

LES MOUVEMENTS DE TERRAIN D'ORIGINE KARSTIQUE - Gildas NOURY (BRGM)



Effondrement à Saint-Pryvé-Saint-Mesmin en 2010 (45) - cliché DDT45

Cette présentation est en grande partie le fruit d'un Groupe de Travail également composé de

- **BRGM** : E. Husson, Jé. Perrin, (M. Beltramo, A. Vallet)
- **CEREMA** : E. Védie et F. Clément, C. Respaud, p. Azemard, L. Dore, S. Haussard

LES MOUVEMENTS DE TERRAIN D'ORIGINE KARSTIQUE

1) Définition des systèmes karstiques (8 diapositives)

Géologie, géomorphologie, hydrogéologie...
... et simplifications

2) Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique (7 diapositives)

Quels mouvements ? Quelles conséquences ?
... quels processus à l'origine des mouvements ?

3) Comment évaluer l'aléa ? → guide BRGM – Cerema + exemples (31 diapositives)

A l'échelle de la commune/département
A l'échelle du site/quartier

Définition des systèmes karstiques

Généralités

Un paysage :

- issu de la dissolution de roches karstifiables,
- avec des formes souterraines et des formes en surface,
- et associé à un régime hydrologique spécifique.

→ Les roches karstifiables

- karsts « vrais » (roches solubles) =
 - roches carbonatées : calcaires, craie, dolomies, marnes, marbres, etc.
 - roches évaporitiques : gypse, sel, anhydrite, etc.
- pseudo-karsts (roches non/peu solubles) : grès, quartzite, conglomérats, laves, etc.

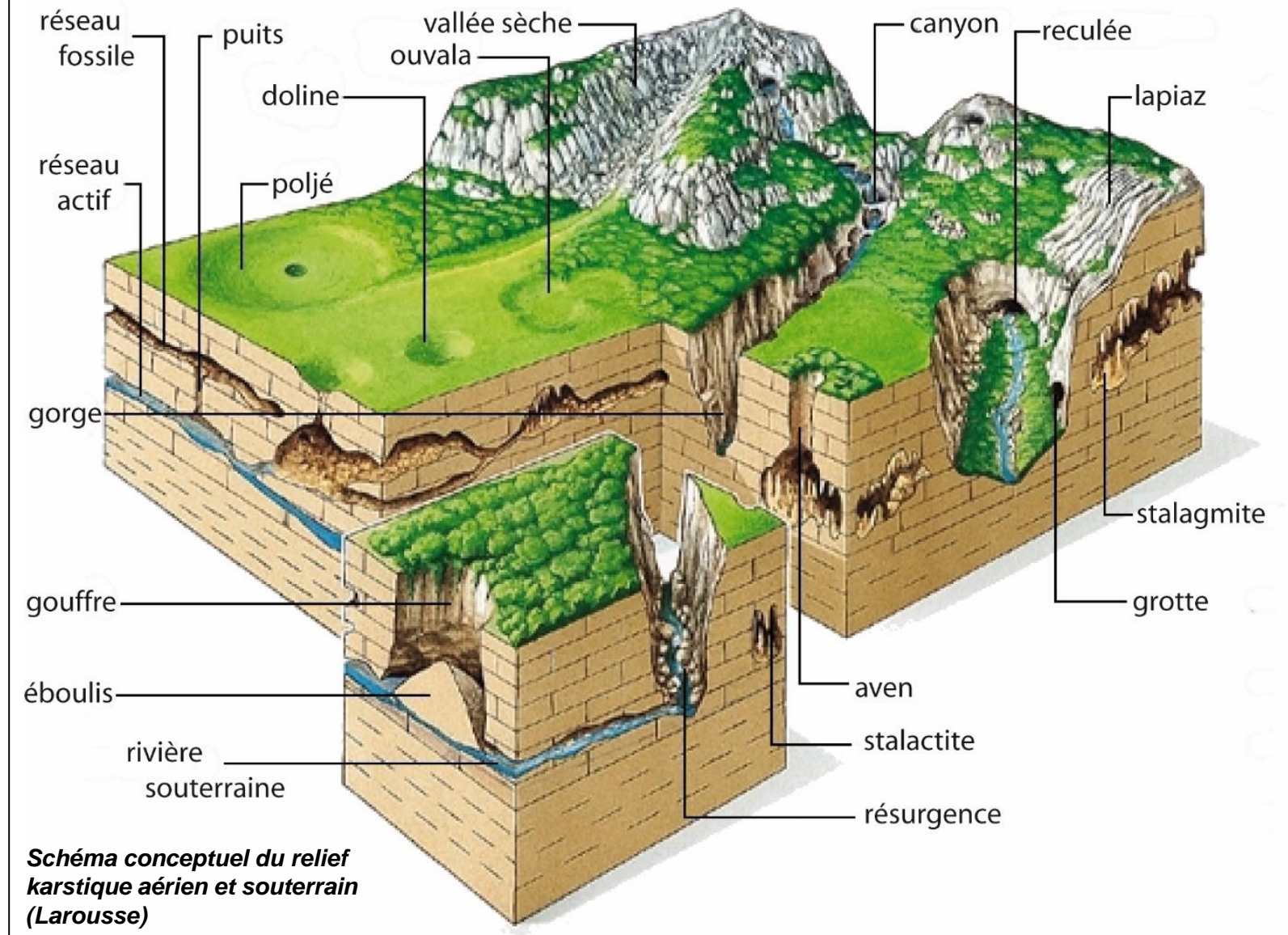
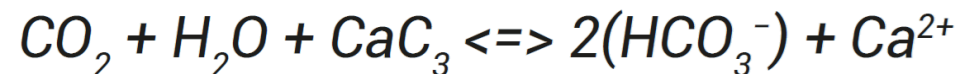


Schéma conceptuel du relief karstique aérien et souterrain (Larousse)



Définition des systèmes karstiques

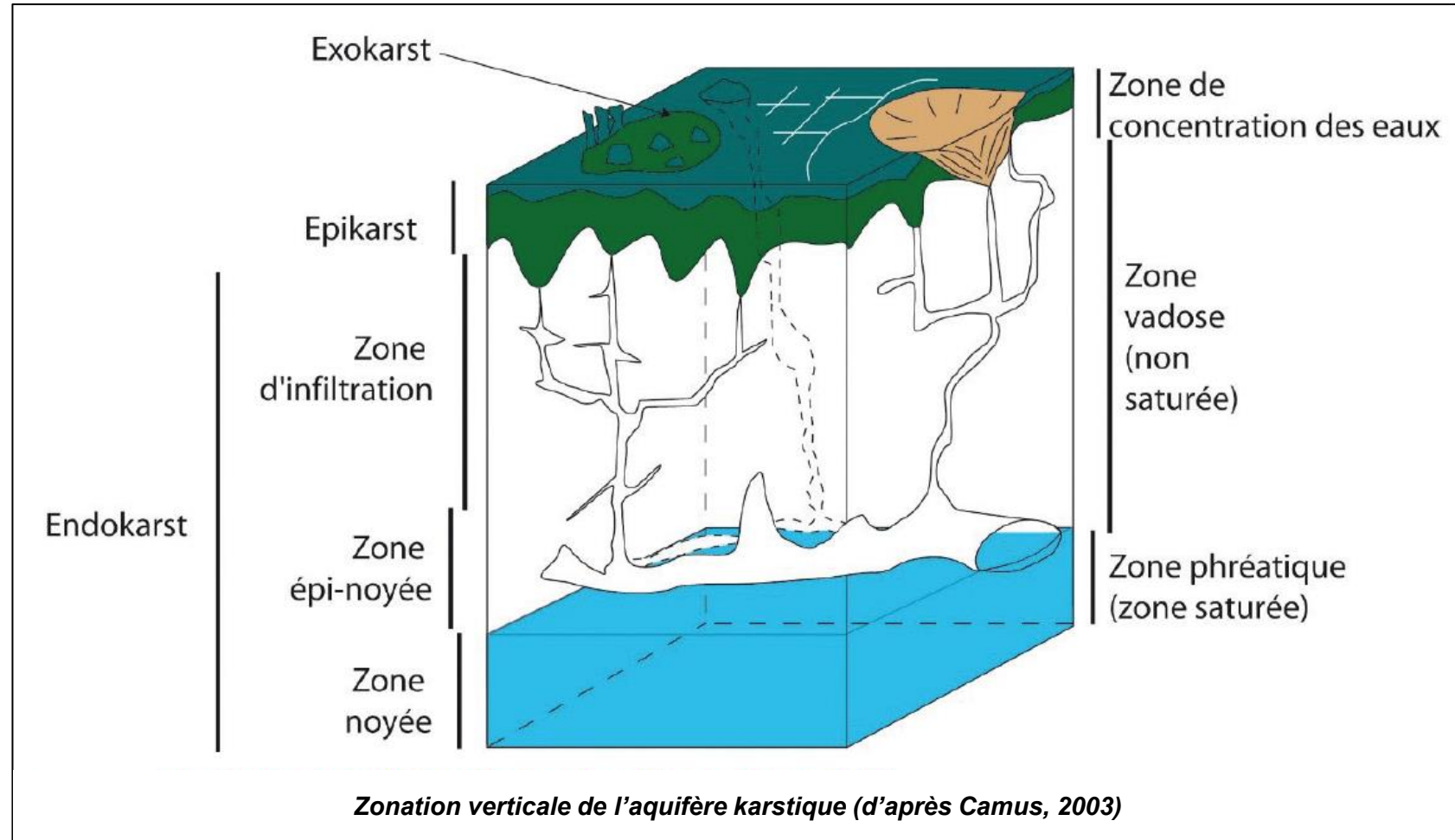
Généralités

Un paysage :

- issu de la dissolution de roches karstifiables,
- **avec des formes souterraines et des formes en surface,**
- **et associé à un régime hydrologique spécifique.**

→ **L'organisation spatiale du karst**

Géomorphologie / Hydrogéologie



Définition des systèmes karstiques

Généralités

Un paysage :

- issu de la dissolution de roches karstifiables,
- **avec des formes souterraines et des formes en surface,**
- **et associé à un régime hydrologique spécifique.**

→ **L'organisation spatiale du karst**

Exokarst



Lapiaz vertical au cirque de Gavarnie (65) - Cerema



Doline cultivée sur le causse de Sauveterre (48) - BRGM



Relief ruiniforme* à La Roque-Sainte-Marguerite (12) - BRGM



Reculée de Baume-les-Messieurs (39) - BRGM

Définition des systèmes karstiques

Généralités

Un paysage :

- issu de la dissolution de roches karstifiables,
- avec des formes souterraines et des formes en surface,
- et associé à un régime hydrologique spécifique.

→ L'organisation spatiale du karst

Epikarst



Épikarst, carrière près de Poitiers (86) - Cerema



Conduits verticaux, carrière de Pin (70) - BRGM



Doline et conduits verticaux, carrière de Pin (70) - BRGM

Définition des systèmes karstiques

Généralités

Un paysage :

- issu de la dissolution de roches karstifiables,
- **avec des formes souterraines et des formes en surface,**
- **et associé à un régime hydrologique spécifique.**

→ L'organisation spatiale du karst

Endokarst



Cheminée karstique désobstruée à Chasseneuil-sur-Bonnieure (16) - Cerema



Salle borgne à Reugney (25) - BRGM



Conduit en zone épinoyée du réseau de La Rochefoucauld-en-Angoumois – Association de Recherches spéléologiques de La Rochefoucauld, G. Fersing



Conduit noyé à la source du Bouillon (45) – Association « Spéléologie subaquatique du Loiret »

Définition des systèmes karstiques

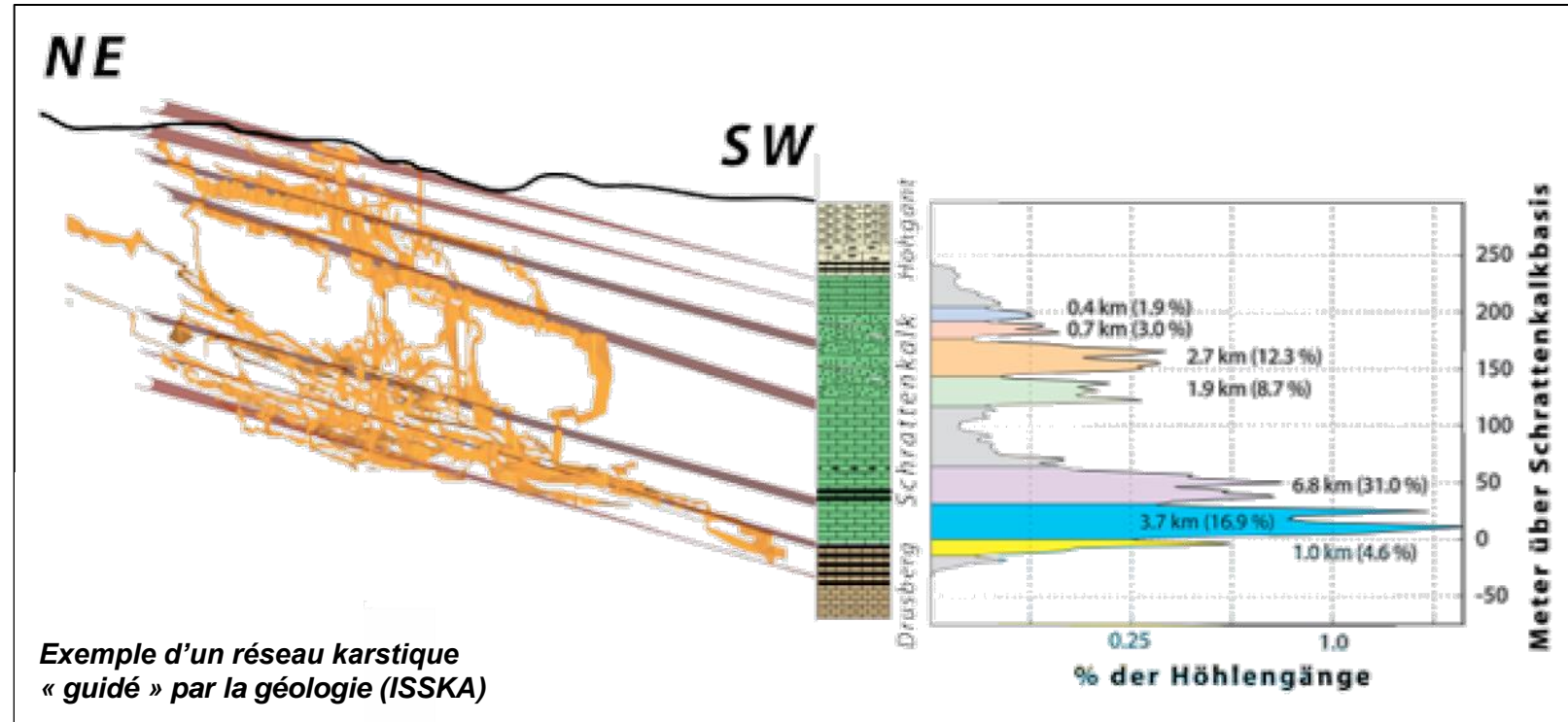
→ Les facteurs contrôlant la karstification

Karstification

= **histoire** du karst

= sa **formation** + son **évolution**

- Facteurs existant au moment de la **formation** :
 - Composition chimique (ex : dolomie, argile, etc.)
 - Structure (porosité, perméabilité)
 - Discontinuités du massif (stratification, fracturation, lithologie)
- Facteurs guidant l'**évolution** du karst :
 - Agressivité de l'eau
 - Hydrodynamisme (niveau de base)



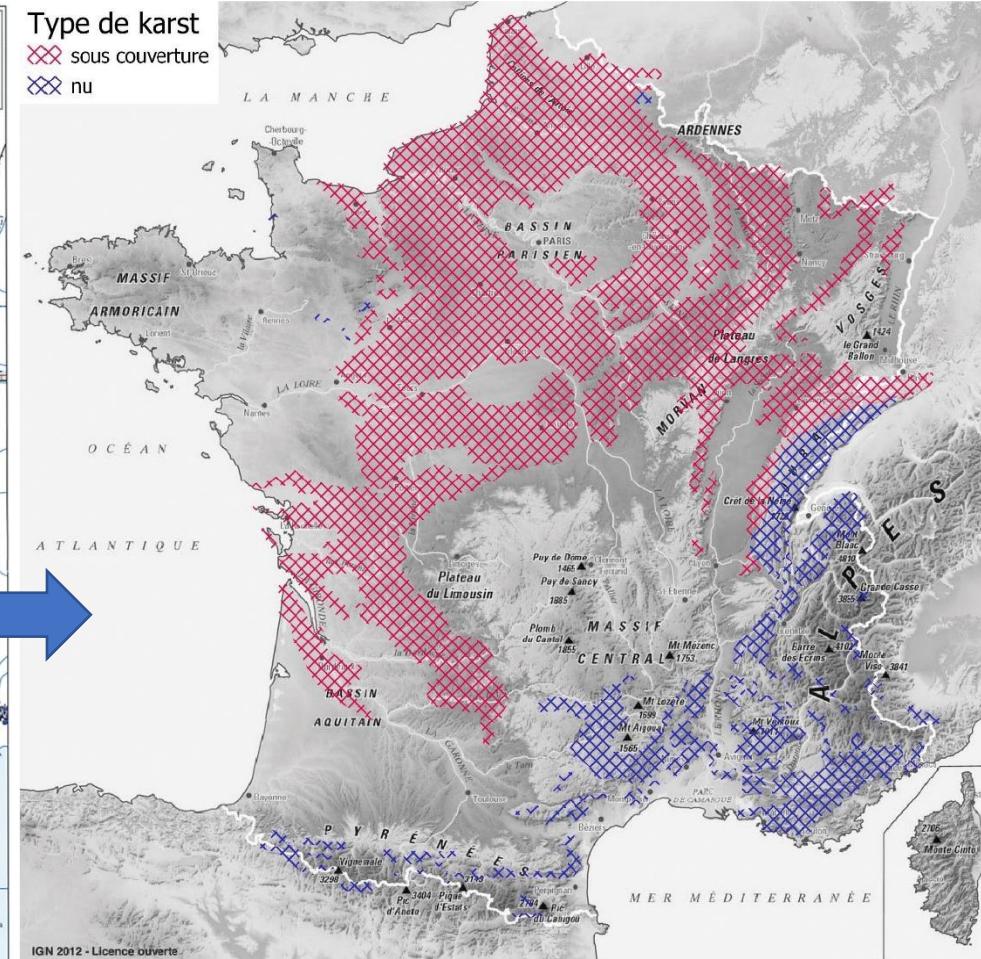
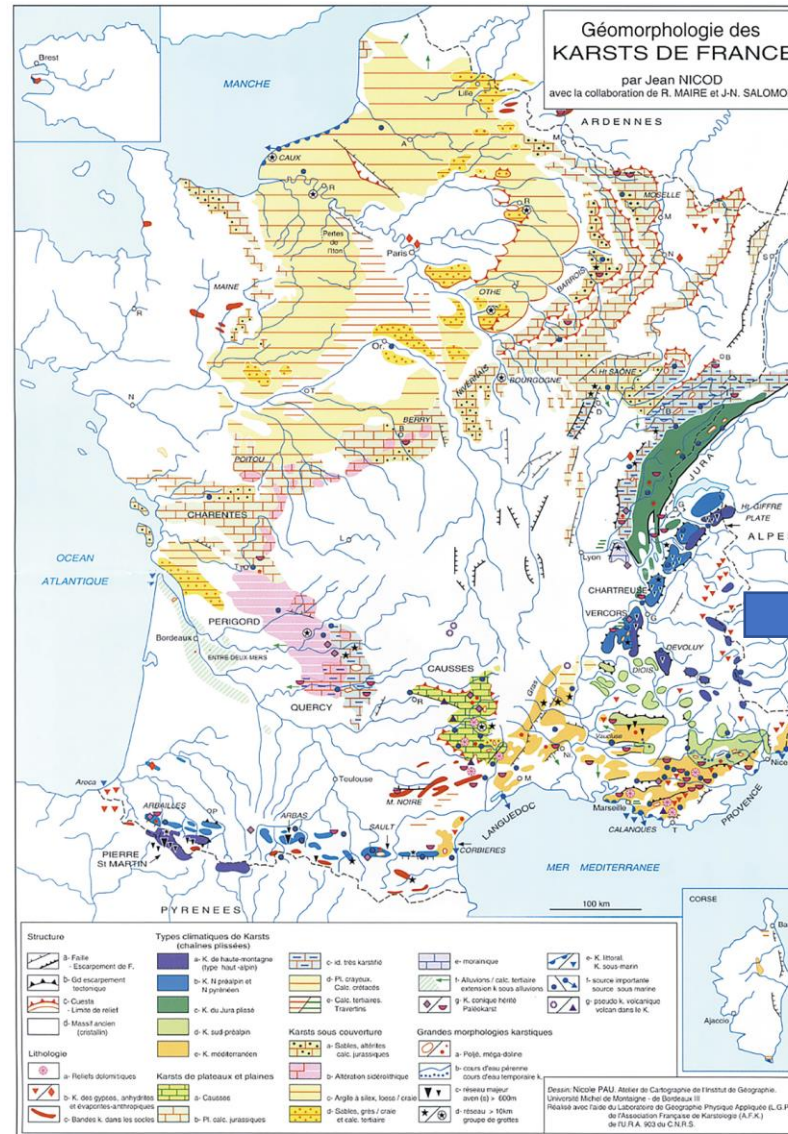
Définition des systèmes karstiques

Les types de karst (en France)

De multiples descriptions possibles...
... simplifiables en :

- **Karst couvert / sous couverture**
- **Karst nu**

... et karst de contact



Définition des systèmes karstiques

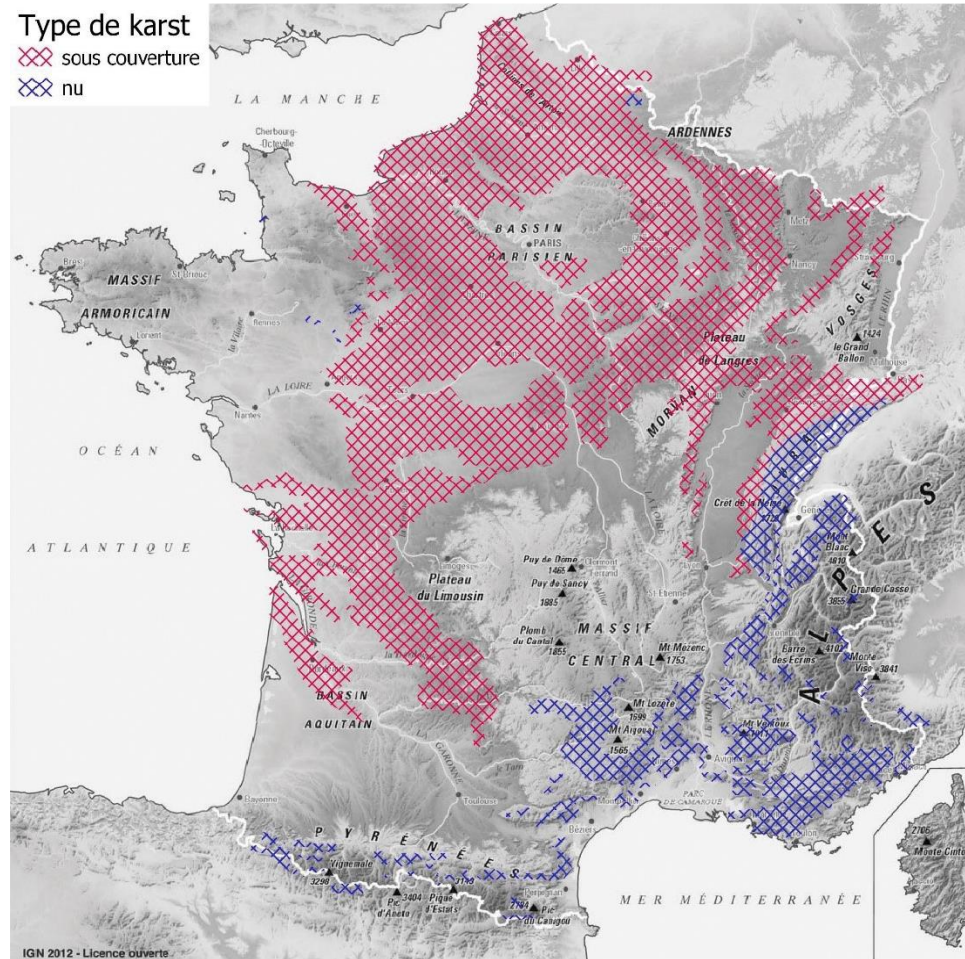
Les types de karst (en France)

De multiples descriptions possibles...
... simplifiables en :

- **Karst couvert / sous couverture**
- **Karst nu**

... et karst de contact

Type de karst
✕ sous couverture
✕ nu



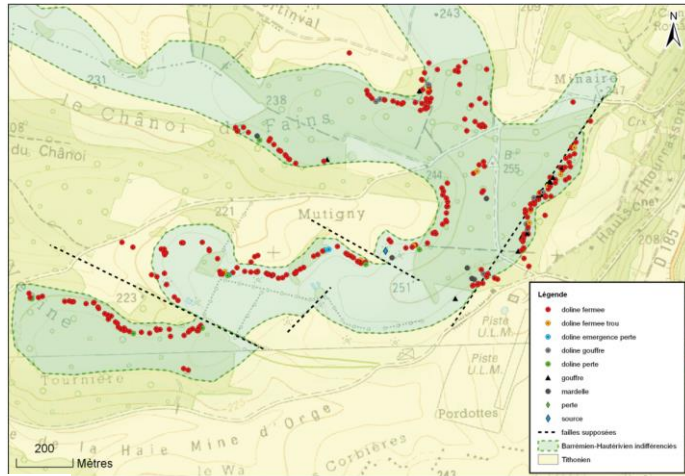
Carte simplifiée du karst en France (d'après Nicod et al., 2010).



Karst sous couverture alluviale (Olivet – 45).
Cliché F. Isambert



Karst nu avec lapiaz et gouffre (Parmelan - 74).
BRGM



Carte des morphologies karstiques du bois de Vaux-Vauthier (55 – Perrin et al., 2013)

LES MOUVEMENTS DE TERRAIN D'ORIGINE KARSTIQUE

1) Définition des systèmes karstiques

Géologie, géomorphologie, hydrogéologie...
... et simplifications

2) Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique

Quels mouvements ? Quelles conséquences ?
... quels processus à l'origine des mouvements ?

3) Comment évaluer les aléas ? → nouveau guide spécifique BRGM – Cerema

A l'échelle de la commune/département
A l'échelle du site/quartier

Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique

Typologie des mouvements

Affaissement

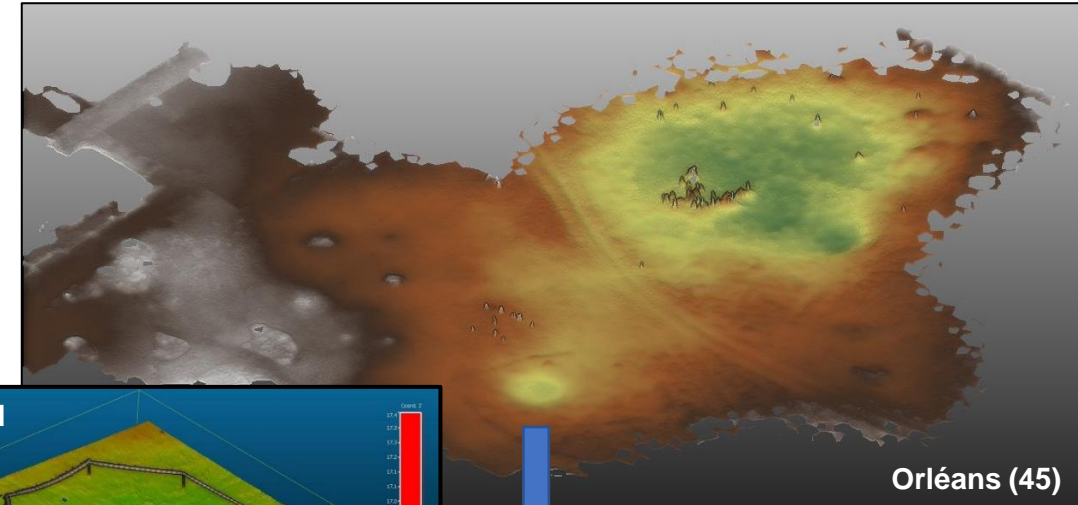
Effondrement

Coulée de boue – Glissement – Chute de blocs

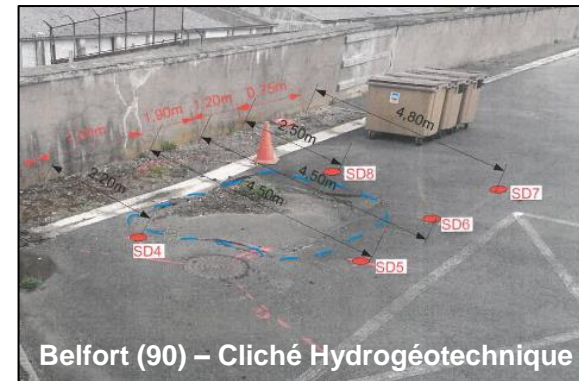
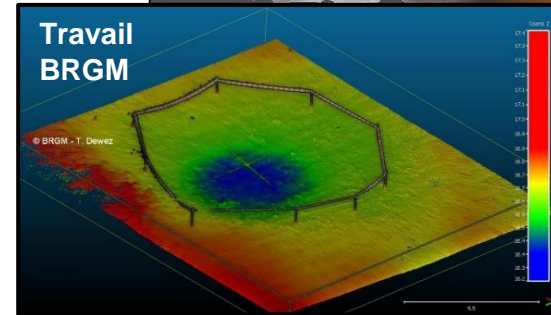
Un affaissement conduit à une **dépression aux pentes peu marquées, sans rupture des terrains**. Les affaissements sont considérés comme des mouvements lents, pouvant évoluer pendant plusieurs années, voire dizaines d'années, ce qui limite souvent l'observation de leur apparition et de leur évolution.

Conséquences (biens et personnes) :

- Dépendent notamment de la mise en pente
- Exemples :
 - Bâti : risque faible à court terme
 - Route : risque moyen
 - Voie ferrée : risque fort
 - Etc.



Orléans (45)



Belfort (90) – Cliché Hydrogéotechnique



Olivet (45) – Cliché BRGM

Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique

Typologie des mouvements

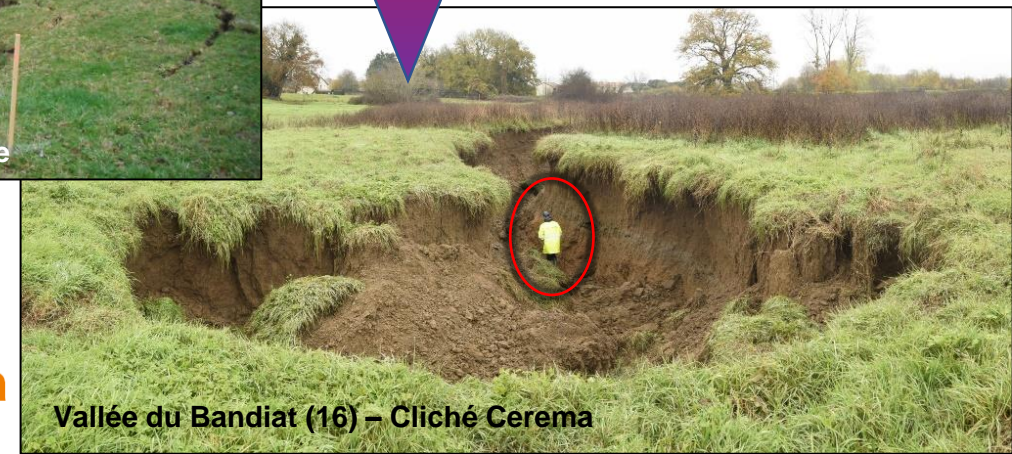
Affaissement

Effondrement

Coulée de boue – Glissement – Chute de blocs

Un effondrement aboutit à une **dépression marquée aux bords francs (cratère, fontis, perte)**, avec une rupture des terrains. Alors que leur maturation peut être longue, leur apparition en surface est souvent soudaine (quelques secondes à quelques heures).

Dimensions



Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique

Typologie des mouvements

Affaissement

Effondrement

Coulée de boue – Glissement – Chute de blocs

Conséquences (biens et personnes) :

- Dépendent notamment du diamètre et de la profondeur.
- Exemples :
 - Chute
 - Mise hors d'usage
 - Ruine partielle
 - Ruine totale

Mise hors d'usage

Chécy (45) – Cliché BRGM



La Chap.-St-M. (45) – Cliché BRGM

Chute



Ornans (25) – Cliché BRGM

Ruine partielle



Bouglon (47) – Cliché Cerema

Ruine totale



Saint-Pryvé-St-Mesmin (45) – Cliché DDT 45



Gidy (45) – Cliché BRGM

Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique

Typologie des mouvements

Affaissements

Effondrements

Coulée de boue – Glissement – Chute de blocs

Dans certains cas : désordres au niveau des versants, sous la forme de glissements et/ou de coulée de boue.



Saint-Maurice-Navacelles (34)
Clichés Cerema



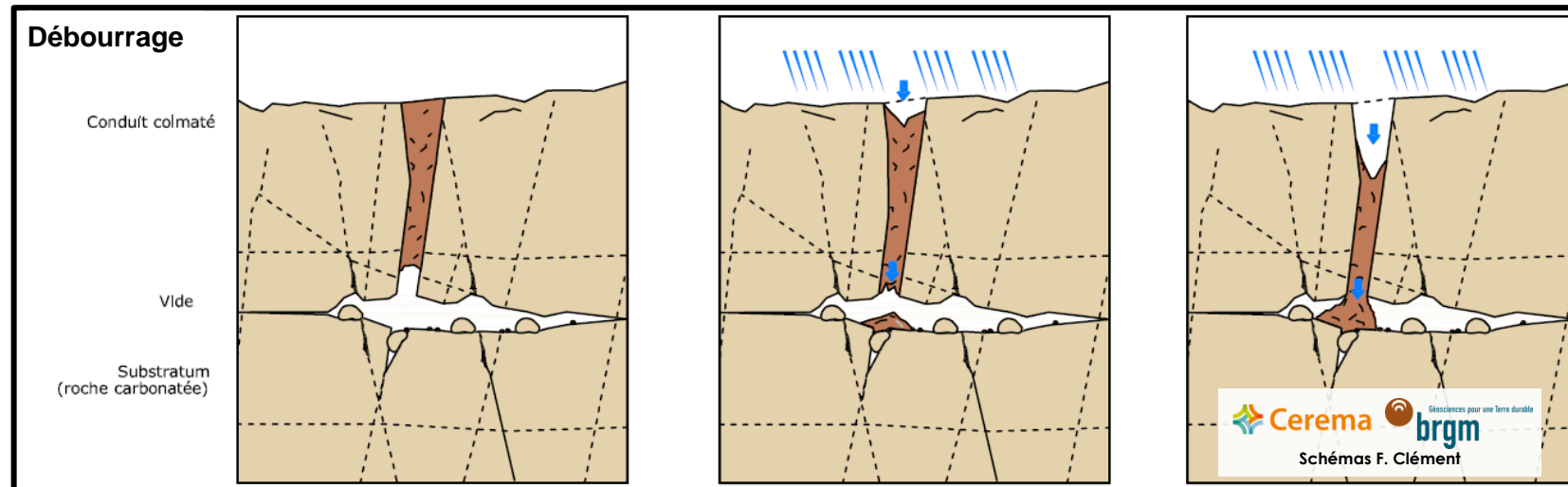
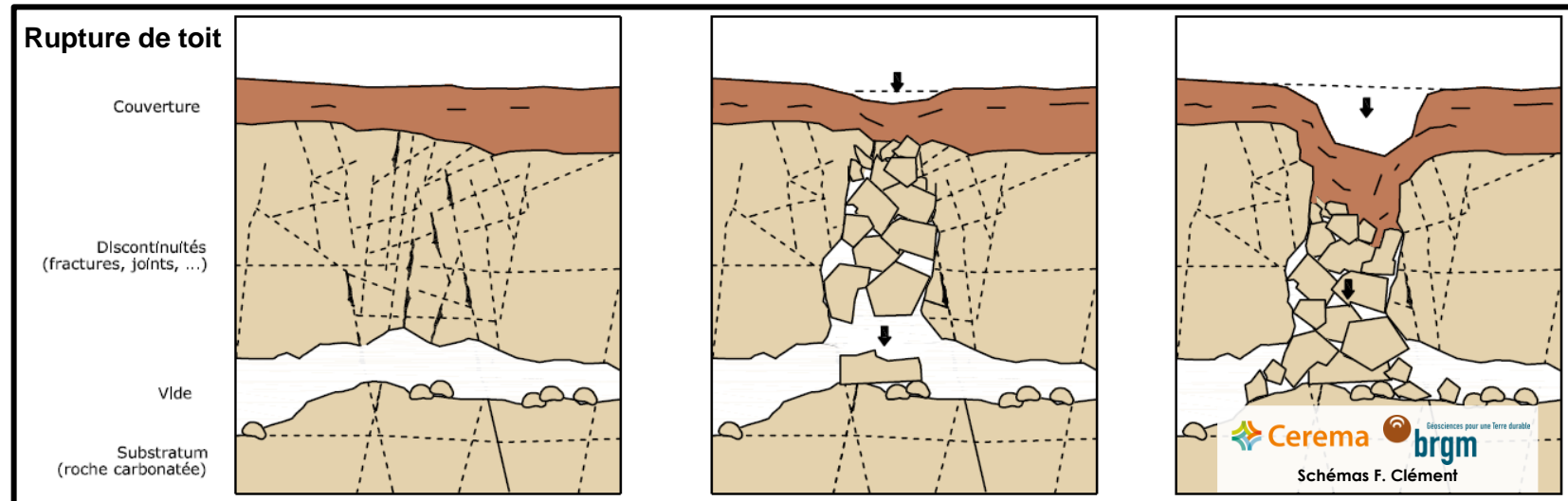
Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique

Quatre processus

Pas de dissolution notable (de la roche carbonatée) à l'échelle d'une vie humaine (phénomène très lent)

Rupture de toit
Débourrage

Suffosion/Soutirage de la couverture
Extrusion



Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique

Quatre processus

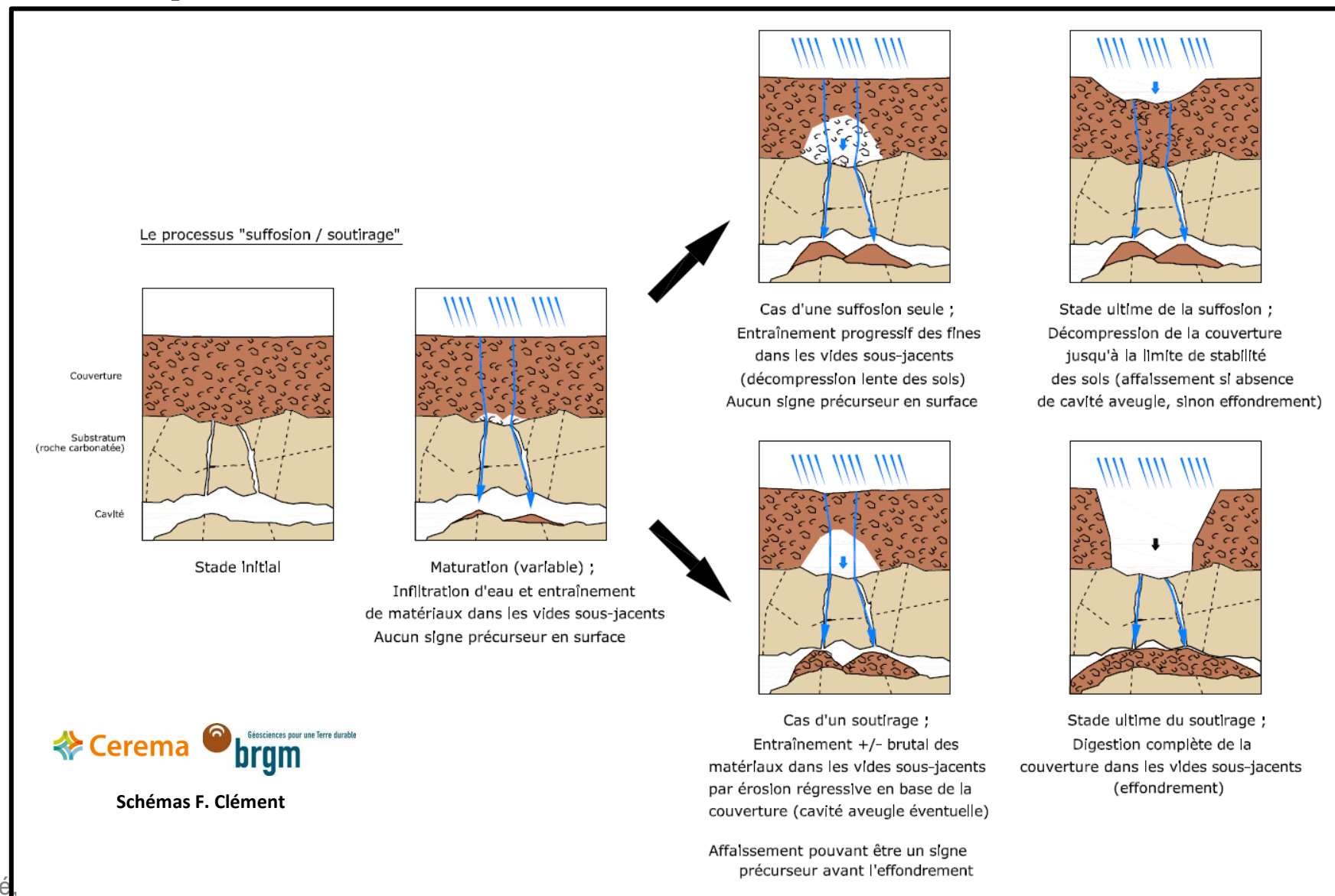
Pas de dissolution notable (de la roche carbonatée) à l'échelle d'une vie humaine (phénomène très lent)

Rupture de toit

Débouillage

Suffosion/Soutirage de la couverture

Extrusion



Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique

Quatre processus

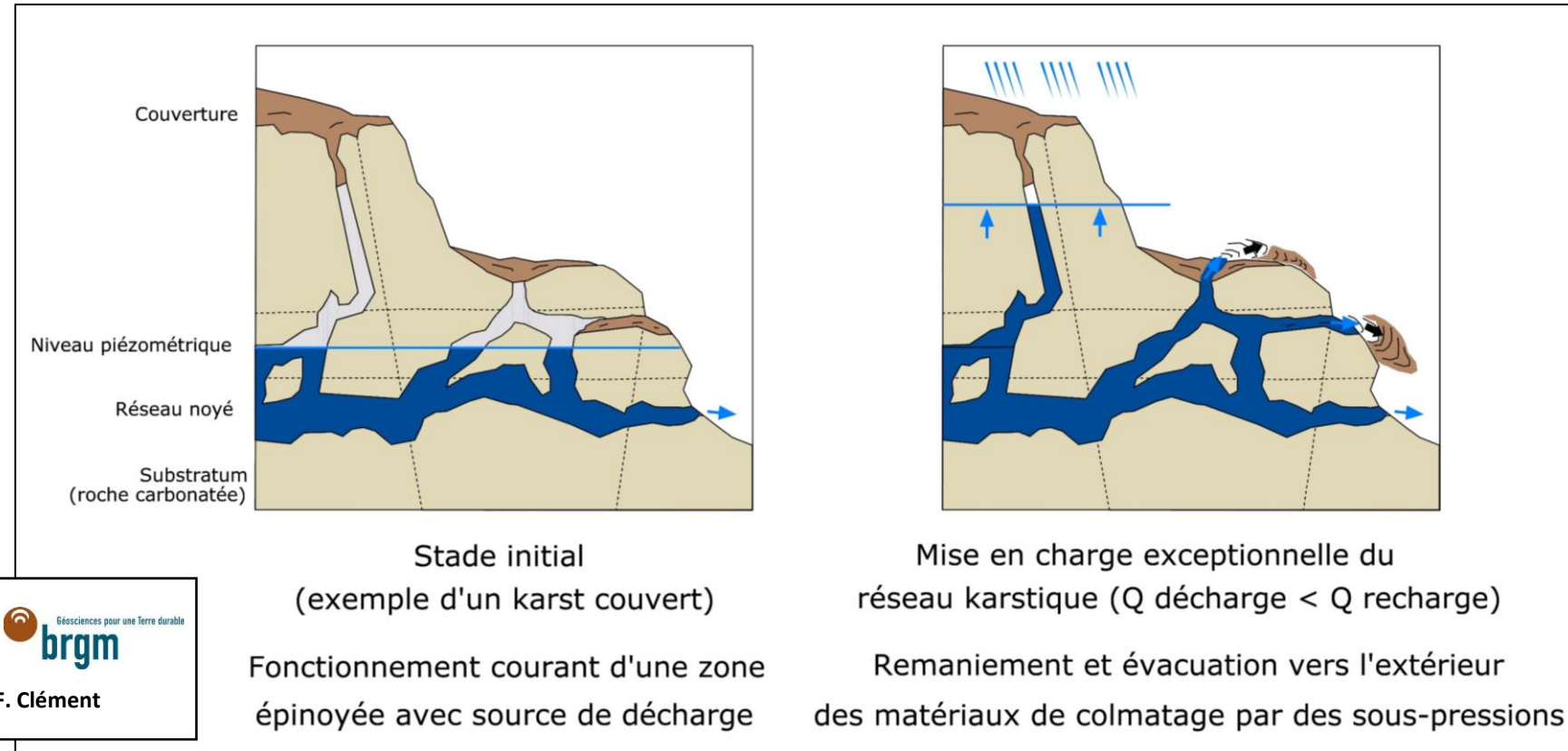
Pas de dissolution notable (de la roche carbonatée) à l'échelle d'une vie humaine (phénomène très lent)

Rupture de toit

Débouffage

Suffosion/Soutirage de la couverture

Extrusion



  Géosciences pour une Terre durable

Schémas F. Clément

LES MOUVEMENTS DE TERRAIN D'ORIGINE KARSTIQUE

1) Définition des systèmes karstiques

Géologie, géomorphologie, hydrogéologie...
... et simplifications

2) Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique

Quels mouvements ? Quelles conséquences ?
... quels processus à l'origine des mouvements ?

3) Comment évaluer les aléas ? → nouveau guide spécifique BRGM – Cerema

A l'échelle de la commune/département
A l'échelle du site/quartier

Evaluation de l'aléa - Guide

L'aléa mouvements de terrain liés aux cavités

Documents techniques pour les mvts en général (1999), pour les cavités anthropiques (2012), pour le gypse (2018), ...
... mais jusque-là, pas de guide concernant le karst.

Le karst en France

40 % du territoire concerné par des roches carbonatées.

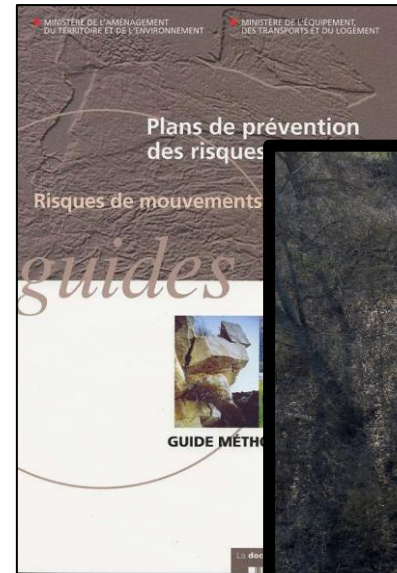
Cadre du guide

Direction Générale de la Prévention des Risques (Ministère en charge de l'Environnement) / BRGM – CEREMA.

À destination des **donneurs d'ordres** et des **bureaux d'études**.

Carte d'aléa de type porté à connaissance, voire PPR.

Pour des études **(infra-) communales à pluricommunales**, avec une échelle de rendu : 1/10 000 à 1/5 000... voire 1/50 000.



Evaluation de l'aléa - Guide

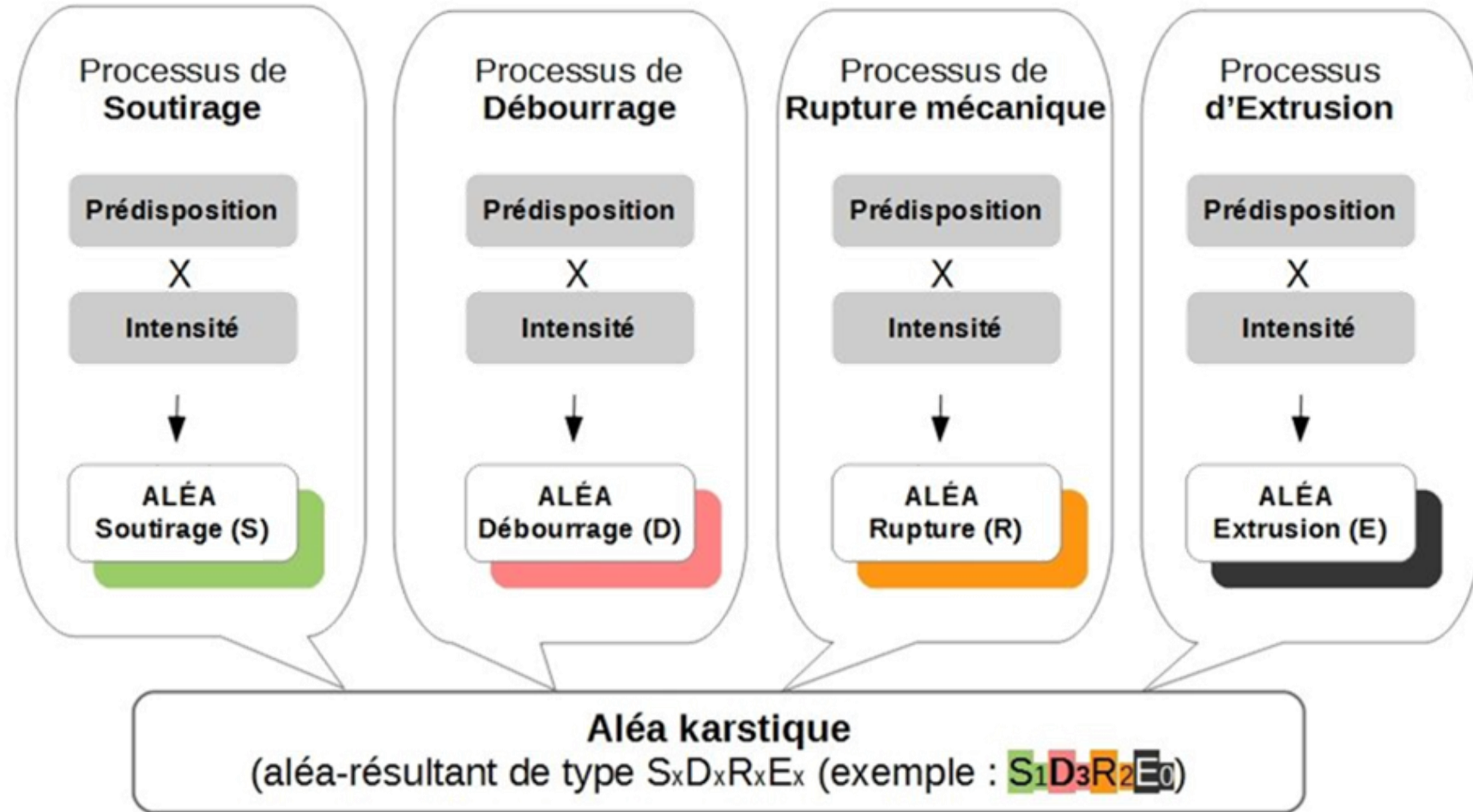
Méthode

1) Caractérisation du site

2) Aléa = Probabilité x Intensité.

→ Pour chaque processus possible.

→ Méthode multicritères.



Evaluation de l'aléa - Guide

1a) Caractérisation – données à utiliser

Données en ligne : géo/topographie (MNT), géologie, cavités, mouvements de terrain, traçages, etc.

Documentation publique : articles scientifiques, archives communales, départementales, etc.

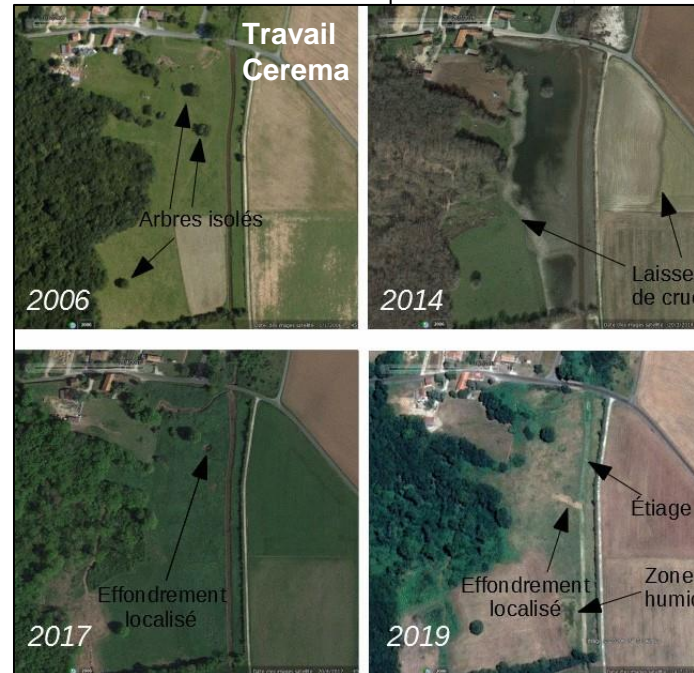
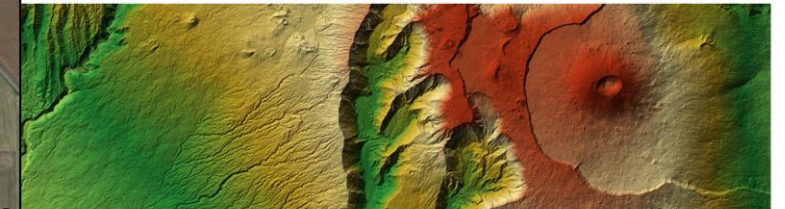
Spécialistes : spéléologie (CDS), karstologie (AFK), bureaux d'études.

Investigations complémentaires :
Terrain (surface, affl^{ts}, désordres)
Si besoin : mesures spécifiques



Lidar HD : une couverture nationale d'ici à 2025

La France initie pour la première fois un projet national de couverture Lidar haute densité (10 points /m2) afin de disposer d'une cartographie 3D très précise de la quasi-totalité de son territoire* d'ici à 2025. Le programme proposé par l'IGN est lauréat d'un appel à projets du Fonds de transformation pour l'action publique. Il s'intègre également dans le plan de relance présenté par le Gouvernement en septembre 2020.



Evaluation de l'aléa - Guide

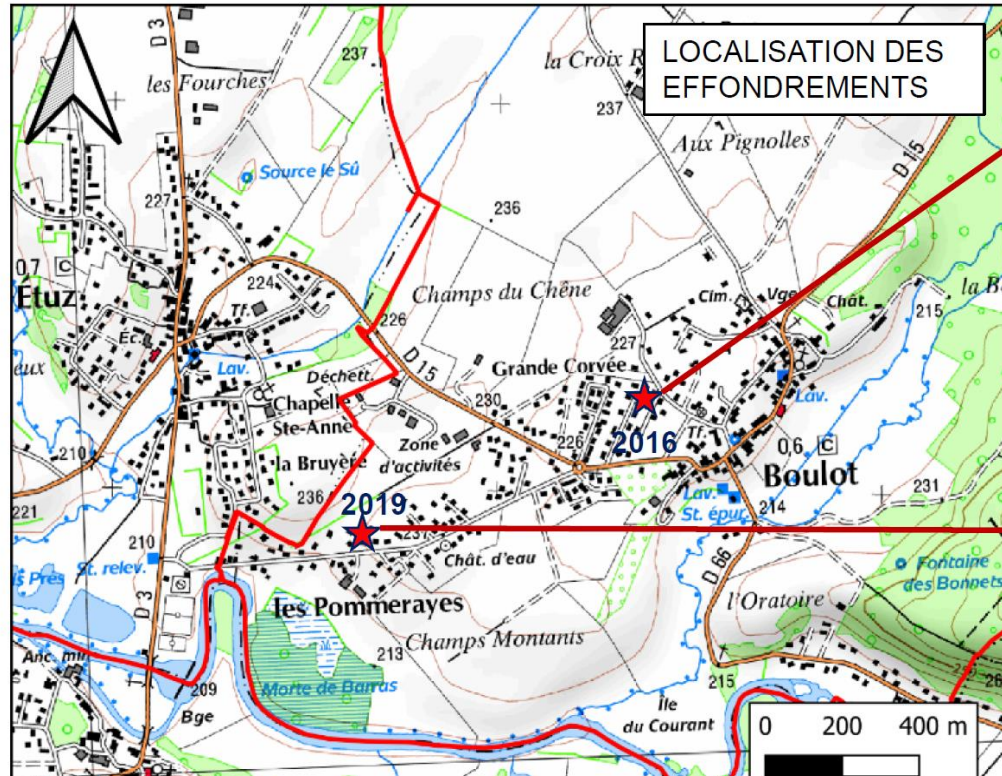
1b) Caractérisation du site d'étude

Sinistralité

Quel(s) processus en œuvre ?

Deux expertises sur Boulot en 3 ans

- 2016 : Effondrement au 10 rue de la Ceriseraie
- 2019 : Effondrement au 46 rue de la Sablière



Cratère de forme rectangulaire de près de 5.80 m par 5.20 m d'une profondeur de 5 à 20 cm



Exemple :
Boulot, Etuz (70)

Et autres événements :

- sur communes (archives)
- sur communes limitrophes



Orifice circulaire de 0.7 m et 0.8 m de qui
1 en profondeur pour une
leur d'environ 2 m

Evaluation de l'aléa - Guide

1b) Caractérisation du site d'étude

Proposition d'un aléa de référence – RAPPELS (guide Mvts 1999)

Organigramme de détermination de l'aléa de référence

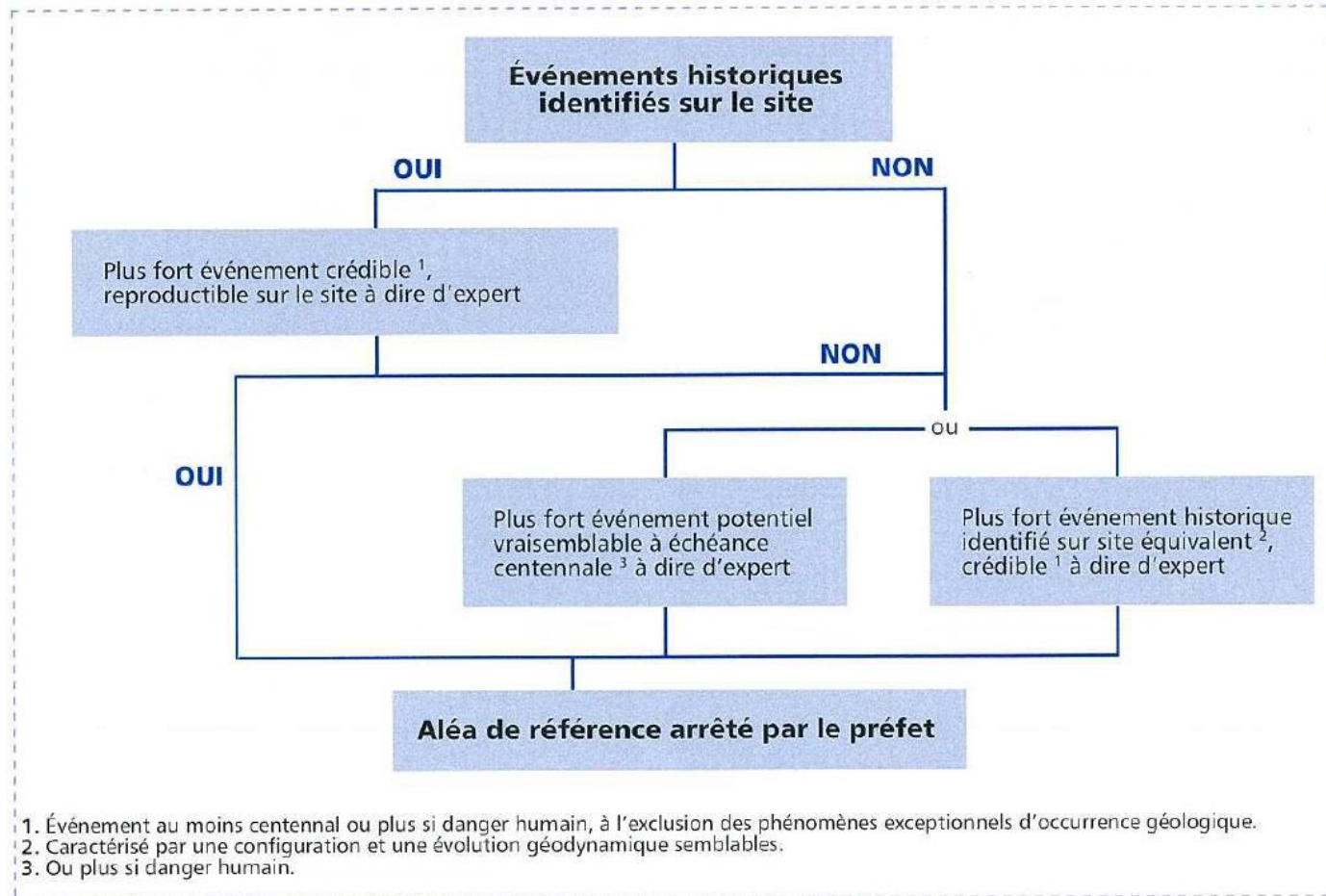


Tableau 2 : Exemple d'échelle conventionnelle d'intensité

Niveau d'intensité	Niveau d'importance des parades	Exemples de mesures de prévention
Faible I1	Supportables financièrement par un propriétaire individuel.	Purge de quelques blocs instables en falaise, confortement d'une petite galerie par pilier maçonné.
Moyenne I2	Supportables financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeuble collectif, petit lotissement).	Comblement d'une cavité souterraine, drainage d'une zone instable.
Forte I3	Intéressant une aire géographique débordant largement le cadre parcellaire et/ou d'un coût très important et/ou techniquement difficile.	Stabilisation d'un glissement de terrain important, confortement d'un pan de falaise instable.
Majeure I4	Pas de parade technique.	Phénomène de grande ampleur tel que Séchilienne ou La Clapière.

Tableau 3 : Qualification de l'aléa en fonction de l'intensité du phénomène

Intensité		Aléa	
I1	faible	faible	A1
I2	moyen	moyen	A2
I3	forte	fort	A3
I4	majeure	majeur	A4

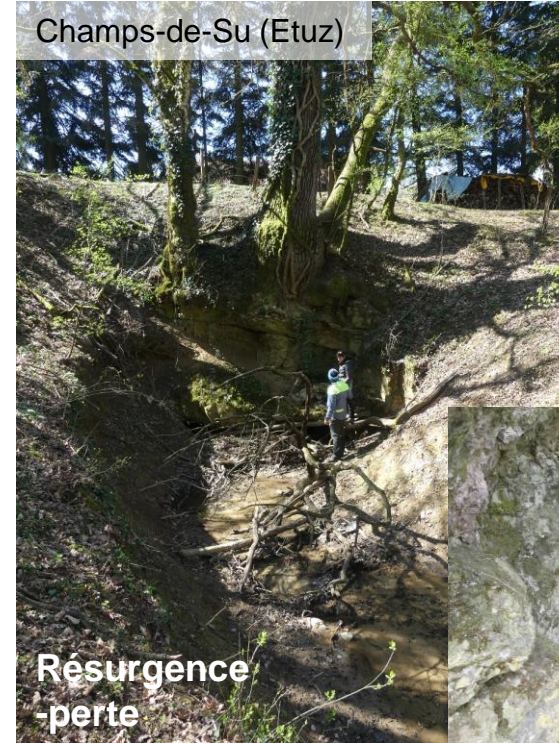
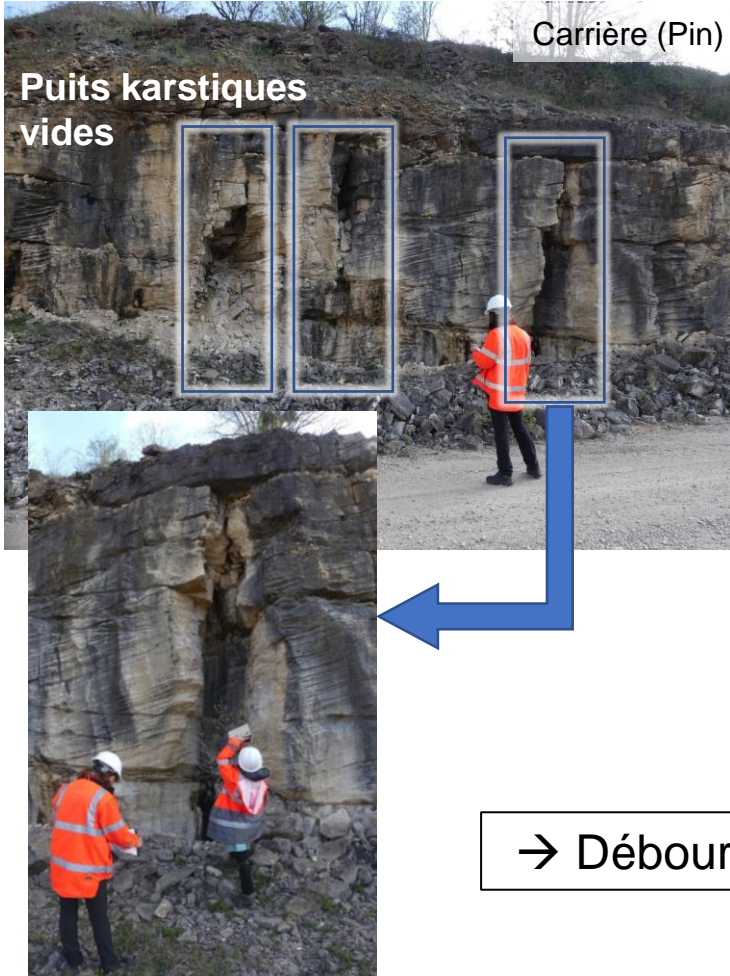
Evaluation de l'aléa - Guide

1b) Caractérisation du site d'étude

Sinistralité

Quel(s) processus en œuvre ?

Exemple :
Boulot, Etuz (70)



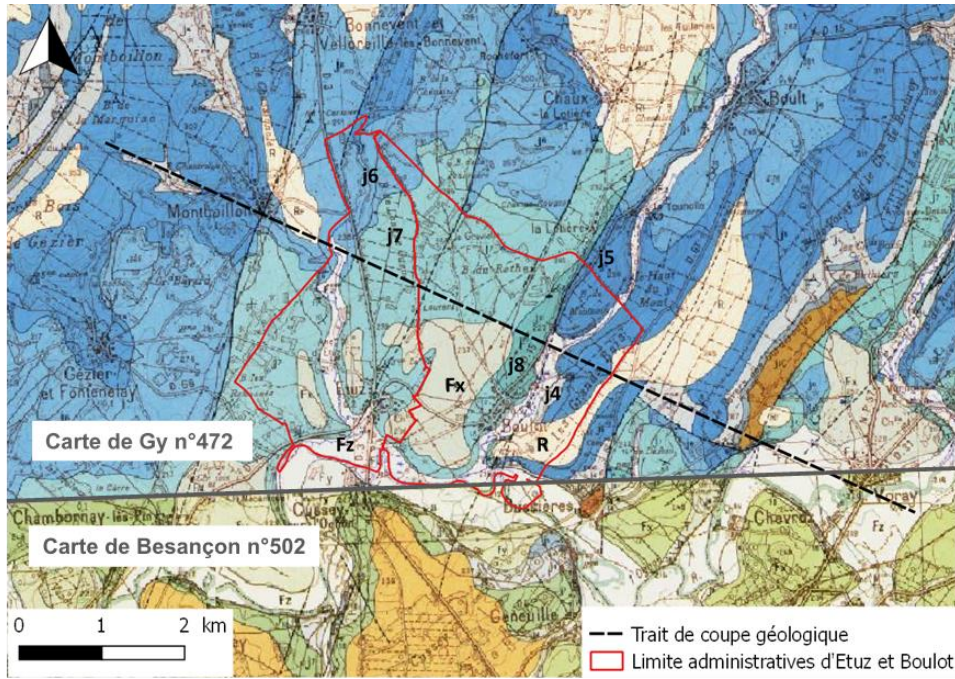
→ Débouillage et soutirage ←

→ Rupture de toit ←

Evaluation de l'aléa - Guide

1b) Caractérisation du site d'étude

Cartes informatives – Coupes



Fz. Alluvions modernes. Assez bien développées dans la vallée de l'Ognon (graviers siliceux d'origine vosgienne)

Fx. Hautes terrasses. Sables et graviers siliceux d'origine vosgienne à 20-35 m au-dessus de la plaine actuelle.

R. Argiles à chailles. La plupart des sommets dont le substratum est argovien sont recouverts par des argiles à chailles provenant d'une altération sur place (R). Ces argiles se sont bien souvent étalées par solifluxion sur les pentes voisines.

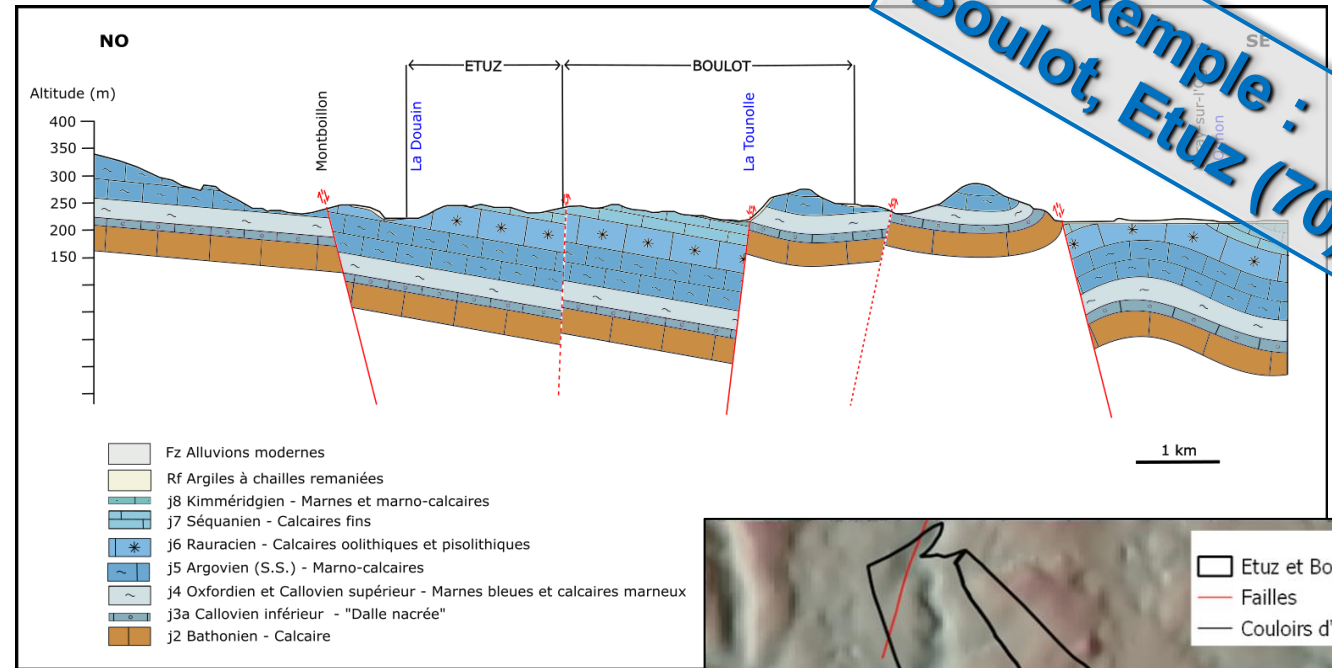
j8. Kimméridgien (70 m environ).
Kimméridgien supérieur : marnes et de marno-calcaires.
Kimméridgien inférieur comprend des calcaires glauconieux et des niveaux marneux et marno-calcaires

j7. Séquanien (75 à 80 m). Calcaires fins de teinte grise. Cependant, dans la partie inférieure de l'étage, on note la présence classique de marnes dans lesquelles s'intercalent des plaquettes calcaires à Astartes et de petits bancs gréseux. On note également à la base de l'étage, de rares niveaux à oolithes disséminées dans du calcaire fin.

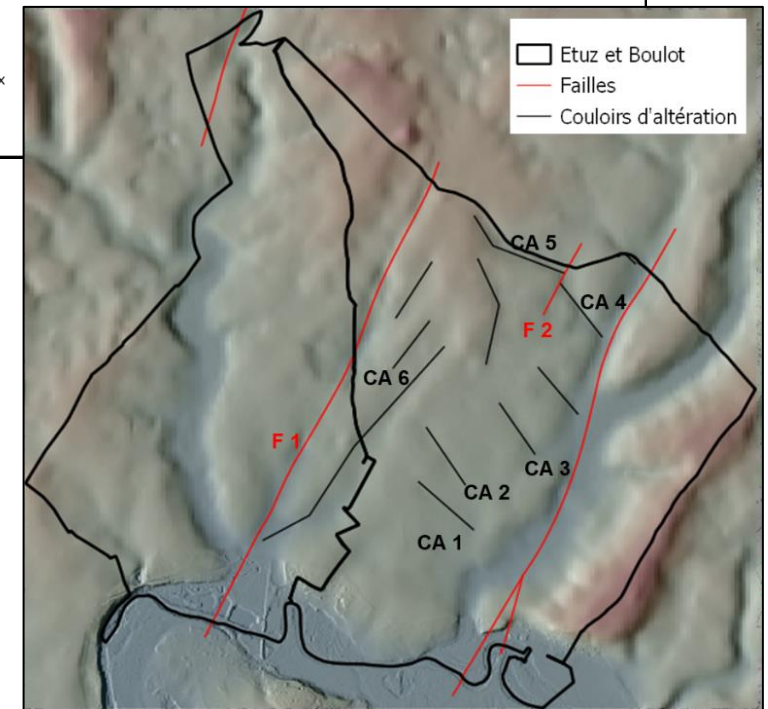
j6. Rauracien (60 m). Faciès coralligène
Dominance des calcaires oolithiques et pisolithiques à fragments d'organismes.

j5. Argovien s. str. (40 – 45 m)
Ensemble marno-calcaire dont les bancs les plus élevés sont à la fois les plus épais et les moins argileux. Les niveaux inférieurs, plus marneux, sont souvent soulignés par des lignes de sources.

j4. Oxfordien et Callovien supérieur.
Marnes bleues oxfordiennes à fossiles pyriteux, puissantes d'environ 35 m et quelques mètres de calcaires marneux jaunes ou bruns très fossilifères, parfois à oolithes ferrugineuses, représentant le Callovien supérieur



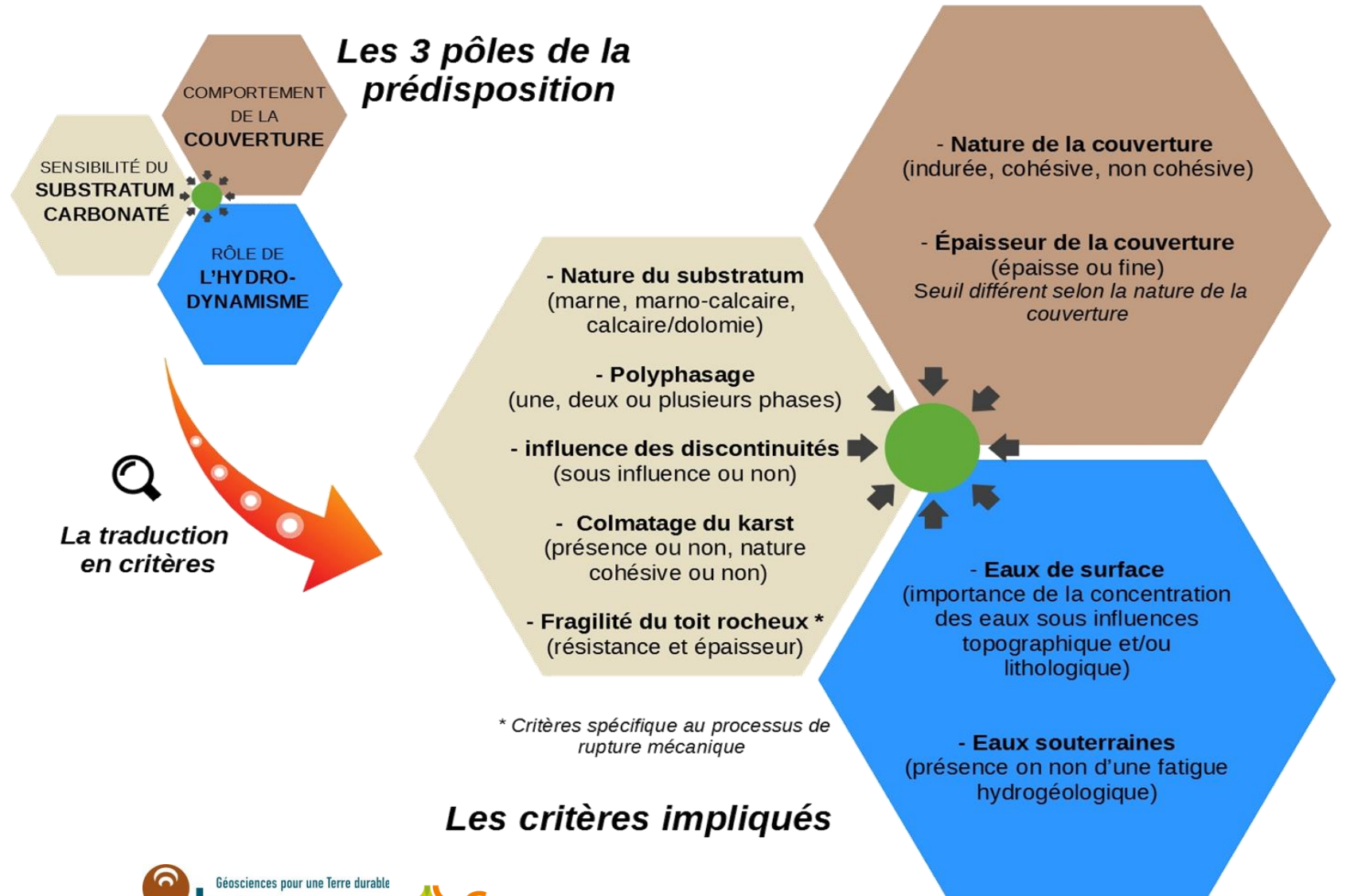
Exemple :
Boulot, Etuz (70)



Evaluation de l'aléa - Guide

2a) Aléa – Evaluation de la probabilité d'occurrence

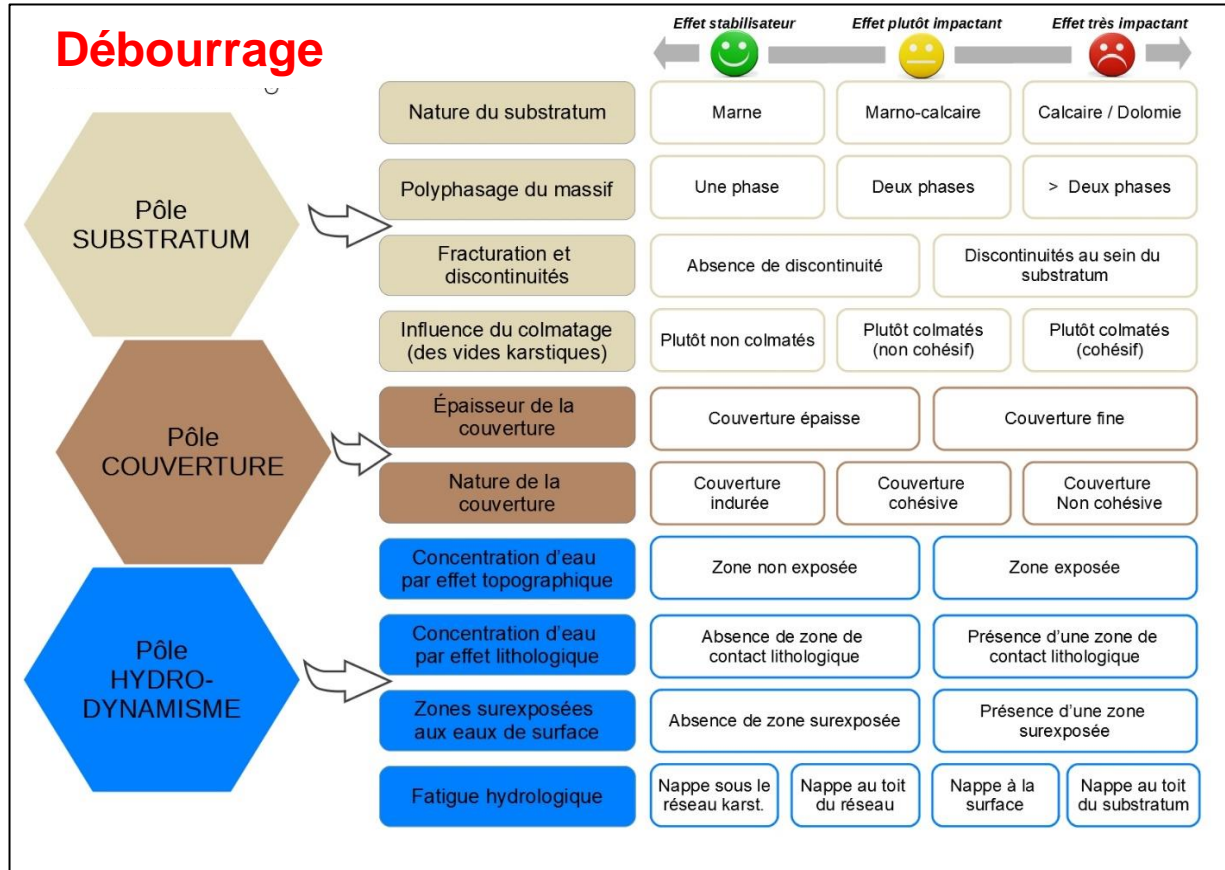
10 critères regroupés en 3 pôles



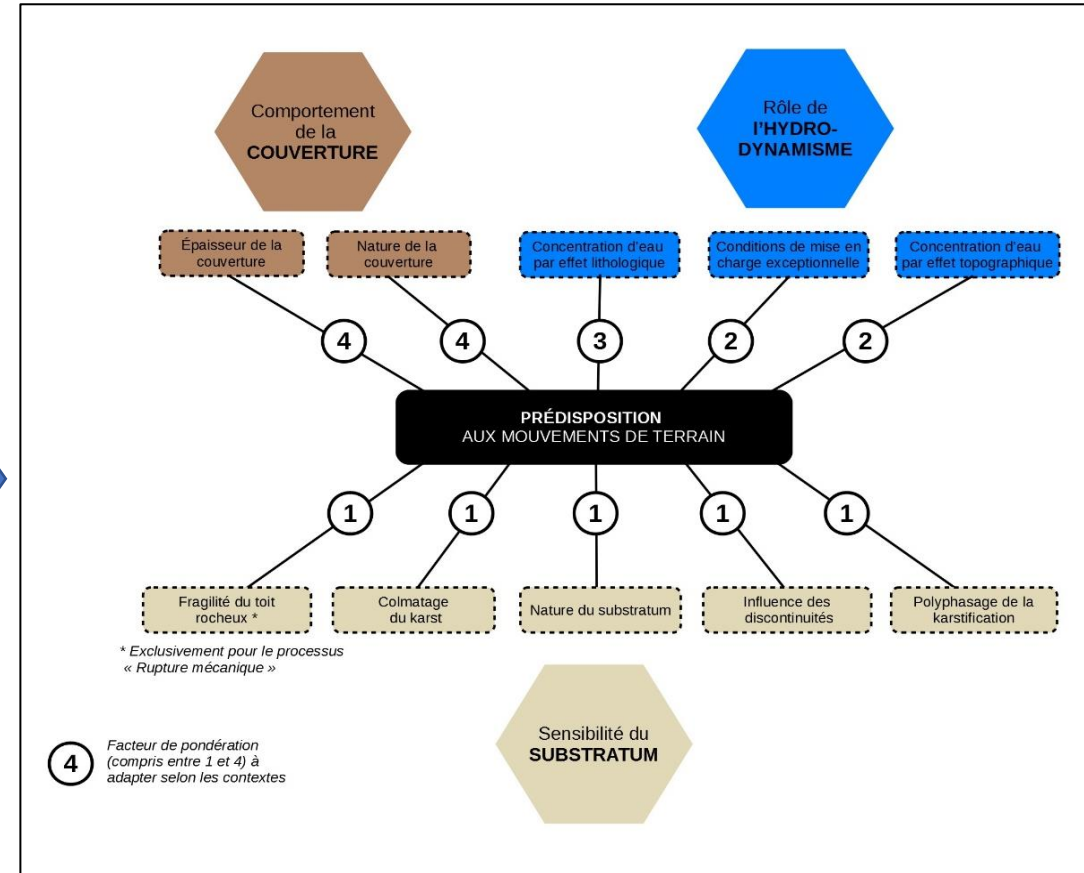
Evaluation de l'aléa - Guide

2a) Aléa – Evaluation de la probabilité d'occurrence

Notation des critères



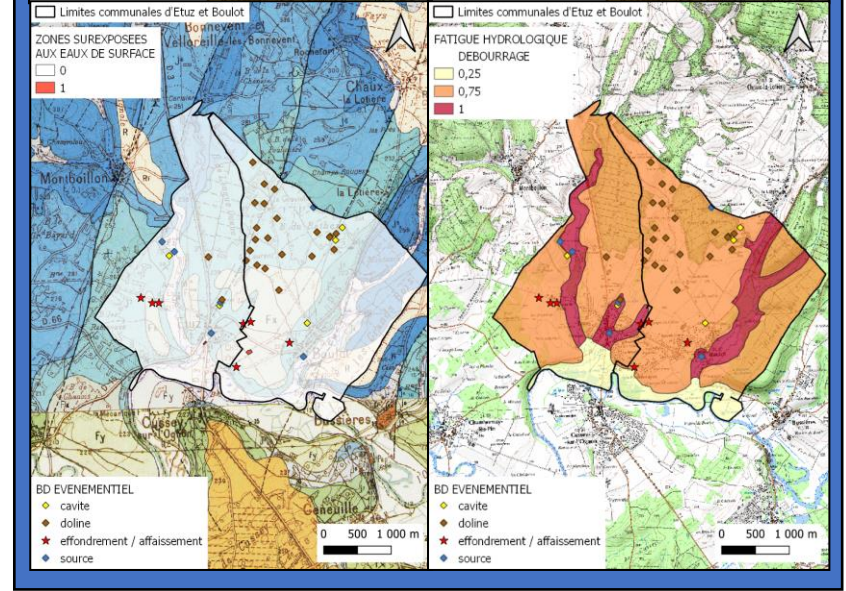
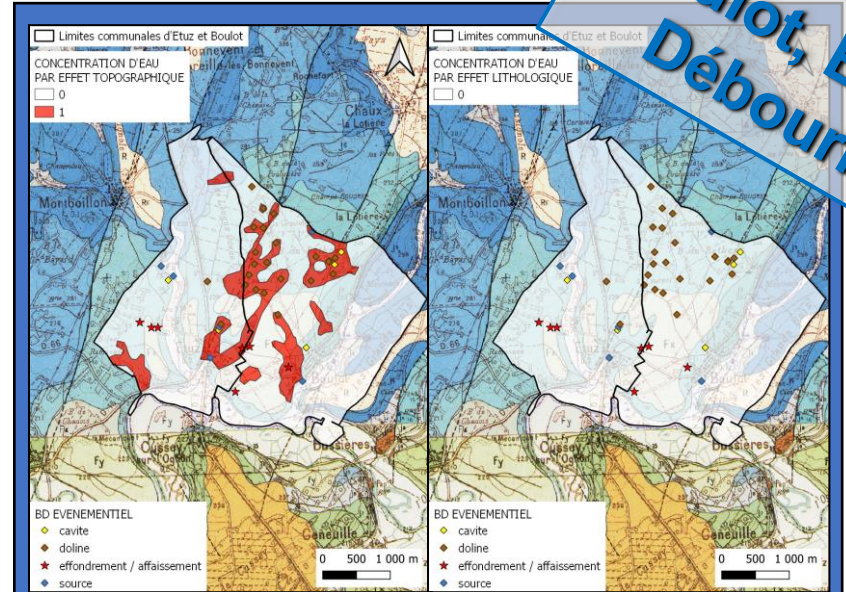
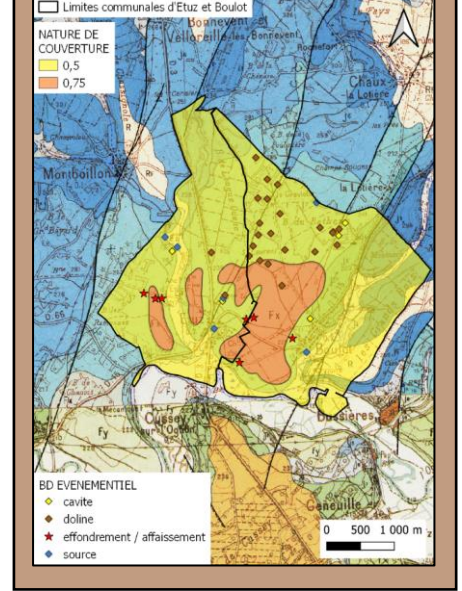
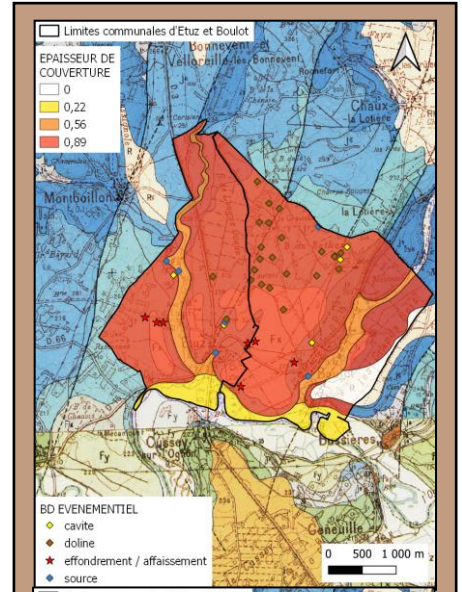
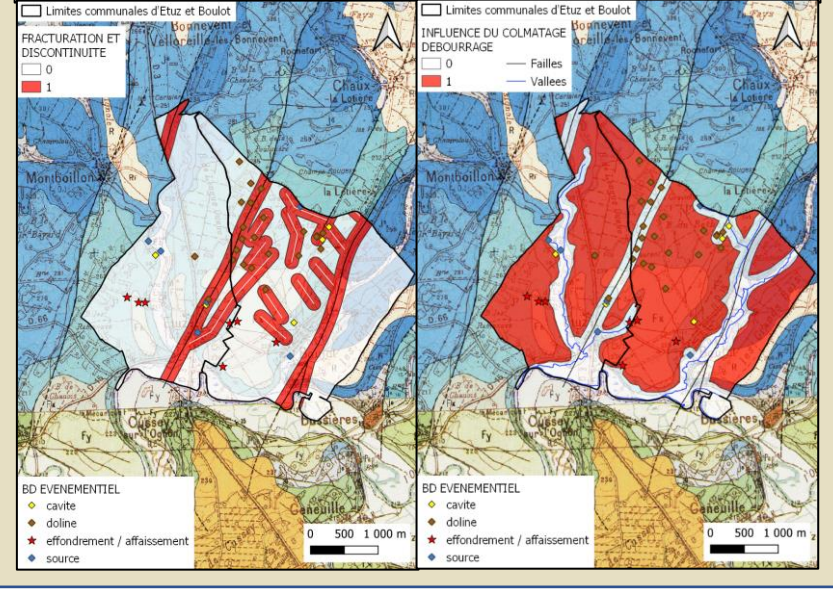
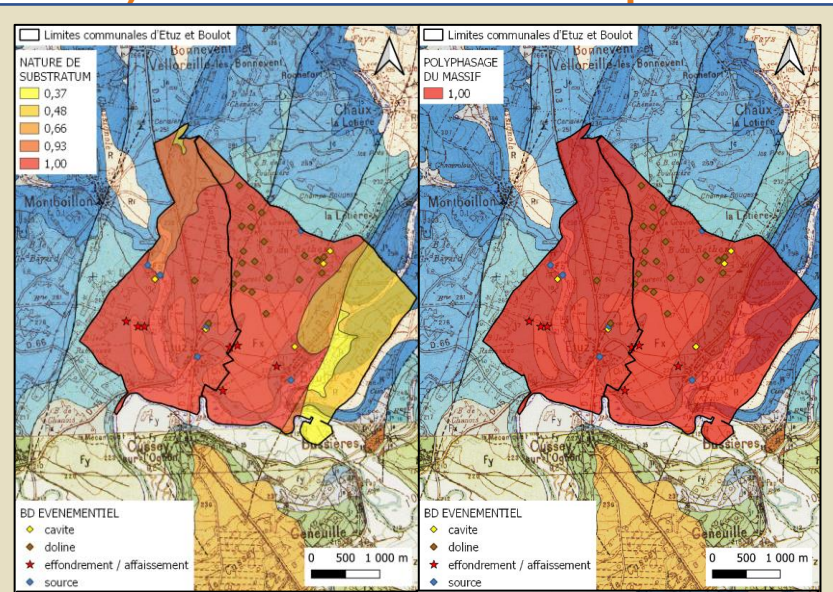
Combinaison = Prédiposition (par croisements successifs ou globale)



Evaluation de l'aléa - Guide

2a) Aléa – Evaluation de la probabilité d'occurrence

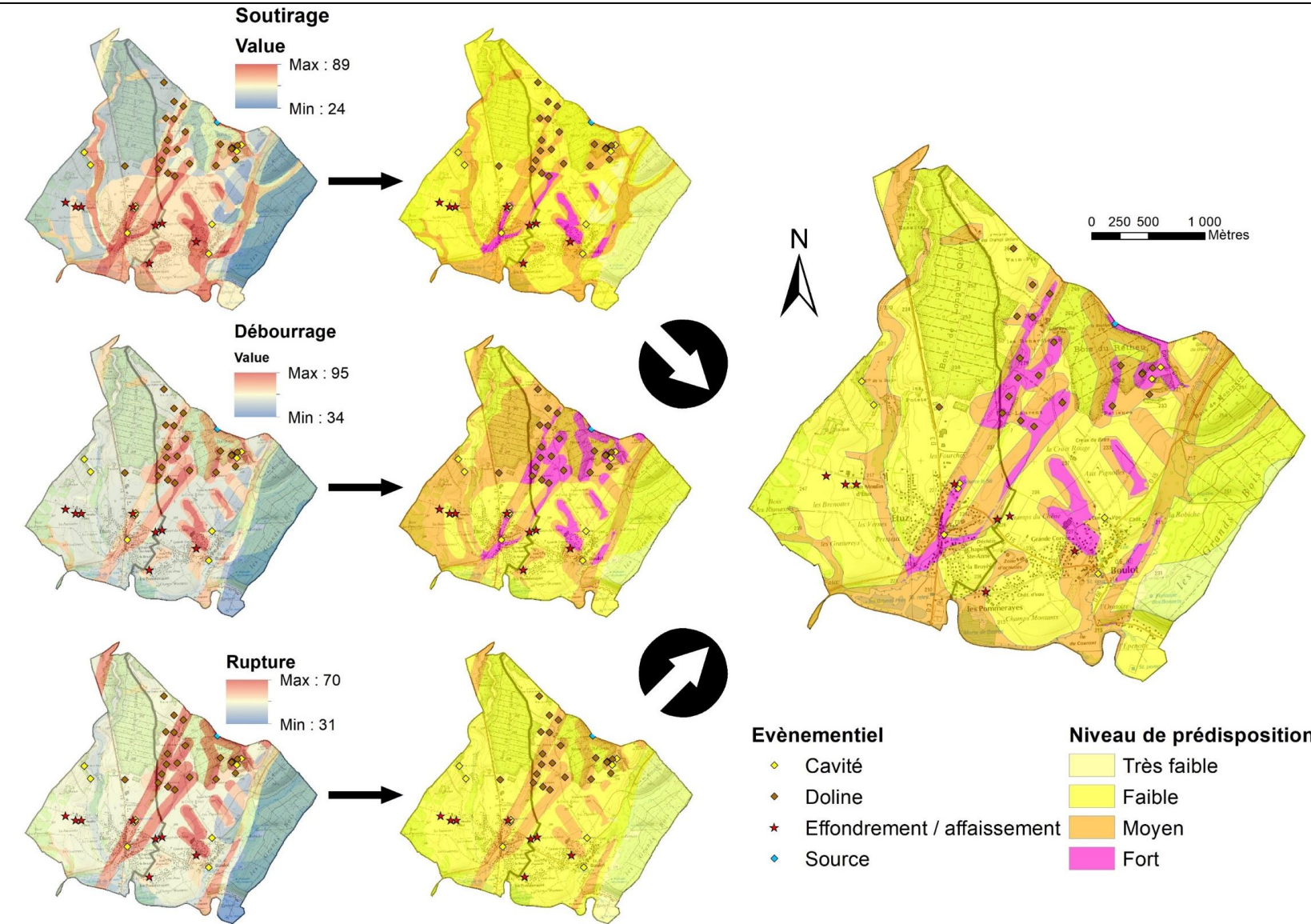
Exemple :
Boulot, Etuz (70)
Débourrage



Evaluation de l'aléa - Guide

2a) Aléa – Evaluation de la probabilité d'occurrence

Exemple :
Boulot, Etuz (70)



Prédisposition par processus

Niveau de prédisposition varie de 0 à 100:

- Négligeable à très faible < 20
- Très faible < 40
- Faible < 60
- Moyen < 80
- 80 ≤ Fort

Prédisposition finale = max des 3 processus

Evaluation de l'aléa - Guide

2b) Aléa – Evaluation de l'intensité

Exemple :
Boulot, Etuz (70)

APPROCHE HISTORIQUE = NON CONCLUANTE

Sinistralité sur le périmètre d'étude étendu :

→ 6 dimensions connues : de 0,5 à 23 m de diamètre

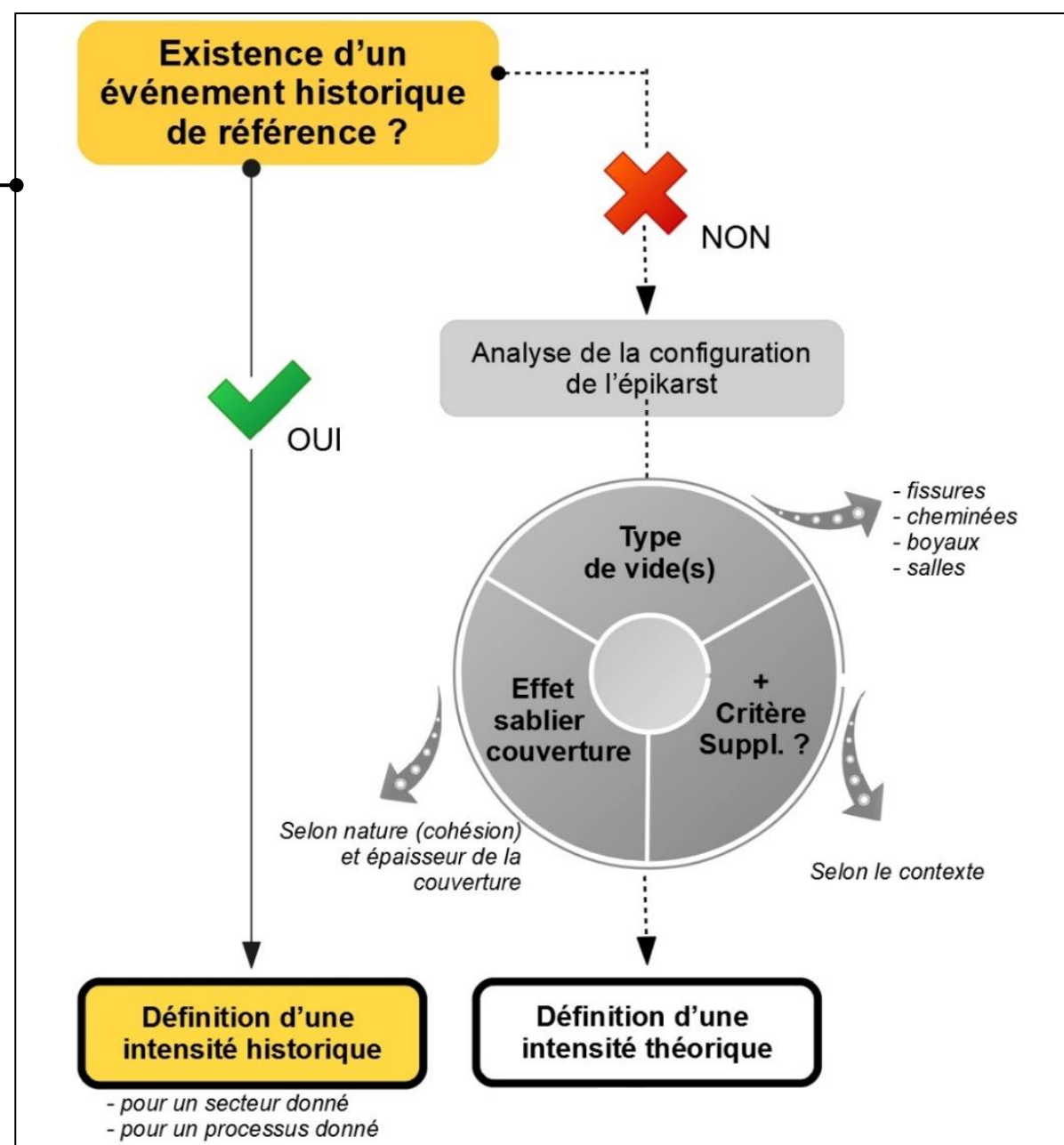
→ sans connaissance du processus en jeu

APPROCHE THÉORIQUE = NON CONCLUANTE

Lacune de données sur la couverture et les cavités

→ INTENSITÉ NON ÉVALUÉE

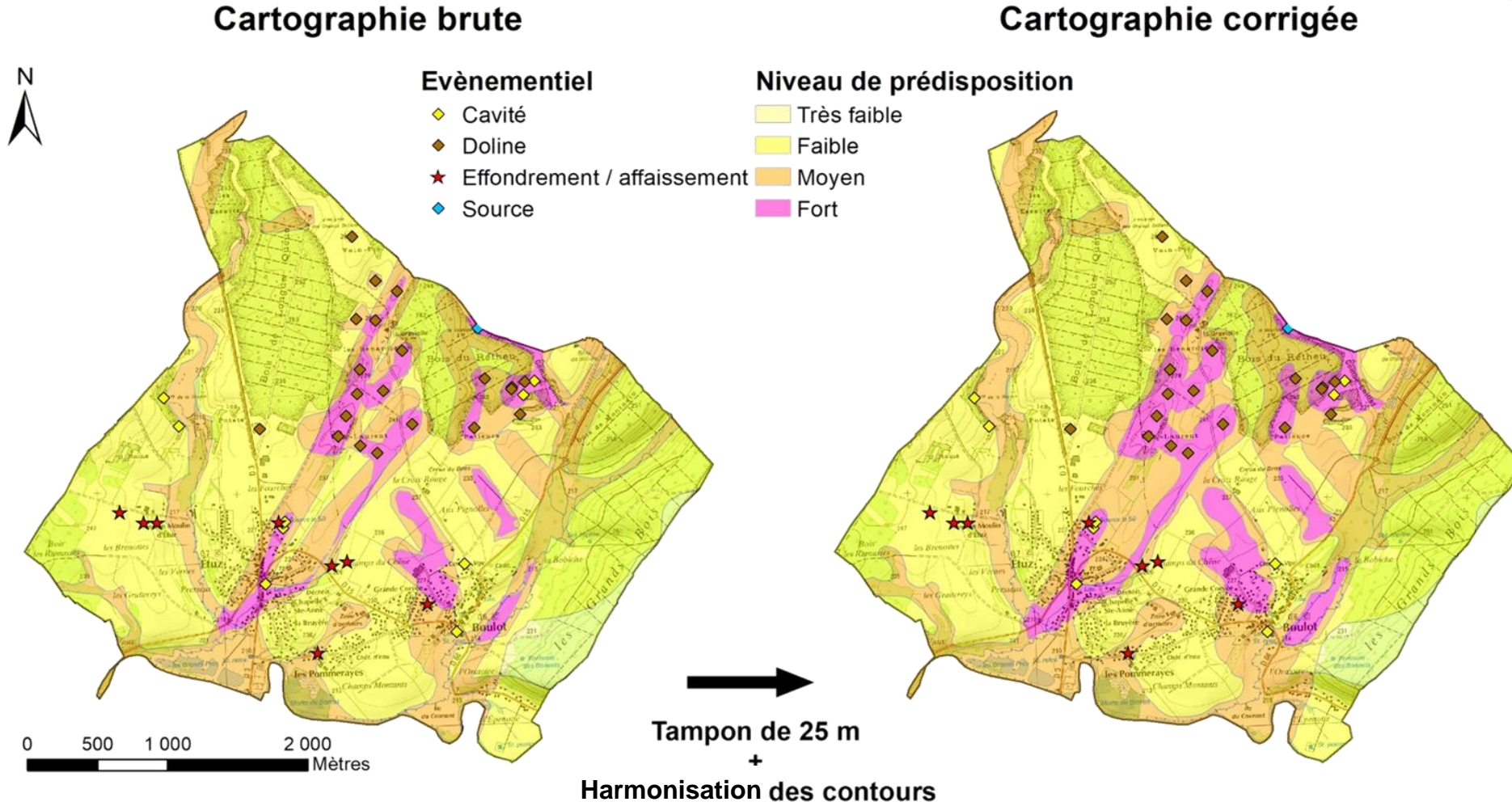
→ CARTE FINAL = CARTE DE PRÉDISPOSITION



Evaluation de l'aléa - Guide

2c) Evaluation finale de l'aléa de la predisposition

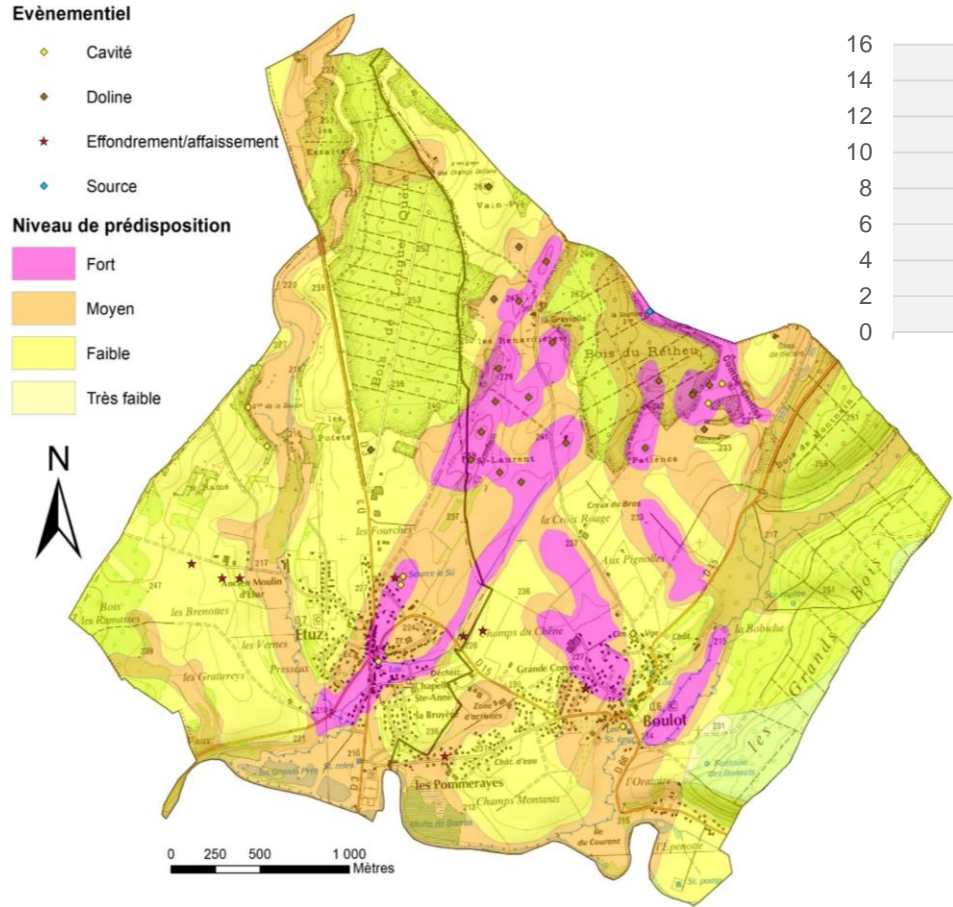
Exemple :
Boulot, Etuz (70)



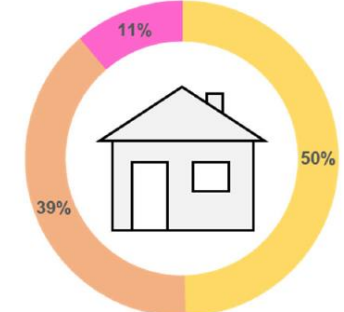
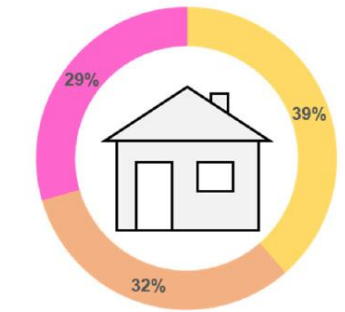
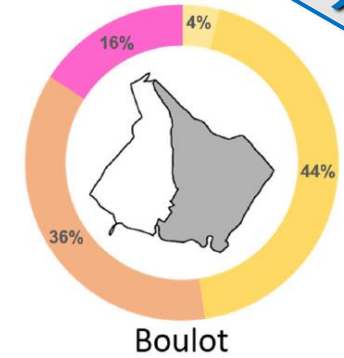
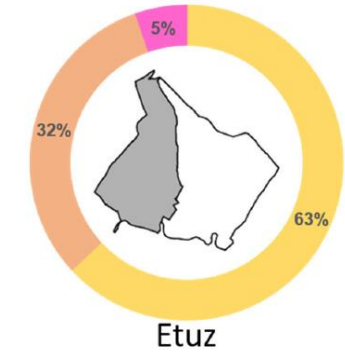
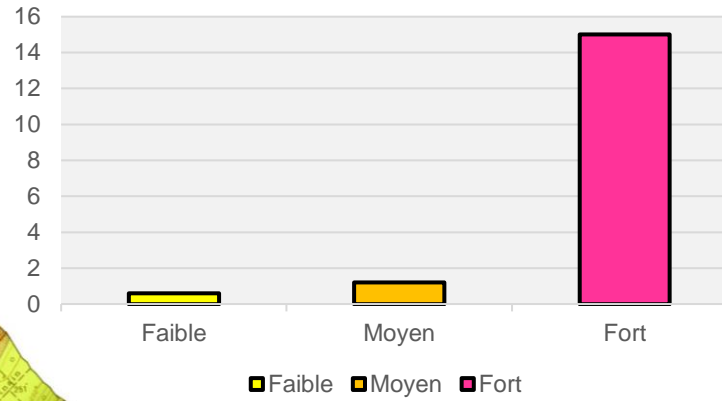
Evaluation de l'aléa - Guide

2c) Evaluation finale de l'aléa de la predisposition

**Exemple :
Boulot, Etuz (70)**



Densité des indices (nb par km²) par classe de predisposition



Evaluation de l'aléa - Guide

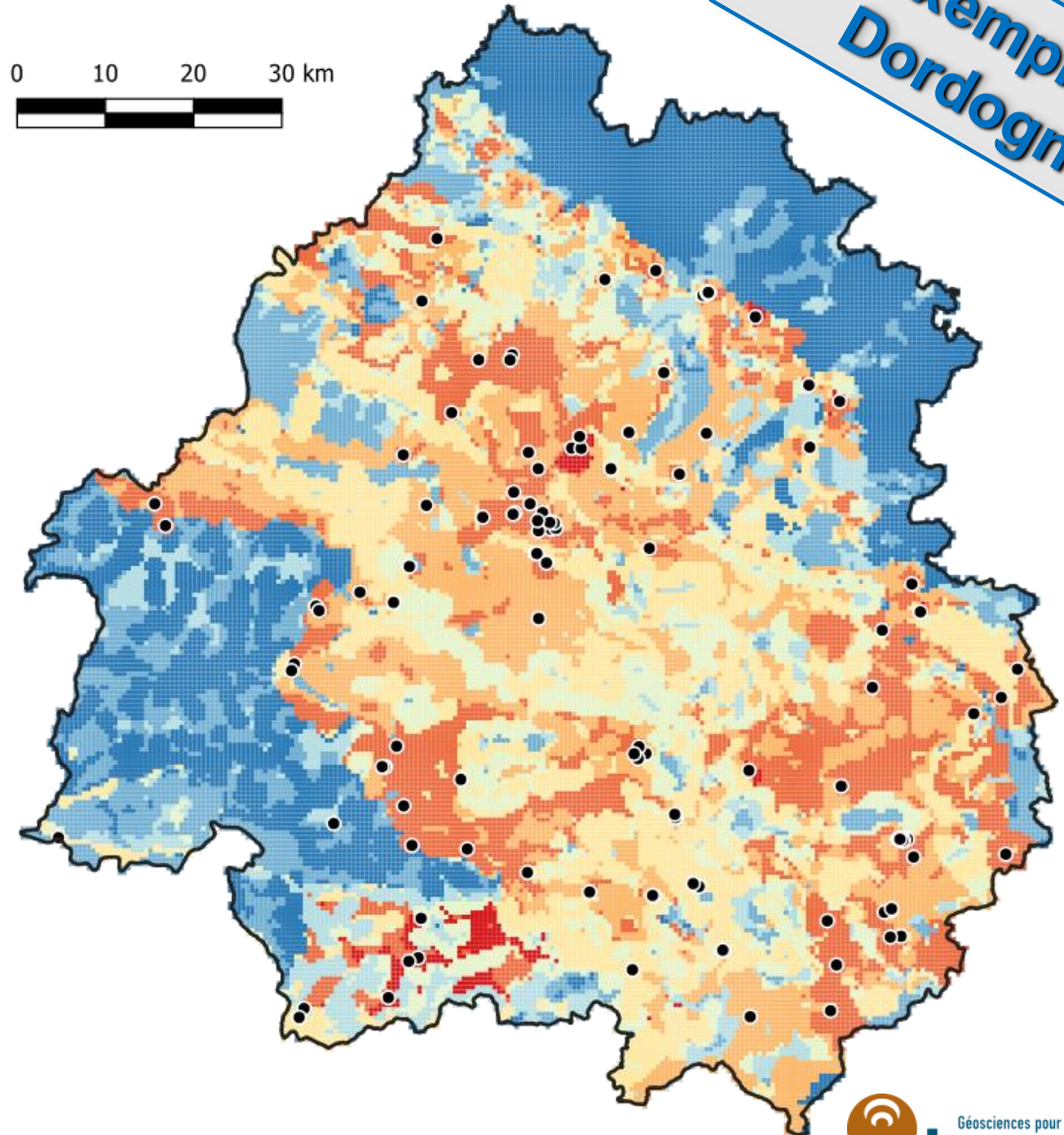
2c) Travaux en cours

Intérêt d'une meilleure prise en compte des événements

Développement d'un outil numérique combinant deux algorithmes d'IA (CBA – Cell Based Association et « Forêt aléatoire » - Random Forest)

Croisement de « prédicteurs » spatialisés et de données ponctuelles pouvant être rares ou mal positionnées

→ Tests en cours



Exemple :
Dordogne

LES MOUVEMENTS DE TERRAIN D'ORIGINE KARSTIQUE

1) Définition des systèmes karstiques

Géologie, géomorphologie, hydrogéologie...
... et simplifications

2) Nature et conséquences des mouvements de terrain d'origine karstique

Quels mouvements ? Quelles conséquences ?
... quels processus à l'origine des mouvements ?

3) Comment évaluer les aléas ? → nouveau guide spécifique BRGM – Cerema

A l'échelle de la commune/département
A l'échelle du site/quartier

Site du CNRS Orléans – risques mvts karst

Le CNRS d'Orléans

16 laboratoires, unités scientifiques et génériques répartis sur un site de 72 ha.
Exemples :

- Institut de Combustion Aérodynamique Réactivité et Environnement – ICARE
- Typage et Archivage d'Animaux Modèles – TAAM
- Institut des Sciences de la Terre d'Orléans - ISTO
- Etc.

Un scanner géant au campus du CNRS

RECHERCHE Le campus du CNRS a vécu un événement, mercredi 4 mai: l'installation d'une RMN 850 Mhz, unique au monde.

Un nouvel équipement vient de faire une entrée remarquée au campus de CNRS. Installé dans un bâtiment prévu à cet effet, l'outil, une RMN (ou Résonance Magnétique Nucléaire) de 850 Mhz, a fait son entrée dans le campus du CNRS à l'aide d'une grue. De taille et de poids imposants -il pèse plus de 6 tonnes-, la RMN 850 Mhz est un outil de caractérisation des matériaux à l'échelle microscopique ou atomique. Financé par le CNRS, la Région Centre et les Fonds Européens FEDER, l'installation du RMN a coûté 5,5 millions d'euros, et a conduit le CNRS à mettre en oeuvre l'extension du bâtiment. Étant la plus puissante de sa catégorie, que ce soit sur le plan national et international,



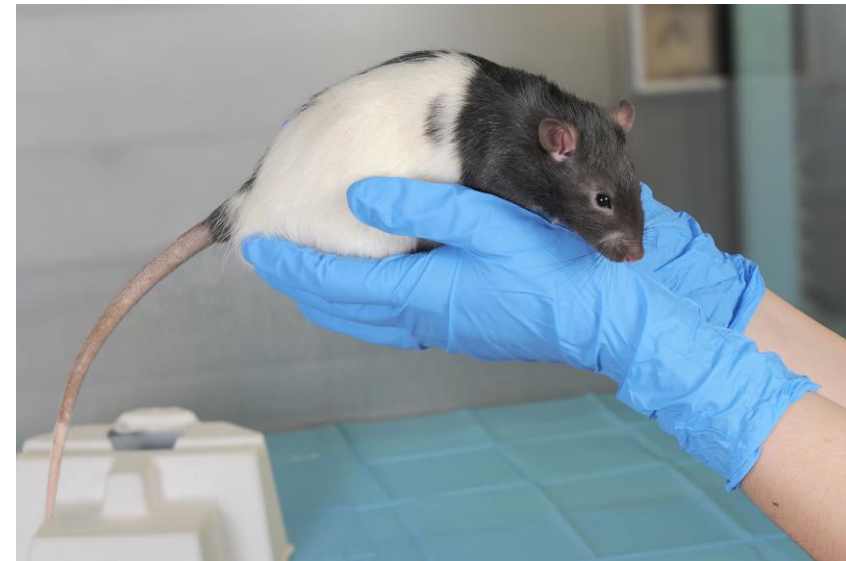
L'installation du RMN a nécessité l'usage d'une grue.

cette RMN 850 Mhz apportera une amélioration de la sensibilité et de la résolution pour l'étude des matériaux solides et fondus, qui sont étudiés au laboratoire

Conditions Extrêmes et Matériaux Haute Température et Irradiation (CEMHTI) du campus du CNRS, qui pourra accueillir des chercheurs du monde entier.

Et le RMN 850 Mhz rejoint le 750 Mhz, installé en 2004. Car la technique de Résonance Magnétique Nucléaire permet d'observer sélectivement les noyaux constitutifs des matériaux et d'en tirer des informations détaillées sur leur structure et leurs propriétés.

Le CEMHTI développe des méthodes originales d'analyse pour étudier les propriétés physico-chimiques des matériaux soumis à des conditions extrêmes de haute température et/ou d'irradiation. Le laboratoire entretient de nombreuses collaborations académiques et industrielles, qu'elles soient locales, nationales et européennes, notamment dans l'élaboration de nouveaux matériaux et l'étude de procédés de fabrication (verres, céramiques, ciments, sels fondus, matériaux pour l'énergie, biomatériaux). Grâce à ces moyens expérimentaux d'exception, le site orléanais est réputé dans le monde entier dans le cadre de la Très Grande Infrastructure de Recherche RMN Très Hauts Champs.



Site du CNRS Orléans – risques mvts karst
Historique récent (CNRS)

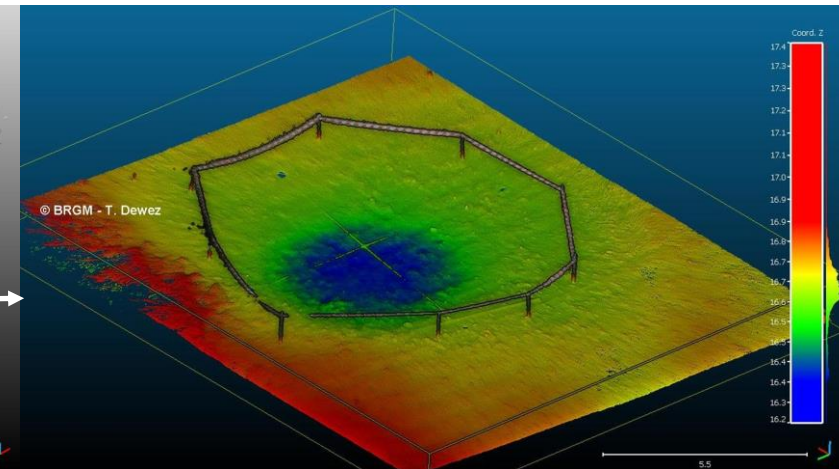
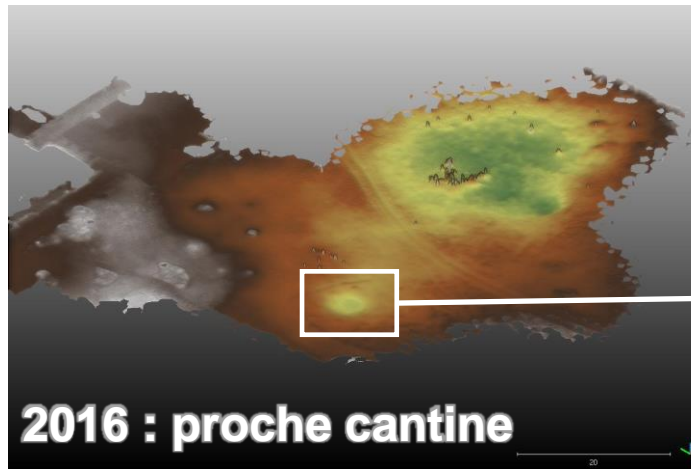


CNRS 2014 : diamètre = 4,5 m, profondeur = 5,5 m

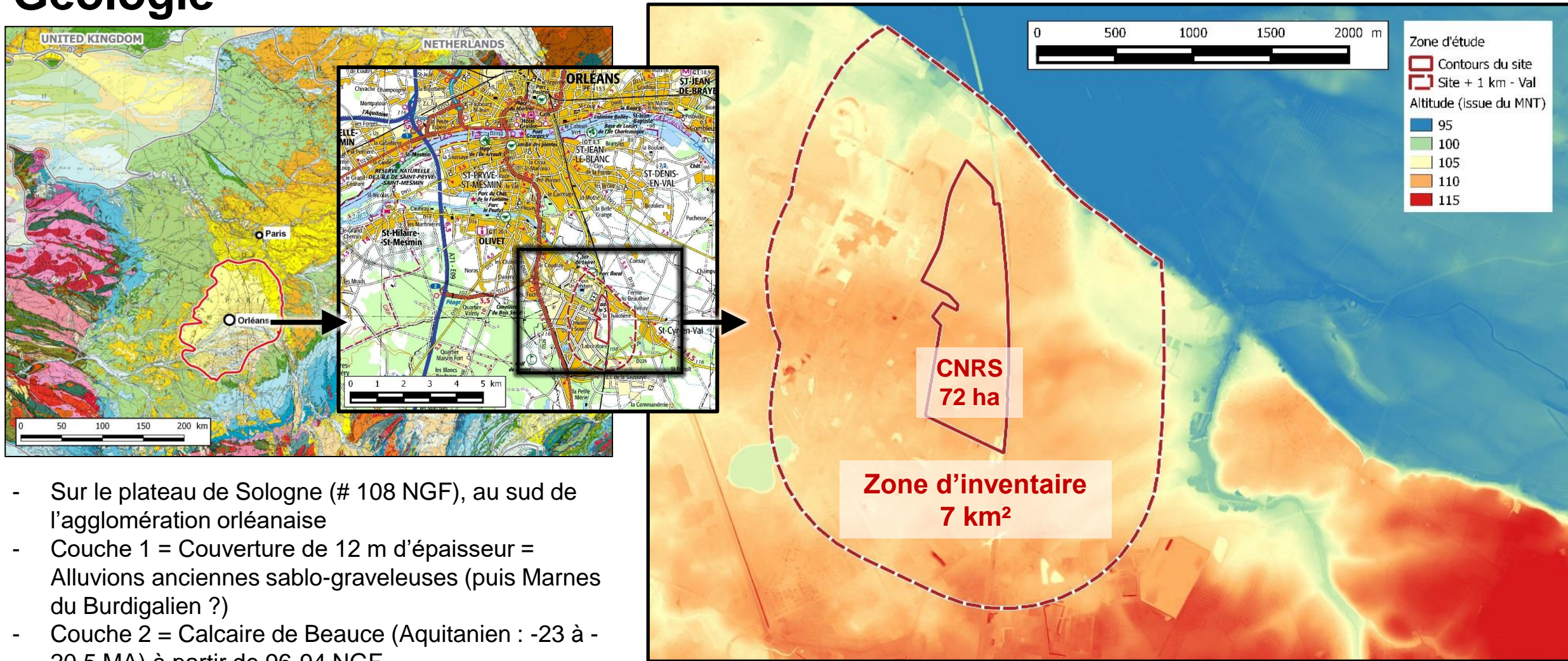


→ 2018 : le CNRS demande au BRGM
une synthèse des connaissances

BUDGET : 6 k€ HT



Géologie



- Sur le plateau de Sologne (# 108 NGF), au sud de l'agglomération orléanaise
- Couche 1 = Couverture de 12 m d'épaisseur = Alluvions anciennes sablo-graveleuses (puis Marnes du Burdigalien ?)
- Couche 2 = Calcaire de Beauce (Aquitaniens : -23 à -20.5 MA) à partir de 96-94 NGF
- Nappe à 14 m de profondeur (94 NGF)

Site du CNRS Orléans – risques mvts karst

Historique (approfondi)

Années 1950-1960 : Construction quartier nouveau de la Source
→ découverte (tardive) de problématiques karstiques

Années 1970-1980 : « Oubli progressif »

1986 : Université

1998 : CNRS, bâtiment SPI, 2 fontis au cours de la construction
→ pas d'accident mais arrêt de chantier
→ études et travaux : surcoût ≥ 375 k€ HT

2007, 2014 : autres effondrements dans le quartier

2014 : CNRS, proche station météo

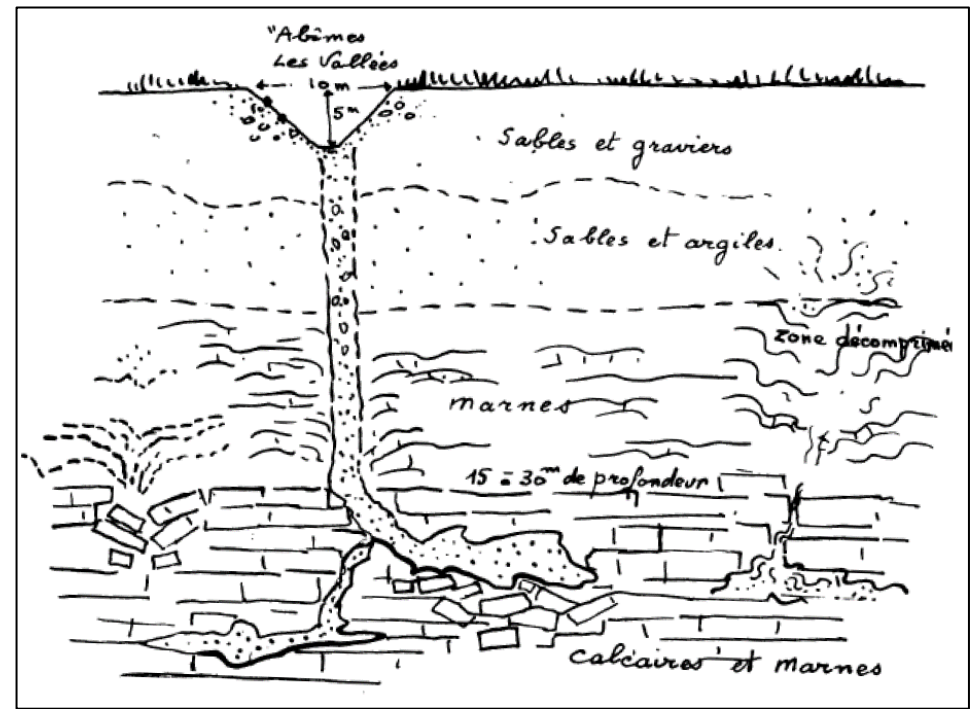
2015 : stade USO

2016 : CNRS, proche cantine → projet recherche « INCA »

2017 : CNRS, voirie proche délégation

+ ...

→ 27 mouvements « avérés » sur la zone d'étude



1986 - Effondrement à l'Université : diamètre ≈ 10 m, profondeur $\approx 3-4$ m.

Historique (approfondi)

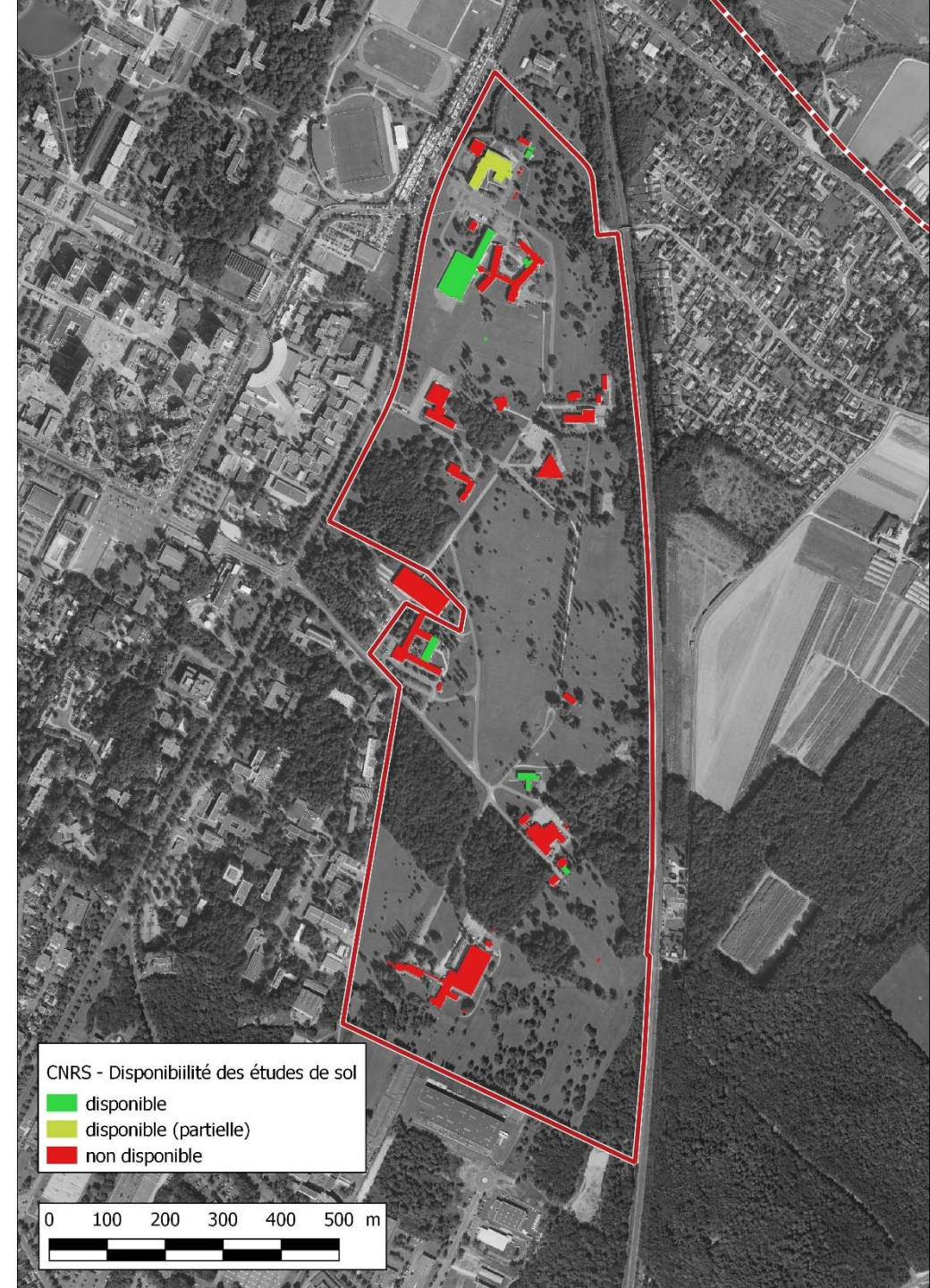
→ Le risque a-t-il été pris en compte lors des aménagements ?

CNRS ≈ 40 bâtiments → 10 avec des études disponibles

Principaux « défauts » des études :

- Contexte karstique rarement maîtrisé
- Pas d'historique et pas de réflexion sur un aléa de « référence »
- Rares mesures surfaciques (géophysiques) préalables
- Sondages pas toujours assez nombreux et/ou assez profonds
- Adaptations constructives très variables : rien / semelle anti fontis 3 à 5 m / pieux / radier / ...

Conclusion : Les connaissances doivent être complétées par des diagnostics des sites à risques.



Site du CNRS Orléans – risques mvts karst

Mesures géophysiques

Microgravimétrie

3160 stations dont 64 à l'intérieur des bâtiments ICARE-SPI (49 st.) et TAAM (15 st.)

Maille de mesures resserrée au niveau des enjeux et des indices de surface

40 ha couvert, soit 55 % du site

Sismique

17 profils (11 en réfraction + 4 en MASW + 2 en réfraction et MASW)

4100 m cumulés

Sur les voiries et proches de bâtiments

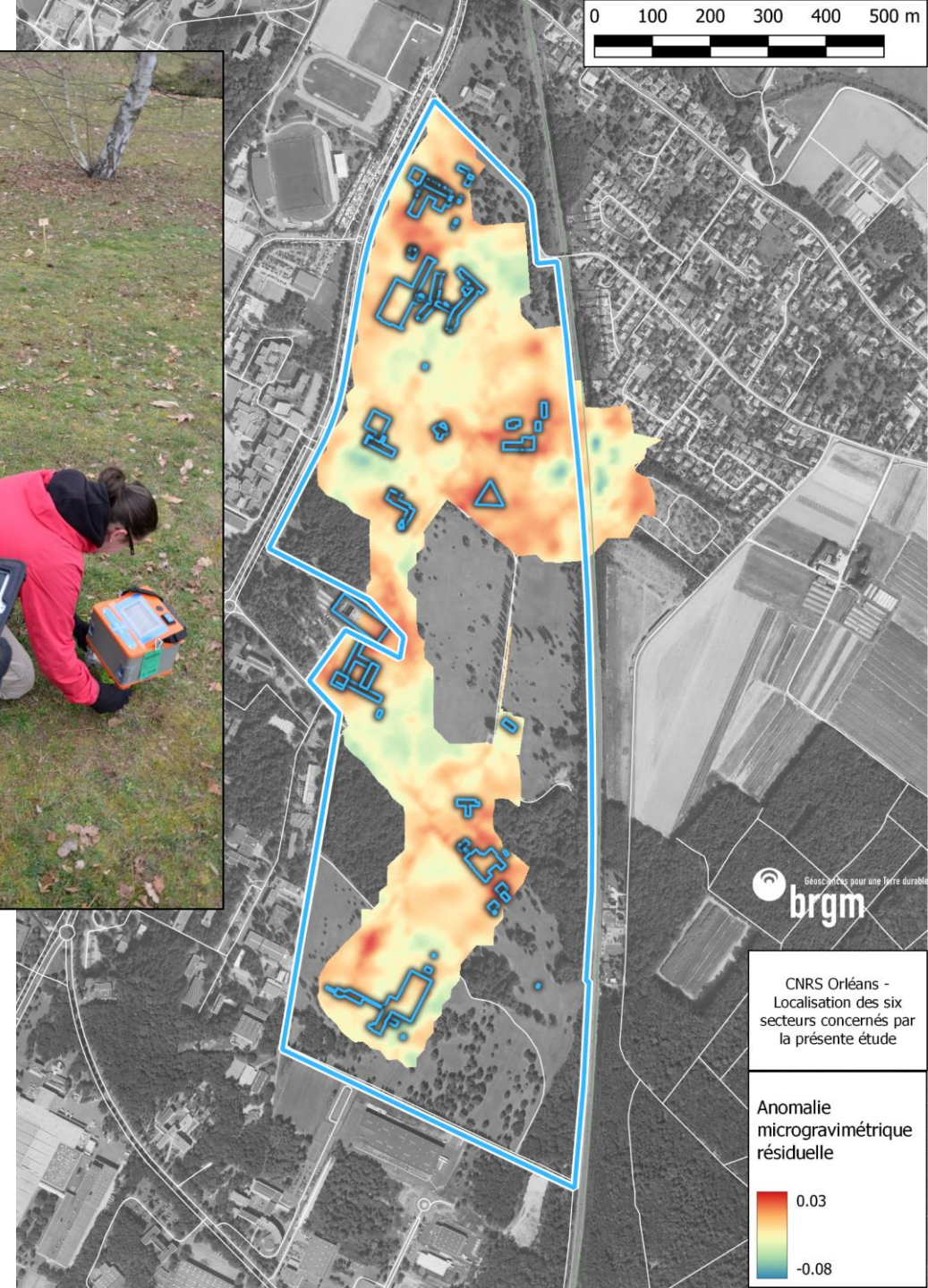
Electrique

6 profils

1720 m cumulés

Sur les voiries et proches de bâtiments

BUDGET : 120 k€ HT



Site du CNRS Orléans – risques mvts karst

Diagnostics

2023 : Six secteurs
entièrement traités

La zone sensible n°4 (ZS4)

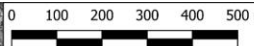
Le bâtiment ICARE-SPI

L'entrée du site

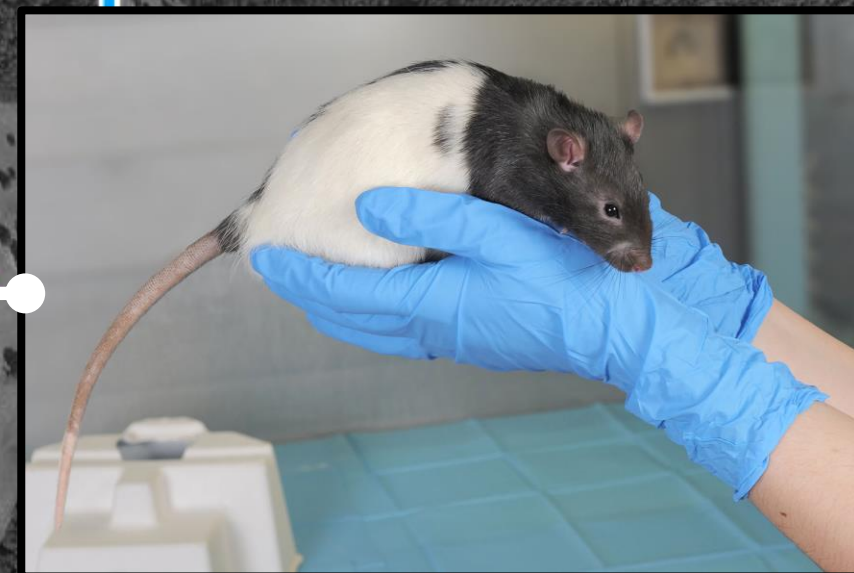
La zone sensible n°1 (ZS1)

Le site « INCA »

Le sud du bâtiment TAAM



Exemple présenté



Site du CNRS Orléans – risques mvts karst

+ Mesures géotechniques

Principes et quantités

- Utilisation des sondages pré-existants (2 secteurs)
- Sondages implantés en fonction des anomalies en surface, de celles repérées en géophysiques et des enjeux en surface
- 93 CPT pour analyser (finement) les perturbations de la tranche 0 → 10 (20) m
- 17 SD pour rechercher les perturbations plus profondes 0 → 40 (60) m

BUDGET : 60 k€ HT

		ZS4	ICARE-SPI	ZS1	Entrée et voirie devant LPC2E*	site INCA (partie CNRS)	TAAM sud
Sondages préexistants	SD	0	45	8	5 (+2)	0	0
	SP	0	6	2	3 (+73)	0	0
	autres	0	21	1	0	0	10
Sondages coordonnés par le BRGM	CPT	17	à venir	25	15	20	16
	SD	1		3	3+1	5	2

*les chiffres entre parenthèses correspondent aux sondages effectués par Solen en 2000 au LPC2E



Oct. 2022 : Sondage CPT Lankelma proche LPC2E



Mai 2023 : Sondage SD Semofi dans ICARE-SPI

Site du CNRS Orléans – risques mvts karst

+ Mesures géotechniques

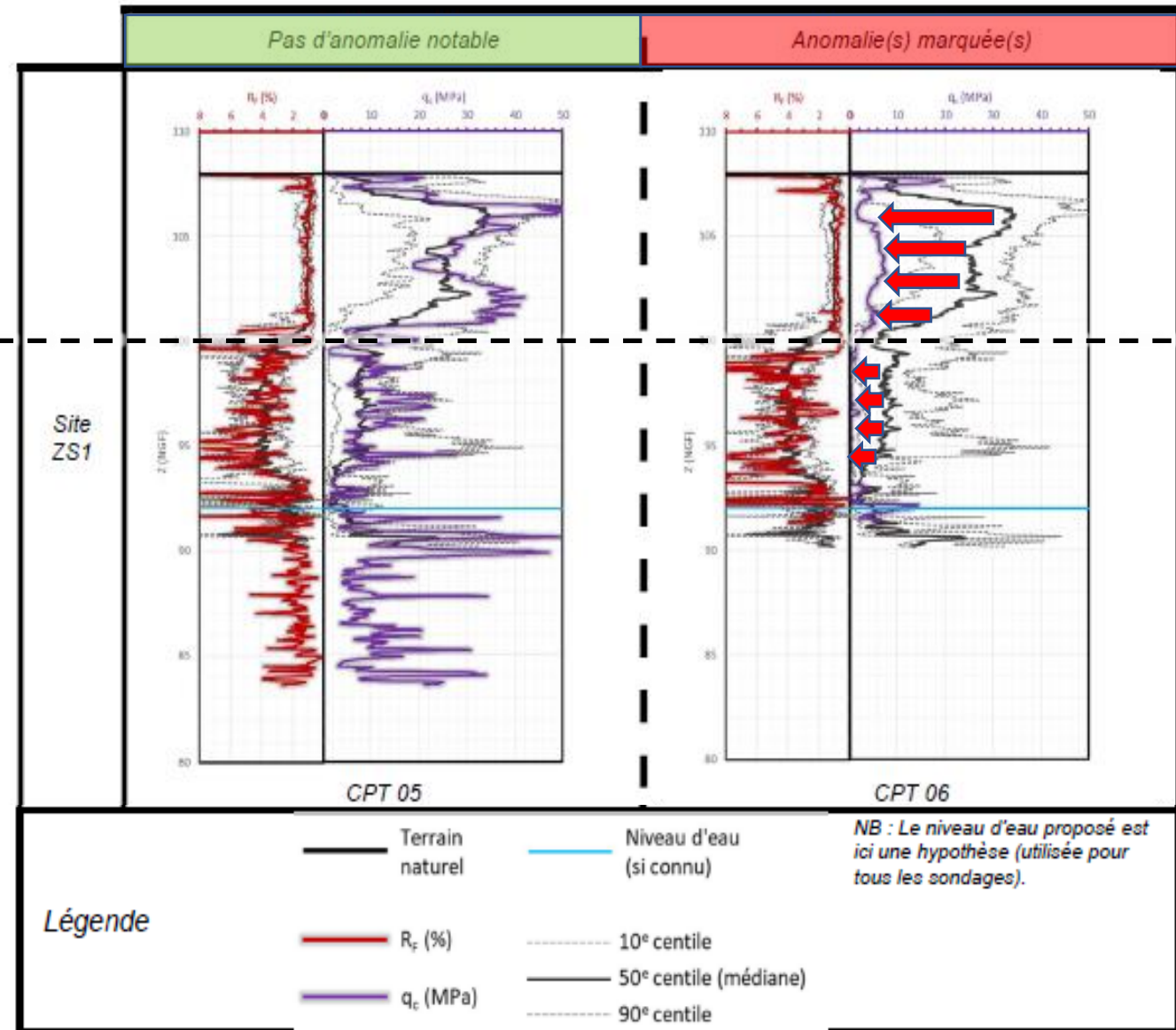
Analyses

Adaptation pour comparer les sondages... **et ainsi mieux caractériser les anomalies**

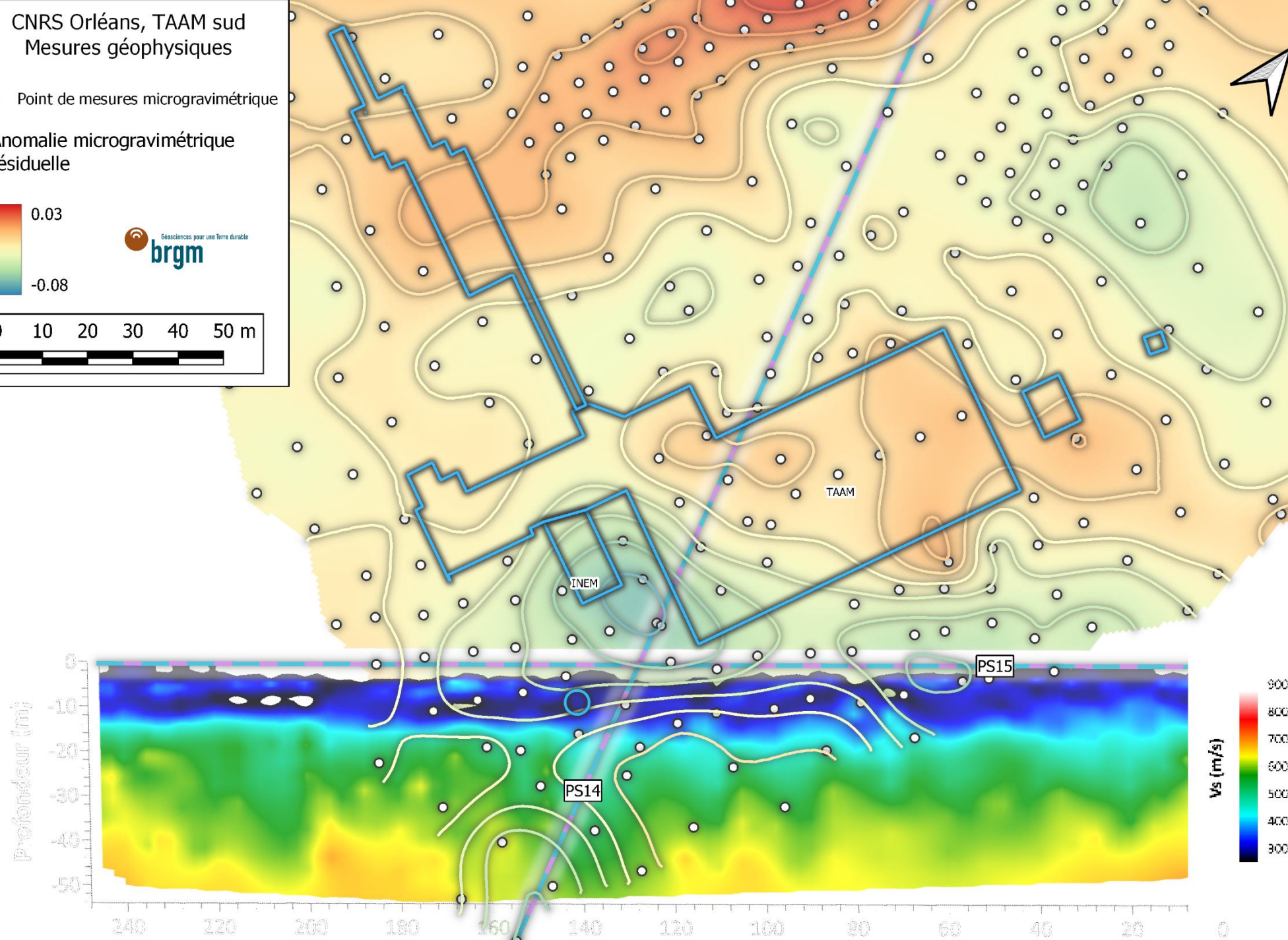
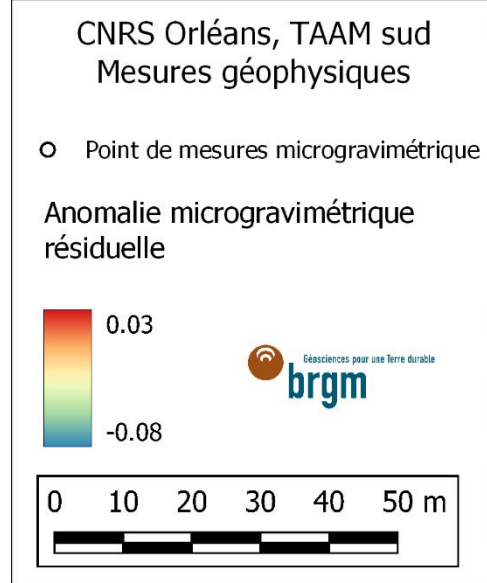
CPT : quelques vides francs détectés et de nombreuses « décompressions » fortes :

All. anc.

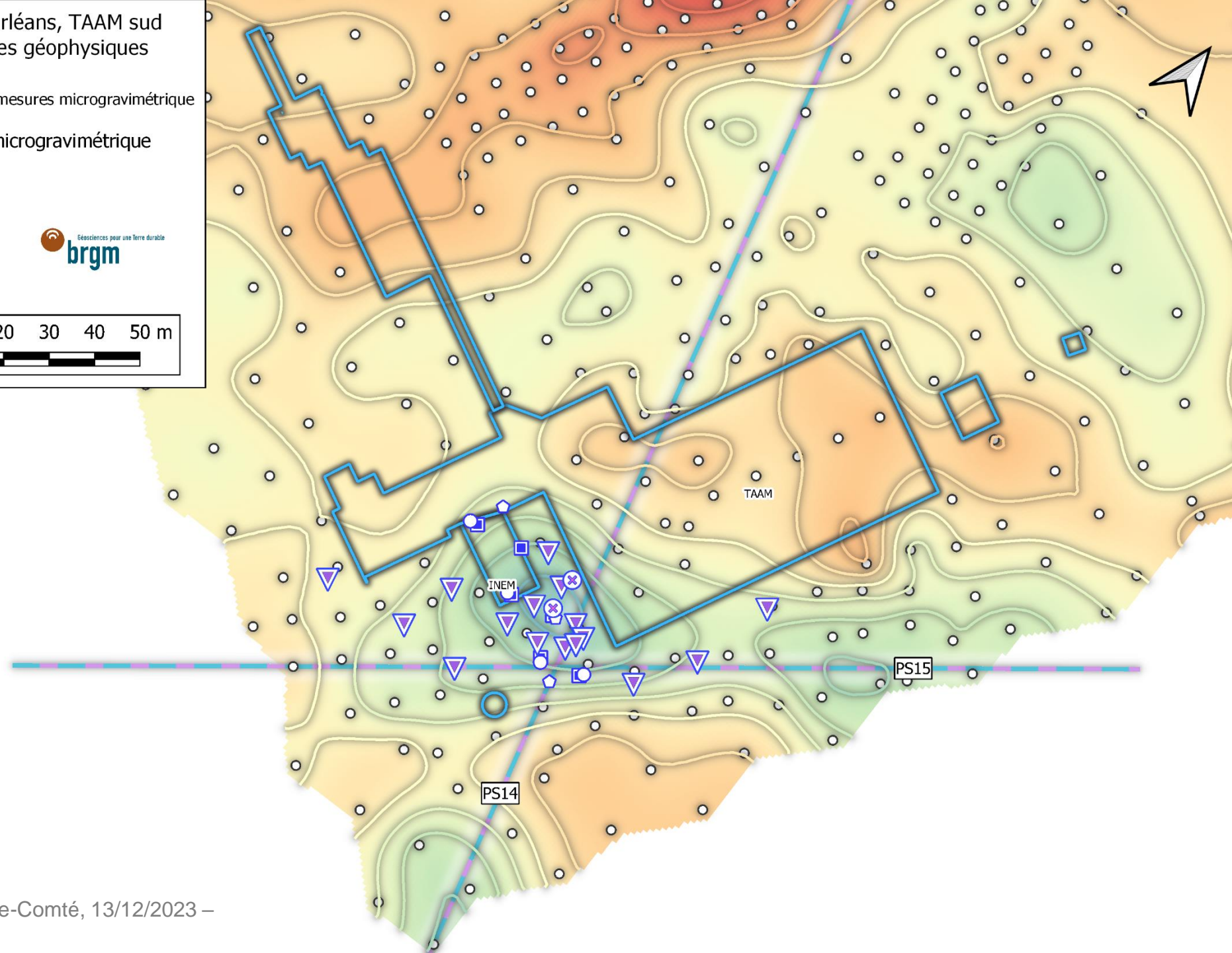
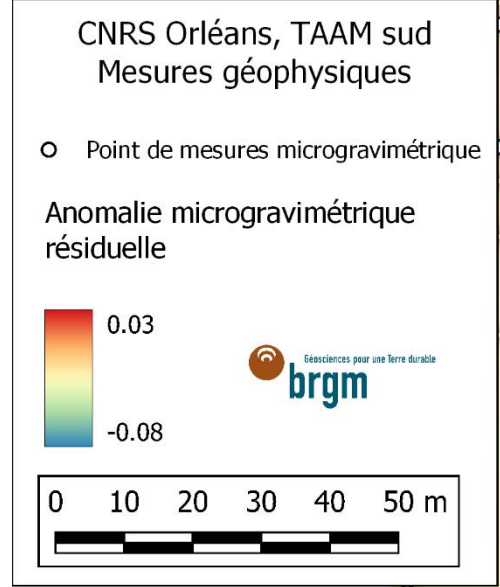
Substratum



Résultats – TAAM sud

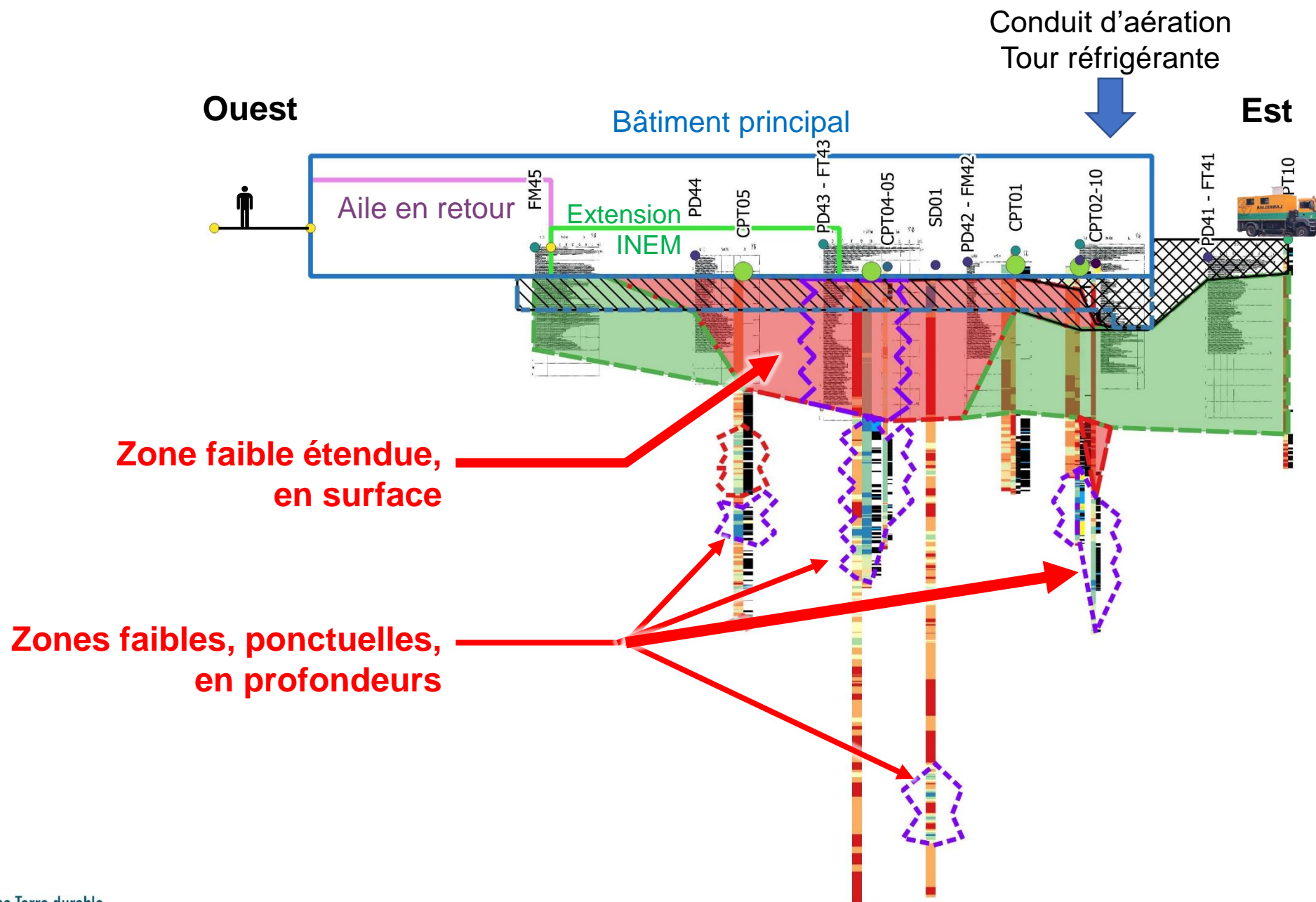


Résultats – TAAM sud




Résultats – TAAM sud

Profil provisoire



Résultats – TAAM sud

CNRS Orléans, TAAM sud
Carte d'aléa et principaux éléments à retenir
(carte établie par le BRGM, le 13/03/2023)



0 10 20 30 40 50 m


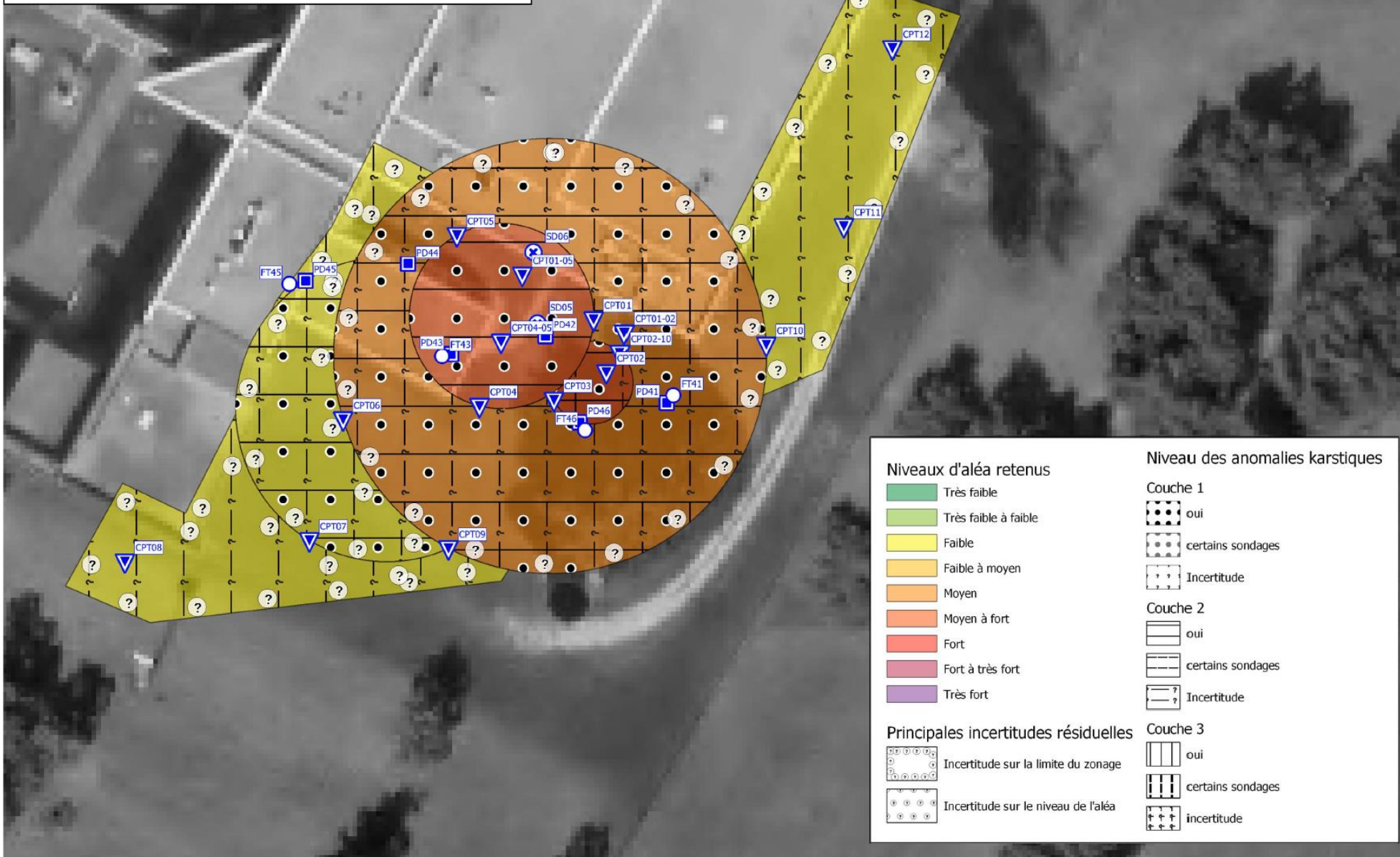
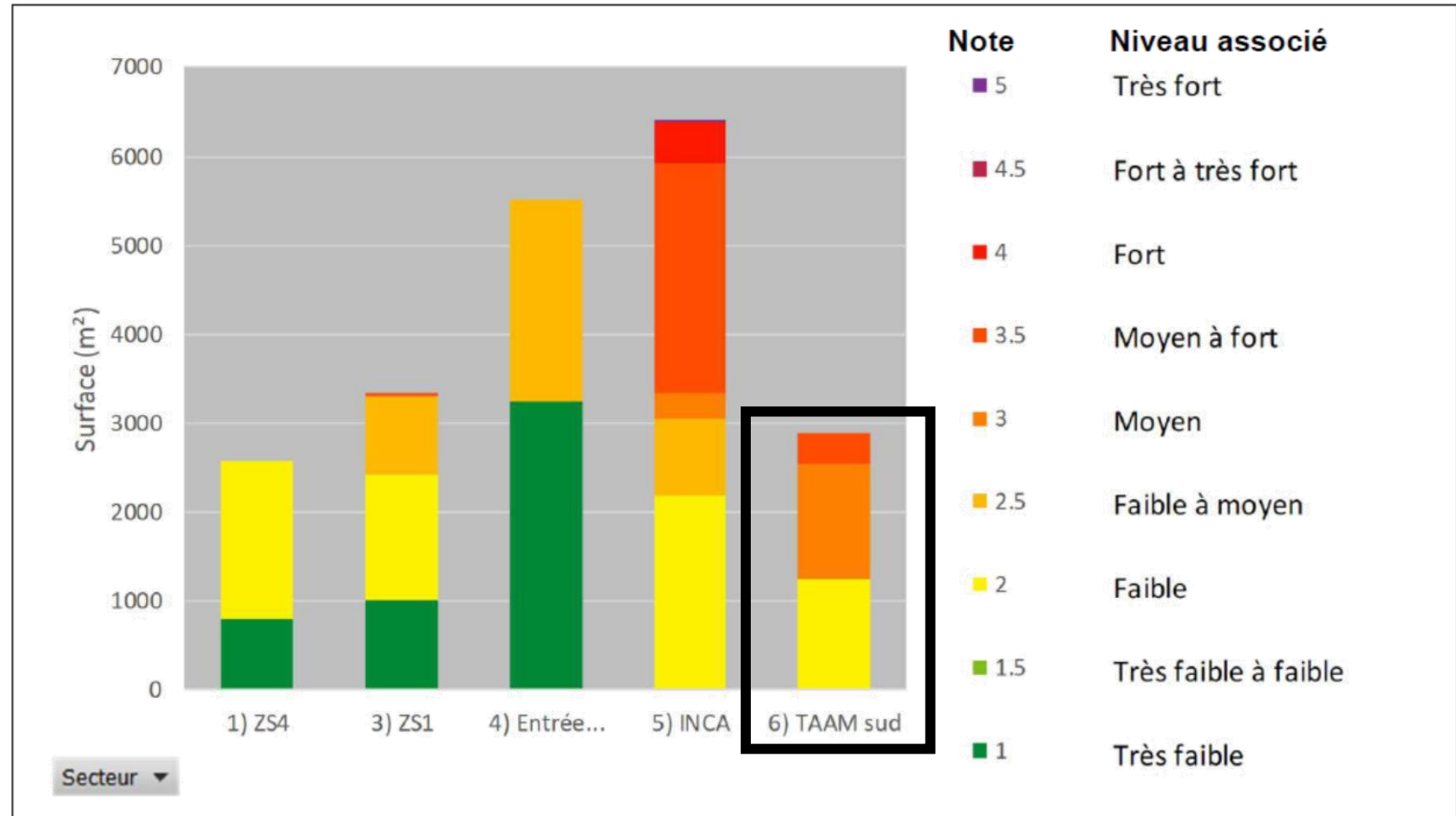



Figure 58 : TAAM sud, aléa et principaux éléments à retenir

Evaluation des aléas

BUDGET : 50 k€ HT



Résultats – TAAM sud

Aléa :	Faible Moyen // Moyen à fort (CPT01-05, 4-05, 02)
Risques :	Chute personnes et véhicules dans un effondrement Déstabilisation des fondations (vulnérabilité ?) Mise hors usage de la tour de ventilation
Principales incertitudes :	Sous le bâtiment
Recommandations :	Surveillance visuelle et régulière Si on veut lever les incertitudes : compléments (sondages dans bâtiment, vulnérabilité infra/superstructure du bâtiment)

Zone aléa moyen à moyen à fort :

Interdiction circuler et stationner poids lourds

Surveillance renforcée des bâtiments et de la surface

Travaux confortement (renforcement ?)

Site du CNRS Orléans – risques mvts karst

Perspectives

Pour le CNRS

Programmation de travaux,
En attendant : surveillance

Pour le BRGM

Investigations complémentaires pour lever des incertitudes
Poursuite de l'assistance technique et scientifique sur la
caractérisation des terrains et l'évaluation des aléas :
élaboration de profils de synthèse
Présentations vulgarisées au personnel concerné
Valorisation scientifique



POUR EN SAVOIR PLUS

Guide à télécharger sur :

- le site du BRGM : www.brgm.fr/fr/actualite/actualite/mouvements-terrain-origine-karstique-guide-methodologique
- ou le site du Cerema : www.cerema.fr/fr/actualites/publication-du-guide-alea-mouvements-terrain-origine

Exemples d'étude (rapports publics téléchargeables sur infoterre.brgm.fr) : Nîmes (RP-67858-FR)
Maubeuge (RP-68045-FR)
Belfort (RP-69009-FR)
Boulot-Etuz (RP-71205-FR)
Dordogne (à venir)

Article aux Journées Nationales de la Géotechnique et de la Géologie de l'Ingénieur 2020 avec présentation :
hal-brgm.archives-ouvertes.fr/hal-02944842

Journées techniques à venir : mars 2024

Merci de votre attention

Gidy (45) – cliché BRGM