



Karst et aménagement : comment estimer puis réduire la vulnérabilité des territoires exposés aux mouvements de terrain d'origine karstique ?





SOMMAIRE

I- La problématique karstique

- Définitions, contextes géographique et géologique
- Comportement et dynamique des systèmes karstiques (processus)
- Désordres et mouvements de terrain associés
- Amélioration de la connaissance de la sensibilité des territoires

II- La gestion du risque cavités souterraines

- Présentation du *Guide à l'usage des maires*

III- L'exemple du karst de la Couze (cause corrézien)

- Problématique rencontrée par la DDT de Corrèze
- Contexte karstique corrézien
- Focus sur des solutions de gestion des eaux en contexte sensible



I – PROBLEMATIQUE CAVITES – Focus sur les contextes KARSTIQUES

Cavités anthropiques

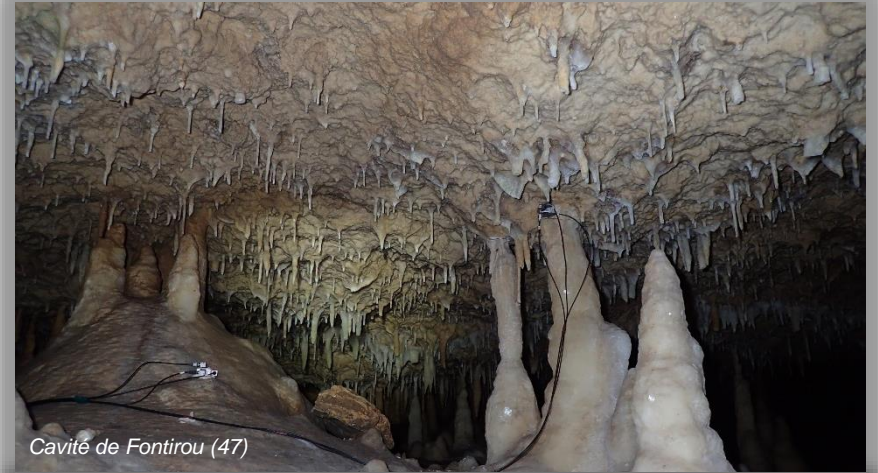


Carrière de Chancelade (24)



Carrières troglodytiques de Brantôme (24)

Cavités naturelles karstiques



Cavité de Fontirou (47)



Cavité de la Fuite (16)



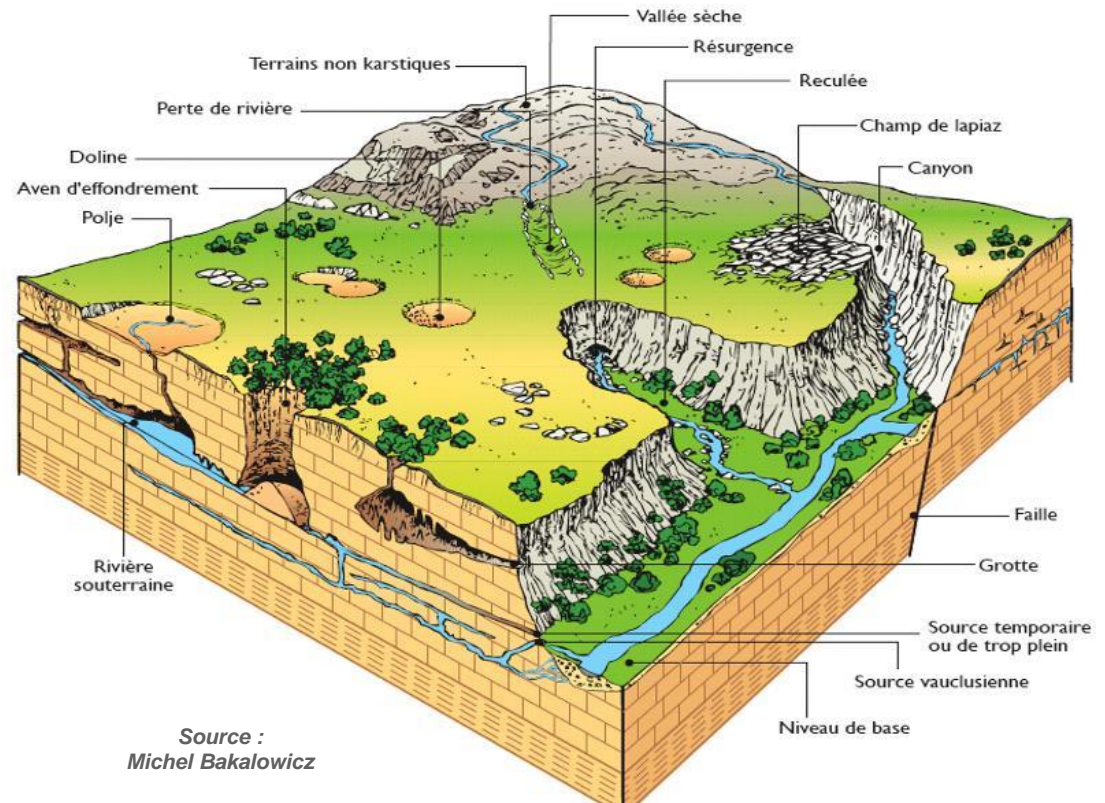
I – PROBLEMATIQUE CAVITES – Focus sur les contextes KARSTIQUES

Réseaux karstiques :

→ formes d'érosion spécifiques dues à la dissolution des massifs calcaires par les eaux souterraines et caractérisées notamment par des galeries souterraines, des grottes, des avens...

→ Apparition de formes caractéristiques :

- superficielles (exokarstiques) et
- souterraines (endokarstiques).





I – PROBLEMATIQUE CAVITES – Focus sur les contextes KARSTIQUES

Carte hydrogéologique des formations carbonatées karstifiables

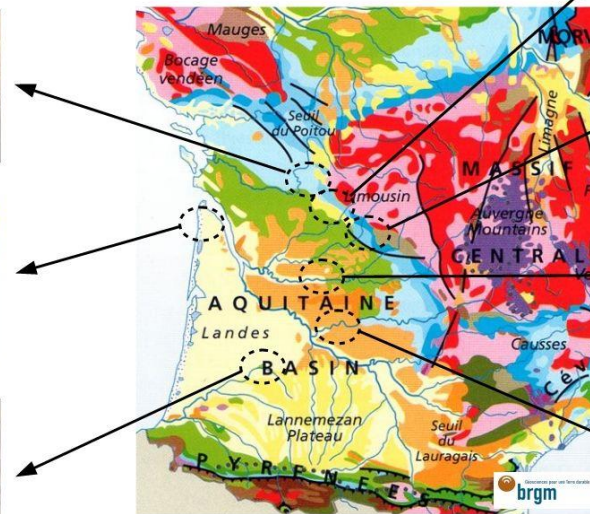


- Domaine avec formation carbonatées**
Formations plissées et fortement tectonisées
Aquifères de petites dimensions, forts degrés de karstification
- Formations tabulaires faiblement tectonisées
Aquifères de grandes dimensions, faibles et forts degrés de karstification
- Formations à forte porosité primaire (craie...)
Aquifères poreux, karstification locale
- Formations partiellement carbonatées
Aquifères poreux ou fissurés, karstification locale
- Formations sous couverture
Aquifères profonds, degrés de karstification variable
- Domaine sans formation carbonatées notables



TERRITOIRES ÉTUDIÉS

→ Actions sur diverses formations carbonatées du bassin aquitain

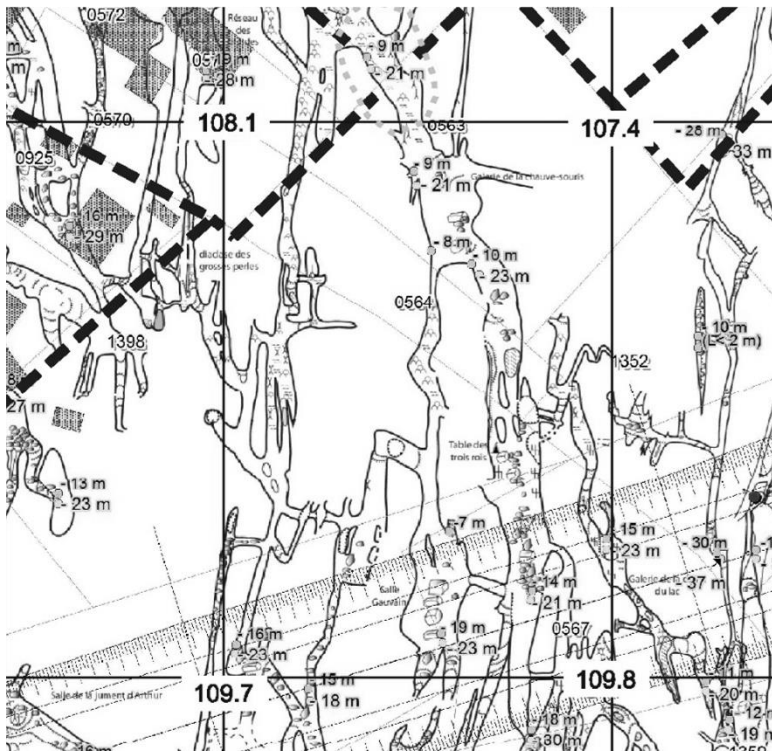




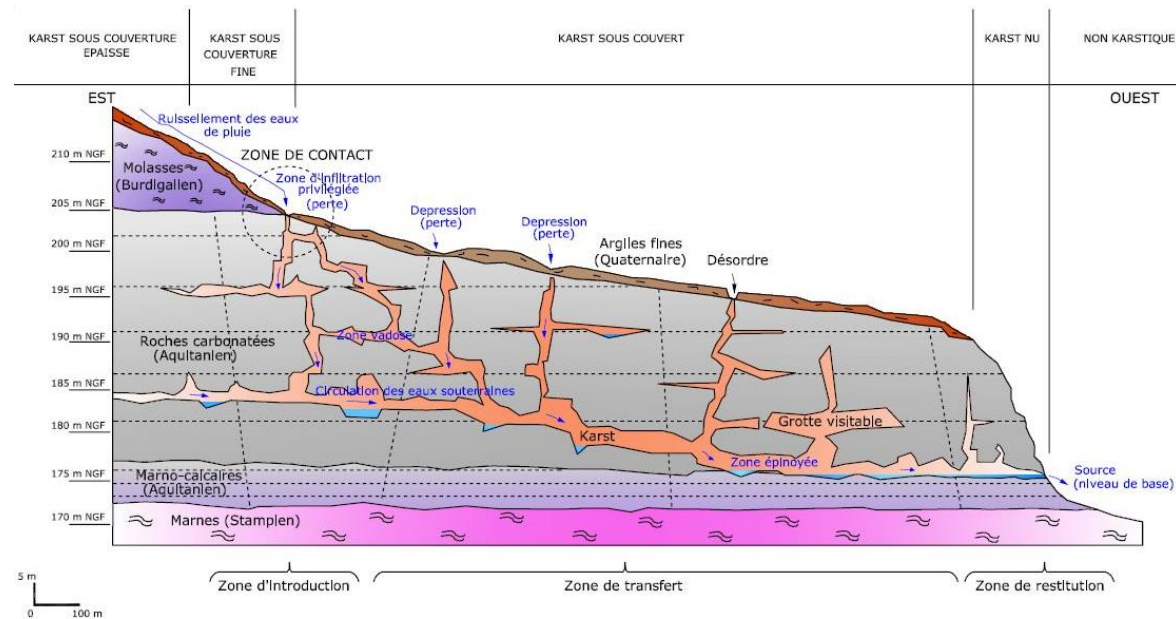
I – PROBLEMATIQUE CAVITES – Focus sur les contextes KARSTIQUES

Exemples de réseau karstique en Nouvelle-Aquitaine

En plan (Karst de la Touve – 16) :



En coupe (Fontirou – 47) :





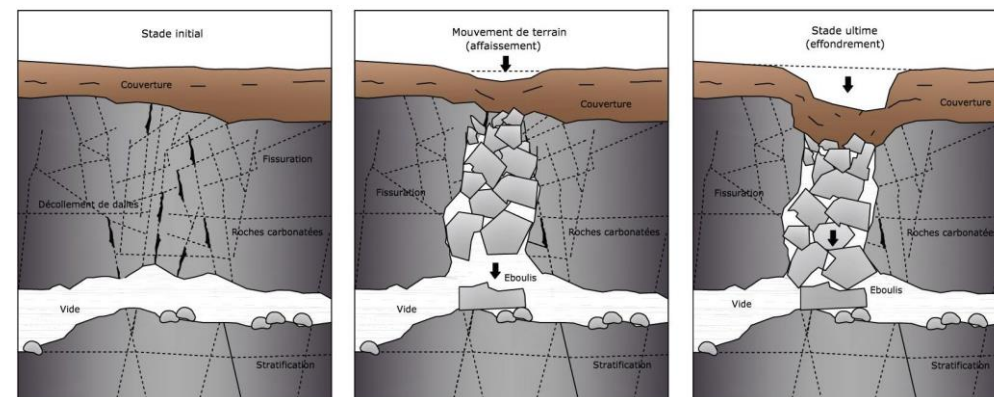
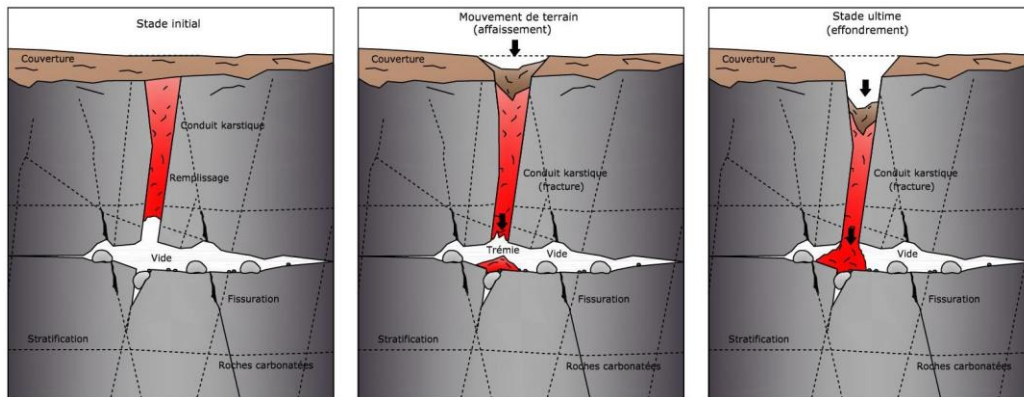
Comportement et dynamique des systèmes karstiques

Plusieurs processus peuvent conduire à des mouvements de terrain en surface :

- Suffosion - soutirage
- Déboufrage (1)
- Rupture mécanique (2)
- Extrusion

1- Déboufrage : localisé dans des conduits de type fractures +/- colmatés sub-verticaux

2- Rupture mécanique : localisé dans des salles chaotiques au toit instable





Mouvement de terrain associés (en surface)

Plusieurs phénomènes/désordres peuvent apparaître en surface et affecter des biens (habitats, infrastructures, cultures...).

Deux mouvements de terrain principaux :

- Affaissements
- Effondrements

→ Intensité et densité variables...





Amélioration de la connaissance de la sensibilité des territoires

Phénomènes souterrains (cavités aveugles rarement visitables)

→ prédisposition des territoires difficile à concevoir et à estimer

GESTION DU RISQUE :

Nécessité de caractériser et spatialiser la sensibilité des territoires aux risques d'affaissement et d'effondrement pour :

- Estimer leur vulnérabilité
- Réduire cette vulnérabilité

Réflexions en cours au niveau national (MTES/DGPR) via le Cerema et le BRGM (action commune) pour définir une méthodologie pertinente et efficace permettant de **qualifier l'aléa MVT d'origine karstique**.

→ Le futur guide permettra d'identifier, qualifier et spatialiser **la sensibilité du territoire aux risques de mouvement de terrain d'origine karstique**.

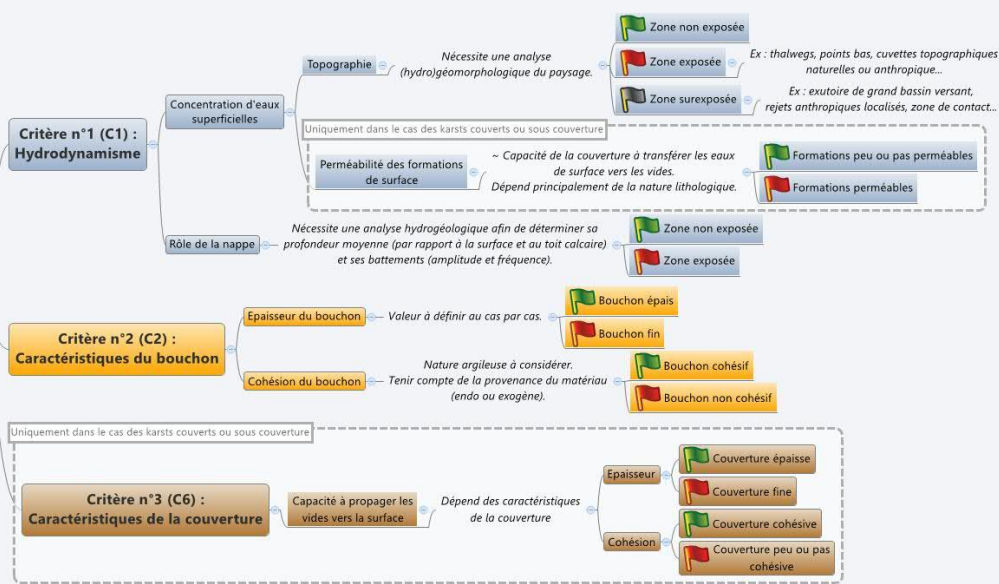


Mise au point d'une méthode de qualification de la sensibilité des territoires (en cours)

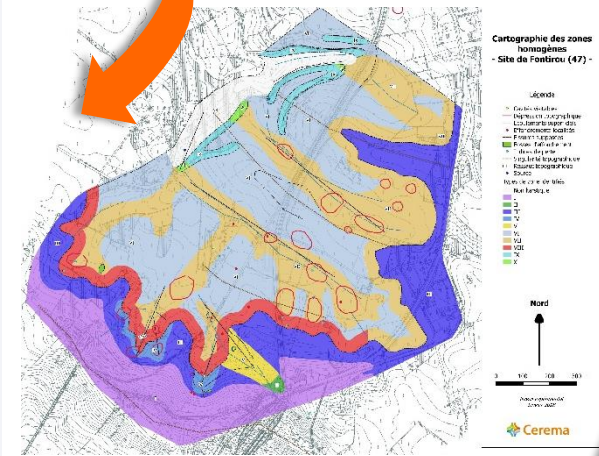
Identification et pondération des critères (de déclenchement) impliqués (prédisposition et intensité)

Spatialisation
→ secteurs homogènes

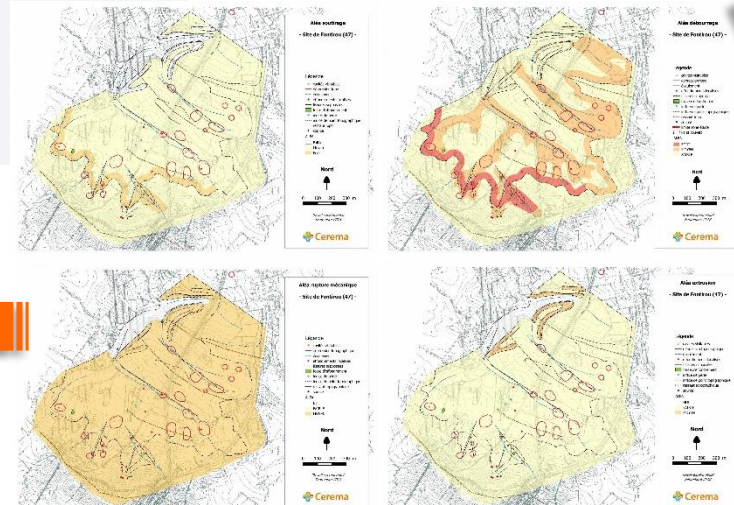
Prédisposition théorique du processus de Débourage = (C1 x C2) x C6



- Effet très négatif
- Effet négatif
- Effet positif



Cartographie de l'aléa pour chaque processus



Amélioration de la connaissance de la sensibilité du secteur
 → Prise en compte du risque = réglementation adaptée au(x) processus en jeu.



Cerema

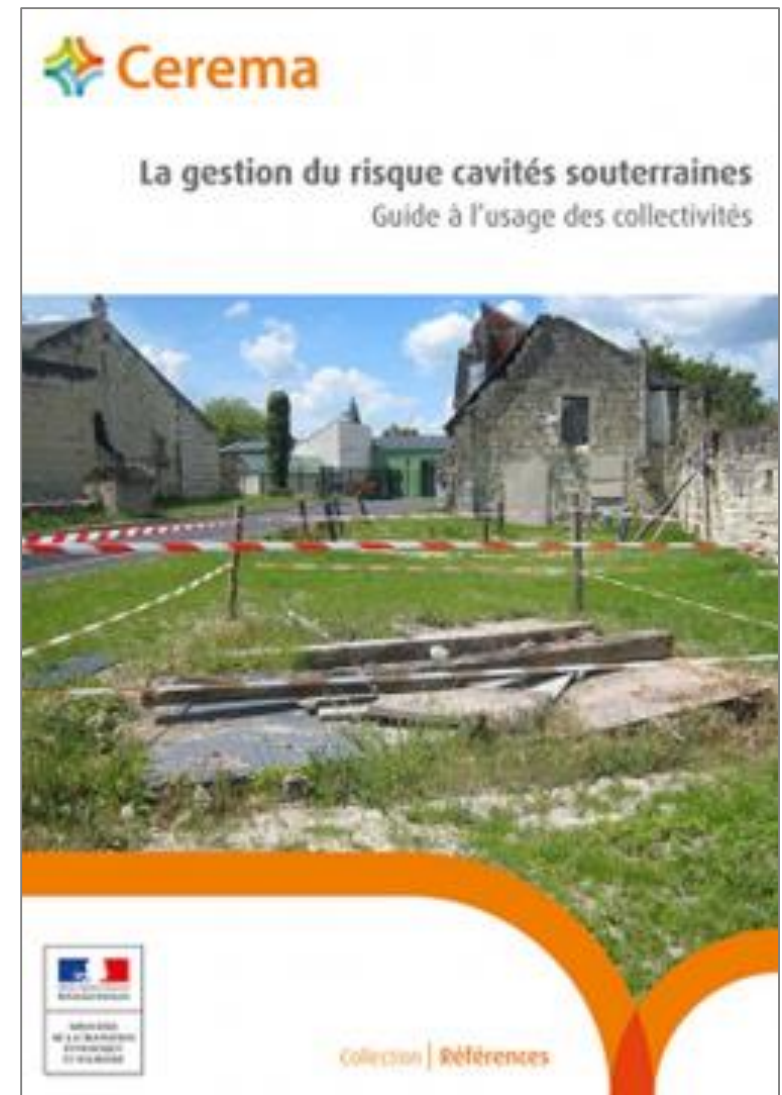
Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

II – LA GESTION DU RISQUE CAVITE

Plus largement que le risque karstique...

→ **La gestion du risque cavités souterraines**
Guide à l'usage des maires

Auteur :
Cerema Méditerranée
Nathalie BERENGER

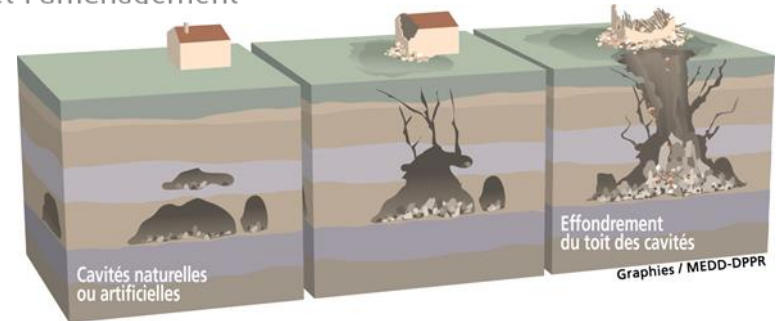




Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Contexte et historique du guide



Plan national cavités (porteur MTES / DGPR) 2013-2015

- Favoriser l'émergence de stratégies locales de prévention du risque
- Cadre réglementaire et juridique

Opération de recherche Cerema / IFSTTAR 2012-2016 (commanditaire DGPR, partenariats avec Ineris)

Méthode de travail associant l'État, son réseau scientifique et technique et les collectivités

Guide paru en décembre 2017

Téléchargeable sur Cerema web :

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/gestion-du-risque-cavites-souterraines>



Apports spécifiques du guide

- Le cadre réglementaire et juridique des cavités souterraines
- Les responsabilités du maire
- Ce que doit et ce que peut mettre en place un maire pour gérer territorialement et prévenir le risque
- Que faire en cas d'événement ?
- Les financements mobilisables



Zone sous-cavée interdite d'accès (49)





ina.fr



Territoires et risque cavités souterraines

Intégration du risque dans les documents de planification, à toutes les échelles

→ *Scot, PLU(I), Cartes Communales, Plans de sauvegarde et de mise en valeur...*

Prise en compte du risque dans les autorisations d'occupation du sol

→ *Certificats d'urbanisme, Permis de construire, d'aménager, RNU (art. R.111-2)...*

Application des dispositions du PPRN

Mise en œuvre de procédures d'acquisition à l'amiable et d'expropriations des biens menacés

Mise en œuvre d'outils d'aménagement permettant de prendre en compte ce risque

→ *Programme d'intérêt général, Zone d'aménagement concertée, Opération programmée d'amélioration de l'habitat...*

→ voir l'outil d'aide à l'aménagement (développement Cerema), téléchargeable sur la plate-forme ministérielle Georisques :

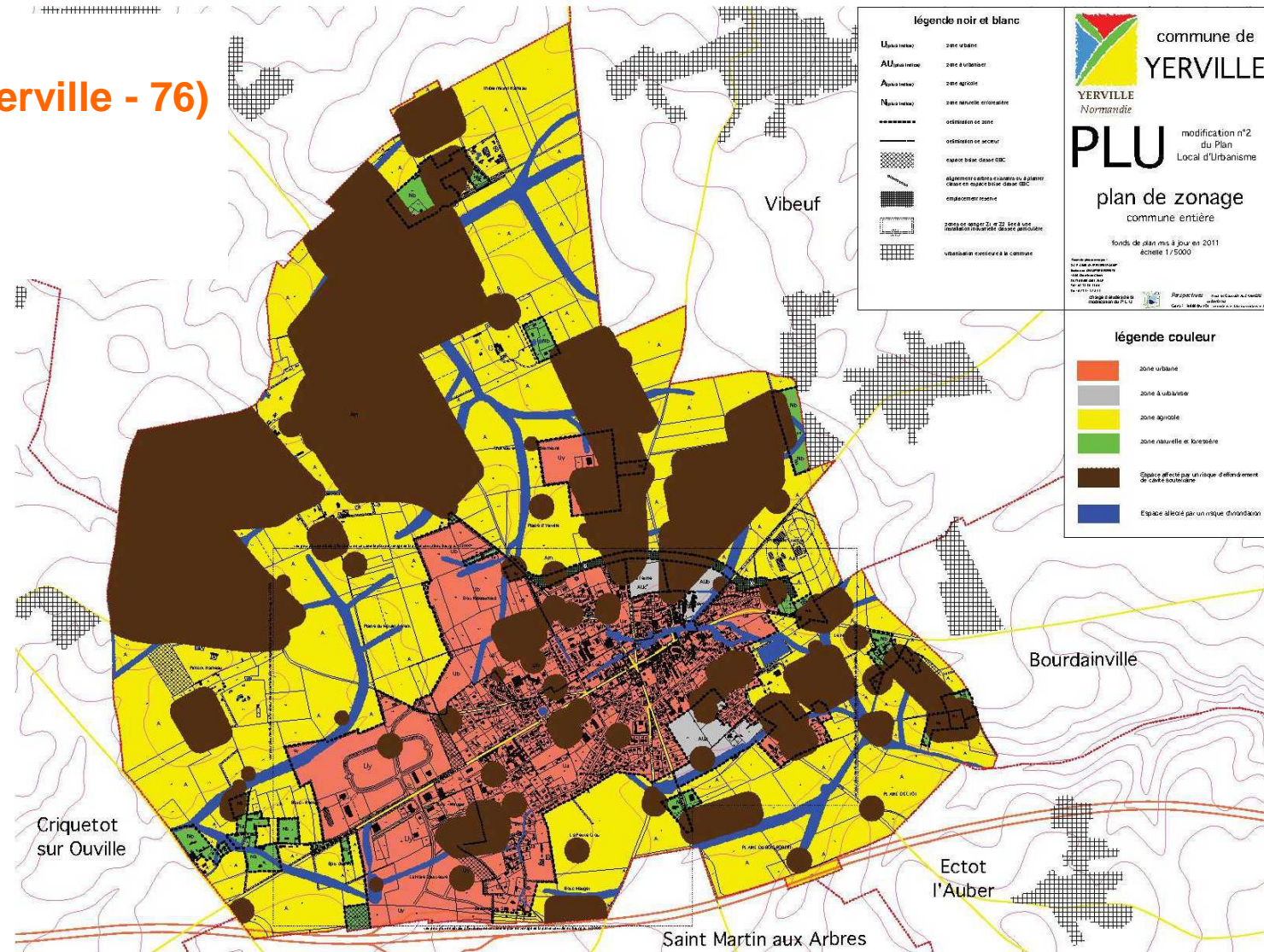
<http://www.georisques.gouv.fr/cavites-souterraines/outil-daide-lamenagement>

Quelques exemples :

- **PLU (commune de Yerville - 76)**
- PSMV
- Scot
- PPRN

Fixe les règles générales
et les servitudes
d'utilisation des sols.

- Les risques doivent
être pris en compte
(PPR et/ou
localisation des
cavités)
+ prescriptions possibles



Plan de zonage du PLU de la commune de Yerville

En kaki et hachuré, les zones affectées par un risque d'effondrement de cavités souterraines

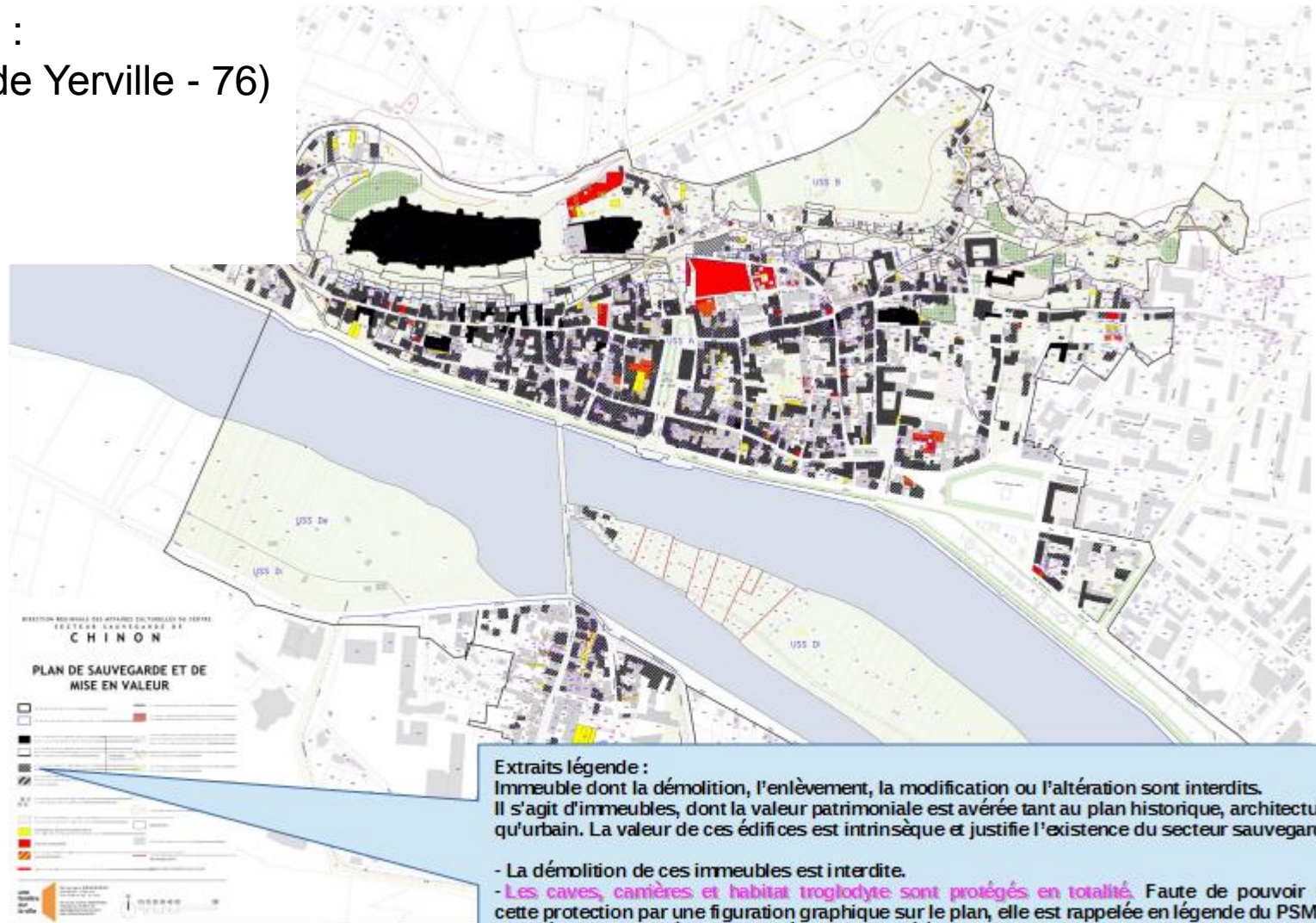


Quelques exemples :

- PLU (commune de Yerville - 76)
- **PSMV**
- Scot
- PPRN

Cas des communes
dotées d'un
patrimoine
exceptionnel

→ Prescriptions
spécifiques au
sein d'un secteur
sauvegardé
(substitution au
PLU)



*Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur
de la ville de Chinon*



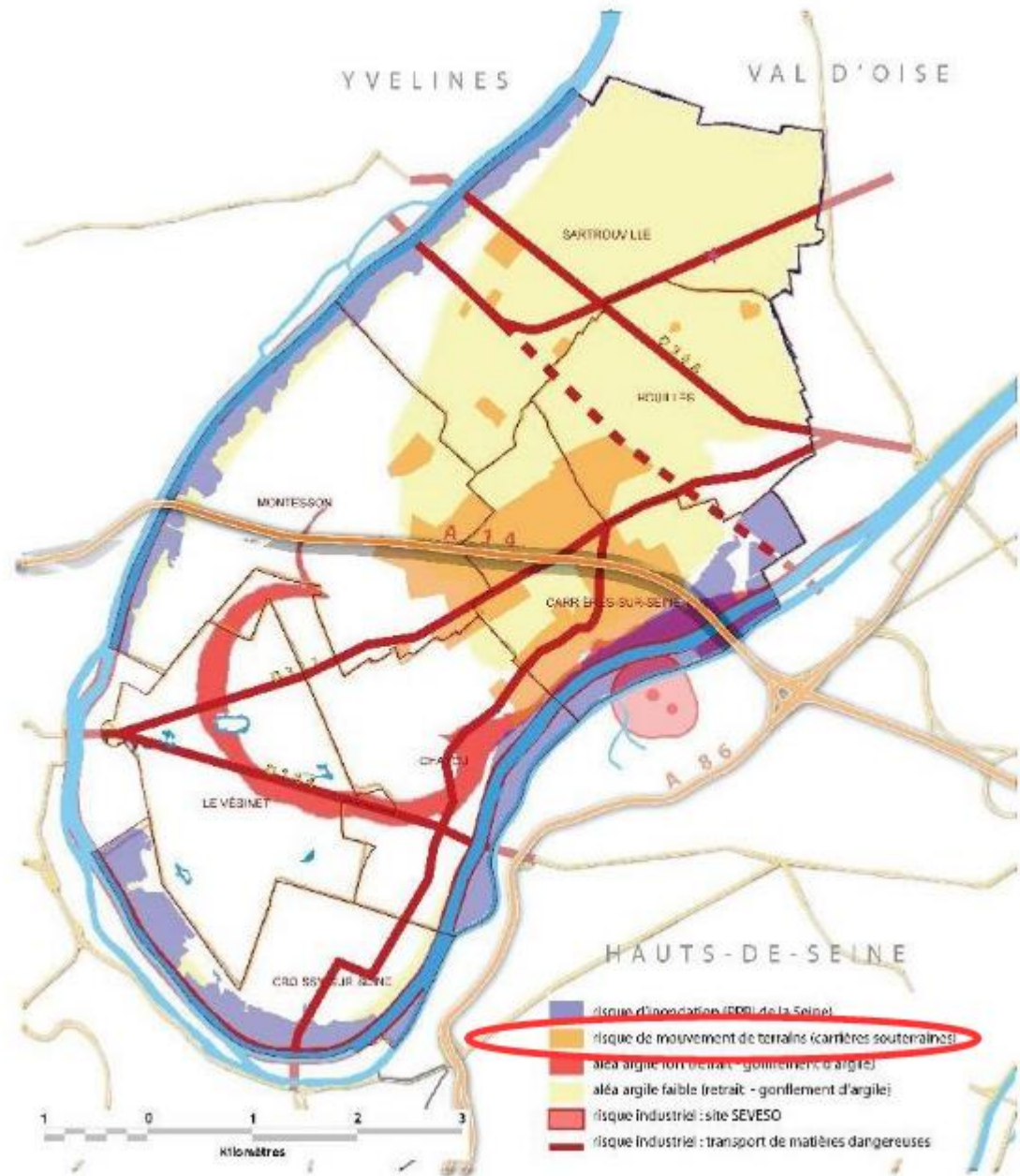
Quelques exemples :

- PLU (commune de Yerville - 76)
- PSMV
- **Scot**
- PPRN

Grandes orientations en
terme d'aménagement et de
destination des sols.

→ Fixe les objectifs relatifs
à la prévention des risques

Cartographie des risques extrait du
Document d'Orientation et d'Objectifs
(Scot de la Boucle de la Seine)



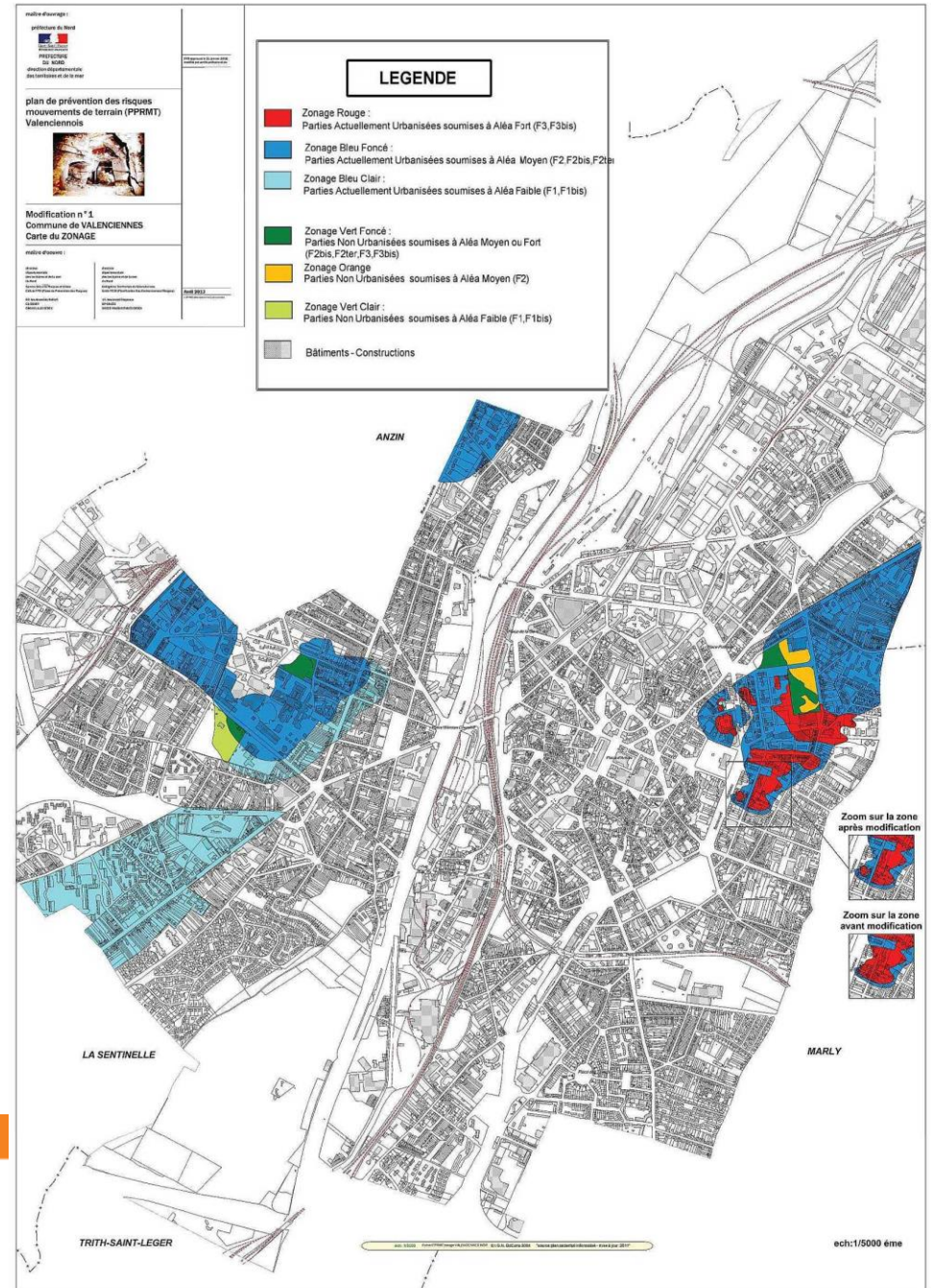
Quelques exemples :

- PLU (commune de Yerville - 76)
- PSMV
- Scot
- **PPRN**

Responsabilité des communes
commence lorsque le PPR est
approuvé.

→ Néanmoins, responsabilité
engagée dès la connaissance des
aléas (PAC) → Article R111-2

Zonage réglementaire du risque Cavités
extrait du PPR Mvt du Valenciennois





Pour plus de renseignements

En annexe du guide, une bibliographie technique, administrative et juridique (avec liens de téléchargement)

Sur internet :

le dossier cavités souterraines sur le portail thématique Georisques du MTES :

<http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/cavites-souterraines#/>

Les responsabilités des maires vis-à-vis des risques naturels et technologiques et les outils de prévention à sa disposition : <http://www.mementodumaire.net/>

Contact : Nathalie Bérenger – nathalie.berenger@cerema.fr



III – L'EXEMPLE DU KARST DE LA COUZE (CAUSSE CORREZIEN) : comment réduire la vulnérabilité d'un territoire karstique ?

Contexte :

PPR Mouvements de terrain sur 3 communes proches de Brive-la-Gaillarde approuvé en 2011 par la Préfecture de La Corrèze
→ Incluant la problématique KARST (aléa et règlement).

Problématique :

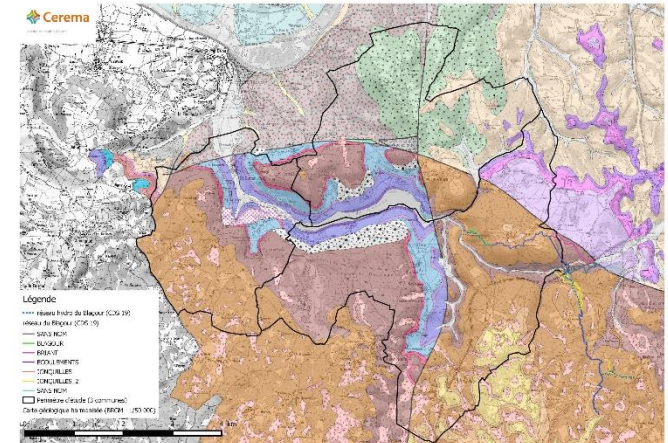
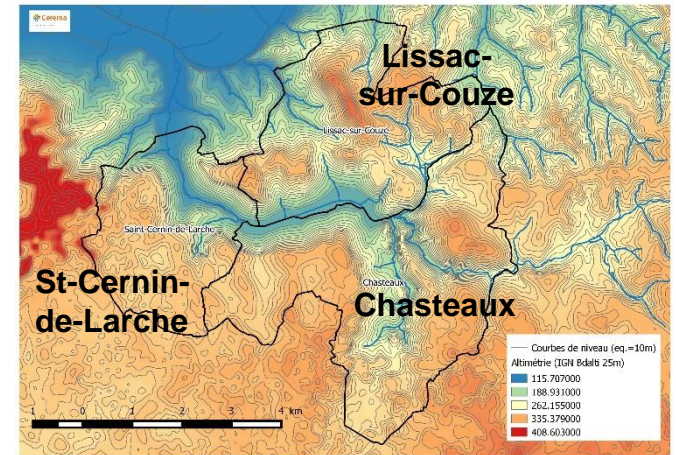
Difficultés de mise en application du règlement du PPR pour la **gestion des eaux** en zone bleue «**Aléa Faible**» de type karst.

Une zone constructible sous conditions (sujettes à interprétation...)

Objectif / Réflexion :

Analyser la problématique d'assainissement des eaux en **zone bleue** du PPR et proposition de prescriptions techniques :

- adaptées aux configurations du territoire
- en conformité avec le règlement





Règlement du PPR en zone bleue (prescriptions) :

Pour la gestion des eaux (extrait art 2.4.2.1.)

Pour les travaux futurs et si possible pour l'existant, réalisation de dispositions étanches, notamment :

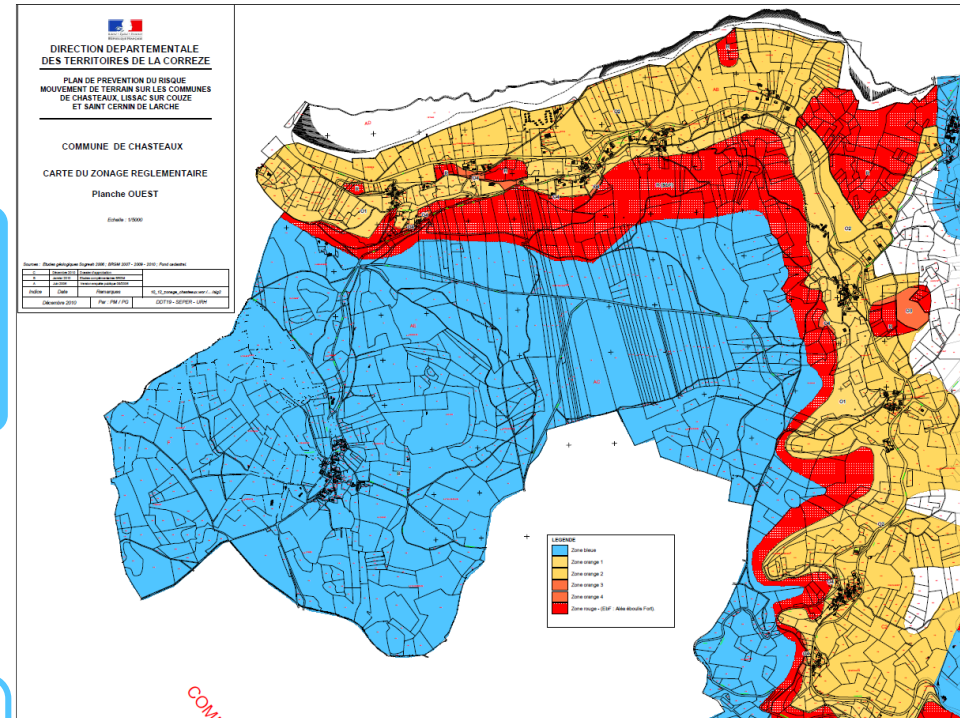
- *raccorder les rejets d'eaux usées, pluviales ou de drainage à un réseau étanche, acheminant les eaux selon les cas vers un réseau collectif (fossé, canalisation, ...), vers un **exutoire naturel** ou à défaut en pied de versant.*



Seule solution conforme au règlement



1. Qu'est-ce qu'un exutoire naturel ?
2. Peut-on rejeter des eaux (dans un exutoire naturel) sans impacter la stabilité des sols ?



Nécessité de comprendre le système karstique



Contexte et contraintes géologiques:

- Système karstique largement développé avec configuration-type dite de Causse
- **Plusieurs niveaux karstiques étagés** (épi et endokarst)
- Configuration géologique complexe avec plusieurs accidents structuraux
- **Karst actif colmaté** (potentiellement générateur de désordres en surface malgré la faible épaisseur de couverture)
- Nombreuses manifestations karstiques anciennes en surface (dolines notamment)
- Plusieurs manifestations karstiques relativement récentes en surface (cf bd cavité et effondrements/pertes régressives, fosses...)
- Forte hétérogénéité de comportement des dolines (drainantes ou non)
- Nombreuses études, notamment sur le comportement hydrogéologique du système



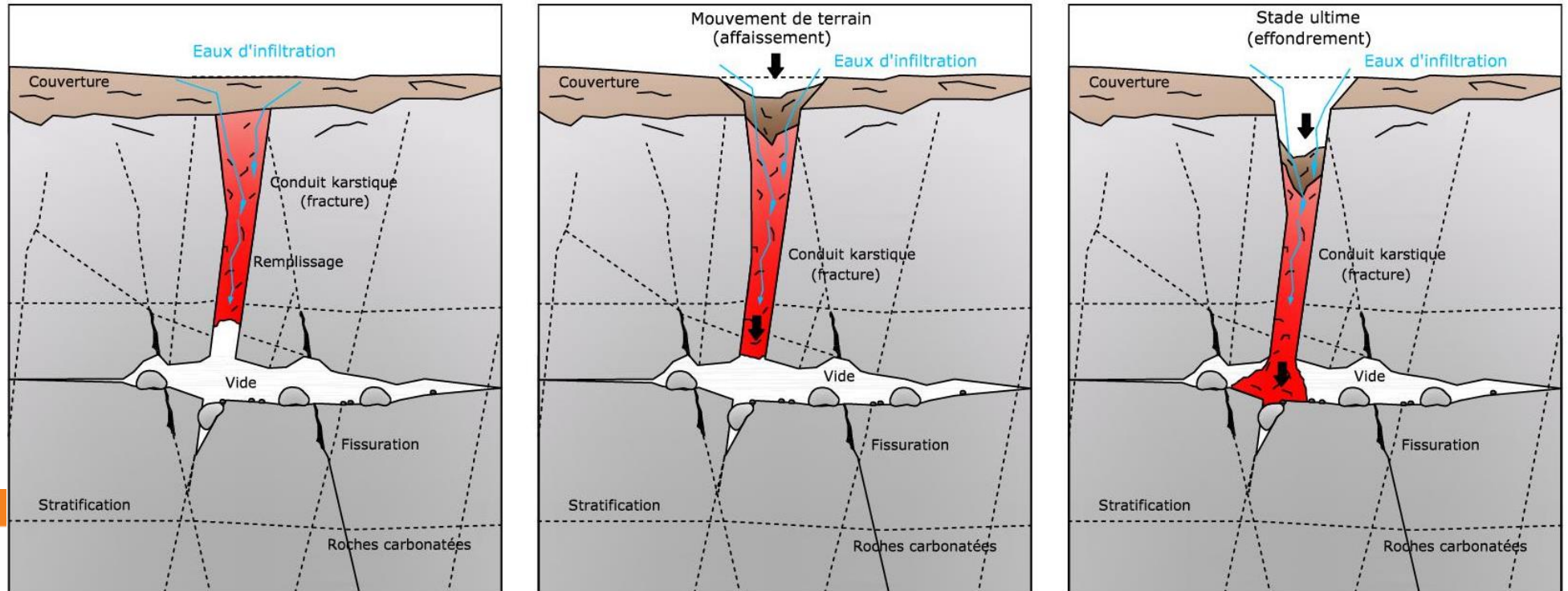


Dans les secteurs d'étude (zone bleue), l'analyse préliminaire semble indiquer qu'un **processus principal** peut conduire à des mouvements de terrain en surface :

→ **Processus de débouillage – soutirage** (Rex Farges 2001) : localisé dans des conduits de type fractures et boyaux +/- colmatés sub-verticaux

Évolution conditionnée par :

- la présence et la nature de matériaux de remplissage (cohésion et épaisseur des remplissages)
- la présence et la nature de matériaux de couverture (cohésion et épaisseur des dépôts)
- **la concentration d'eaux superficielles** (points bas et dépressions topographiques, dont aménagements de surface type fossé, bassin, ...) majoritairement en zone vadose



évolution



PROPOSITION DE MODES DE GESTION DES EAUX EN ZONE BLEUE

En contexte karstique, l'infiltration des eaux dans la roche poreuse peut constituer l'exutoire naturel.



Selon la configuration géomorphologique, cette infiltration naturelle peut être :

- **soit diffuse (plateau du causse)**
- **soit concentrée (perte, doline active, ponor).**

Néanmoins, des préconisations sont à prendre...

Quelques contraintes environnementales supplémentaires sont également à prendre en compte :

- infiltration autorisée sous condition d'abattement bactérien et protection de la ressource en eaux souterraines (ARS ; séparation EUT et EP & Agglo ; EAA)
- refus de rejet dans les fossés routiers du Conseil Départemental
- refus de stockage des eaux en ouvrages ouverts (pb sanitaire / moustiques tigre)



Pour les rejets d'eaux usées :

- contrainte **qualitative** dominante (notamment l'abattement bactérien)
- débit à infiltrer peu important (~150 l/habitant/jour)

Voir EAA/ECES
(**BE spécialisé**)
et contrôle SPANC

Pour les rejets d'eaux pluviales :

- contrainte **quantitative** dominante (eaux de pluie « propres »)
- débit à infiltrer parfois important (périodes humides, orages)



(1) Supprimer/réduire le risque de débordement/soutirage par apports excessifs d'eaux.
 limiter les interactions hydrodynamiques (non contrôlées) entre la surface et le sous-sol karstique

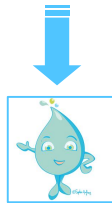
(2) Se rapprocher de rejets d'eaux dans le milieu naturel équivalent (ou très proche) de l'existant.



Régulation des EP par bassin tampon



Cas 1 : Si existence d'un exutoire naturel ponctuel et drainant *
= perte ou doline perméable active / fonctionnelle (avec ponor) ;

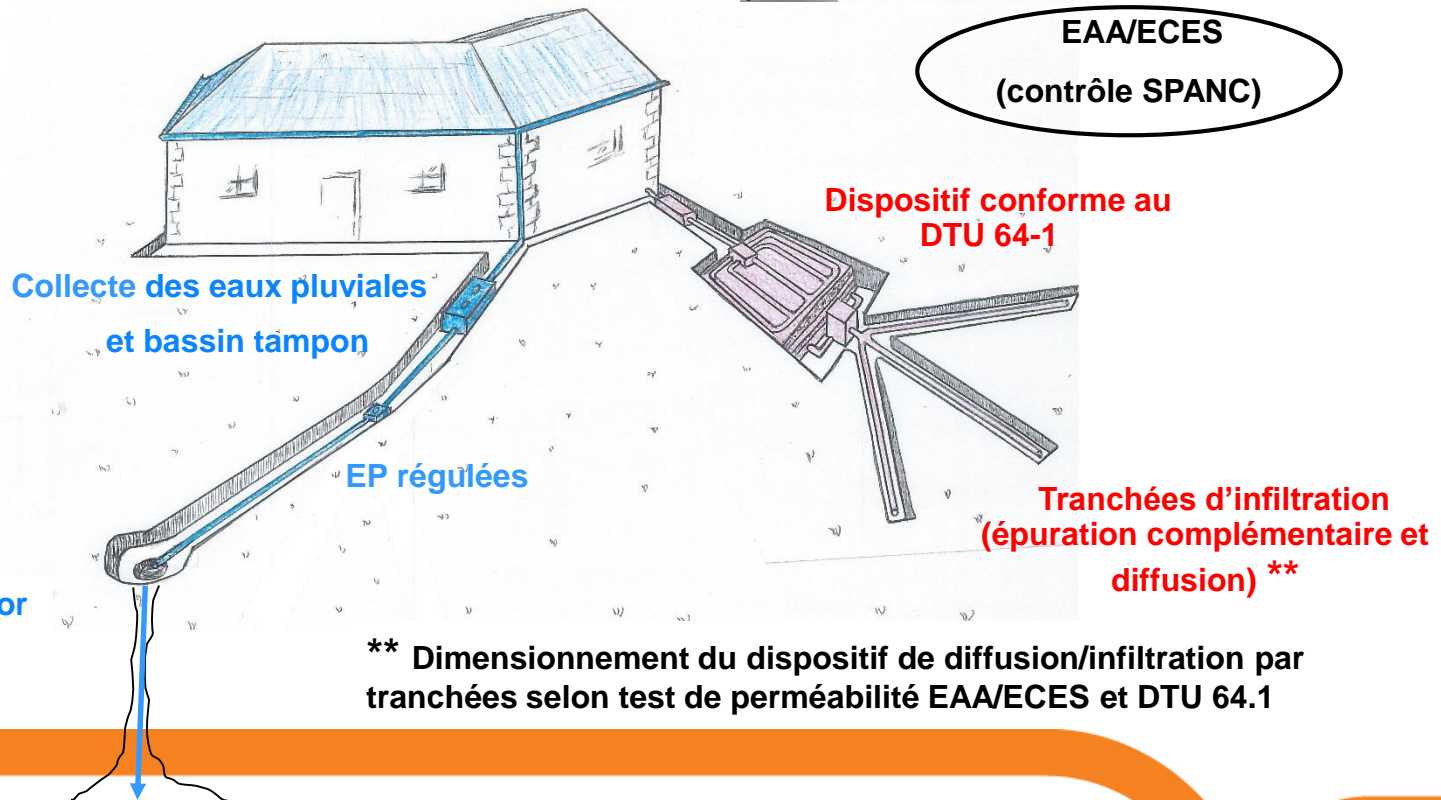


Gestion des eaux pluviales



Gestion des eaux usées

* Les points bas peu ou pas perméables ne sont pas à considérer comme des exutoires naturels en raison du risque de mouvements de terrain des formations de remplissage

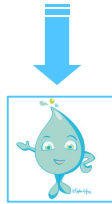


Rejet dans perte existante active / ponor
(à aménager / sécuriser)

** Dimensionnement du dispositif de diffusion/infiltration par tranchées selon test de perméabilité EAA/ECES et DTU 64.1



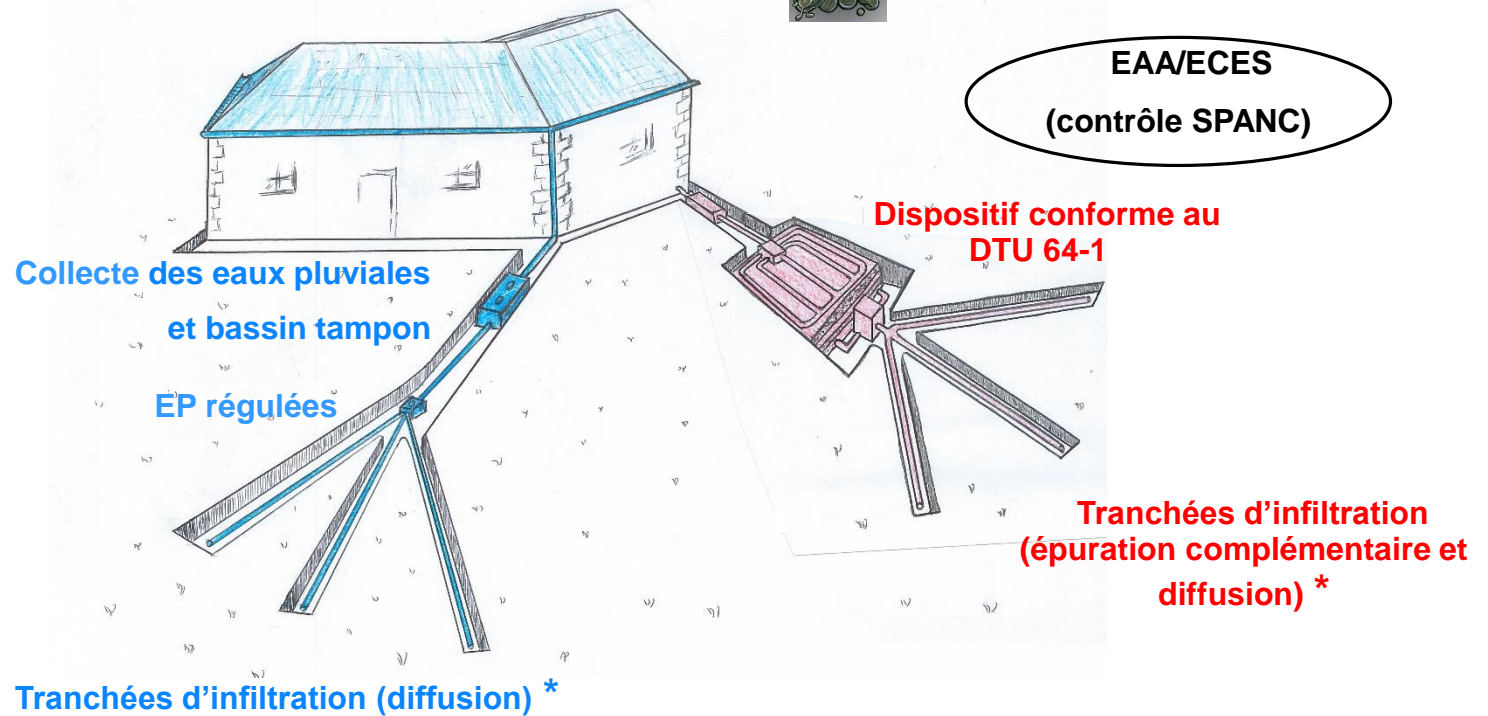
Cas 2 : Si aucun exutoire naturel ponctuel et drainant (plateau ou perte / doline non fonctionnelle)



Gestion des eaux pluviales



Gestion des eaux usées



*Dimensionnement du dispositif de diffusion/infiltration par tranchées selon test de perméabilité EAA/ECES et DTU 64.1



Synthèse : prescriptions générales pour la gestion des eaux pluviales

1 - Limiter l'imperméabilisation :

- limiter autant que possible la surface aménagée
- privilégier des matériaux perméables pour les surfaces autres que la toiture (graviers, galets, allée ou stationnement végétalisé, ...)

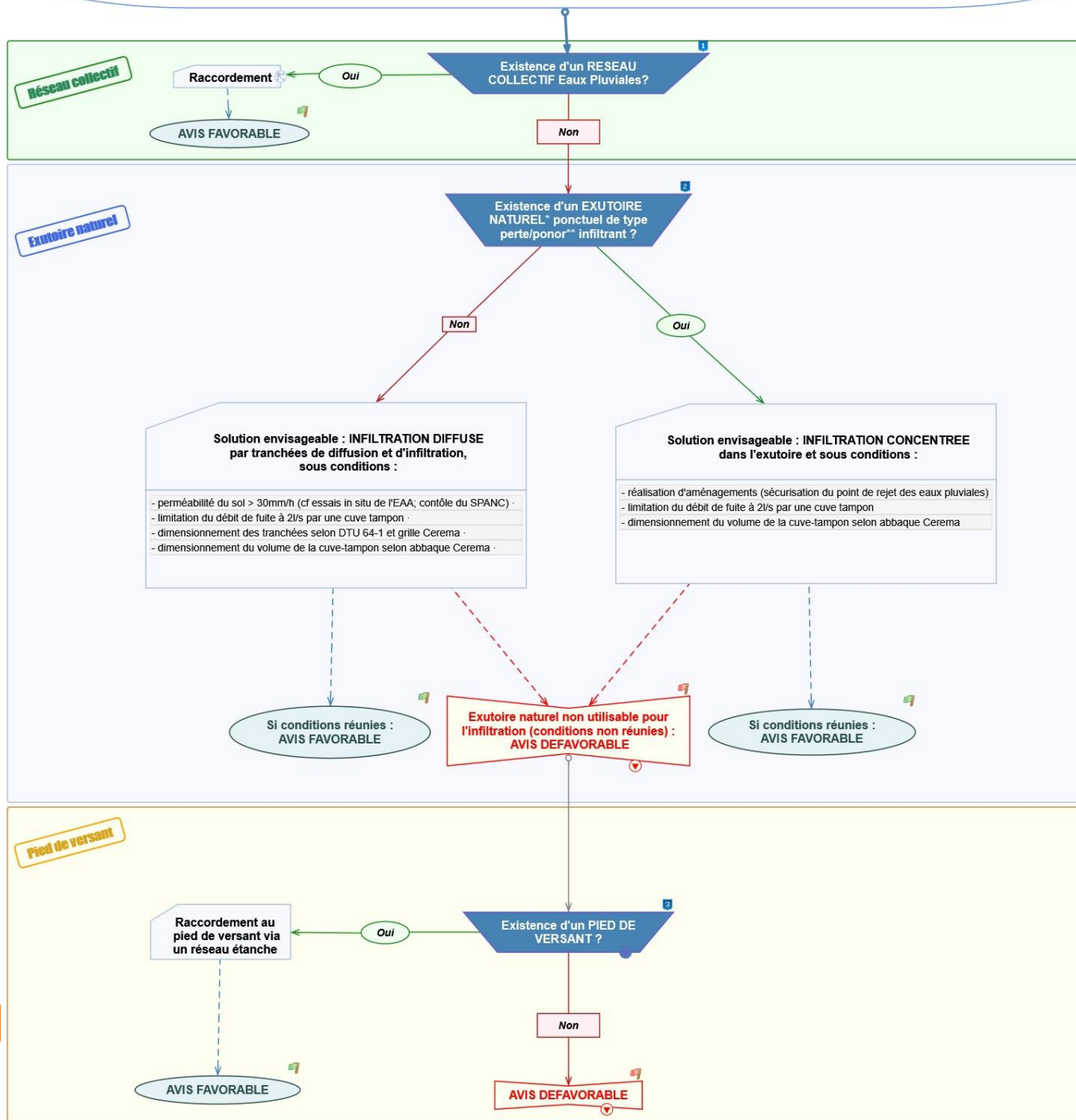
2 - Rejet des eaux pluviales :

- respecter le règlement du PPR en privilégiant le raccordement à un réseau collectif si existant
- à défaut, concevoir un dispositif de rétention des eaux pluviales (*volume tampon (cuve + tranchées drainantes à dimensionner**) à collecte gravitaire :
 - sur la base d'une pluie de projet de période de retour 20 à 30 ans
 - pour une grande partie des projets, de 1 à 3 m³ selon la surface active créée
 - doté d'un orifice de sortie de 3 cm, générant un débit de fuite maximal de 2 l/s

* Dépend de la surface du projet, du volume d'eaux de précipitation, et du débit de fuite



Démarche pour solutionner la gestion des EAUX PLUVIALES*** en zone bleue (aléa karst faible)



Cheminement
proposé pour
la gestion des
eaux pluviales
en zones
karstiques

* exutoire naturel : roche calcaire karstique

** ponor : puits situé dans un poljé (dépression fermée) par lequel les eaux se perdent

*** pour les Eaux Traitées Usées (EUT), se référer à l'Etude d'Assainissement Autonome (...)



Merci de votre attention