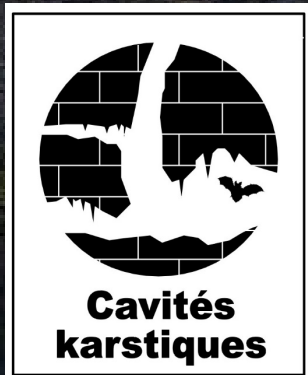


Evaluation du risque mouvement de terrain sur le site du CNRS d'Orléans-la-Source

**G. NOURY, J.M. BALTASSAT,
T. JACOB, A. BITRI, etc. (BRGM)**



Séminaire national Risque karstique – Orléans – 04 et 05 avril 2024

SOMMAIRE

1- Contextes

2- Mesures

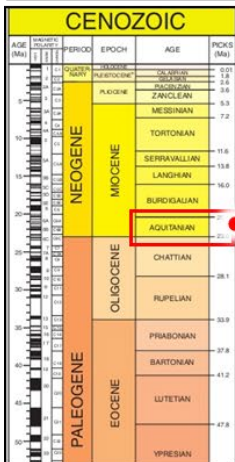
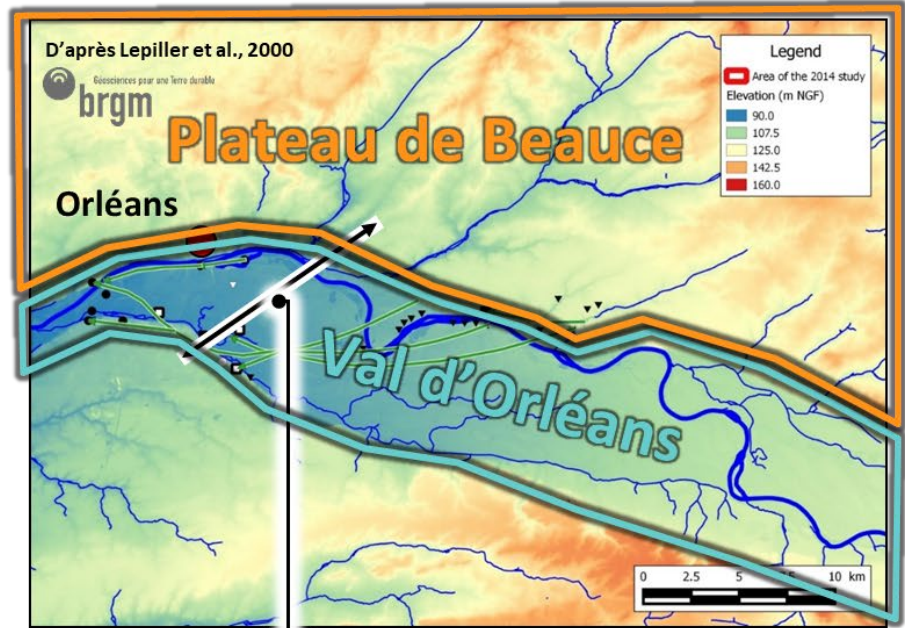
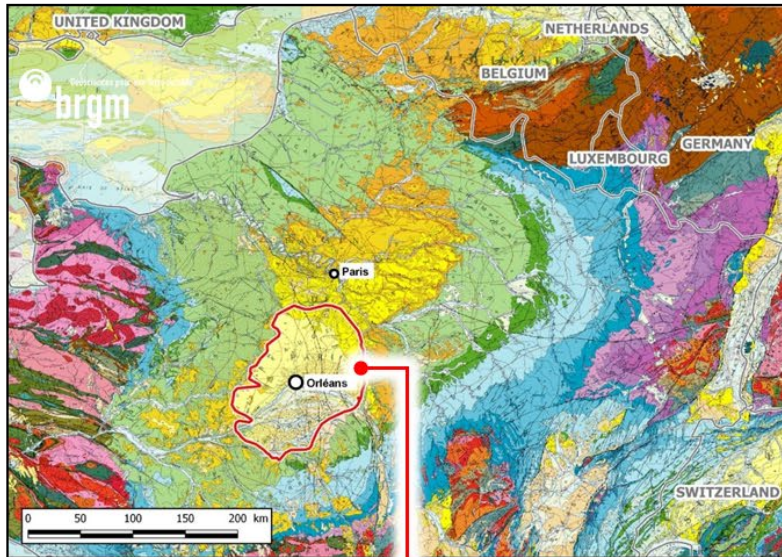
3- Evaluation et cartographie de l'aléa : Méthode de classement des CPT et exemple d'une zone

4- Recommandations et conclusions

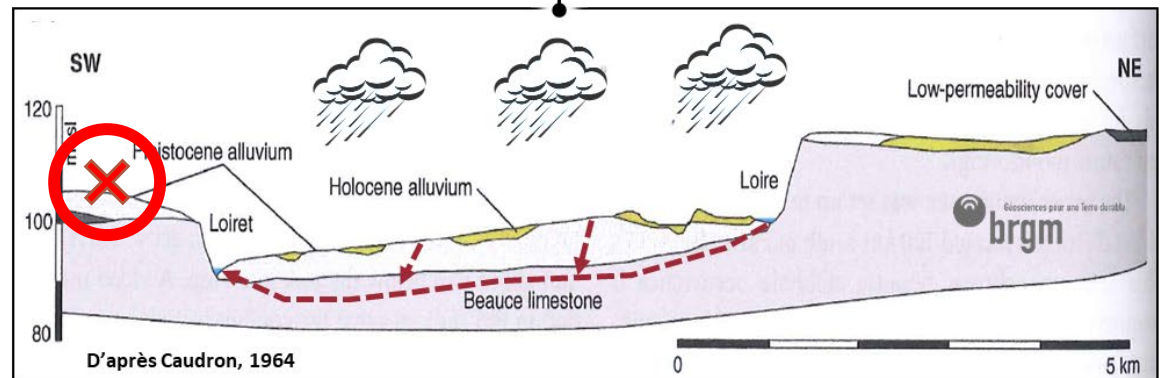


1- CONTEXTES

Un substratum, le calcaire (de Beauce) recouvert par des alluvions



Le calcaire de Beauce

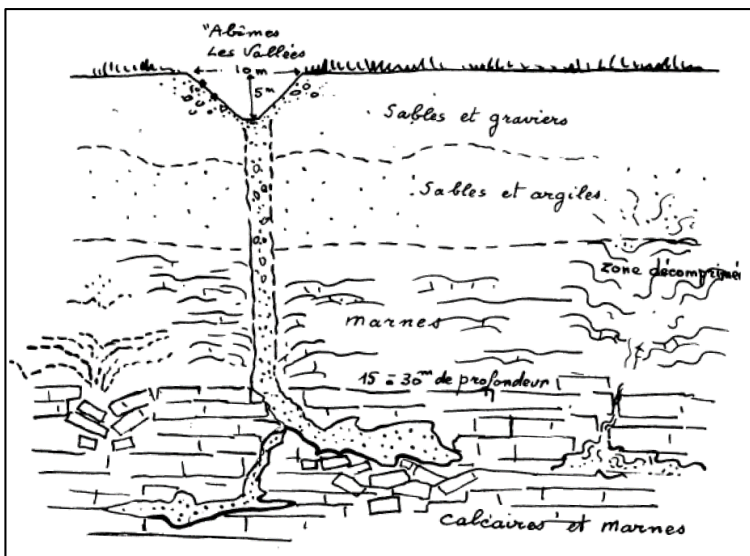


1- CONTEXTES

Les effondrements connus sur le plateau de Sologne, à Orléans La Source



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

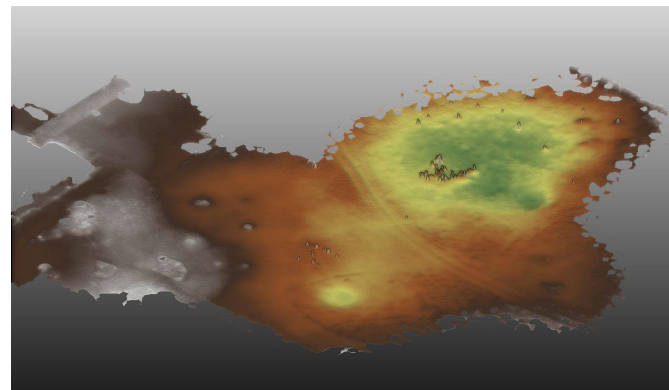


CNRS 2014 : diamètre = 4,5 m, profondeur = 5,5 m

2014 - Effondrement au CNRS : diamètre = 4,5 m, profondeur = 5,5 m.



1961 - Effondrement à la ferme des Vallées : diamètre \approx 7.5 m.



2016 - Affaissement dans une zone déjà « perturbée »

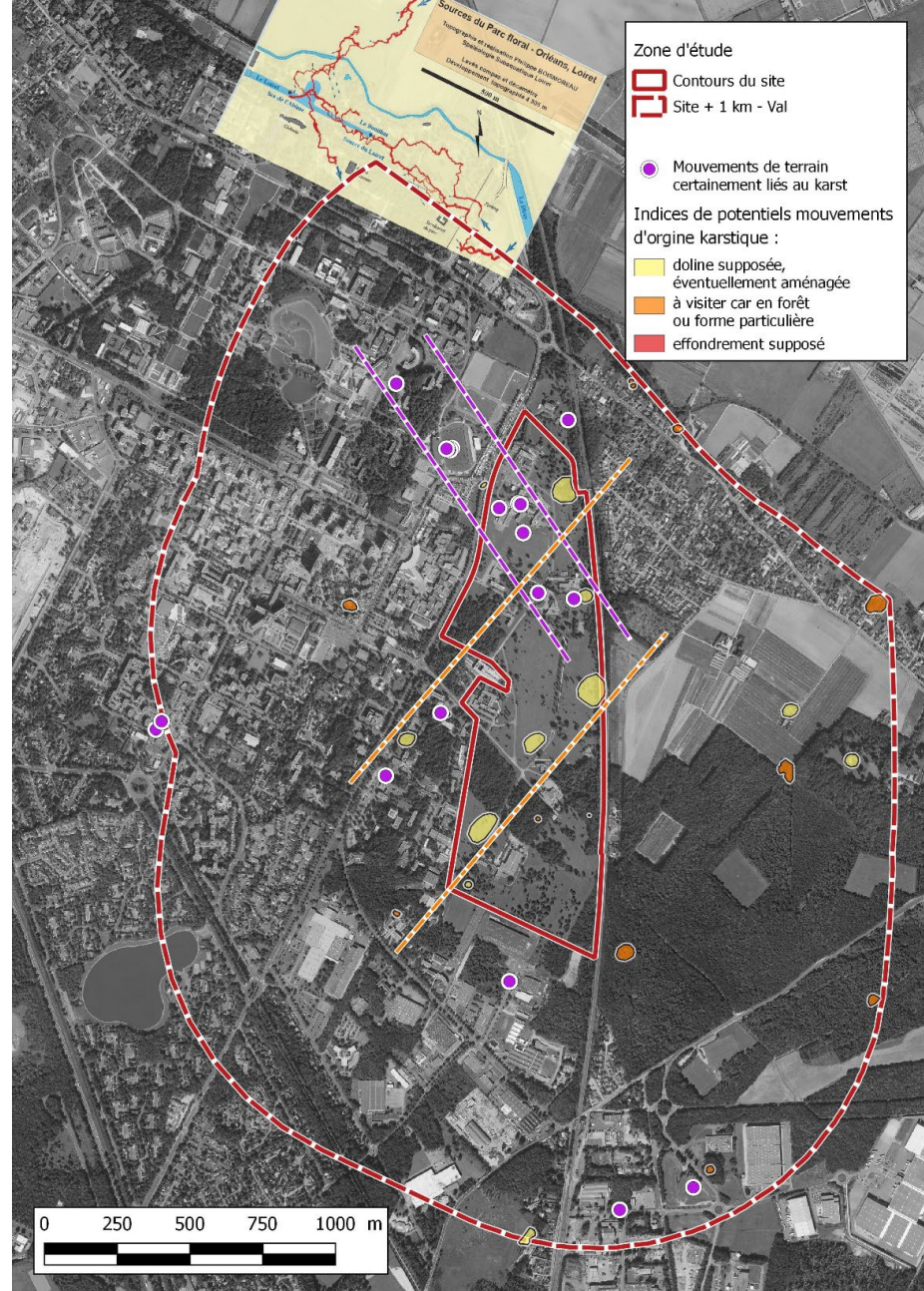
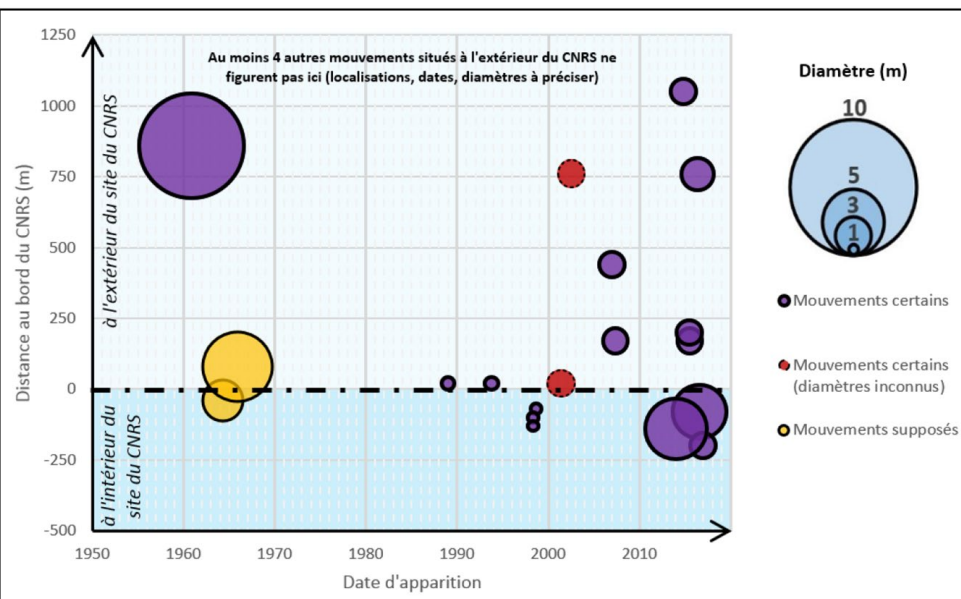
1- CONTEXTES

Les effondrements connus proches du CNRS (à moins de 1 km)

Inventaire

- 26 mouvements « avérés »
- 5-6 mouvements « possibles » (CNRS)
- 23 indices karstiques

Tendance « géographique » : 1-2 alignements



1- CONTEXTES

Les études « anciennes »

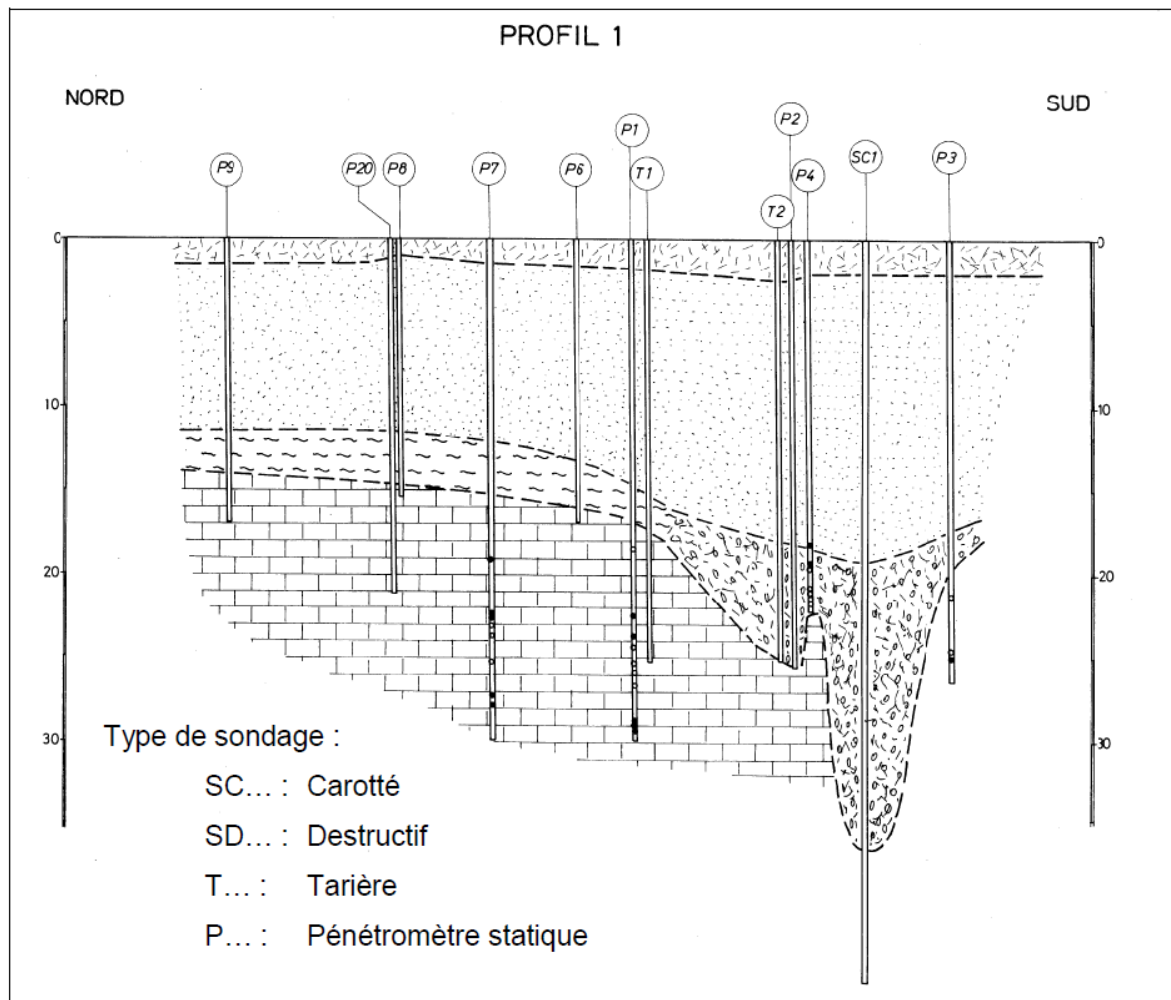
BRGM, bâtiment Auditorium Années 1970 et 1980

Géophysique (profils sismiques)
Sondages variés (SD + CPT + SC)
jusqu'à 45 m prof.

→ Vides en profondeur (jusqu'à 4 m de hauteur) et « remplissage karstique » jusqu'à 35 m de profondeur.

→ Conception du projet modifiée avant travaux :

- Implantation déplacée
- Taille du bâtiment réduite
- Confortement sols et fondations



BRGM - Zone de l'Auditorium - Coupe schématique interprétant les résultats des sondages comme un approfondissement du toit calcaire comblé par un « bourrage karstique » (source : rapport BRGM 79-SGN-459-CEN).

1- CONTEXTES

Les études « anciennes »

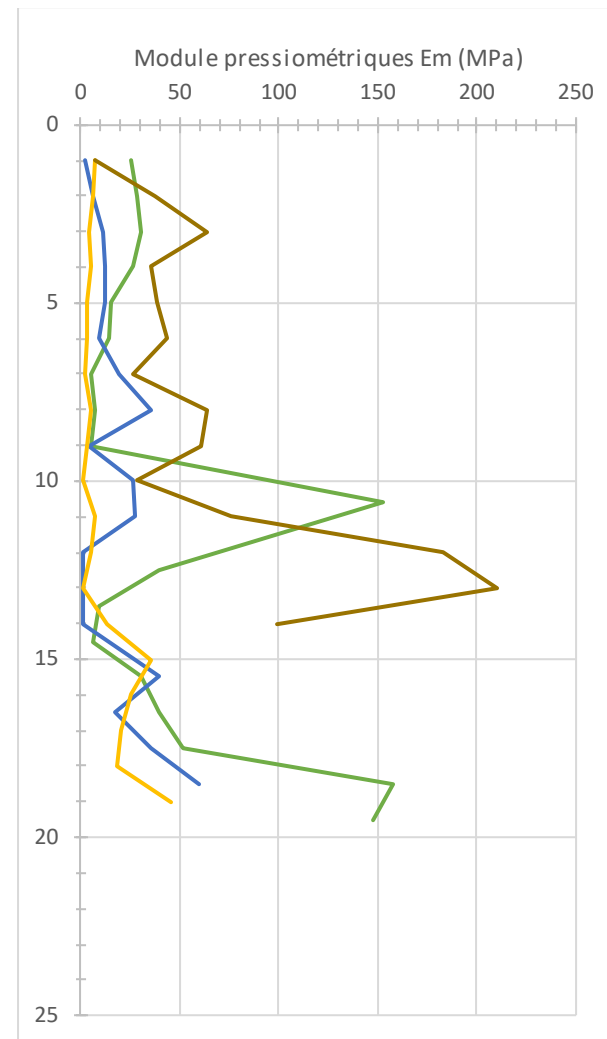
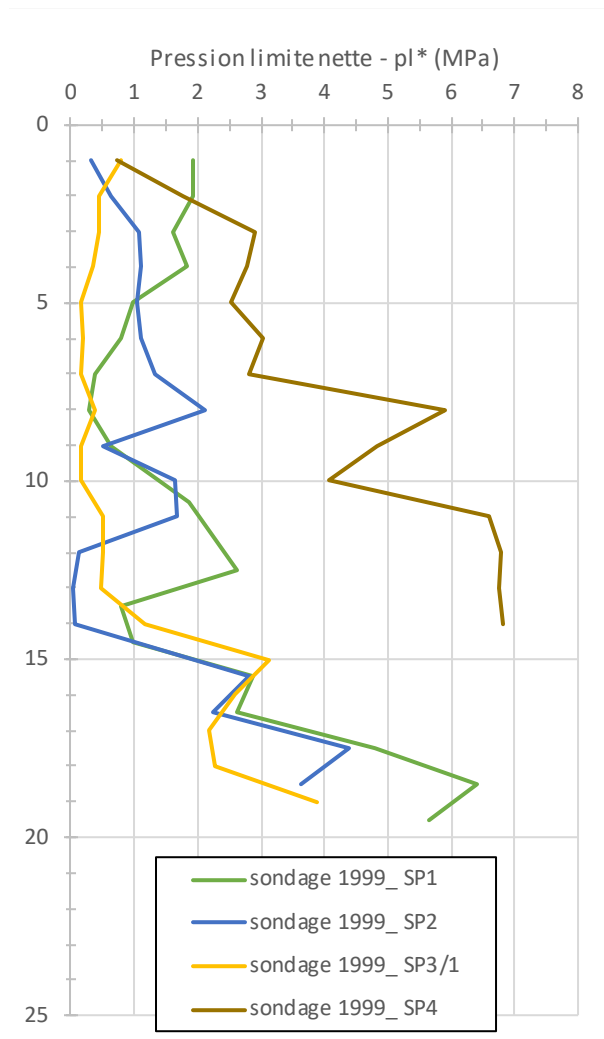
CNRS, bâtiment SPI
Fin années 1990

Géophysique + sondages

Chantier : 2-3 fontis

Expertise avec nouveaux sondages : zones décomprimées jusque 15 m de profondeur.

Conception du projet modifiée en cours de travaux : Confortement par injections



2- MESURES 2017 → 2023

Définition des zones prioritaires

Repérage (CNRS + BRGM) de 14 « zones sensibles » suivant :

- leur état (surface chaotique, désordres apparents) ;
- leur histoire (mouvements terrain, fuites d'eau) ;
- l'analyse des premiers résultats géophysiques.



2017 - Affaissement au CNRS : diamètre ≈ 2 m, profondeur = 10 cm.

Réalisation de mesures géophysiques

Microgravimétrie

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

Sismique

17 profils (11 en réfraction + 4 en MASW + 2 en réfraction et MASW)
4100 m cumulés

Electrique

6 profils
> 1720 m cumulés

Nom	type	année	espacement électrodes	Longueur	INCA	zone concernée										
						voirie délégation	voirie nord-est			voirie nord	fontis 2014	affaissement parking LPC2E	station météo	icare-SPI	voirie entrée et sud LPC2E	centre aéré
						ZS1	ZS2	ZS3	ZS4		ZS5	ZS6	ZS7	ZS8	ZS9	ZS10
	Gravimétrie				xxx	xx	xx	xx	xx	xx	x	xx	xx	xx	xxx	xx
P15	Sismique	réfraction	2017	475	xx											
P25	Sismique	réfraction	2017	237	xx	x										
P35	Sismique	réfraction	2017	238	xx	x										
P1E	Electrique		2017	5	475	xx										
P1E	Electrique		2017	2.5	237	xx										
P2E	Electrique		2017	2.5	236	xx	x									
P3E	Electrique		2017	2.5	297	xx	x									
PS1	Sismique	réfraction	2020	146									xx			
PS2	Sismique	réfraction	2020	142		xx										
PS3	Sismique	réfraction	2020	152		xx										
PS4	Sismique	réfraction	2020	286			xx	xx	x							
PS5	Sismique	réfraction	2020	150					x	xx						
PS6	Sismique	réfraction	2020	241			xx	xx	x							
PS7	Sismique	MASW	2020	195		xx										
PS8	Sismique	MASW	2020	247			xx	xx	xx							
PS9	Sismique	MASW	2020	127			xx	xx	xx	xx						
PS10	Sismique	réfraction	2021	417					xx		x					
PS11	Sismique	réfraction	2022	190						x				xx		
PS12	Sismique	MASW	2022	206										xx		
PS14	Sismique	réfraction	2022	392												xx
PS15	Sismique	MASW	2022	248												xx
PS15	Sismique	réfraction	2022	248												xx
PE1	Electrique		2020	2.5	237					xx						
PE2 ?	Electrique		2020						xx							
PE3	Electrique		2020 ?		237		xx		x							

Synthèse des investigations géophysiques réalisées au CNRS à fin 2022

Le nombre de croix (x, xx, xxx) représente la quantité relative de mesures faites pour chaque site.

2- MESURES 2017 → 2023

Définition des zones prioritaires

Repérage (CNRS + BRGM) de 14 « zones sensibles » suivant :

- leur état (surface chaotique, désordres apparents) ;
- leur histoire (mouvements terrain, fuites d'eau) ;
- l'analyse des premiers résultats géophysiques.

Réalisation de mesures géophysiques

Microgravimétrie

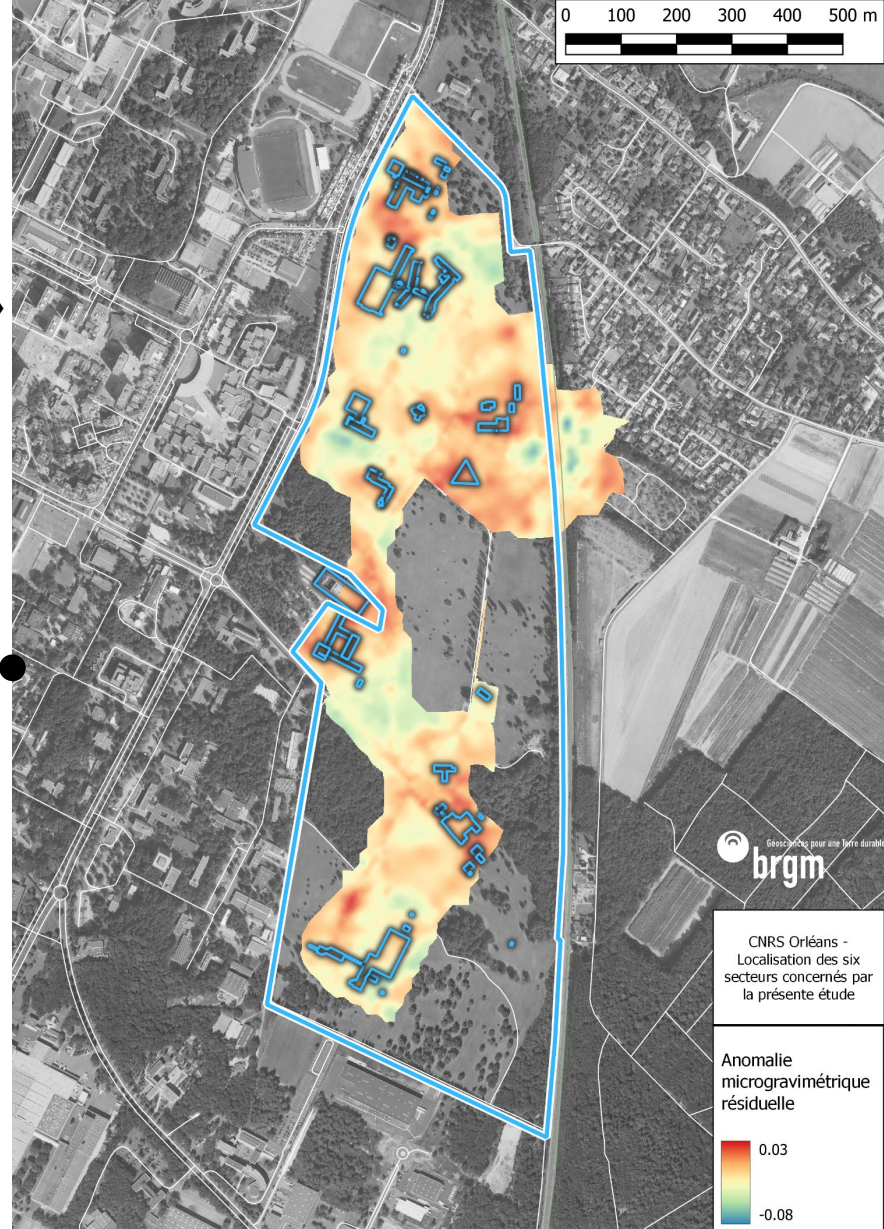
3160 stations dont 64 à l'intérieur des bâtiments ICARE-SPI (49 st.) et TAAM (15 st.)

Sismique

17 profils (11 en réfraction + 4 en MASW + 2 en réfraction et MASW)
4100 m cumulés

Electrique

6 profils
> 1720 m cumulés



2- MESURES 2017 → 2023

Réalisation de mesures géotechniques sur 6 des 14 zones prioritaires

Utilisation des sondages préexistants

		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 coordonnées 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

Sondages complémentaires implantés suivant :

- 1) la géophysique
- 2) les enjeux

93 CPT
18 SD

Synthèse des investigations géotechniques utilisées pour la présente étude



Oct. 2022 : Sondage CPT Lankelma proche LPC2E



Mai 2023 : Sondage SD Semofi dans ICARE-SPI

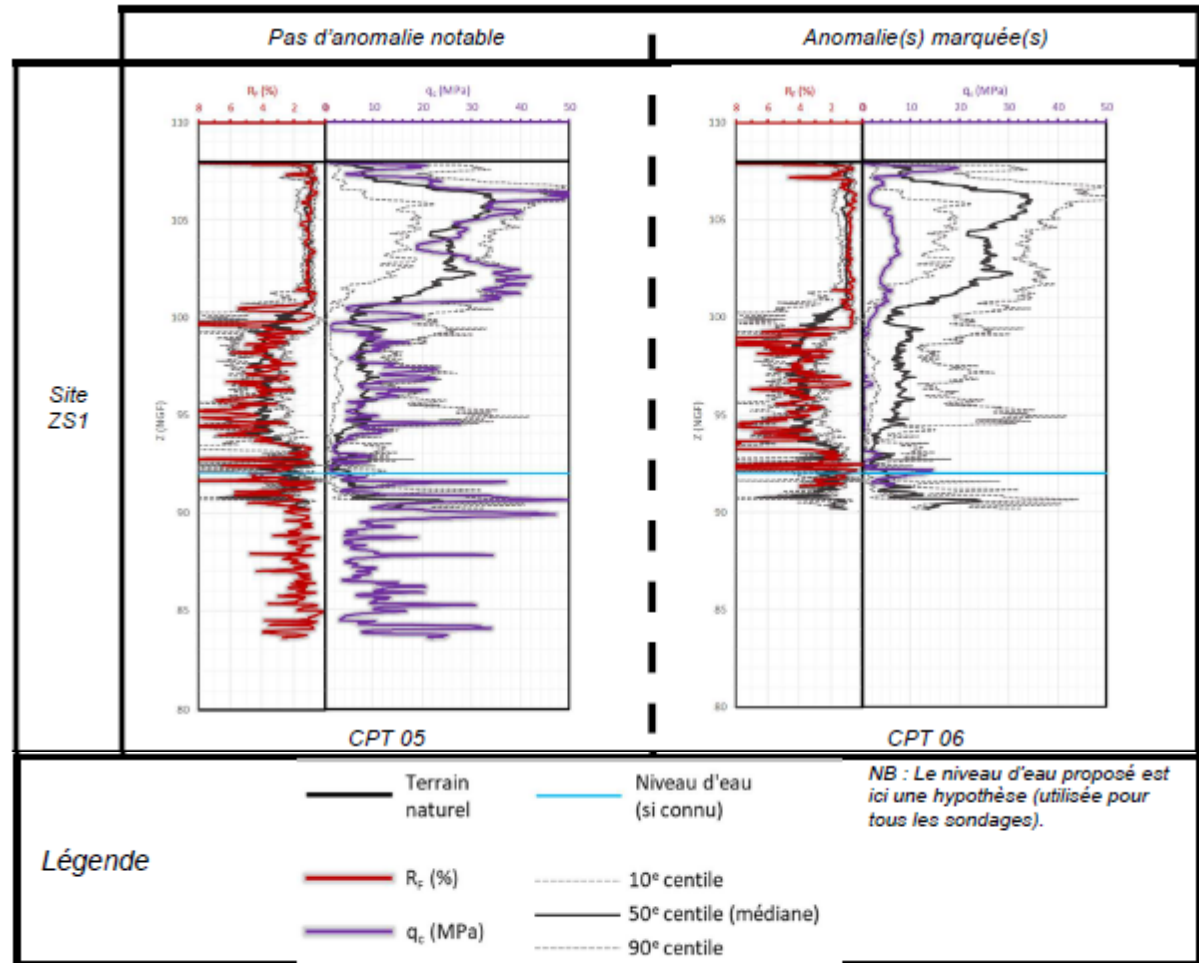
3- EVALUATION ET CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA

Méthode de classement des CPT

Les CPT révèlent finement les fragilités liées au karst : des « bons » et des « mauvais » CPT

93 CPT : Population intéressante à traiter de manière statistique

Comment les classer entre eux, sachant que certains s'arrêtent « prématurément » au toit du calcaire ?



: CPT, mode de représentation retenue pour l'étude

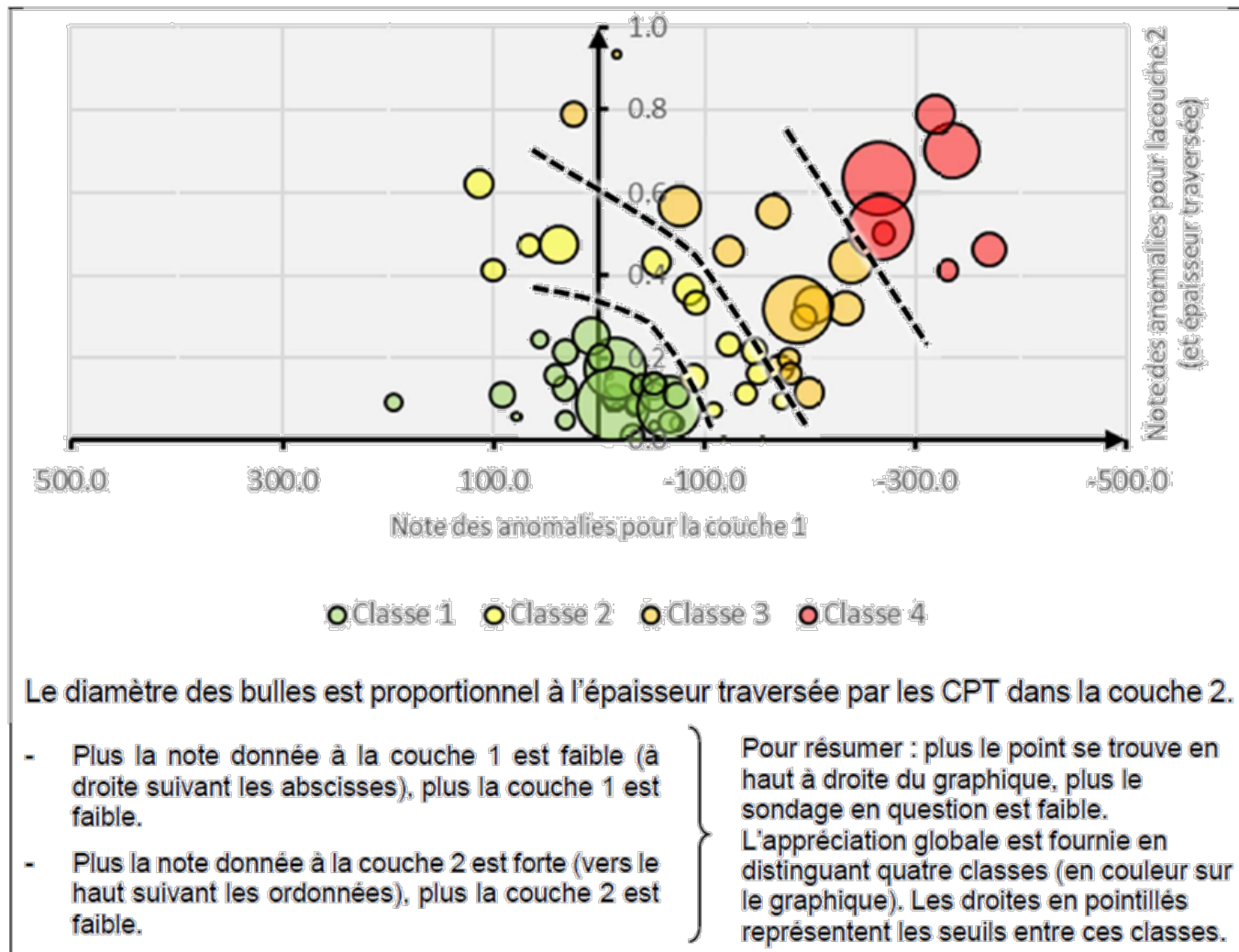
3- EVALUATION ET CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA

Méthode de classement des CPT

Les CPT révèlent finement les fragilités liées au karst : il y a des « bons » et des « mauvais » CPT

93 CPT : Population intéressante à traiter de manière statistique

Comment les classer entre eux, sachant que certains s'arrêtent « prématurément » au toit du calcaire ?



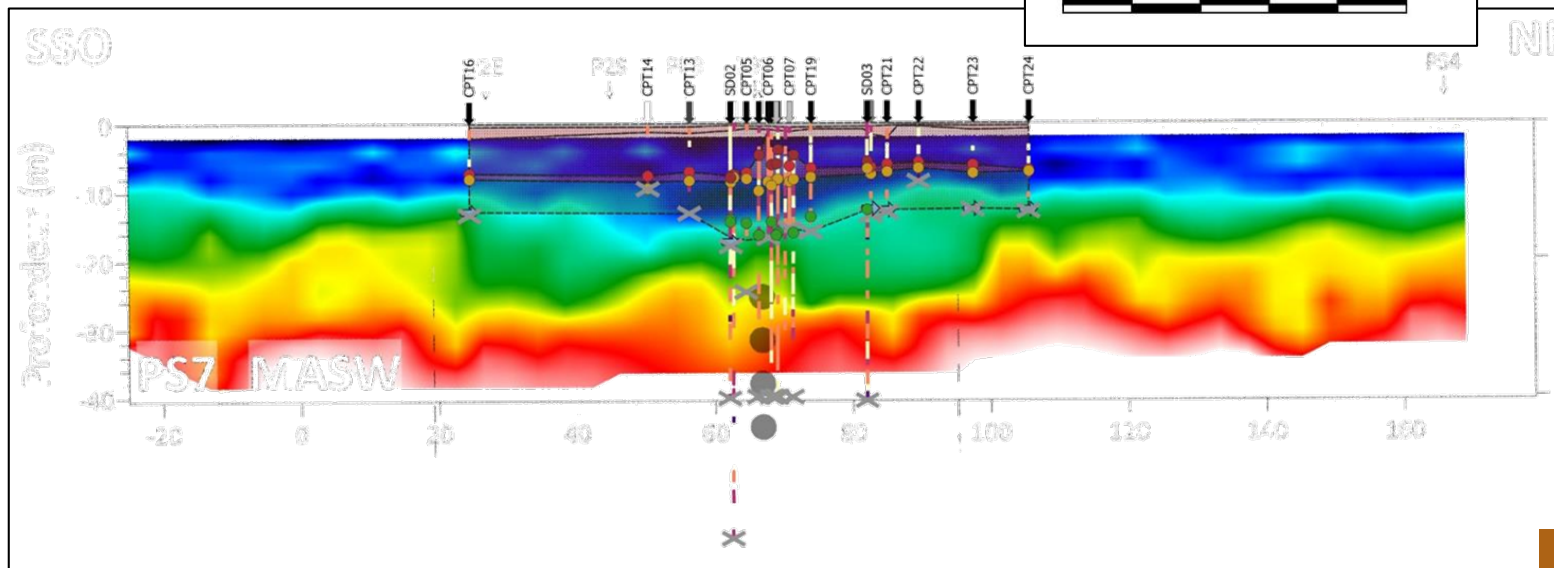
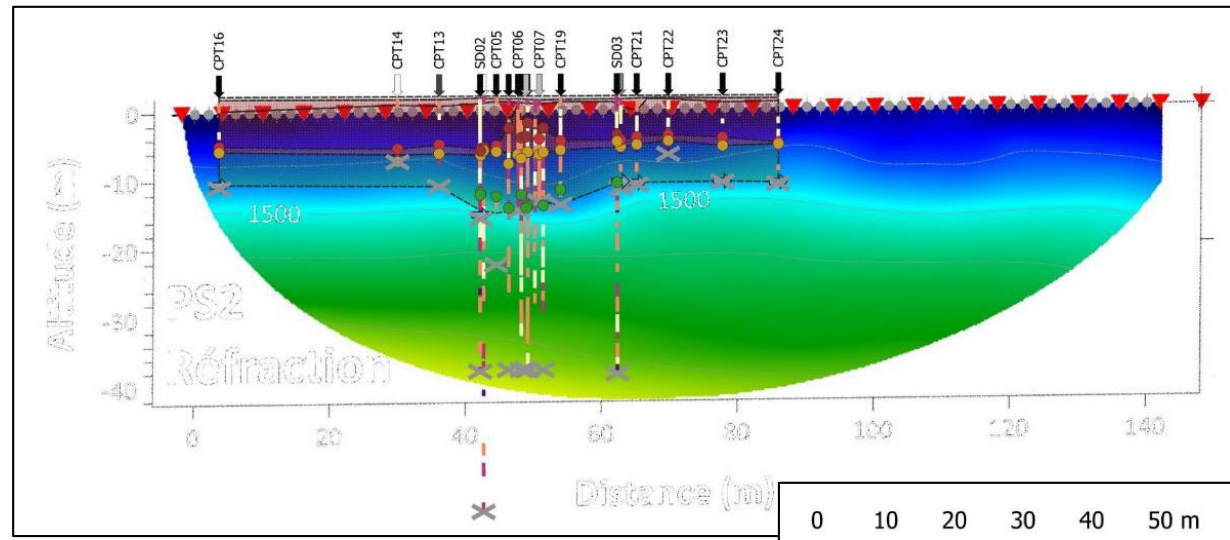
CPT, notes obtenues pour les 67 sondages ayant atteint la couche 2

3- EVALUATION ET CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA

Exemple du traitement de la ZS1 - Géophysique

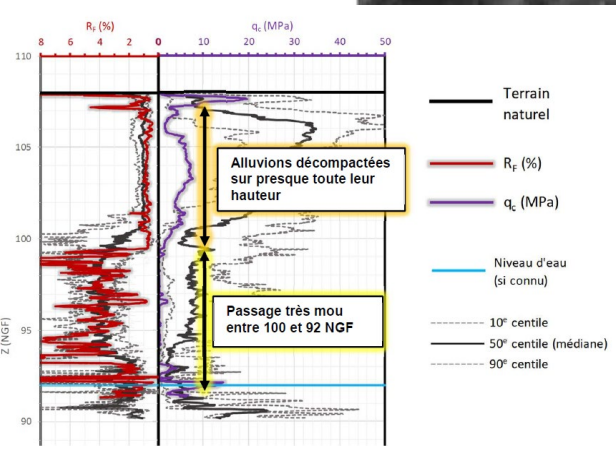
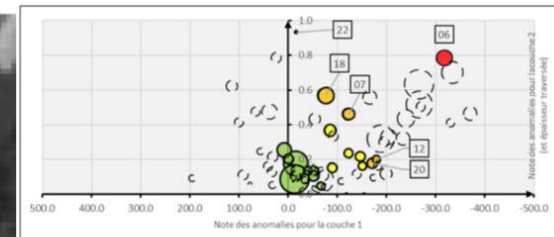
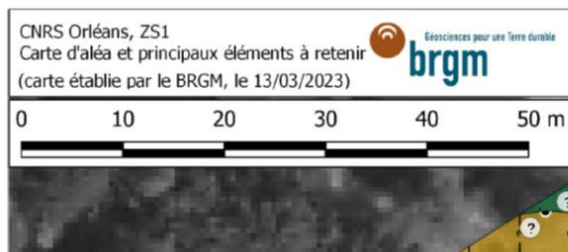
Réfraction

MASW



3- EVALUATION ET CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA

Exemple du traitement de la ZS1



ZS1, résultats du CPT 06

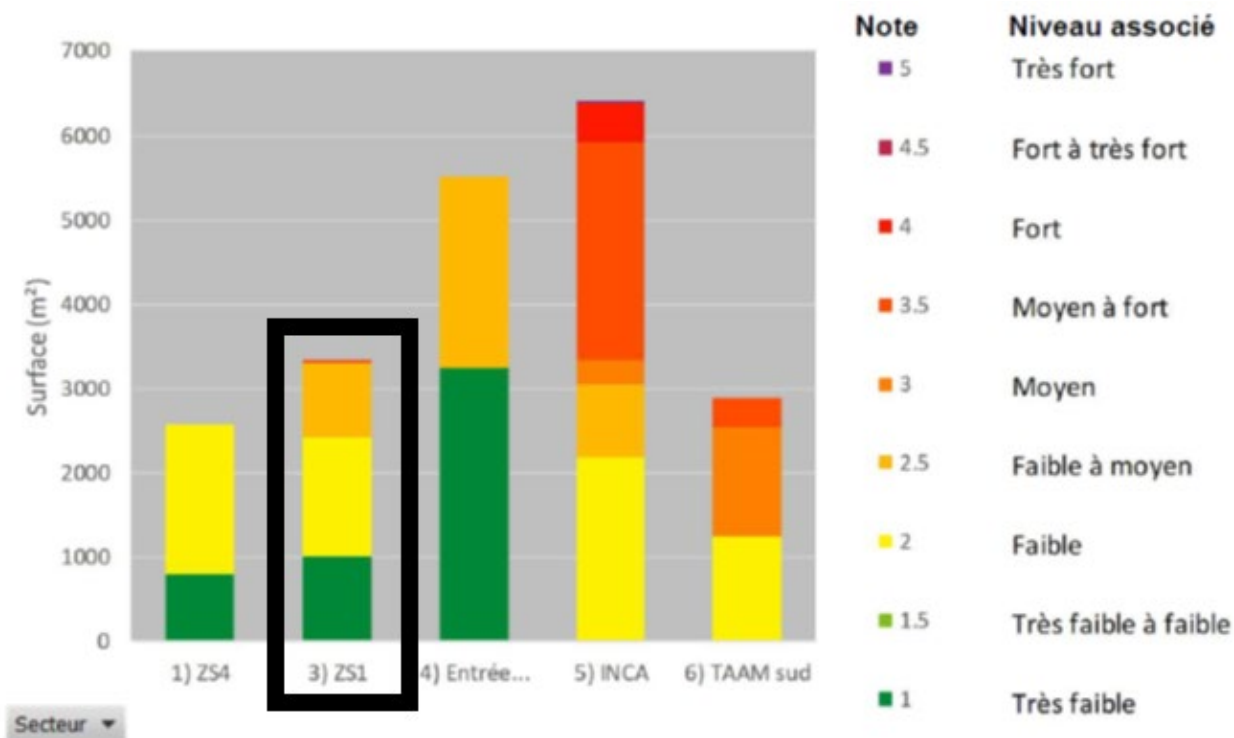


ZS1, aléa et principaux éléments à retenir

4- RECOMMANDATIONS ET CONCLUSIONS

Exemple du traitement de la ZS1

Aléa :



Principales incertitudes : Bord route (CPT12)

Recommandations :

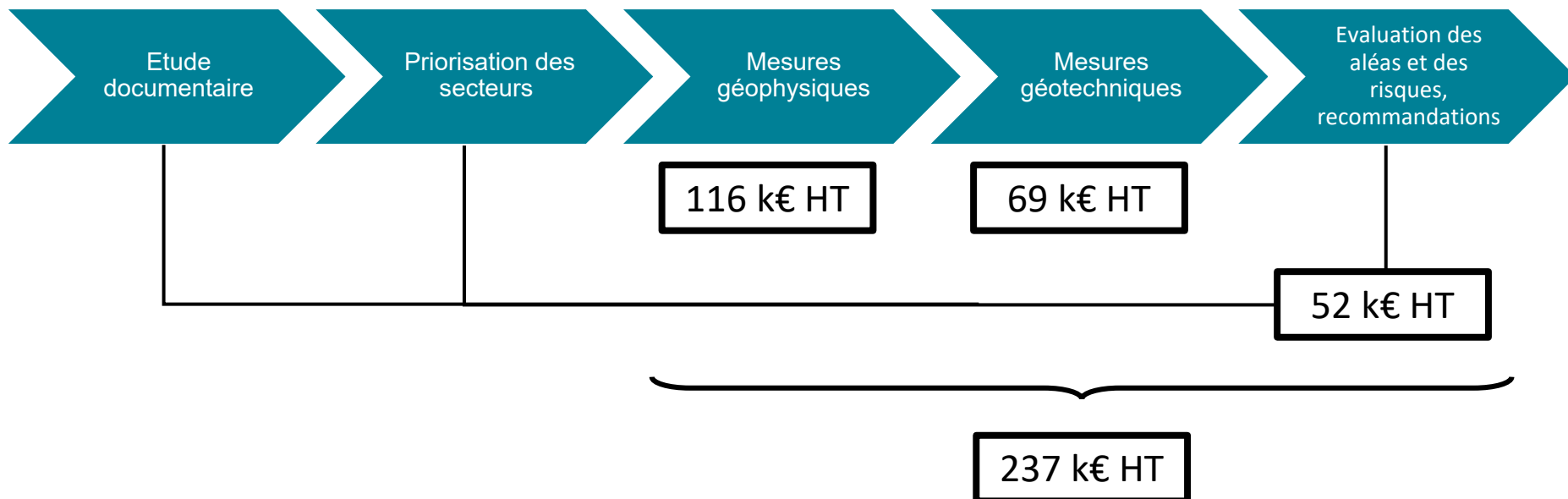
Partout : Surveillance visuelle et régulière + pour lever les incertitudes : analyses complémentaires

Zone afft 2017 : Interdiction stationner poids lourds + Travaux confortement

4- RECOMMANDATIONS ET CONCLUSIONS

A retenir

Ancienne démarche remise au gout du jour et validée :



Bonne cohérence entre géophysique et géotechnique, permettant une synthèse générale

6 secteurs prioritaires :
2 avec des aléas forts à traiter
3 « rassurants »
1 avec des doutes résiduels



Merci de votre attention