

Exemples d'application et retours d'expérience

Qualification et prise en compte de l'aléa sur la commune de Rivières (16)

F. CLEMENT (Cerema)



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

SOMMAIRE

1- Rivières : une commune du Pays du karst

2- Enjeux communaux et proposition d'aléas adaptés

3- Vers une gestion préventive du risque karstique

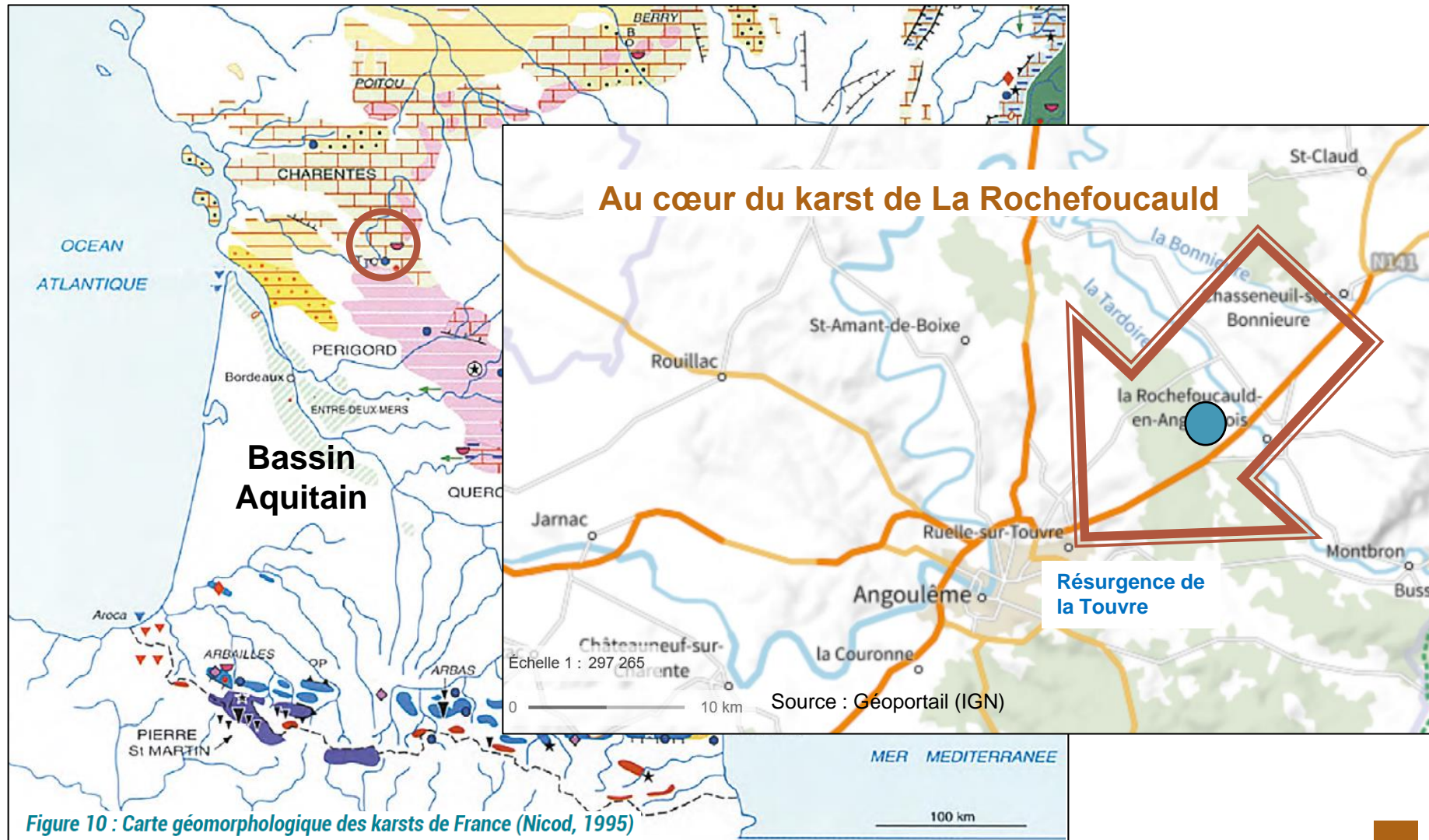


SOMMAIRE

- 1- Rivières : une commune du Pays du karst
- 2- Enjeux communaux et proposition d'aléas adaptés
- 3- Vers une gestion préventive du risque karstique



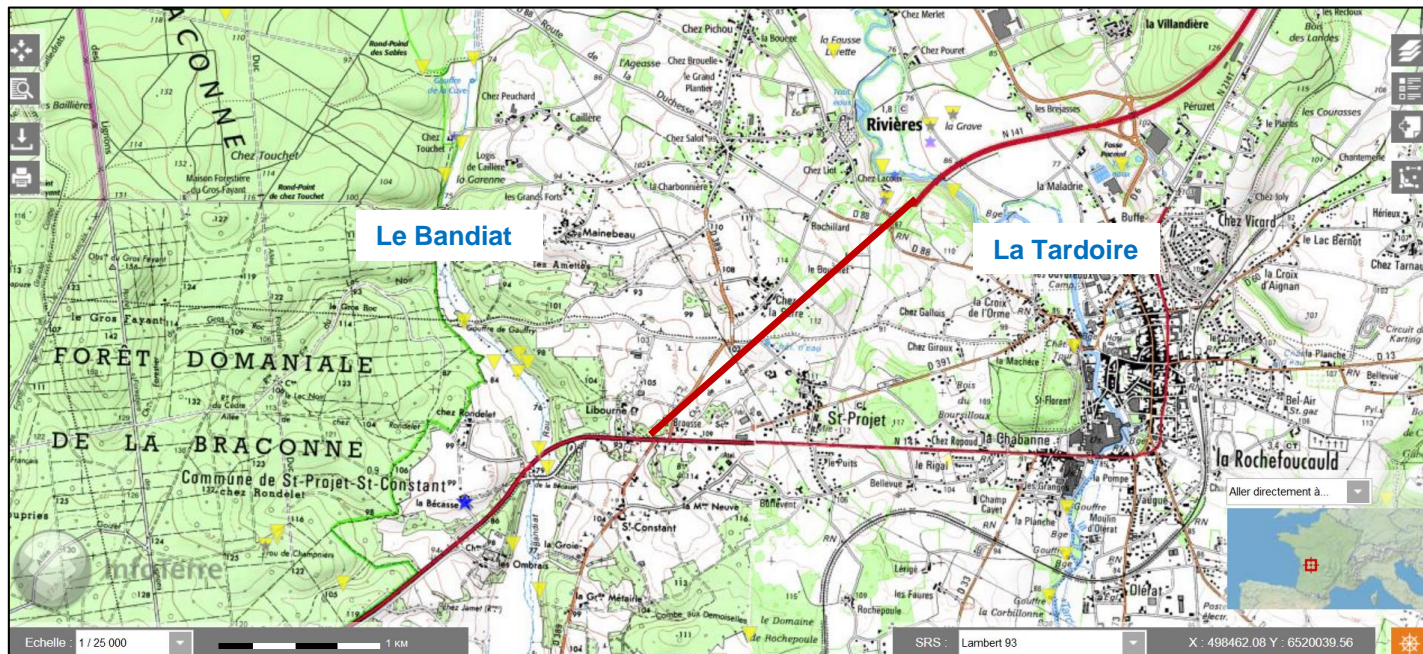
1- RIVIÈRES : COMMUNE DU PAYS DU KARST (16)



1- RIVIÈRES : COMMUNE DU PAYS DU KARST (16)

Un territoire typique du bassin karstique de la Touvre :

- ✓ Une implantation de la commune sur un plateau calcaire sec, intercalé entre les vallées alluviales de la Tardoire et du Bandiat (rivières infiltrantes)
- ✓ Un territoire historiquement riche en témoignages (hydro)géologiques du karst
- ✓ Un contexte karstique (re)connu localement et régionalement



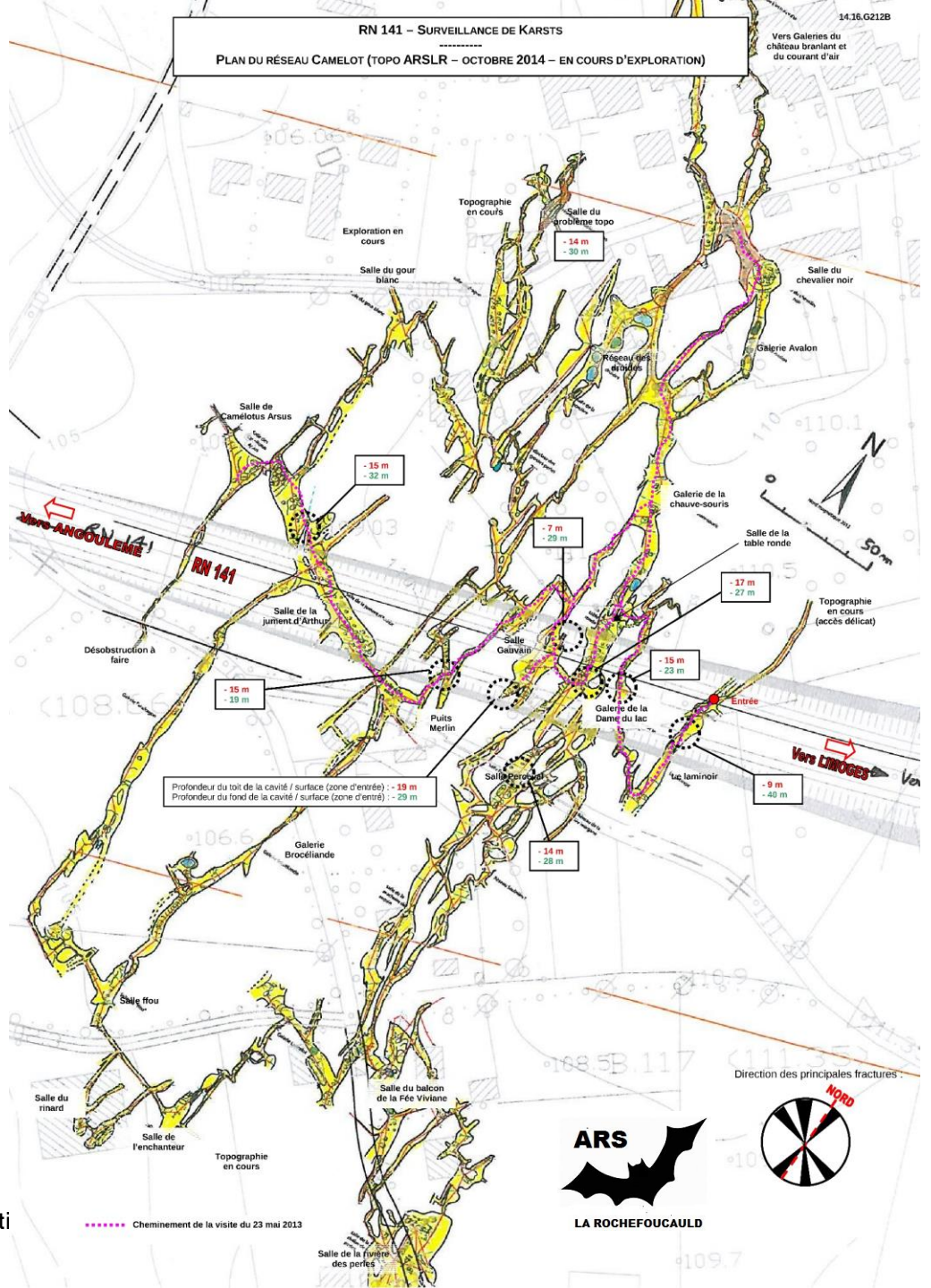
1- RIVIERES ; COMMUNE DU PAYS DU KARST

Une découverte majeure sur la commune : La cavité naturelle de Camelot

- ✧ **2007/2009** - Travaux de la déviation de la RN 141 : A la demande de la DIRA et du Cerema, traitement du risque karstique suite à la **découverte d'une cavité** sous chaussée par l'INRAP puis l'Association de Recherches Spéléologiques de La Rochefoucauld
- ✧ **A partir de 2012** – Découverte de nouvelles galeries et exploration du réseau karstique : **Topographie de plus de 15 km** de galeries souterraines par l'ARS-LR pour le compte de la DREAL NA et de la préfecture de Charente (AT Cerema pour les communes de Rivières et Saint-Projet)
- ✧ **2016/2018** – Commande et réalisation d'une **analyse des enjeux communaux et étude du risque karstique** par le Cerema (pour le compte de la DDT 16)



Connaissance étendue par explorations de l'ARS-LR à partir de novembre 2012 (AT Cerema)



SOMMAIRE

1- Rivières ; une commune du pays du karst

2- Enjeux communaux et proposition d'aléas adaptés

3- Vers une gestion préventive du risque karstique



2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

Une étude du Cerema pour la DDT de Charente (2017/2018) : la méthodologie proposée

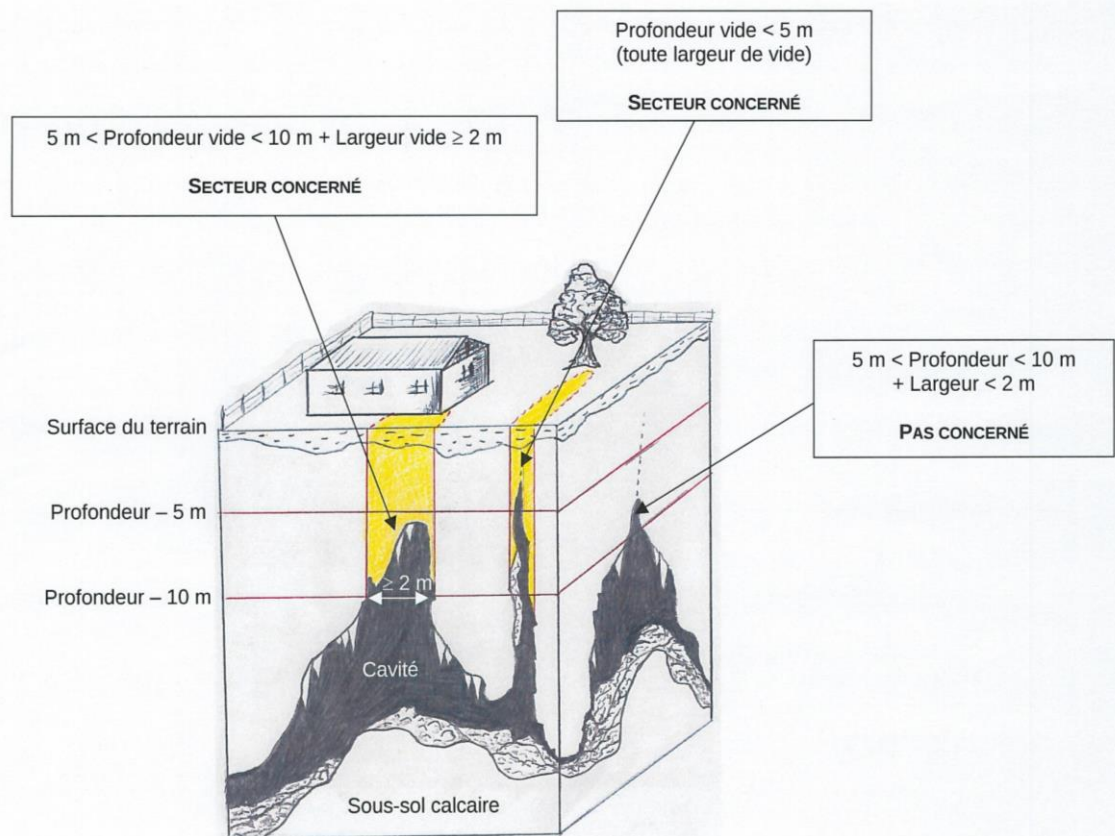
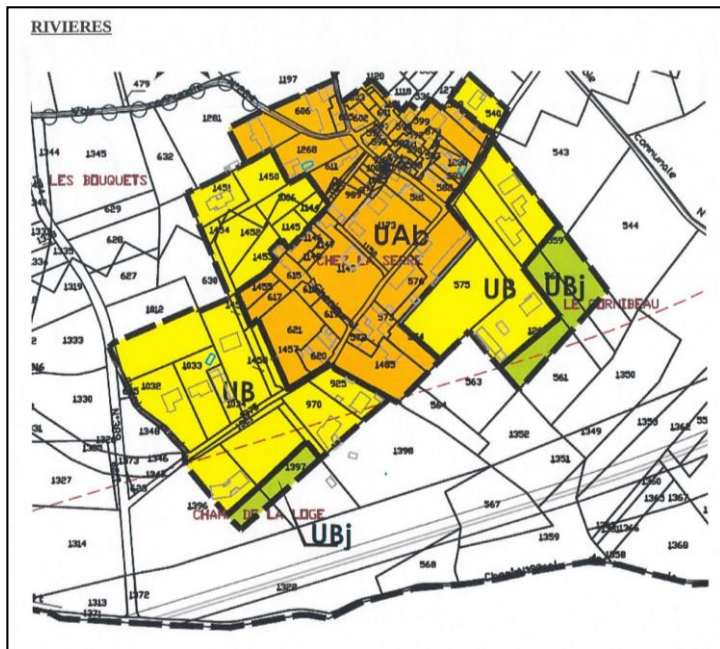
- ✓ Définition des enjeux communaux avec la mairie et la DDT 16 (au droit du réseau karstique kilométrique de Camelot, nécessité d'une priorisation des parcelles à étudier)
- ✓ Pour ces parcelles à enjeux, visites souterraines avec diagnostic géotechnique (observation de l'état des plafonds et recherche des facteurs d'instabilités jusqu'en surface)
- ✓ Analyse des différents niveaux de risque karstique par construction d'une méthode innovante de qualification de l'aléa « Mouvements de terrain d'origine karstique » (uniquement au droit des enjeux communaux préalablement identifiés)



2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

2-1 La définition des enjeux communaux

Décision du **COPIL** (réunion en mairie en décembre 2016) : Pour les parcelles UAb, UB et UBj du PLU, identification des secteurs répondant aux critères de profondeur et de largeur des vides définis ci-dessous

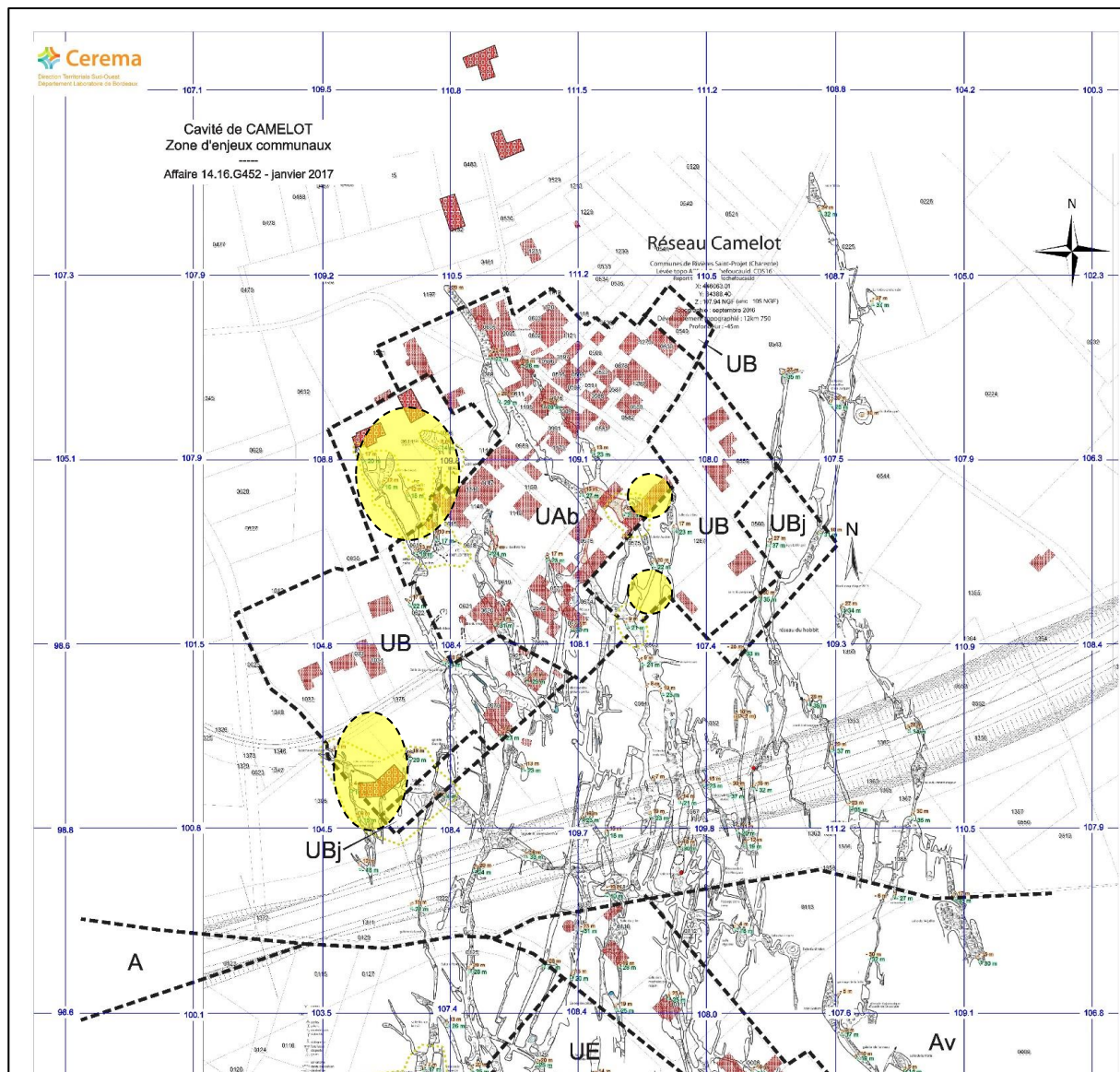
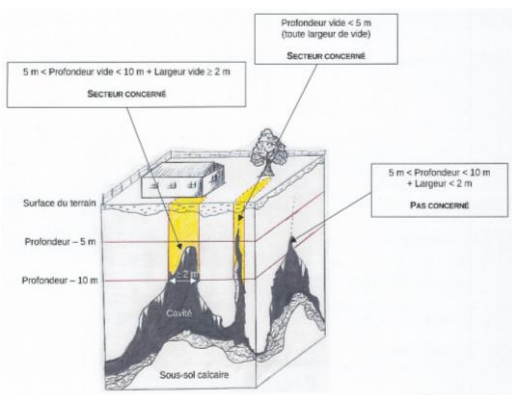


Cartographie des enjeux communaux

Application des critères d'identification des enjeux communaux (exploitation des données topographiques à l'échelle de la commune, avec recalage du PLU sur le plan de la cavité)

Sur la commune de Rivières, identification de 4 secteurs à étudier

Validation en préfecture (février 2017)



2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

2-2 La reconnaissance souterraine des zones d'enjeux communaux

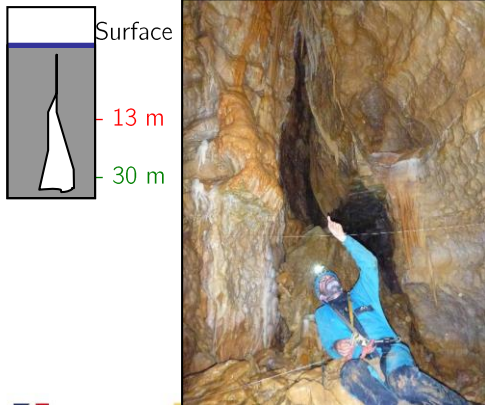
Les principaux objectifs des visites spéléologiques (Cerema de Bordeaux et d'Autun avec accompagnement de l'ARS-LR – 3 jours) :

- Description du vide, avec choix d'une configuration du toit et implantation précise sur le plan parcellaire
- Recalage précis des profondeurs du vide sous la surface (épaisseur de recouvrement), par levés complémentaires (distancemètre laser),
- État des plafonds et observation des désordres géologiques (type de matériaux, fracturation, altération, humidité, éboulis ...)

Les trois configurations de toit rocheux (repositionnées sur plan) :

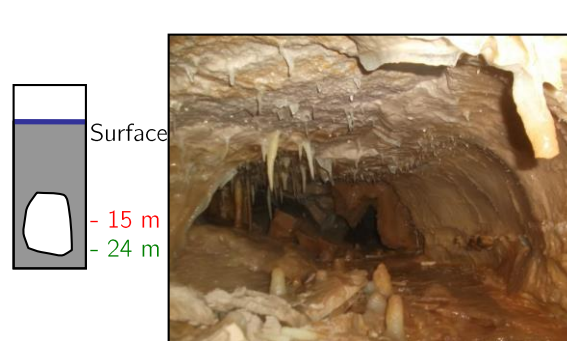
Fracturation localisée

(débouillage/soutirage)



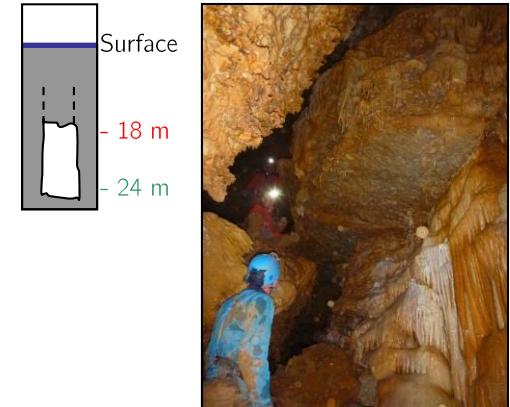
Voûte sub-circulaire

(toit stable)



Fracturation de pans rocheux

(rupture mécanique)



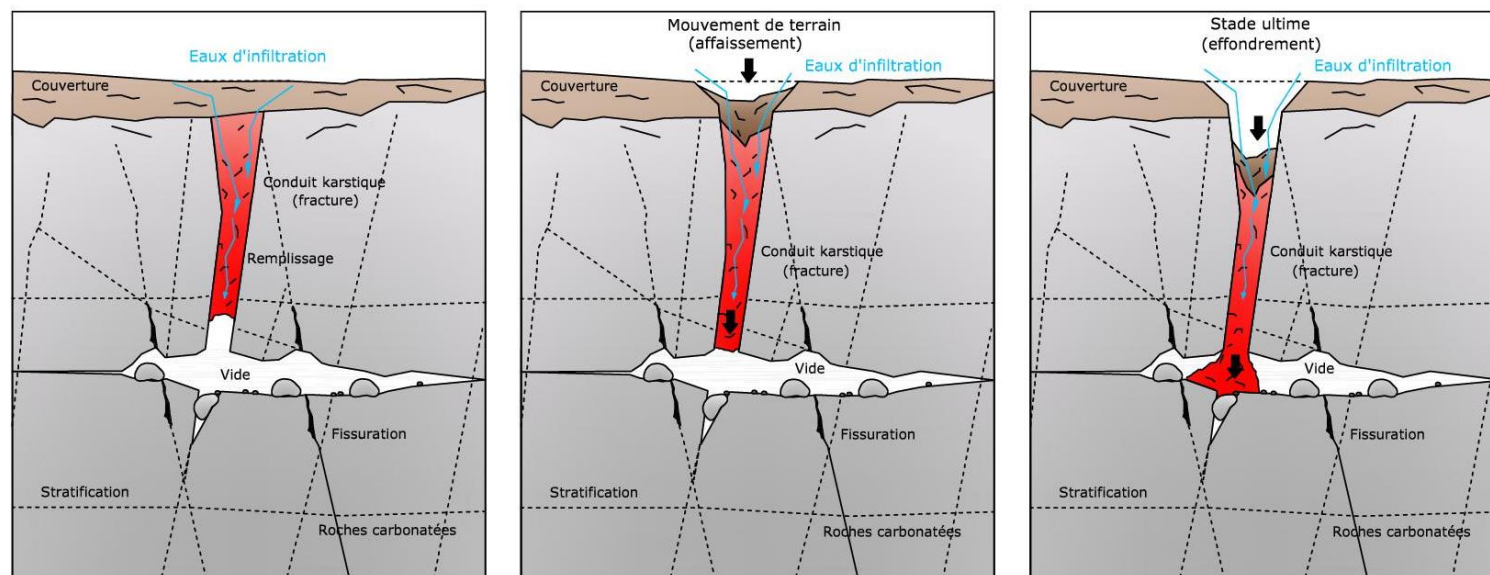
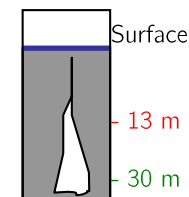
2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

Dans ces secteurs d'étude, **deux processus** ont été identifiés comme pouvant conduire à des mouvements de terrain en surface :

1- le processus « **débouillage/soutirage** » ; localisé dans les fractures

Niveau de vulnérabilité (pour ce processus) fonction :

- de la nature des matériaux de remplissage (cohésion et épaisseur)
- de la concentration des eaux superficielles (dont le rôle des aménagements de surface)



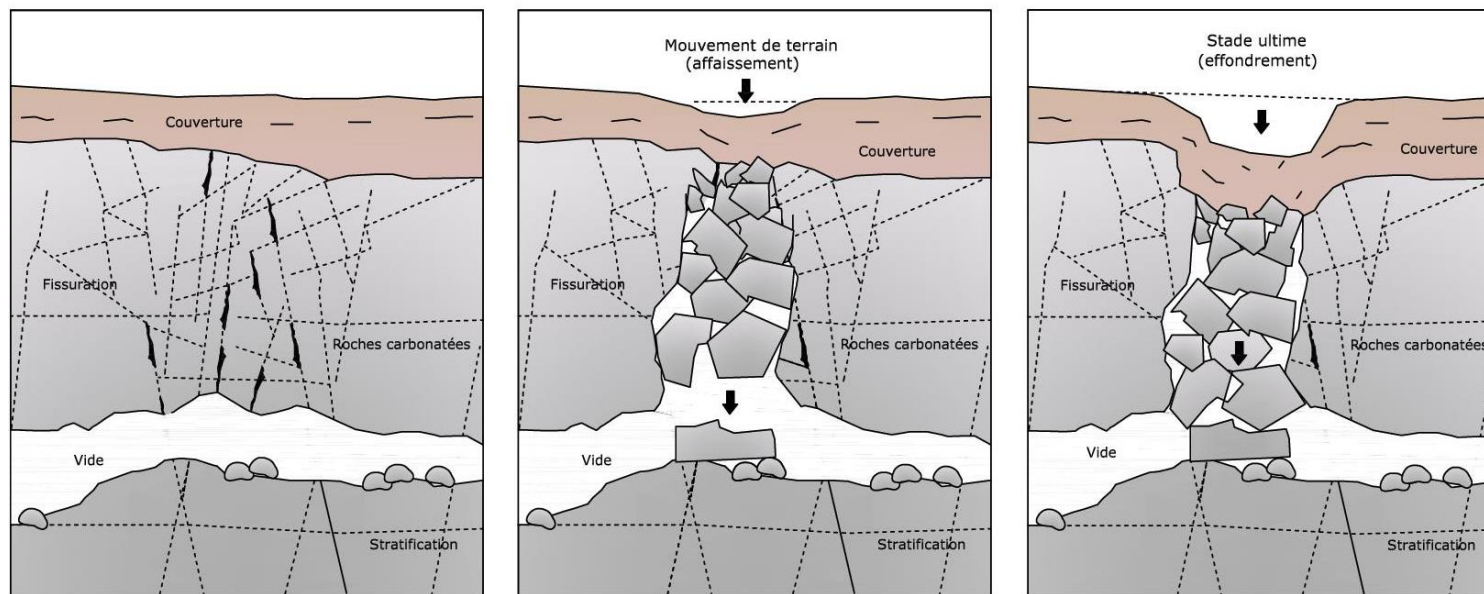
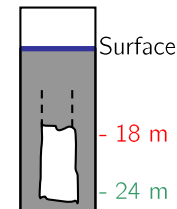
évolution

2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

2- le processus « rupture mécanique » ; localisé dans les salles chaotiques

Niveau de vulnérabilité (pour ce processus) fonction :

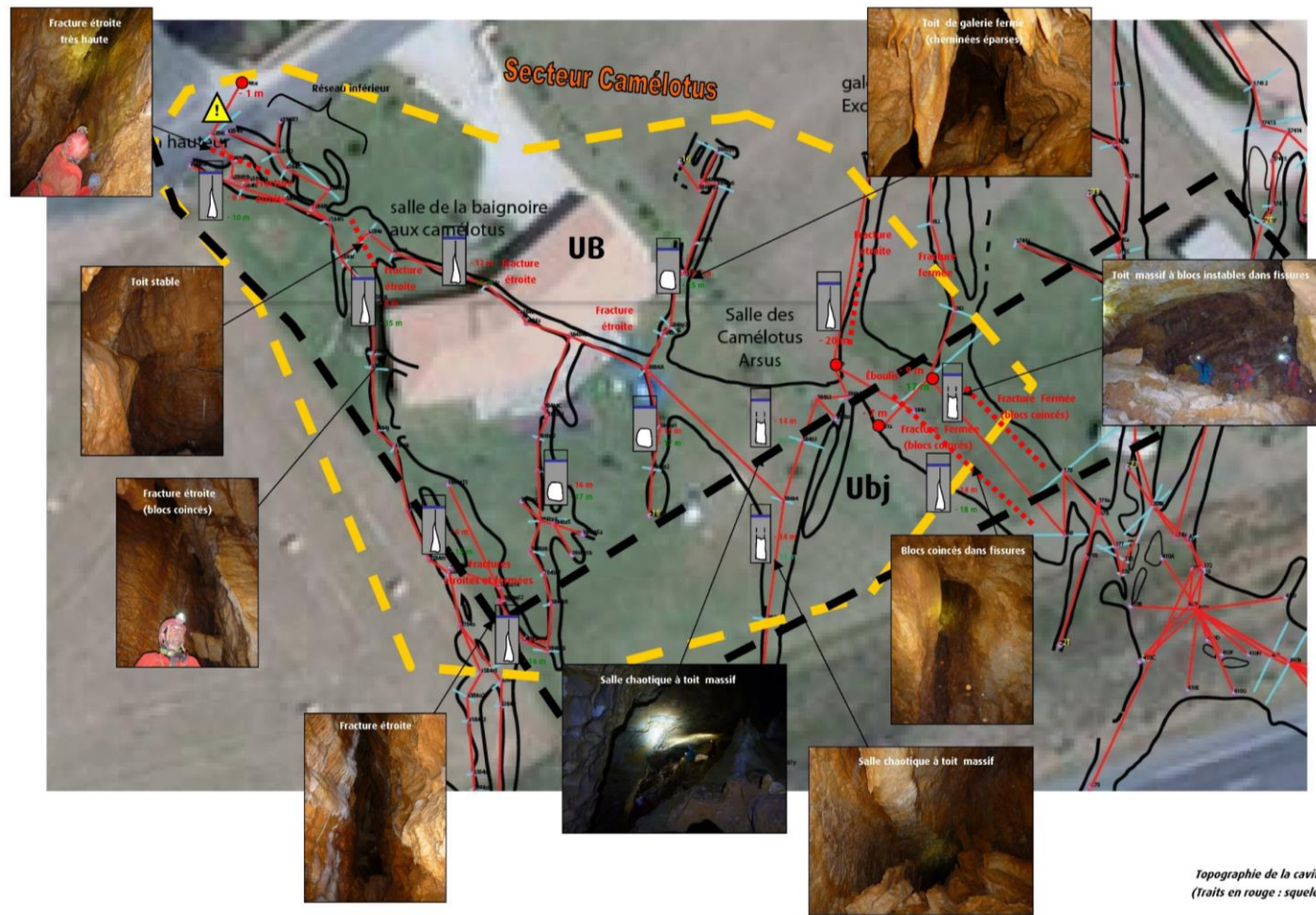
- de la fragilité du toit rocheux (résistance interne et épaisseur)
- de la fatigue hydrogéologique (zone vadose)



évolution

2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

Exemple de cartographie résultant de la visite spéléologique : Secteur Camélotus



Contexte karstique :

Toits massifs assez fracturés (profondeur de 9 m)

Zone vadose (hors nappe)

Type d'instabilités :

Ruptures massives anciennes (salle chaotique et éboulis)
Blocs coincés dans des fractures étroites remontantes

Topographie de la cavité : ARS-LR juin 2017 (traits en rouge : squelette topographique)

2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

2-3 analyse des niveaux de risque dans les zones d'enjeux communaux

La définition du risque karstique (sur ces secteurs d'étude, Aléa x Enjeux) :

Probabilité d'apparition (mouvement de terrain) x **Intensité** de l'évènement redouté (ampleur)

Méthode spécifique "Karst" (GT)



Fonction des **processus** observés dans la cavité (instabilités) et de leurs **prédispositions** aux mouvements de terrain (nature et résistance des matériaux, profondeur, interactions hydrodynamiques)

**Diagnostic
souterrain**

Méthode spécifique "Karst" (GT)



Fonction de la **taille** des vides observée dans la cavité, de l'**activité** du karst et de la nature et l'épaisseur de la **couverture** superficielle (effet sablier)

Résultat à corrélérer avec la **carte informative** des MVTs (Cerema 2014)



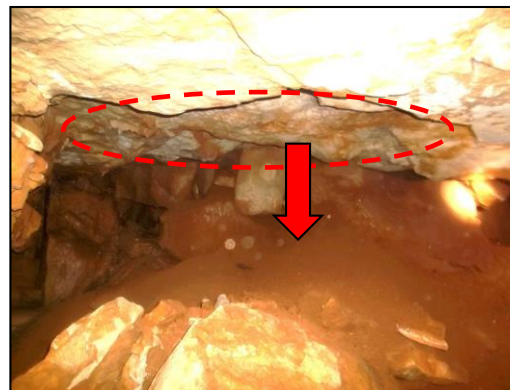
2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

Elaboration d'une première version de **tableaux de croisement** pour la qualification de l'aléa karstique - **par processus**

Exemple du traitement du processus « **débouillage/soutirage** » :

2-4- La probabilité d'apparition

Salle peu profonde montrant un toit fracturé et une trémie argilo-blocailleuse instable



Rôle prépondérant de la stabilité de la couverture : dans ce cas, couverture argileuse fine
Niveau de vulnérabilité de la couverture : Modéré

CRITERE C6 : Caractéristique Couverture		Epaisseur de la couverture	
		épais	fin
Cohésion de la couverture	oui	limité	modéré
	non	modéré	élevé

2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

Rôle des eaux : importance de la gestion à la parcelle
(exemple d'un puisard pour les EP)

CRITERE C1 : Hydrodynamisme		Concentration d'eaux superficielles*		
		Non exposée	exposée	surexposé**
Battement de la nappe (exemple : prof NPHE <5 m et variation > 1 m)	Non exposé	faible	moyen	fort
	Exposé	moyen	fort	très fort

* Fond de thalweg, dépression topographique (affaissement)

** surexposé : Grand BV (traitement MNT), perturbation anthropique, zone de contact etc

CRITERE C2 : Caractéristiques du bouchon		Epaisseur du bouchon*	
		épais	fin
Cohésion du Bouchon	oui	limité	modéré
	non	modéré	élevé

* Fixée à ± 5 m pour les cas traités par la DterSO. Dans la majorité des cas, cette donnée n'est pas disponible ; dans ces cas, l'épaisseur est considérée fine par défaut (plus aggravant). → Quelle pertinence pour ce « sous-critère » ?

Importance de la nature des matériaux de remplissage : bouchon sableux (exogène)

Niveau de vulnérabilité des matériaux de remplissage de karst : Très Fort

CRITERE C1-2 : Prédisposition Db (= Vulnérabilité du Bouchon si absence de couverture)		CRITERE n°1 : Hydrodynamisme			
		faible	moyen	fort	très fort
CRITERE n°2 : Caractéristiques du bouchon	limité	faible	faible	moyen	fort
	modéré	faible	moyen	fort	très fort
	élevé	moyen	fort	très fort	très fort

2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

Prédisposition au processus de débouillage/soutirage : Très Fort (probabilité d'apparition)

PREDISPOSITION Db (si présence de couverture)		CRITERE C1-2 : Vulnérabilité du bouchon			
		faible	moyen	fort	très fort
CRITERE C6 : Caractéristique Couverture	limité	faible	faible	moyen	fort
	modéré	faible	moyen	fort	très fort
	élevé	moyen	fort	très fort	très fort

A croiser avec l'intensité pour obtenir le niveau d'aléa karstique

2-5 L'intensité redoutée

Présence d'une salle « évidée »

Critère n°1 : Présence de vide souterrain		type de vide dans massif**		
		Fissure	cheminée, boyaux	salle
Evacuation des comblements*	non	faible	moyen	fort
	oui	moyen	fort	très fort

* Evacuation hydrodynamique des comblements (activité du karst)

** fonction du type de karst (épi ou endo)



Couverture argileuse fine

Critère n°2 : Comportement de la couverture***		Epaisseur de la couverture	
		Fine	Epaisse
Cohésion de la couverture	Type argiles	Très faible	Très faible
	Type limons	faible	moyen
	Type sables	moyen	fort

*** effet sablier prépondérant



Intensité classée Forte

INTENSITE		Critère n°1 : Présence de vide souterrain			
		faible	moyen	fort	très fort
Critère n°2 : Capacité de propagation dans la couverture	très faible	faible	faible	moyen	fort
	faible	faible	faible	moyen	fort
	moyen	faible	moyen	fort	très fort
	fort	moyen	fort	très fort	très fort

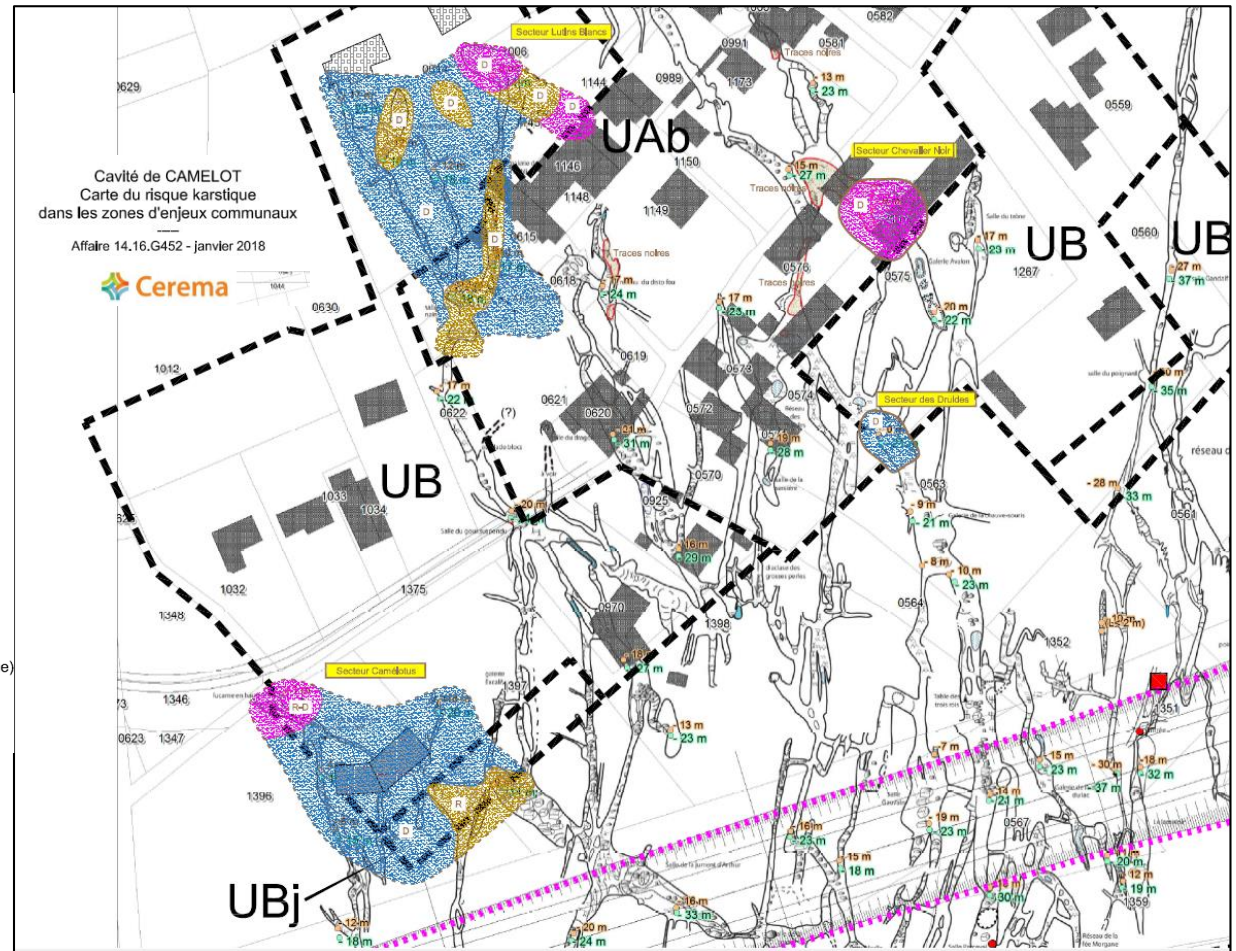
2- QUALIFICATION DE L'ALEA KARSTIQUE

2-6 L'aléa karstique résultant (méthode prédictive) ;

Soit un niveau d'aléa Très Fort pour le processus « débouillage/soutirage »

ALEA		OCCURRENCE			
		Faible	Moyenne	Forte	Très forte
INTENSITE	Faible	Très faible	faible	moyen	moyen
	Moyenne	faible	moyen	Moyen à fort	fort
	Forte	moyen	Moyen à fort	fort	très fort
	Très forte	moyen	fort	très fort	très fort

Proposition d'une carte des risques karstiques selon les enjeux communaux avec indication du processus d'instabilité



Présentation en préfecture en janvier 2018, avec réflexion sur un porté à connaissance et la mise en place de mesures conservatoires/préventives adaptées

SOMMAIRE

1- Rivières ; une commune du pays du karst

2- Enjeux communaux et proposition d'aléas adaptés

3- Vers une gestion préventive du risque karstique



3- MESURES DE GESTION PRÉVENTIVE

A la demande de la préfecture en février 2019, conseil technique du Cerema pour la DDT 16 et les communes concernées par le réseau de Camelot : Des mesures administratives aux prescriptions techniques ...

- ✓ Étape 1 : Réflexion menée avec la DDT 16 et les communes sur les mesures administratives à intégrer dans les PLUi concernant le risque naturel de mouvement de terrain d'origine karstique dans les documents d'urbanisme et les projets de construction.

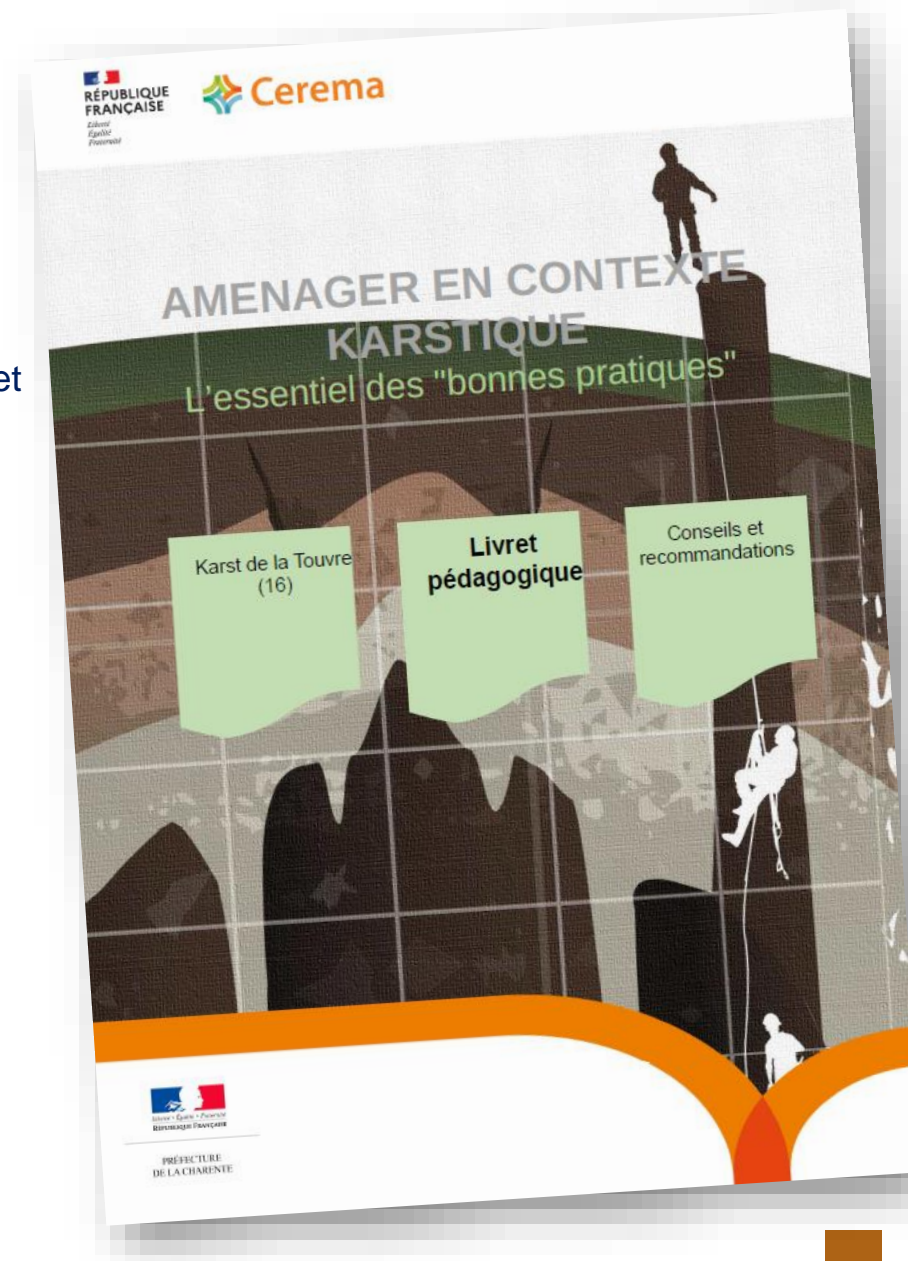
Septembre 2020, élaboration par le Cerema d'un **Livret pédagogique** « Aménager en contexte karstique – l'essentiel des bonnes pratiques »

- ✓ Étape 2 : Proposition de mesures préventives permettant de prévenir ou d'atténuer les effets d'un accident naturel, de type mouvement de terrain d'origine karstique (prescriptions techniques de méthodes de suivi et de surveillance de site) sur les zones à risque karstique élevé.

3-1- Le livret pédagogique «Aménager en contexte karstique »

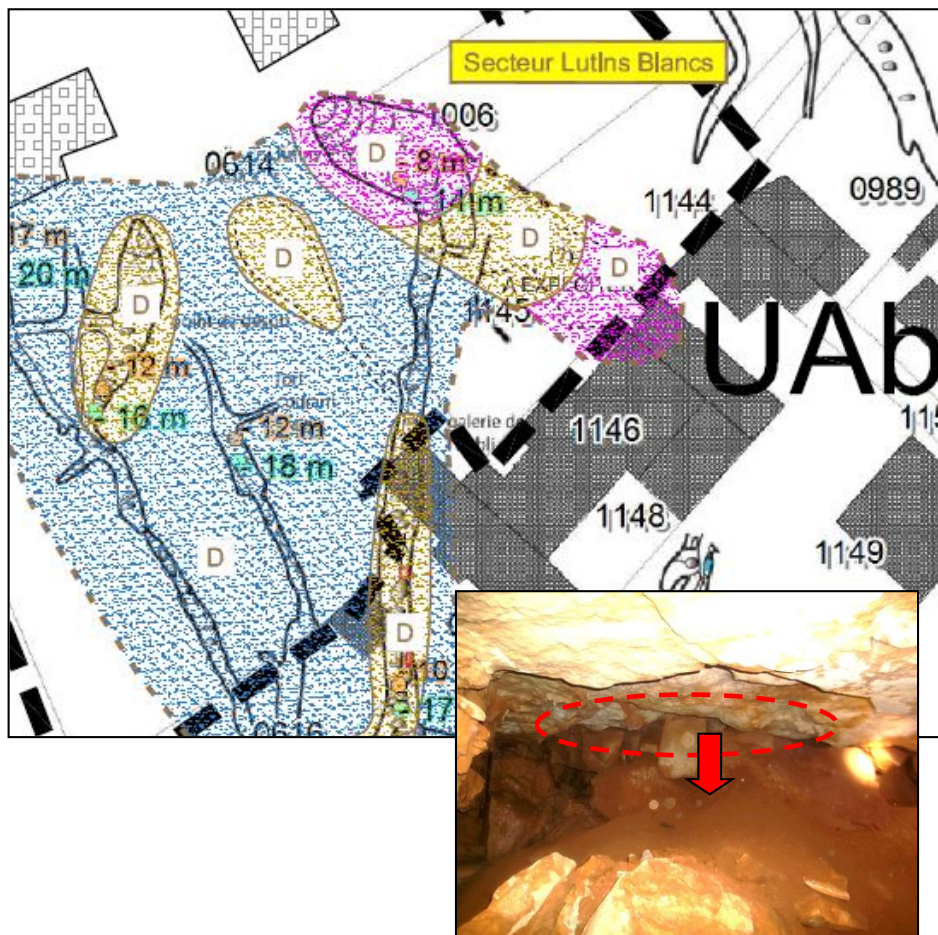
Contenu du livret (2020) :

- Un rappel de la problématique karstique et des risques naturels terrestres associés pour les biens et les personnes
- Trois types de dispositions spécifiques :
 - des mesures constructives
 - des mesures de gestion des eaux
 - des mesures de prévention.
- Une annexe sur la procédure CAT NAT (financements)
- Des annexes techniques :
 - Recensement des désordres et dispositions constructives de mitigation du risque
 - Reconnaissances géotechniques spécifiques
 - Méthodes de surveillance
 - Cas des communes couvertes par un PPR



3-2- Les mesures visant à réduire la vulnérabilité des biens existants sur le réseau karstique de la cavité de Camelot (surveillance et travaux éventuels – volet technique)

Un exemple de **prescriptions** en cours :



SECTEUR LUTINS BLANCS (étude présentée en janvier 2018)

Salles peu profondes (estimées entre 9 et 4 m de profondeur sous la surface).

Présence de plusieurs trémies d'effondrement (débourrage de matériaux argilo-blocailleux et soutirage de sables alluvionnaires).

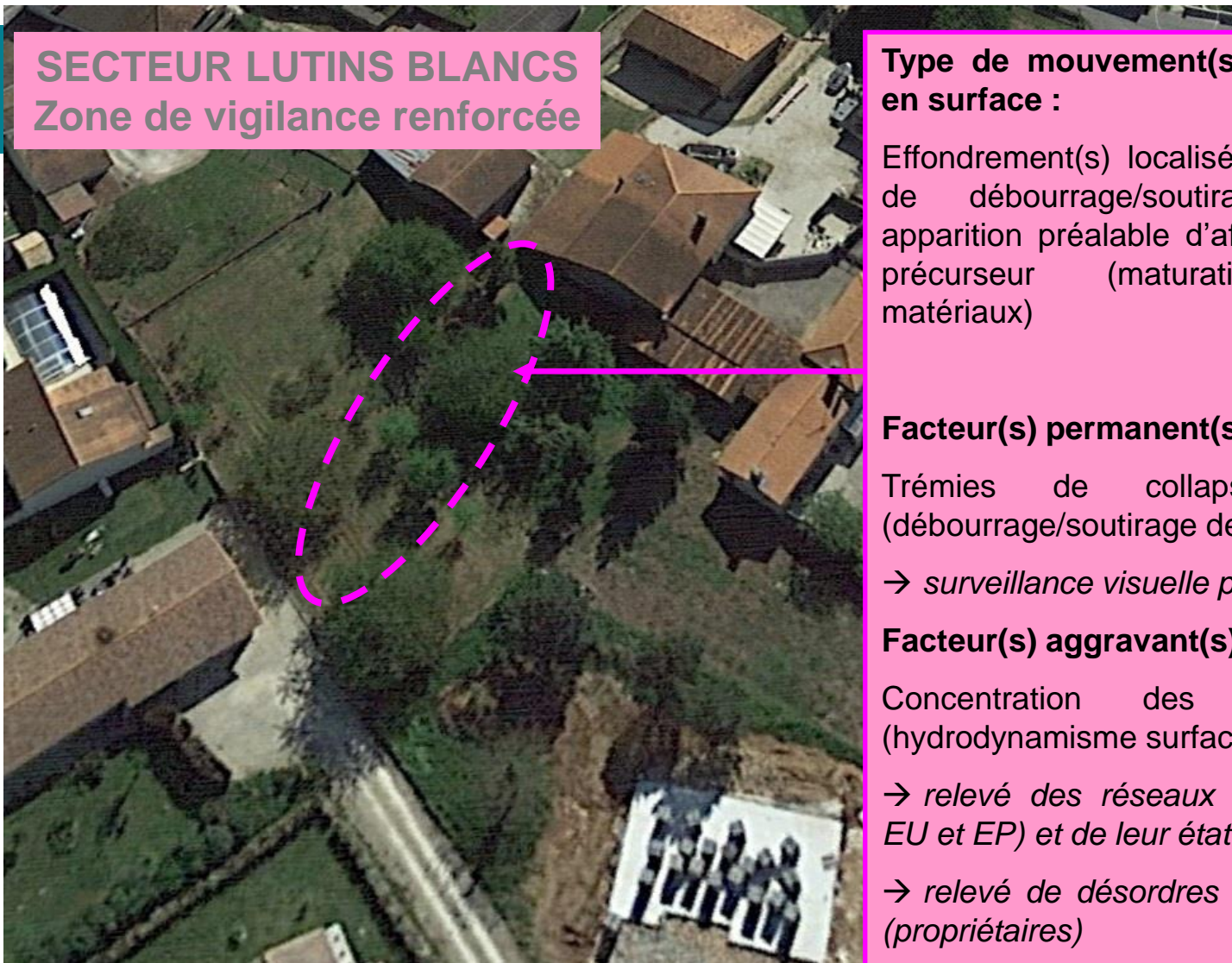
Critère(s) d'instabilité aggravant(s) :

Concentration d'eaux superficielles au droit d'une trémie de collapse (débourrage/soutirage par une fracture ou une cheminée karstique).

Risque karstique localement élevé par débourrage/soutirage

SECTEUR LUTINS BLANCS

Zone de vigilance renforcée



Type de mouvement(s) de terrain probable en surface :

Effondrement(s) localisé(s) au droit des zones de débouillage/soutirage, avec possible apparition préalable d'affaissement(s) en signe précurseur (maturation/remaniement de matériaux)

Facteur(s) permanent(s) à suivre :

Trémies de collapse peu profondes (débouillage/soutirage de matériaux).

→ *surveillance visuelle périodique en cavité*

Facteur(s) aggravant(s) à suivre :

Concentration des eaux superficielles (hydrodynamisme surface/souterrain)

→ *relevé des réseaux d'eaux existants (AEP, EU et EP) et de leur état*

→ *relevé de désordres sur le bâti et le terrain (propriétaires)*

Démarches de sécurisation préventive à mettre en place (validation en COPIL)



Merci de votre attention

Frédéric CLEMENT
(frederic.clement@cerema.fr)