Système d'alerte territorialisé « mouvements de terrain »

Cadet Héloïse
SAGE ingénierie

Système d'alerte territorialisé « mouvements de terrain »
Contexte et objectif

Glissement de terrain
Chute de bloc

2014 : Savoie– Eboulement de 4000 m3

Territoire

SAVOIE
LE DÉPARTEMENT

Infrastructures routières

Co-financement:

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
direction interdépartementale des routes Centre-Est

La Région
Auvergne-Rhône-Alpes

Pour les gestionnaires:
anticipation & aide à la décision afin d'améliorer la sécurité des enjeux:

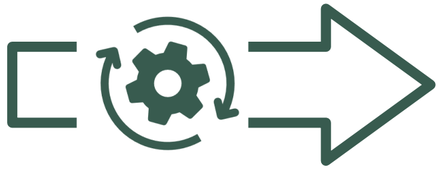
- ✓ Evaluer les aléas
- ✓ Surveiller les enjeux via la vigilance journalière

- ✓ Anticiper les aléas et planifier les actions préventives:
  - ✓ Fermetures préventives
  - ✓ Déviations
  - ✓ Déploiements matériels et humains
  - ✓ Cellules de crise

- ✓ Partager et pérenniser les connaissances en ligne

Système d'alerte territorialisé « mouvements de terrain »
Structure du projet

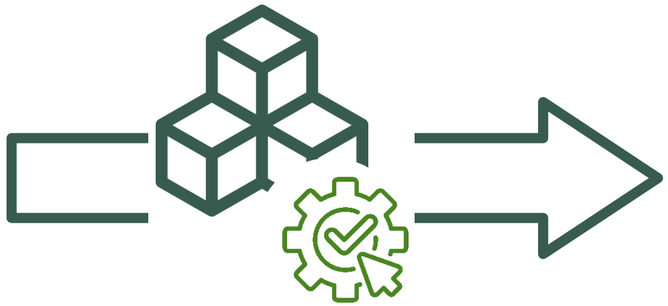
Base de données d'apprentissage



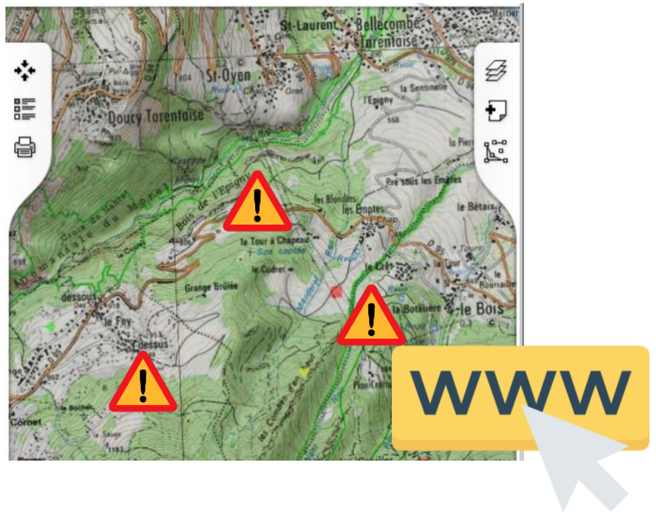
Apprentissage par intelligence artificielle

Modèle de vigilance

Nouvelles données



Application du modèle



Système d'alerte territorialisé « mouvements de terrain »
Structure du projet

Les données

ESSENTIELLES
et INDISPENSABLES
pour l'IA

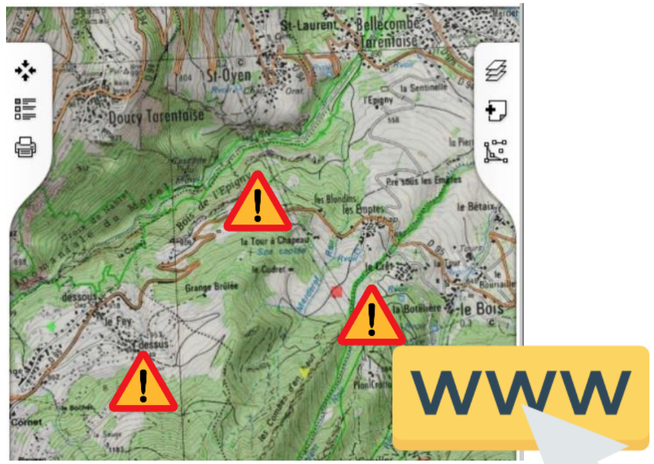
Base de données d'apprentissage

Apprentissage par intelligence artificielle

Modèle de vigilance

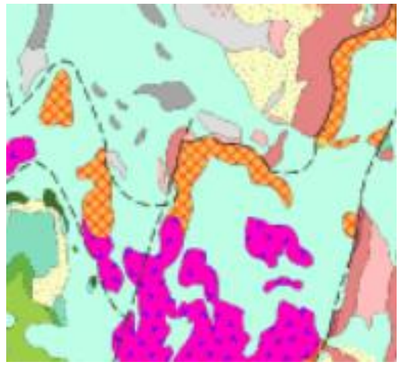
Nouvelles données

Application du modèle



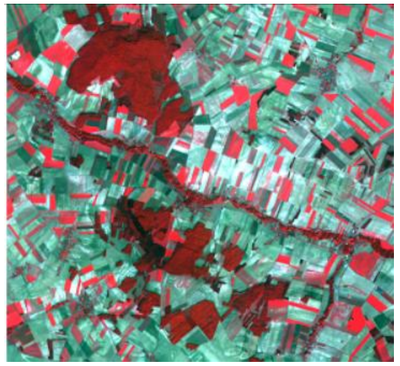
Les données

Spatiales



Géologies simplifiées (source : BRGM)

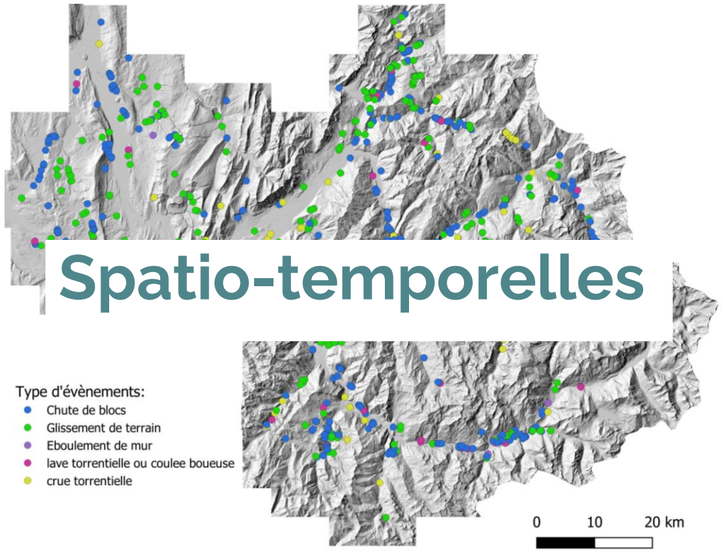
Topographie (à 1 m et produits dérivés)



Couverture des sols (Corine Land Cover)

➡ 3 300 km
~37 000 points

Spatio-temporelles

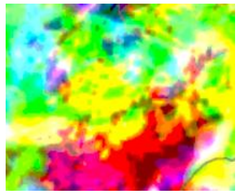


Données historiques

- ✓1451 évènements gravitaires
- ✓Températures et lames d'eau de 2008 à 2020 (ANTILOPE)

Nouvelles données

- ✓Prévisions météorologiques AROME

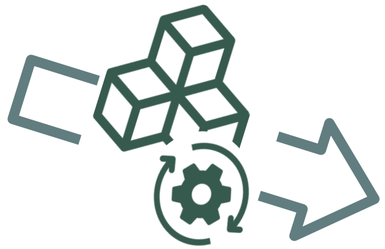


Les méthodes: modélisation en intelligence artificielle

Principe général

- ✓ Pente
- ✓ Géologie
- ✓ Couvert végétal

Spatiales



Modèles statistiques

Spatial

Indice « terrain » de susceptibilité à l'aléa

X

- ✓ Cumuls de précipitations de 2 à 45 jours
- ✓ Proxies de température

Spatio-temporelles

Modèles IA
Random Tree Forest
Apprentissage sur données historiques

Prévision

Temporel

Degré de vigilance journalier par zone

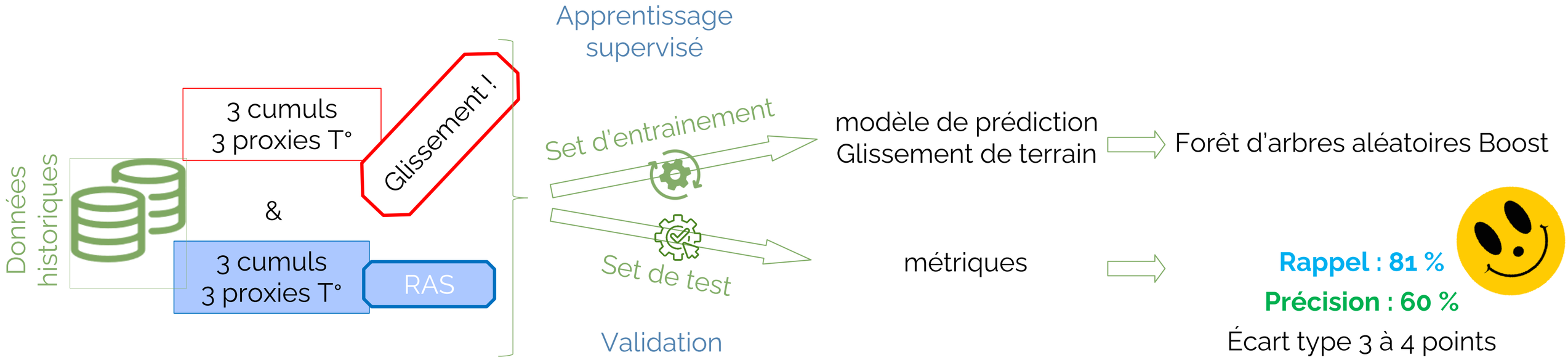
Les méthodes: modélisation en intelligence artificielle

Sélection des paramètres d'entrée : analyse statistique et comparaison des métriques

3 cumuls de pluie:
-Court, moyen et long terme

3 proxies du gel-degel

Elaboration des modèles IA aléa gravitaire (glissement et CDB)



Référence:
Cadet, H., Rouquet, D., and Lescurier, A.: Online geographical early warning system for gravitational hazard, ISL 2024.

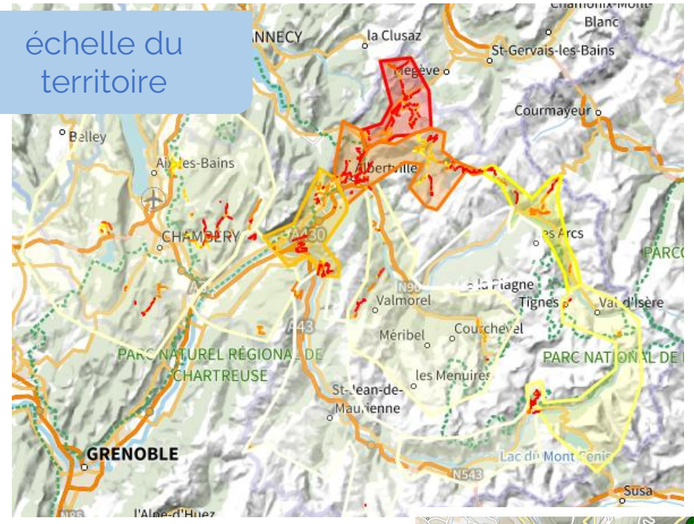
Le service WEB: un prototype avancé, outil d'aide à la décision

SPATIAL

TEMPOREL

Visualisation du niveau de vigilance = susceptibilité X prédiction

échelle du territoire



échelle du secteur (ex: tronçon de route)

Glissements de terrain le 02/05/2015

Id : LL_81, Coordonnées : 45.755, 6.467

Altitude : 513 m

Pente à 10 mètres : 22°

Caractéristiques de l'aléa et historique de la pluviométrie sur 45 jours

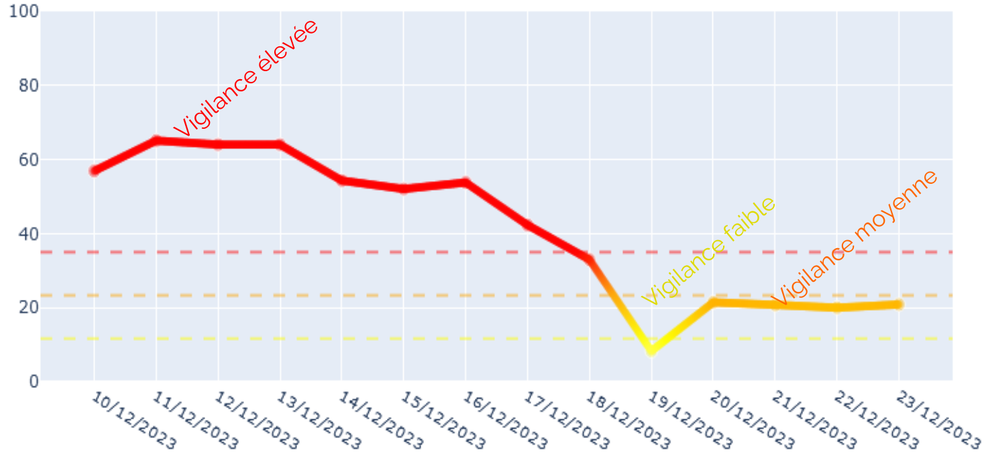
Cumul sur 3 jours	Cumul sur 8 jours	Cumul sur 30 jours
153 mm	202 mm	245 mm

Moyenne de niveau du vigilance sur la période : 41

Période de surveillance

Niveau de vigilance globale par jour

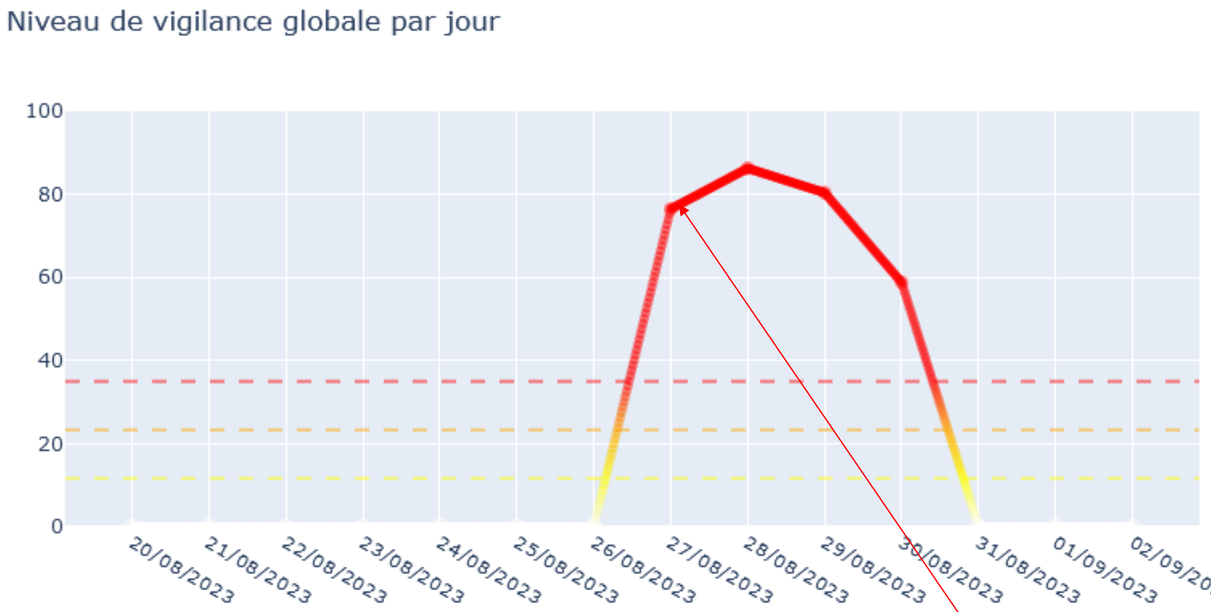
10/12/2023 → 23/12/2023

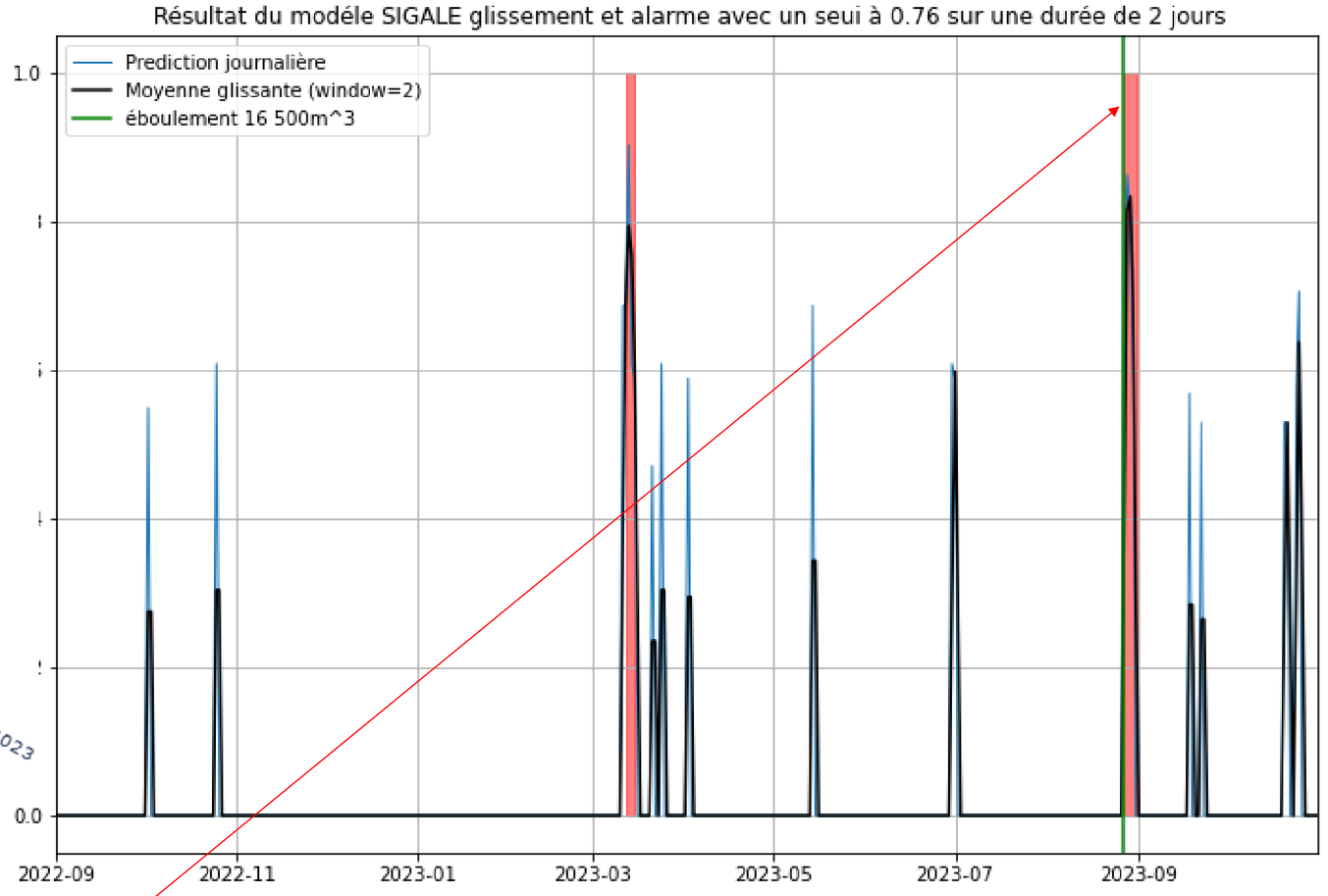


Le service WEB: REX

1 évènement ~16 500 m^3.
alerte à 0.8 sur 2 jrs => une seule fausse alerte sur un an

Exemple d'un retour d'expérience:





Éboulement d'ampleur

Conclusions

- ✓ Un territoire test
- ✓ Des modèles spatiaux de susceptibilité aux aléas
- ✓ Des modèles de prévision basés sur l'IA
- ✓ Un prototype en ligne d'aide à la décision

Perspectives & Besoins

- ✓ Extension à d'autres territoires
- ✓ Mise à jour et automatisation des modèles (susceptibilité et IA) avec d'autres évènements
- ✓ Développement des méthodologies d'évaluation des modèles IA (REX et système expert)
- ✓ Evolution des fonctionnalités du prototype de service-web

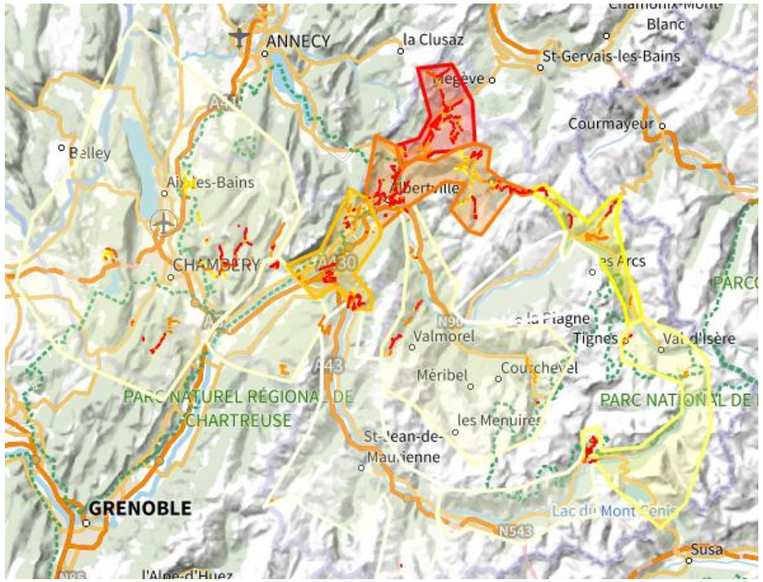
DATA:

- ✓ Données météorologiques (améliorer la facilité d'accès, prédiction à 4 jours)
- ✓ Intégration des données de mouvement en direct (corrélation d'images, mesures in-situ…)

Des questions?

Héloïse CADET
h.cadet@sage-ingenierie.com

Système d'alerte territorialisé « mouvements de terrain »



Retrouvez toutes les présentations sur : www.theia-land.fr/risques-naturels/26-27-28-mai-2025-atelier-thematique-donnees-methodes-et-services-pour-le-suivi-des-zones-de-montagne/