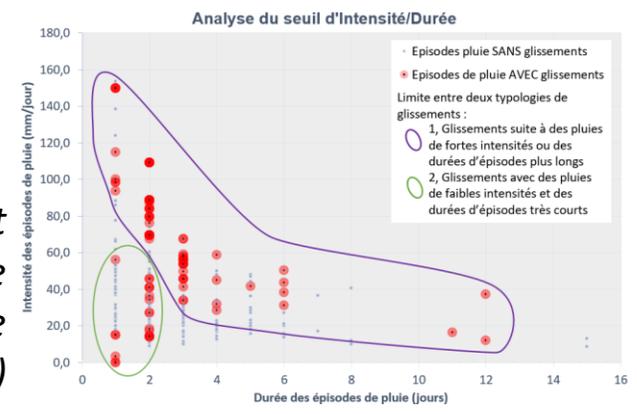
Base de données événements mouvements de terrain sur le territoire ALCOTRA



Caractérisation des épisodes de pluies intenses



Seuil de déclenchement de glissements de terrain (échelle départementale)



**Objectifs des activités du WP4** -> aboutir à de la **modélisation et de l'analyse en temps réel** en cas d'arrivée d'un épisode de pluie intense, afin **d'anticiper la réaction des versant aux phénomènes de glissements de terrain** et donc d'amélioration à la fois de la prévention et de la prévision pour améliorer la gestion de ce type de phénomène à l'échelle locale.

Deux actions principales :

- **test des modèles existants de prévision** des mouvements de terrain (glissements de terrain) côté Français et Italien sur des territoires identifiés ;
- **amélioration des modélisations de glissements** de terrain en y intégrant une **donnée spatialisée de pluie** issue des **radar météo** (ici le radar Mont Vial dans les Alpes Maritimes géré par la société Novimet® et le radar Monte Settepani en Italie).

# PRÉSENTATION DES ACTIVITES DU WP4

## Présentation des activités

Progetto Interreg Alcotra n°1573 “AD-VITAM”

Projet Interreg Alcotra n°1573 “AD-VITAM”

# Présentation des activités

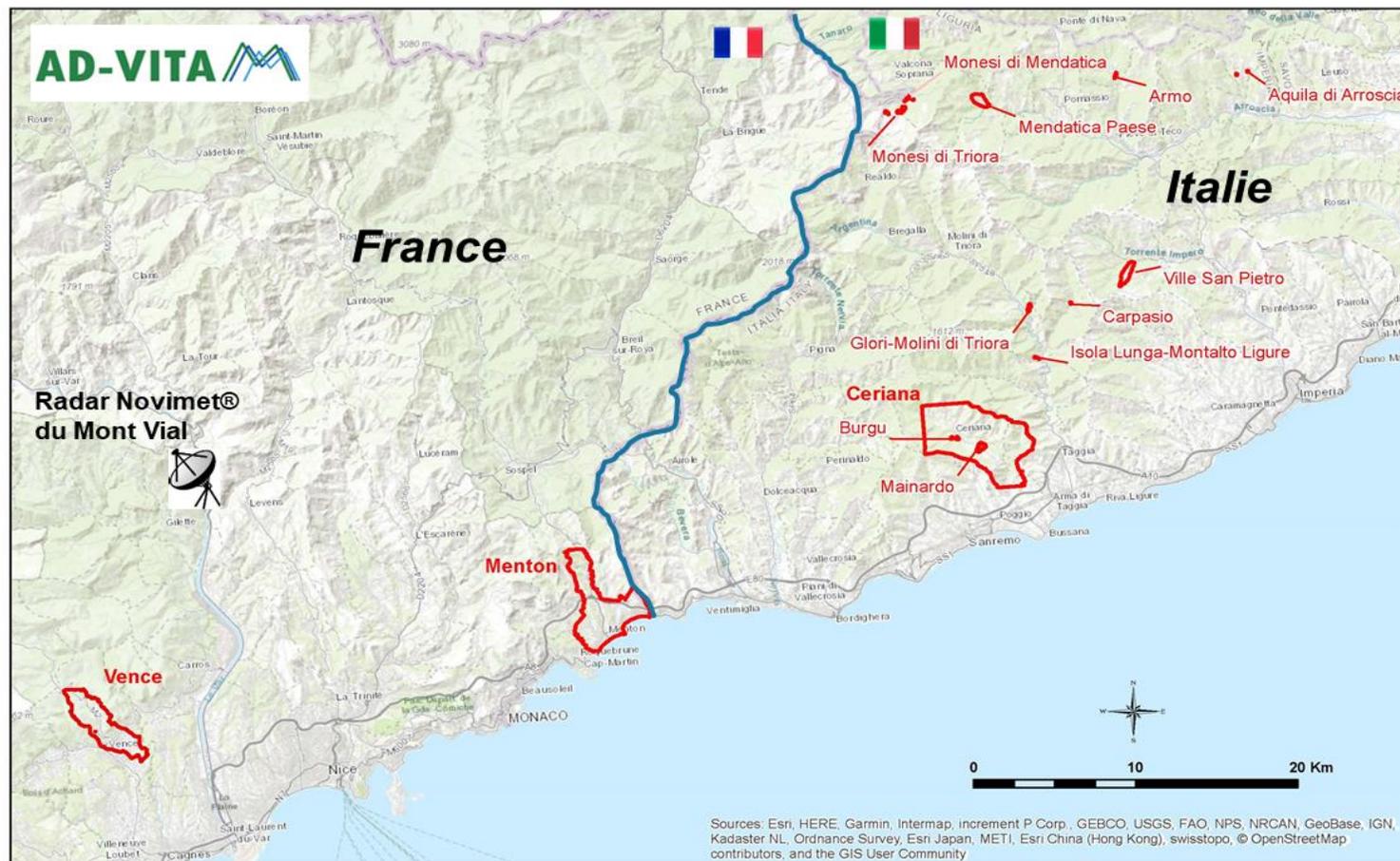
Plusieurs sites pilotes identifiés :

## En France :

- *Menton* : problématique de versants instables avec nombreux glissements superficiels
- *Vence* : un glissement actif suivi et versants alentours à surveiller

## En Italie :

- *Ceriana* : plusieurs glissements actifs suivis et versants alentours à surveiller
- *Mendatica (Village (ou paese) et di Monesi)* : un glissement actif suivi avec nombreux dommages sur station de ski et un glissement dans village avec dommages
- *Autres sites en Ligurie (Villa San Pietro, ...) et dans le Piémont (hors carte)*



## Trois grandes activités dans le WP4 :

- **WP4-4.1** -> faire de la **prévention** de glissement de terrain avec des logiciels de **modélisation**, à l'aide de **cartes de susceptibilités** produites avec un **niveau d'eau constant** (niveaux piézométriques synchrones des pluies globales) et ainsi obtenir sur un certain nombre de sites pilotes des **cartes probabilistes de susceptibilité** aux glissements de terrain ;
- **WP4-4.2** -> introduire dans les outils la **donnée de pluie spatialisée** et ainsi améliorer les **cartes de susceptibilité** en les rendant "**dynamiques**", et en améliorant la précision sur de la susceptibilité aux glissements de terrain ;
- **WP4-4.3** -> travail sur de la **prévision** de glissements de terrain en **temps réel** (sur un temps d'environ 1 à 2h entre l'information de l'arrivée d'une pluie intense et le début de l'épisode pluvieux), pour rendre **dynamique les cartes de susceptibilité** aux glissements de terrain en y intégrant la **lame d'eau radar** quelques heures avant son arrivée et ainsi faire évoluer ou non les zones de susceptibilité aux glissements de terrain

**Objectifs de l'activités 4.1** -> faire de la prévention de glissement de terrain avec des logiciels de modélisation, à l'aide de cartes de susceptibilités produites avec un niveau d'eau constant (niveaux piézométriques synchrones des pluie globales) et ainsi obtenir sur un certain nombre de sites pilotes des cartes probabilistes de susceptibilité aux glissements de terrain.

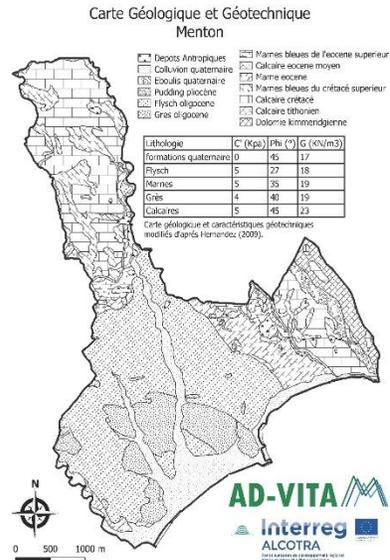
**Activité 4.1.1** : calage des modèles en collectant un certain nombre de données géotechniques afin de produire des cartographies géotechniques par lithologie sur les zones étudiées ;

**Activité 4.1.2** : synthèse des activités 4.1 ;

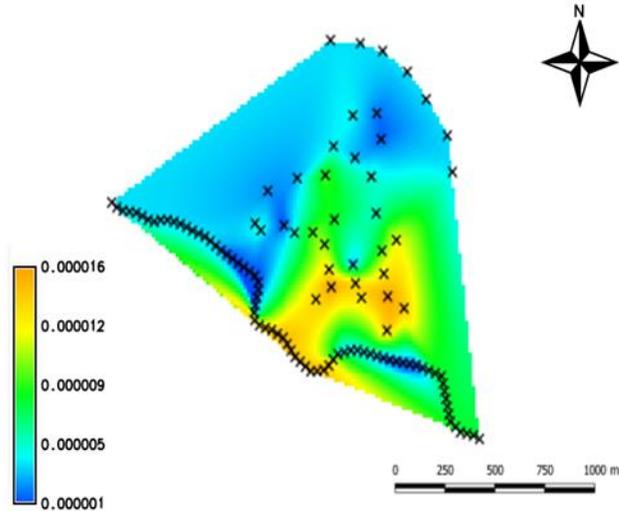
**Activité 4.1.3** : échanges de compétences entre techniciens ;

**Activité 4.1.4** : tests des modèles respectifs sur les sites étudiés afin d'obtenir une cartographie de susceptibilité aux glissements de terrain à niveau d'eau constant, en dehors de toute activité de pluie intense.

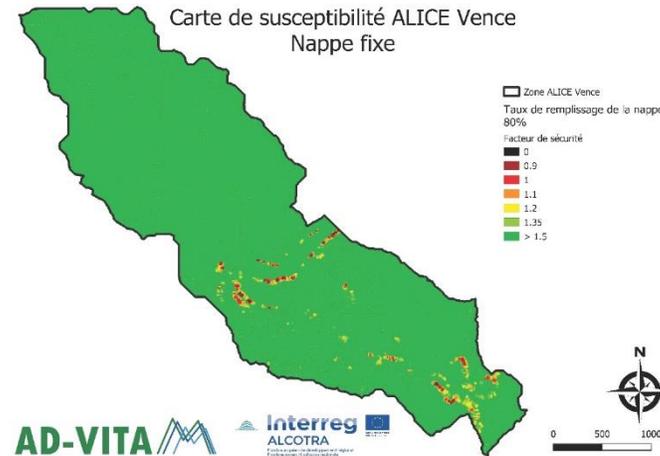
## Illustrations activités 4.1



Carte géotechnique et lithologique sur le site de Menton (Drouillas, 2021)

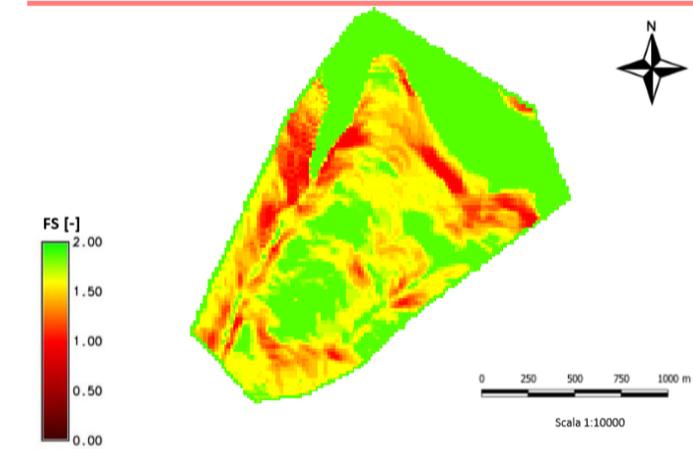


Exemple d'une carte de conductivité hydraulique en conditions de chargement de la nappe par l'UNIGE sur le site de Vence



Carte de susceptibilité traduite par un facteur de sécurité spatialisé issu d'une modélisation sur ALICE pour une nappe fixe avec un taux de remplissage de la nappe à 80% sur le site de Vence (Drouillas, 20021)

## CERIANA: Mappa FS iniziale con falda media



Carte de facteurs de sécurité avec un taux de remplissage moyen de la nappe sur le site de Ceriana Mainardo (UNIGE)

**Objectifs de l'activités 4.2** -> introduire dans les outils la donnée de pluie spatialisée et ainsi améliorer les cartes de susceptibilité en les rendant "dynamiques", et en améliorant la précision sur de la susceptibilité.

**Activité 4.2.1** : collecte des données spatialisées issues des radars météo (radar du Mont Vial et Monte Settepani) ;

**Activité 4.2.2** : synthèse des activités 4.2 ;

**Activité 4.2.3** : échanges de compétences entre techniciens ;

**Activité 4.2.4** : descriptif des modèles utilisés (ALICE par le BRGM, LAMP par l'UNIGE et YASSA par l'ARPAL) ;

**Activité 4.2.5** : développement et tests des modèles pour pouvoir produire des cartographies de susceptibilité aux glissements de terrain tenant compte cette fois de la pluviométrie (ponctuelle et spatialisée) ;

**Activité 4.2.6** : descriptif du modèle FLAME du BRGM ;

**Activité 4.2.7** : production de cartographies de susceptibilité aux glissements de terrain tenant compte cette fois de la pluviométrie (ponctuelle et spatialisée) en rejouant les épisodes de pluie intenses sélectionnés (2008-2013-2014) à l'aide des modèles ALICE et LAMP sur les sites étudiés ;

**Activité 4.2.8** : campagne d'instrumentation sur des sites de glissements de terrain actifs pour le suivi et l'utilisation des données dans les modèles

# Présentation des activités

## Illustrations activités 4.2

### Modèles ALICE (BRGM) et LAMP (UNIGE)

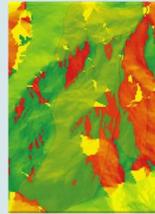
Modèle ALICE (Fr.) 

**ALICE** : Assessment of Landslides Induced by Climatic Events  
Modélisation de stabilité de pente couplée avec un modèle hydrologique global (GARDENIA : Global Reservoir Model for Simulation of Discharge and Groundwater Levels)  
Etudier la susceptibilité des glissements de terrain induits par le climat à l'échelle régionale, en identifiant les contextes géomorphologiques locaux et en évaluant l'impact du changement de facteurs climatiques sur la stabilité des pentes



Modèle LAMP (It.) 

Analyse et prédiction des glissements de terrain dus aux forts événements pluvieux  
- Oscillation de la nappe  
- Saturation des sols  
- Analyse de la stabilité  
**Résultat** : raster carte de susceptibilité

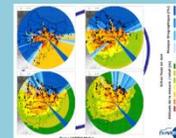


MAPPA di PREVISIONE della suscettibilità da frana in occorrenza della pioggia prevista a breve termine

Radars météo Mont Vial (Fr.) (bande X) 

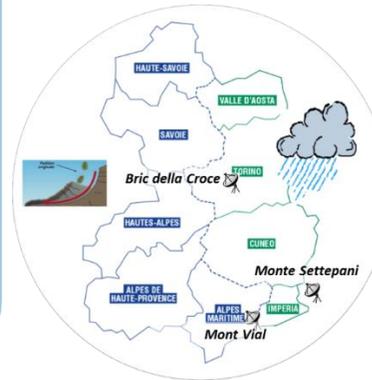
Projet ALCOTRA CRISTAL (2008-2011)

Essais en temps différé de création de cartes de pluie au sol à partir des 3 radars météo du Mt Vial (Fr) (bande X), de Bric della Croce et de Monte Settepani (It. (bande C). Données traitées par le logiciel ZPHI®, puis assemblées en mosaïque.



**Objectifs AD-VITAM** : Reconduire cette expérience sur une base opérationnelle en temps réel.

### Radars météo français et italiens



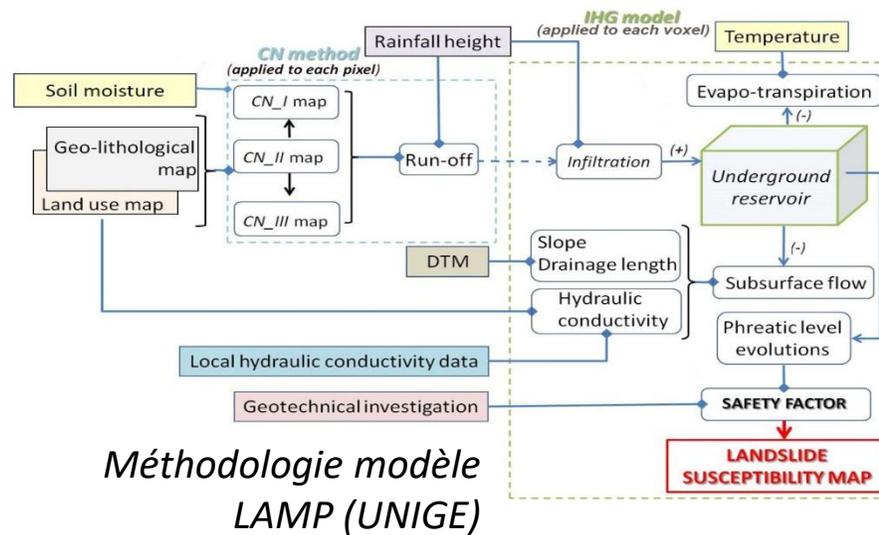
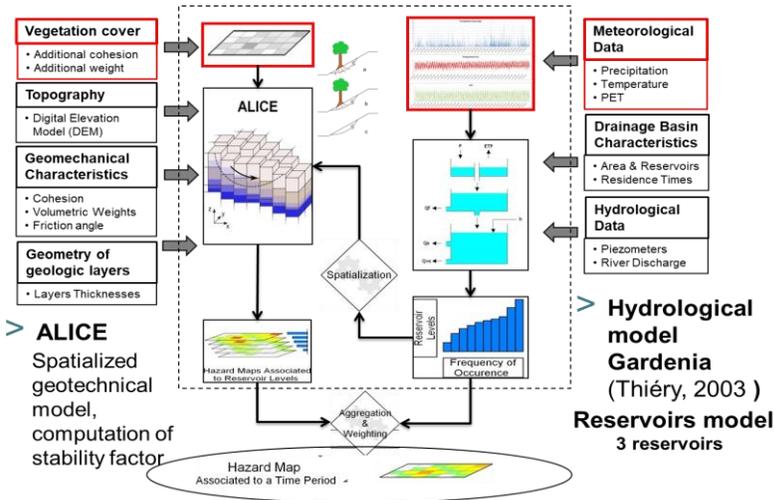
Radars météo Monte Settepani (It.) (bande C) 

ALCOTRA URAMET (2015-2017)  
Harmonisation des systèmes de relevés des données météorologiques concernant les orages violents et les pluies intenses sur les territoires concernés, et établissement d'une gestion transfrontalière des alertes destinée aussi bien aux opérateurs (protection civile, pompiers, etc.) qu'aux populations



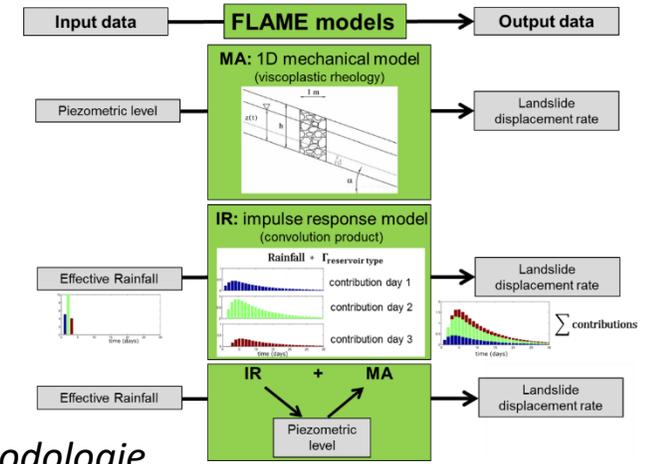
**Objectifs AD-VITAM** : Utiliser les données du radar Monte Settepani (It) dans les modèles de prévention / prévision en complément de celles du Mt Vial (Fr)

### Méthodologie modèle ALICE (BRGM)



### Méthodologie modèle LAMP (UNIGE)

### Méthodologie modèle FLAME (BRGM)

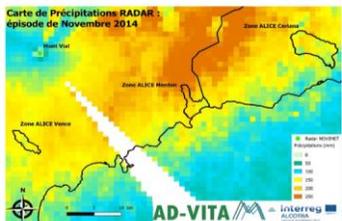
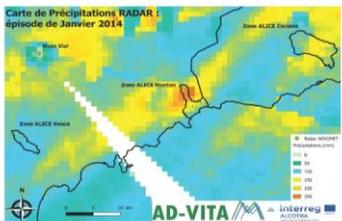


# Présentation des activités

## Illustrations activités 4.2

- janvier 2014 (Novimet®)

- novembre 2014 (Novimet®)

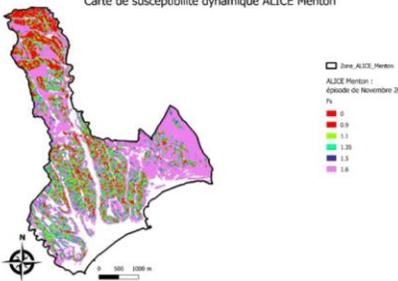
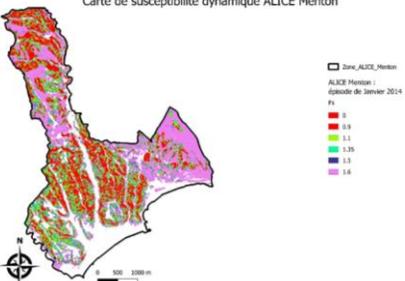


- janvier 2014

- novembre 2014

Carte de susceptibilité dynamique ALICE Menton

Carte de susceptibilité dynamique ALICE Menton

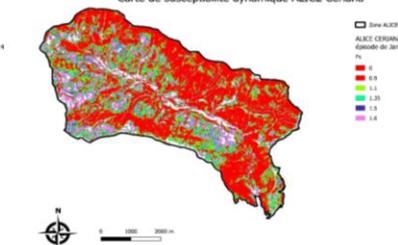
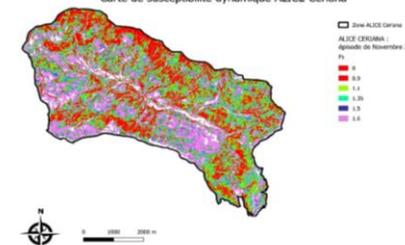


- janvier 2014

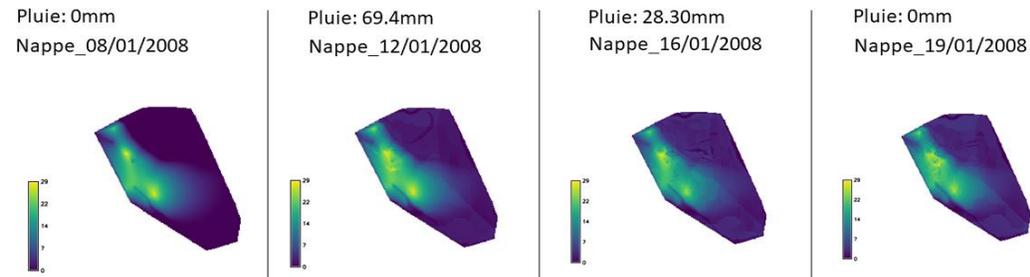
- novembre 2014

Carte de susceptibilité dynamique ALICE Ceriana

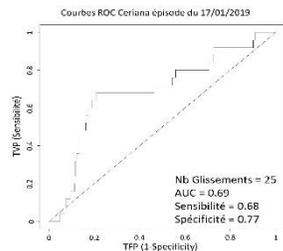
Carte de susceptibilité dynamique ALICE Ceriana



Représentation de la réponse de la nappe à la pluie sur le site de Mendatica Village (UNIGE)



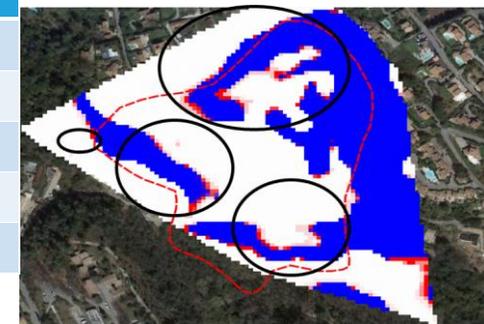
Tests du modèle ALICE sur les épisodes intenses de 2014 – Illustration des résultats sur Menton et Ceriana (thèse Drouillas, 2021)



Représentation de la variation en % des cellules devenues instables à la suite des pluies qui se sont produites entre janvier 2008 sur le site de Mendatica Village (UNIGE)

%no variazione stabilità	75.88%
%celle FS<1 post evento	5.72%
%celle FS<1 ante evento	18.43%

ÉVÈNEMENT	% CELLS INSTABLES
DÉCEMBRE 2013	5.70
JANVIER 2014	5.38
NOVEMBRE 2014	2.46
NOVEMBRE-DÉCEMBRE 2019	6.10
DÉCEMBRE 2019	2.89



Comparaison des cartes de la variation en pourcentage des conditions de stabilité pour les événements pluvieux analysés sur le site de Vence (UNIGE)

**Objectifs de l'activités 4.3** -> travail sur de la prévision de glissements de terrain en temps réel (sur un temps d'environ 1 à 2h entre l'information de l'arrivée d'une pluie intense et le début de l'épisode pluvieux), pour rendre dynamique les cartes de susceptibilité aux glissements de terrain en y intégrant la lame d'eau radar quelques heures avant son arrivée et ainsi faire évoluer ou non les zones de susceptibilité aux glissements de terrain.

**Activité 4.3.1** : collecte des données spatialisées issues des radars météo comme le radar du Mont Vial côté Français et de Monte Settepani en Italie en continu durant la troisième année de l'étude ;

**Activité 4.3.2** : synthèse des activités 4.3 ;

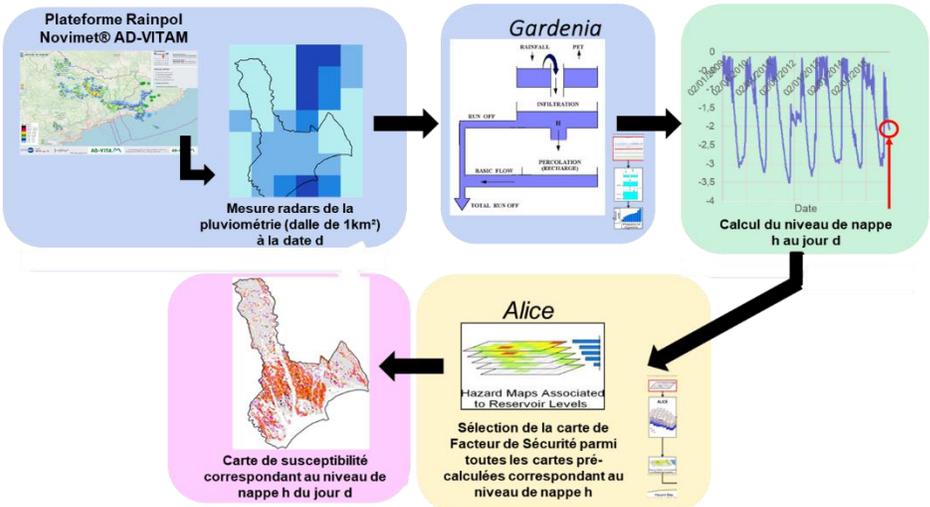
**Activité 4.3.3** : production en temps réel des cartographies de susceptibilité aux glissements de terrain dynamiques pour les deux épisodes de pluies intenses durant la troisième année d'étude (épisodes de novembre et décembre 2019) en France et en Italie ;

**Activité 4.3.4** : analyse des données d'enregistrement des GPS installés dans le cadre du projet pour leur utilisation dans le modèle FLAME du BRGM ;

**Activité 4.3.5** : tests du modèle FLAME sur un glissement de la région Piémont

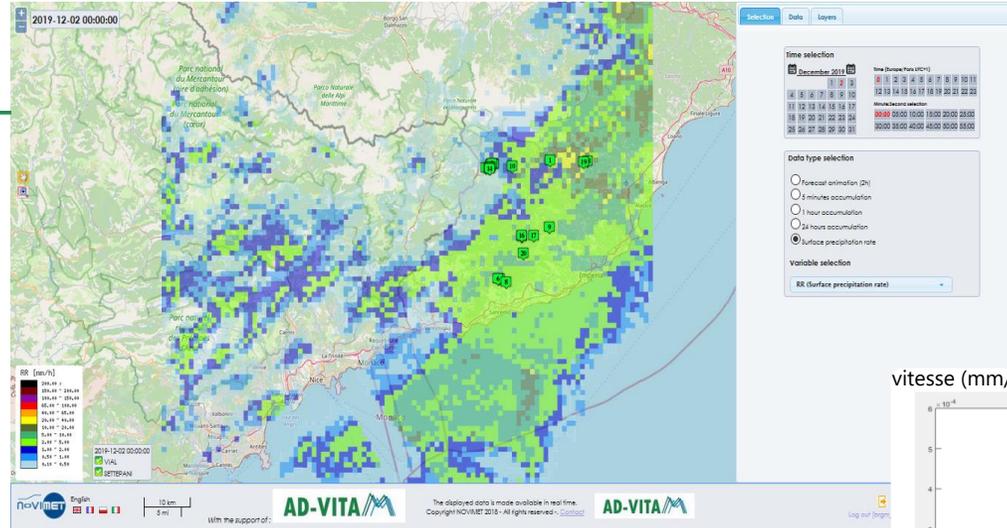
# Présentation des activités

## Illustrations activités 4.3

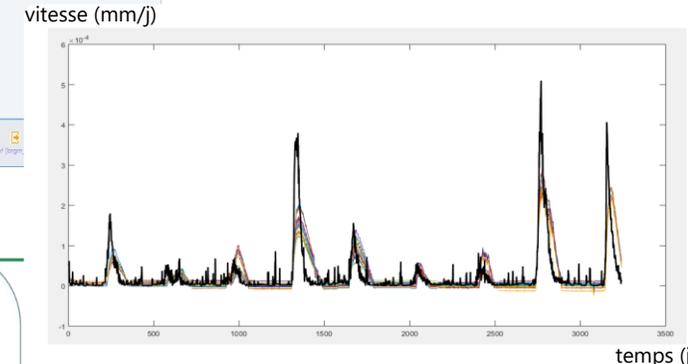


*Chaîne de traitement proposée par le BRGM pour l'évaluation d'une susceptibilité aux glissements de terrain en temps réel à partir du modèle ALICE*

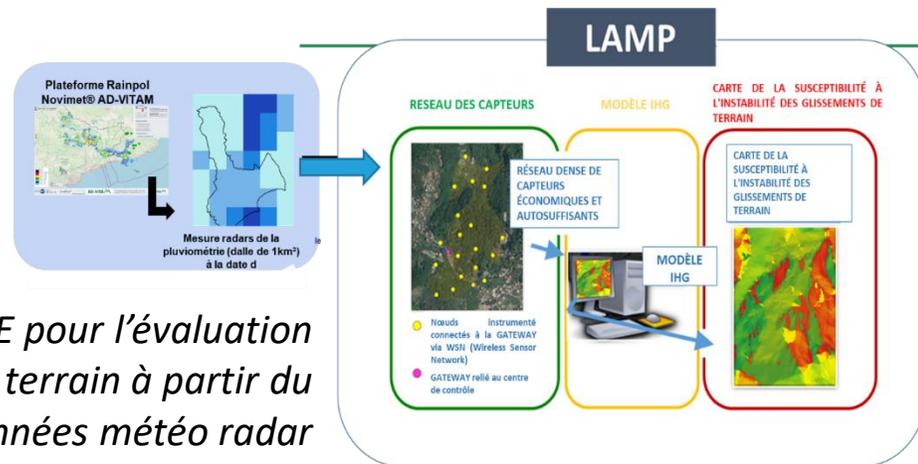
*Méthodologie proposée par l'UNIGE pour l'évaluation en temps réel de l'aléa glissement de terrain à partir du modèle LAMP et des données météo radar*



*Plate-forme RAINPOL pour le projet AD-VITAM ©Novimet*



*Tests de vitesses optimisées pour le modèle viscoplastique de FLAME (BRGM) sur le glissement de terrain de Borgata (Région Piémont)*



# PRÉSENTATION DES ACTIVITES DU WP4

## Conclusion

Progetto Interreg Alcotra n°1573 “AD-VITAM”

Projet Interreg Alcotra n°1573 “AD-VITAM”

Ce projet a donc permis de :

- travailler sur de la **prévision de glissements** de terrain en temps réel (sur un temps d'environ 1 à 2h entre l'information de l'arrivée d'une pluie intense et le début de l'épisode pluvieux) à partir des **tests réalisés sur les deux épisodes de fin novembre et début décembre 2019**.
- **rendre dynamique les cartes de susceptibilité aux glissements de terrain** en y intégrant la **lame d'eau radar** quelques heures avant son arrivée et ainsi faire évoluer ou non les zones de susceptibilité aux glissements de terrain sur les sites pilotes étudiés, à savoir en particulier Vence et Menton en France.

## modèle ALICE (BRGM)

- mise en place d'une **chaîne de traitement** depuis la mesure radar de la pluviométrie jusqu'à la carte de FS (facteur de sécurité) et la production d'une carte de susceptibilité.
- objectif aujourd'hui est de **rendre opérationnel** cette chaîne de traitement pour les besoins des collectivités.

## modèle LAMP (UNIGE)

- méthodologie pour **l'évaluation en temps réel** de l'aléa glissement de terrain à partir de son modèle IHG, modèle physico-mécanique, qui intègre des paramètres hydrogéologiques et géotechniques, basé sur la méthode du Curve Number Modifié, (Passalacqua, 2002)
- système de surveillance, d'analyse et de prévision de la susceptibilité aux glissements de terrain déclenchés par les précipitations LAMP basé sur le modèle IHG et alimenté par un **réseau de capteurs d'humidité**.

## modèle FLAME (BRGM)

- analyse des données GPS installés sur 3 sites pilotes AD-VITAM, pas d'utilisation possible du modèle FLAME sur ces glissements
- données acquises sur le **glissement de Borgata par Région Piémont** exceptionnelles par leur qualité (données continues sur une durée d'observation de plus d'une décennie)
- Comportement mécanique du glissement superficiel observé stable au cours du temps
- Utilisation d'un **modèle mécanique viscoplastique 1D FLAME** pour prédire les déplacements futurs
- Bonne reproduction des phases de mise en mouvement du glissement, avec une estimation des vitesses de glissement acceptables au 1er ordre de grandeur
- **Qualité de l'estimation des vitesses du glissement** par le modèle diminue fortement pendant les phases d'emballlement du glissement et de décélération **besoin d'amélioration pour utilisation dans un objectif de gestion de crise.**

## Productions/livrables du WP4 :

- Une **thèse** : Y. Drouillas (2021) ;
- Des **publications scientifiques françaises** en cours de rédaction (Drouillas *et al.* (2021), Bernardie *et al.* (2021), **et Italiennes** Federici *et al.* (2021).... ;
- Un **rapport de synthèse BRGM** sur les activités du WP3 et du WP4 : BRGM/RP-70429-FR (2021), et des rapports intermédiaires français WP3 : BRGM/RP-65910-FR (2017), Rapport de Stage de Master professionnel Mathilde Amitrano (2018) et nombreux rapports Italiens ;
- Des **synthèses par produit/livrables WP4** disponibles sur le site Internet <http://advit.am>