



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE LA NIÈVRE

Plan de Prévention des Risques Naturels Cavités souterraines

Commune de OUDAN

Note de présentation **approuvé par arrêté préfectoral en date du**

10 AVR. 2015

**Service instructeur : Direction Départementale des Territoires de la Nièvre
Centre d'Études Techniques de l'Équipement de Lyon**

Vu pour être annexé à notre
arrêté en date de ce jour
Nevers le: **10 AVR. 2015**

Pour le Préfet
et par délégation,
Le Secrétaire Général


Jean-Michel VIDUS

Sommaire

1.Contexte législatif et réglementaire.....	4
1.1. Objectif d'un PPRN.....	4
1.2.Procédure d'élaboration d'un PPRN.....	5
1.3.Fondement de la prescription et contenu du PPRN.....	6
1.4.Concertation autour du PPRN.....	7
2.Commune de Oudan.....	8
2.1.Contexte géographique.....	8
2.2.Contexte géologique.....	9
2.3.Contexte hydrogéologique.....	10
3.Études géotechniques et géophysiques.....	12
3.1.Avis géotechnique du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) suite à l'effondrement.....	12
3.2.Diagnostic du Centre d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) de Lyon – PHASE n°1.....	13
3.3.Diagnostic du Centre d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) de Lyon – PHASE n°2.....	15
4.Analyse des phénomènes.....	24
4.1.Phénomènes observés et pris en compte dans le PPR.....	24
4.2.Carte informative des phénomènes.....	24
5.Analyse des aléas.....	30
5.1.Aléas de référence.....	30
5.2.Niveaux d'aléas.....	32
5.3.Cartographie des aléas.....	32
6.Identification des enjeux.....	34
6.1.Méthodologie	34
6.2.Cartographies des enjeux.....	35
7.Le zonage réglementaire.....	36
7.1.Méthodologie	36

7.2. Cartographie du zonage réglementaire.....	37
8. Règlement.....	38
8.1. Objectifs et principes.....	38
9. Enquête publique et évolution du projet.....	39
9.1. Déroulement de l'enquête publique.....	39
10. Glossaire.....	40

L'établissement d'un Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles (PPRN) est une action de l'État qui s'inscrit dans une politique de prévention des risques naturels. Elle est menée dans un esprit de concertation avec les populations, les collectivités et les organismes concernés. L'objectif premier d'un PPRN est d'identifier les zones exposées aux risques et les zones non directement exposées aux risques mais dont l'aménagement est susceptible d'aggraver les risques existants ou d'en provoquer de nouveaux. L'élaboration d'un PPRN repose donc sur une évaluation du risque associé aux phénomènes naturels. Le risque, dans l'acception de ce terme retenue ici, traduit la conjonction, sur un même territoire, des effets d'un phénomène naturel plus ou moins violent - l'aléa - et d'enjeux, qui peuvent être constitués par des personnes, des biens ou des activités.

Cette note de présentation précise le contexte législatif et réglementaire dans lequel le PPRN est établi, présente succinctement le territoire concerné et résume les études techniques qui ont permis de définir l'aléa et les enjeux en présence. Un zonage réglementaire et un règlement, qui s'appuient sur ces éléments, complètent le PPRN et définissent les mesures de prévention et de protection nécessaires.

1. Contexte législatif et réglementaire

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPRN) cavités souterraines sur la commune de Oudan est établi **en application de l'article L562-1 du Code de l'Environnement**.

Les articles R562-1 à R562-10 du Code de l'Environnement fixent les modalités d'application de ces textes.

1.1. Objectif d'un PPRN

L'importance des zones affectées par les risques naturels impose une politique nationale de prévention des risques naturels. Les Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPRN) est l'un des outils de cette politique nationale de prévention.

L'article L562-1 du code de l'environnement définit les objectifs des PPRN :

- identifier les zones exposées aux risques naturels ;
- identifier les zones dont l'aménagement peut provoquer ou aggraver le risque ;
- proposer une réglementation de l'usage du sol et des mesures de prévention et de protection.

1.2.Procédure d'élaboration d'un PPRN

1.2.1.Élaboration

L'établissement des Plans de Prévention des Risques Naturels prévisibles est prescrit par arrêté du Préfet. Cet arrêté détermine le périmètre mis à l'étude, la nature des risques pris en compte et les modalités de la concertation. Il est notifié aux maires des communes concernées, ainsi qu'aux présidents des collectivités territoriales et des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est inclus en tout ou partie dans le périmètre du projet de plan. Il est affiché pendant un mois dans les mairies et au siège des établissements publics cités et publié au recueil des actes administratifs de l'État dans le département. Mention de l'affichage est insérée dans un journal diffusé dans le département.

Le projet de PPR est ensuite soumis à l'avis des conseils municipaux et des organes délibérants des EPCI déjà cités, ainsi que, le cas échéant, des organes délibérants des départements et des régions si des mesures relèvent de leur compétence. Si le projet de PPR concerne des terrains agricoles ou forestiers, les dispositions relatives à ces terrains sont soumises à l'avis de la Chambre d'Agriculture et du Centre Régional de la Propriété Forestière. Tout avis demandé qui n'est pas rendu dans un délai de deux mois est réputé favorable.

Le projet de PPR est soumis par le Préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles L.123-1 et suivants du Code de l'Environnement. Cette enquête ne peut avoir une durée inférieure à un mois. Les avis recueillis en application du point précédent sont consignés ou annexés au registre d'enquête. Les maires des communes concernées sont entendus par le commissaire enquêteur ou la commission d'enquête une fois que les avis des conseils municipaux sont consignés ou annexés aux registres d'enquêtes.

A l'issue de ces consultations, le plan, éventuellement modifié est approuvé par arrêté préfectoral. Cet arrêté fait l'objet d'une mention au recueil des actes administratifs de l'État dans le département ainsi que dans un journal diffusé dans le département. Une copie de l'arrêté est affichée pendant un mois minimum dans chaque mairie et au siège de chaque EPCI concerné.

Le PPR approuvé est tenu à la disposition du public dans ces mairies et au siège des EPCI ainsi qu'en préfecture. Cette mesure de publicité fait l'objet d'une mention avec les publications et l'affichage prévu au point précédent.

Le plan de prévention des risques approuvé constitue une servitude d'utilité publique. Il doit être annexé aux documents d'urbanisme conformément à l'article R - 126.1 du Code de l'Urbanisme. Il est opposable à tout mode d'occupation ou d'utilisation du sol.

1.2.2. Révision et modification

Le PPR peut être révisé entièrement ou partiellement suivant la même procédure que celle suivie pour l'élaboration. Lorsque la révision d'un PPR prescrit sur plusieurs communes n'est que partielle, les consultations et l'enquête publique ne sont effectuées que dans les communes dont le territoire est concerné par la modification.

Une procédure de modification de PPR, codifiée aux articles R.562-2, R.562-10-1 et R562-10-2 du code de l'environnement, a été instaurée par le décret n°2011-765 du 28 juin 2011. Cette procédure est réservée à des modifications mineures du contenu d'un PPR qui ne portent pas atteinte à l'économie générale du plan.

La procédure de modification peut être utilisée pour : rectifier une erreur matérielle, modifier un élément mineur du règlement ou de la note de présentation, modifier les documents graphiques délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L. 562-1, pour prendre en compte un changement dans les circonstances de fait.

1.3. Fondement de la prescription et contenu du PPRN

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles « cavités souterraines » sur la commune de Oudan, a été prescrit par l'arrêté préfectoral n° 2009-DDEA-2199 du 17 septembre 2009. Ce PPRN porte sur les risques induits par les cavités souterraines issues de phénomènes karstiques ou de suffosion. Sa prescription fait suite à l'arrêté du 25 juin 2009 portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle concernant un mouvement de terrain observé le 25 janvier 2009 sur la commune. Son périmètre géographique correspond aux limites administratives de la commune.

La Direction Départementale des Territoires de la Nièvre est chargée d'élaborer et d'instruire le dossier de projet de PPRN.

Conformément à l'article R562-3 du code de l'Environnement, le PPRN « cavités souterraines » sur la commune de Oudan comporte :

- la présente note de présentation,
- un règlement,
- un plan de zonage réglementaire,
- des annexes cartographiques à la note de présentation (carte informative des phénomènes, carte des aléas et cartes des enjeux).

1.4. Concertation autour du PPRN

Afin de partager la même compréhension à chaque étape de l'élaboration du plan de prévention des risques, le service instructeur a engagé une démarche volontariste d'information et de concertation avec les parties prenantes.

L'information et la concertation mises en œuvre par la DDT ont consisté respectivement :

- À expliquer la démarche globale d'élaboration du document aux élus lors d'une réunion publique de démarrage qui s'est tenue le 09 décembre 2011 en mairie;
- À conduire des réunions d'information et d'échange avec les décideurs locaux sur les documents produits dans le cadre du PPRN :
 - les études d'aléas ont été présentées et remises aux collectivités pour avis lors d'une réunion destinée aux élus le 06 septembre 2012.
 - la cartographie des enjeux a été présentée à la collectivité également le 06 septembre 2012 afin qu'elle puisse partager l'analyse de l'occupation du sol et les projets de développement recensés sur son territoire.
 - les principes réglementaires et le projet de la cartographie du zonage réglementaire ont été présentés à la collectivité le 11 décembre 2012.
 - le projet de règlement a été présenté et transmis pour avis à la collectivité le 04 juillet 2013.
 - une réunion publique de présentation du projet de PPR s'est tenue le 24 juin 2014.
- À mettre à disposition du public une affiche d'information disponible dans les mairies afin de permettre à la population de s'informer sur la démarche d'élaboration du PPRN cavités souterraines.
- À renseigner une rubrique sur le portail internet des services de l'État ayant pour but de promouvoir la diffusion des informations essentielles telles que les documents validés.

2. Commune de Oudan

2.1. Contexte géographique

La commune de Oudan est située dans le quart nord-ouest du département de la Nièvre, entre La Charité-sur-Loire et Clamecy et à proximité de Varzy. C'est une commune rurale, traversée par la RN 151, qui compte 134 habitants (population municipale 2011).

La zone d'étude du plan de prévention des risques naturels cavités souterraines couvre la totalité du territoire communal, soit une superficie totale d'environ 20 km².



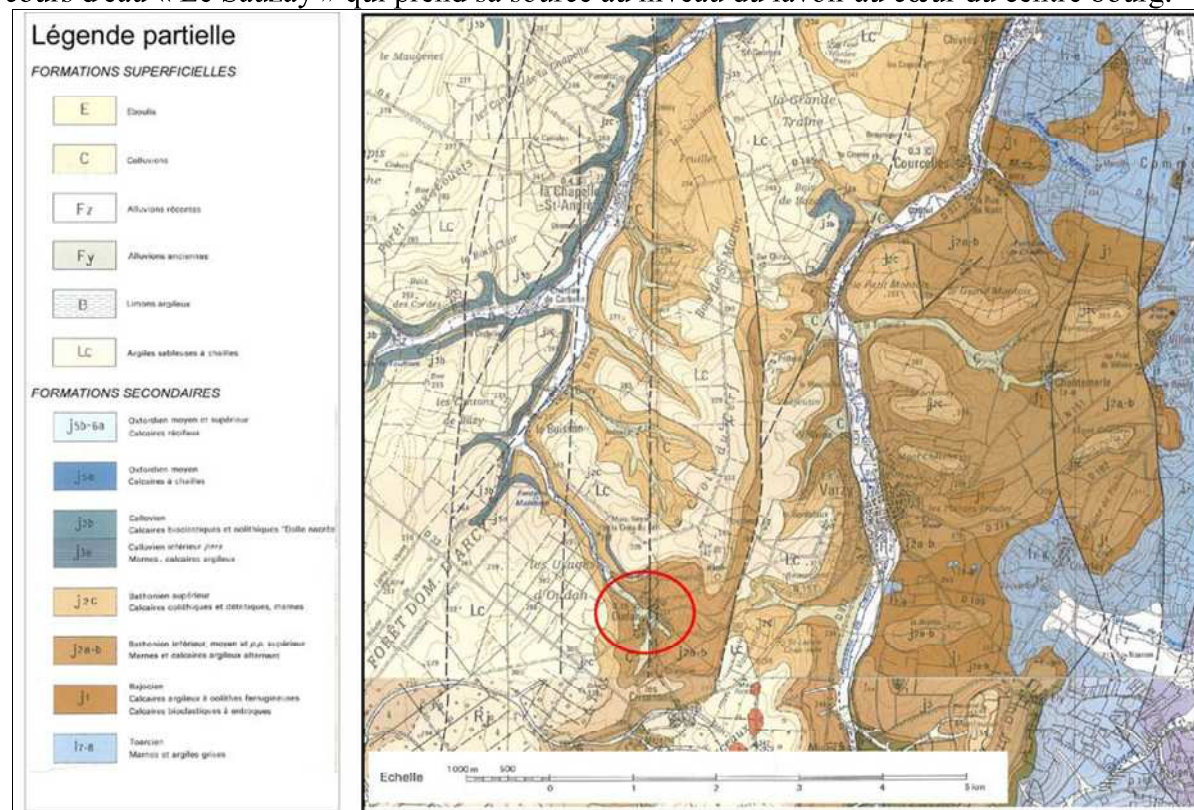
Localisation de la commune de Oudan



Commune de Oudan (extrait carte IGN 1/25000)

2.2.Contexte géologique

La majorité du territoire communal est constituée de plateaux calcaires boisés entaillés localement sur une profondeur de plus de 50 m par des **vallées sèches(*)** ou occupée par le cours d'eau « Le Sauzay » qui prend sa source au niveau du lavoir au cœur du centre bourg.



Extrait des cartes géologiques au 1/50000°

(*) voir définition dans le glossaire en fin de document

D'après les cartes géologiques 1/50 000° du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et la visite sur site du BRGM, en février 2009, le contexte géologique est une région constituée de plateaux calcaires du Jurassique moyen avec la présence d'intercalations marneuses. Une faille de direction Nord-Sud traverse le bourg légèrement à l'ouest de la source du Sauzay au niveau du lavoir. Le bourg est situé sur la formation du Bathonien inférieur et moyen d'une épaisseur de 50 à 70 m constituée essentiellement de calcaires argileux avec quelques intercalations marneuses. Ces calcaires argileux recouvrent une formation de 5 à 10 m de calcaire du Bajocien. Au-dessous figurent les marnes du Toarcien. Le fond de vallon est recouvert par des *colluvions*(*).

2.3.Contexte hydrogéologique

D'un point de vue hydrogéologique, les formations calcaires et marno-calcaires présentent des *aquifères* fissuraux plus ou moins développés. En effet la géométrie et l'extension des réseaux de fissures est directement influé par la nature des roches rencontrées. Alors que dans les calcaires francs, les fissures tendent à se développer sur de grandes longueurs et avec des ouvertures parfois très importantes, dans les contextes marno-calcaire les réseaux sont généralement peu étendus et les ouvertures réduites.



Source du Sauzay située au niveau du lavoir

Sur la commune d'Oudan, les deux types de géométrie co-existent vraisemblablement. Les réseaux peu étendus de petites fissures, qui se développent proches de la surface, seront désignés sous l'appellation *aquifère*(*) fracturé. Les réseaux étendus de fissures importantes, souvent à grande profondeur, seront désignés sous le terme d'aquifère *karstique*(*).

Les circulations d'eaux souterraines alimentent notamment la source du Sauzay (lavoir au centre du bourg), ainsi qu'une vingtaine de puits. A priori, les eaux de surface alimentent de façon non négligeable les aquifères.

Les manifestations des phénomènes géologiques concernés par le présent PPR sont intimement liées au type de réseau fissural, donc au contexte hydrogéologique. Alors que les phénomènes de *suffosion*(*) sont liés aux réseaux peu étendus, proche de la surface de petites fissures, les phénomènes *karstiques* concernent les terrains plus profonds.

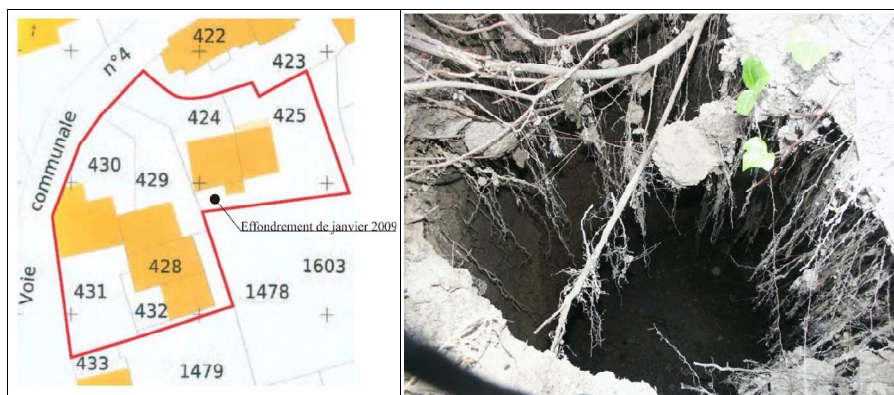
La source du Sauzay se situe au niveau du lavoir du village. L'émergence actuelle dans le lavoir ne correspond cependant pas à la résurgence naturelle, probablement captée en amont. Cette source provient vraisemblablement des circulations d'eaux dans les aquifère fracturés, et potentiellement de circulations d'eau karstiques (aquifère karstique). Les potentielles circulations d'eau karstiques sous le bourg d'Oudan se produiraient ainsi au sein des calcaires du Bajocien. Cette nappe karstique serait en relation avec l'aquifère fracturé. Le niveau de base correspondrait au niveau d'eau du lavoir.

Un entretien avec le président du comité départemental de spéléologie de la Nièvre a permis de confirmer qu'aucun réseau karstique n'avait été reconnu dans le secteur étudié. D'après le président du comité départemental de spéléologie, les conduits karstiques de la région sont vraisemblablement de faibles dimensions (diamètre de conduits d'ordre de grandeur métrique).

La commune a établi un recensement et fourni une carte des puits présents sur la commune. Il semble ainsi que l'ensemble des puits s'oriente suivant une direction globalement Nord-Sud passant par le lavoir. Cette interprétation est évidemment à prendre avec prudence. L'alimentation des puits n'est pas connue. Les apports d'eau en provenance de la surface alimentent vraisemblablement de façon non négligeable les circulations d'eau souterraines (influence vraisemblable de la pluviométrie). Par ailleurs, la commune ne possède pas de réseaux d'assainissement « tout à l'égout », pouvant aggraver les ruissellements et les infiltrations d'eau.

3. Études géotechniques et géophysiques

3.1. Avis géotechnique du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) suite à l'effondrement



Localisation de l'effondrement de janvier 2009

Un effondrement a été constaté en centre bourg de Oudan le 25 janvier 2009. Un géologue-géotechnicien du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) est intervenu le mercredi 4 février 2009, à la demande de la Préfecture de la Nièvre.

Les coupes géologiques, la visite du site et les entretiens avec les habitants et la mairie ont permis d'identifier :

- le contexte géologique de la formation d'un *fontis*(*),
- l'environnement favorable au développement d'un réseau karstique,
- une source (vraisemblablement d'origine karstique).

L'extension non connue du réseau karstique n'a pas permis de localiser précisément les risques au-delà de la zone touchée.

Dans son rapport de février 2009, le BRGM conclut que :

- les maisons avaient pu subir des dommages (tassements différentiels au niveau des fondations, déstabilisant dans ce cas leur structure),
- la construction la plus proche de l'effondrement (appentis en maçonnerie) était menacée de ruine à très court terme.

Le 09 avril 2009, un arrêté municipal portant interdiction définitive d'habitation est pris par la commune. Suite à cette décision, une procédure d'acquisition amiable des biens compris dans le périmètre de sécurité (parcelles n° 424, 425, 428, 429, 430, 431, 432, et 1478 section A) est lancée pour le compte de la commune.

3.2. Diagnostic du Centre d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) de Lyon – PHASE n°1

Une première campagne de reconnaissances a été lancée en **2009** à la demande de la Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture.

• Méthodes utilisées



Sondages de reconnaissance

Cette campagne a consisté à réaliser :

- 14 sondages destructifs,
- 1 sondage carotté,
- 1 reconnaissance géophysique par *radar géologique(*)* dans le périmètre de sécurité.

Compte-tenu des accès et des emprises disponibles, deux profils de sondages ont été réalisés à l'ouest et à l'est de l'effondrement. Les sondages ont été réalisés au plus près de l'effondrement.

• Résultats

De façon synthétique, les terrains recoupés par les sondages sont constitués par :

- un niveau supérieur constitué par une formation d'altération indissociable d'une formation marno-calcaire (éboulis calcaires dans une matrice limonoargileuse ocre) jusqu'à une profondeur comprises entre 8 et 11 m ;
- un niveau inférieur constitué par une formation marneuse grise.

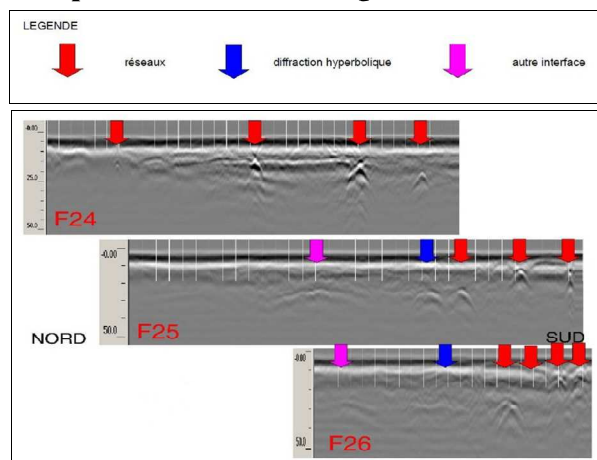
Ces deux niveaux appartiennent vraisemblablement aux formations du Bathonien inférieur et moyen.

Lors de la réalisation des sondages, plusieurs niveaux plus humides ont été reconnus, traduisant vraisemblablement une circulation préférentielle d'eau dans des fractures ou fissures des formations marno-calcaire. Il est à noter l'existence d'une relation entre certains sondages. **Les informations récoltées sont caractéristiques d'une aquifère fracturée.**

Deux sondages ont été tubés afin de réaliser un suivi du niveau *piézométrique*(*).

Une inspection par caméra vidéo en forage a été réalisée dans deux sondages. Il ressort de cette inspection l'absence de vides, les niveaux identifiés correspondant vraisemblablement à des zones décomprimées.

L'inspection vidéo en forage a confirmé la nature marno-calcaire des terrains recoupés par sondages.



Exemple de coupe temps radar

De façon générale, les profils radar réalisés ont montré une forte atténuation du signal. Ceci est à mettre en relation avec la forte proportion argileuse des terrains limitant la propagation des ondes en profondeur.

L'analyse de ces profils a permis d'identifier des anomalies continues et transversales à la chaussée. La plupart de ces anomalies sont associées à des réseaux.

Deux anomalies ponctuelles, ainsi qu'une interface continue de plusieurs mètres de long, localisées à une profondeur supérieure à 1 m (plus profond que les autres réseaux mis en évidence), sont potentiellement associées à une hétérogénéité des terrains, et potentiellement à des circulations d'eaux souterraines (alimentation possible du lavoir).

• Conclusions

De façon synthétique, l'analyse des données géologiques et géotechniques a apporté les enseignements suivants :

- le bourg d'Oudan se situe sur des formations marno-calcaires du Bathonien inférieur et moyen,
- l'étude des sondages n'a pas mis en évidence de vides francs au sein de ces formations, mais seulement de zones décomprimées,
- les calcaires durs du Bajocien, susceptibles d'être karstifiés, n'ont pas été recoupés par sondages,
- les circulations d'eau au sein des niveaux recoupés par sondages sont a priori associées à une aquifère de type fracturé,
- il n'est pas possible en l'état actuel des connaissances d'apporter une explication précise sur les mécanismes de l'effondrement,
- les apports d'eaux pluviales pourraient avoir eu un rôle dans le mécanisme d'effondrement.

Afin de compléter cette première phase de diagnostic, des investigations complémentaires ont été réalisées.

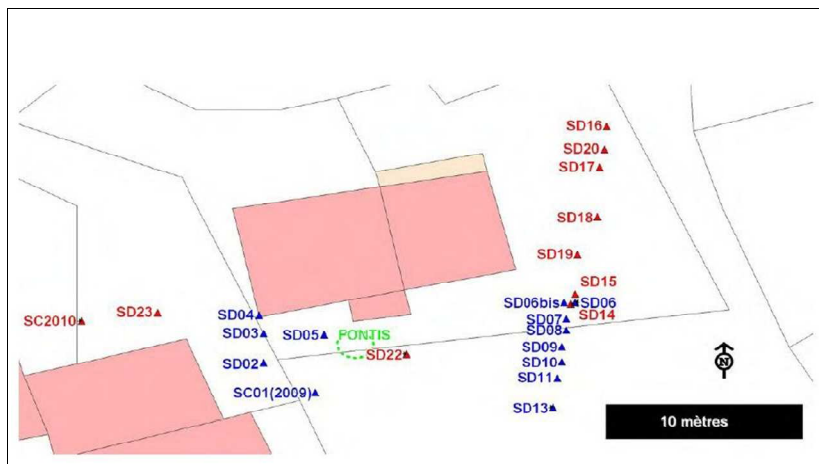
3.3. Diagnostic du Centre d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) de Lyon – PHASE n°2

Suite aux incertitudes découlant de la première campagne d'investigations, une deuxième campagne de reconnaissances a été effectuée en 2010.

- **Méthodes utilisées**

Les investigations suivantes ont été réalisées :

- réalisation d'un sondage carotté plus profond ayant pour objectif de recouper les calcaires durs du Bajocien et d'atteindre le toit des marnes du Toarcien.
- réalisation de 10 sondages destructifs plus profonds pour recouper la formation de calcaires durs du Bajocien ayant pour objectif de recouper des cavités.
- réalisation d'une inspection par caméra vidéo en forage pour déterminer les caractéristiques géométriques des vides rencontrés et pour guider les sondages, le cas échéant,
- des essais de traçage à la *fluorécéine*(*) avec pose de fluo-capteurs dans certains forages et dans les sources du lavoir,
- pose de deux sondes CPI (capteur de pression interstitielle) pour réaliser un suivi piézométrique ; un suivi régulier croisé avec les données pluviométriques permettent d'analyser les circulations d'eaux souterraines et d'estimer la relation existante entre précipitations et écoulements souterrains.

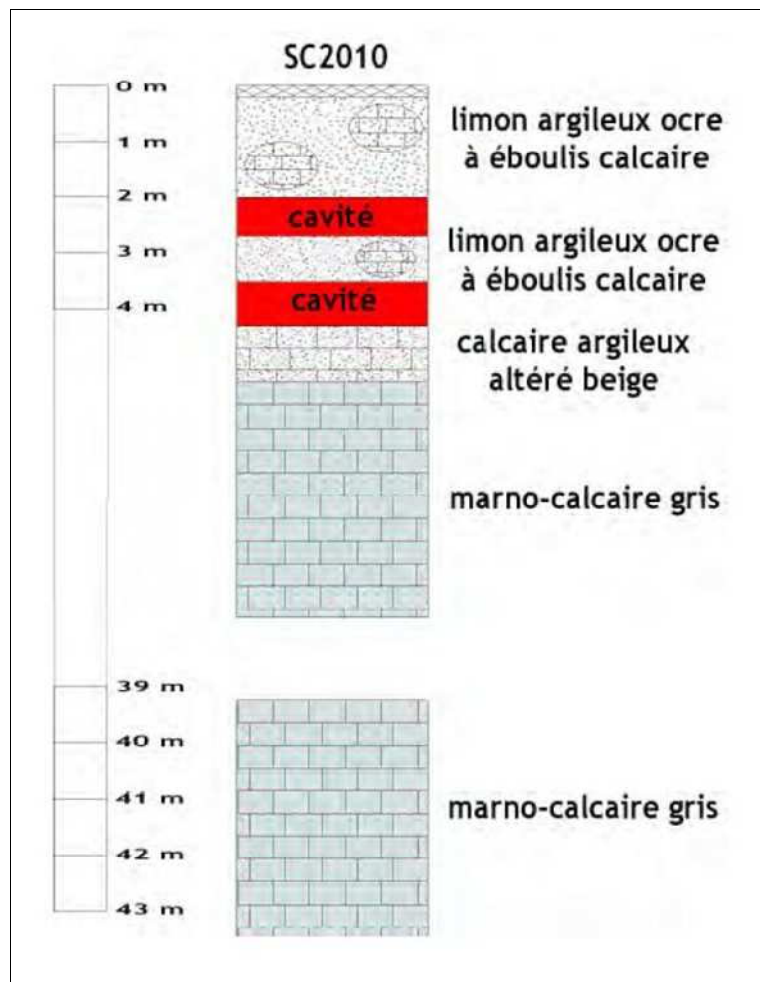


Localisation des forages (campagne 2009 en bleu, campagne 2010 en rouge)



Installation d'une sonde CPI

• Résultats



Log synthétique du sondage carotté « SC2010 »

Le sondage carotté « SC2010 » a été arrêté à 43,50 m de profondeur, en raison de problème technique, sans avoir rencontré le calcaire. Les terrains reconnus sont (illustration ci-contre), de haut en bas :

- (1) : 20 cm de remblai de terre végétale,
- (2) : presque 5 m de calcaire argileux très altéré, **au sein duquel se sont développés des cavités**,
- (3) : plus de 38 m de marno-calcaire sans fracturation à partir de la cote 25 m. Le niveau repère du calcaire du Bathonien inférieur n'a pas été atteint.

L'ensemble lithologique (2), initialement interprété comme un éboulis peut correspondre soit au Bathonien supérieur fortement altéré, soit à un niveau relativement plus carbonaté de l'ensemble Bathonien moyen et inférieur.

L'état actuel des connaissances n'a pas permis d'opter pour l'une ou l'autre des hypothèses. Ainsi, les deux campagnes de forage n'ont pas permis de reconnaître les calcaires durs du Bajocien susceptibles d'être identifiés au droit du bourg d'Oudan. Le niveau de calcaire Bajocien se trouve donc à plus de 43 mètre de profondeur.

Lors de l'inspection caméra du sondage carotté SC2010, il n'a pas été possible d'observer la cavité rencontrée dans le forage entre 2 et 2,70 m de profondeur en raison du tubage descendu trop bas. Il a cependant été montré que :

- la cavité, de dimension métrique, observée entre 3,30 et 4,00 m de profondeur s'est vraisemblablement développée entre deux *strates*(*),
- les conduits de dissolution observés ne semblent pas dépasser 20 cm de large pour quelques centimètres de haut,
- le fond de la cavité est couvert par la boue de forage, ce qui tend à montrer qu'il n'y a pas eu d'arrivée d'eau entre le forage et l'inspection vidéo.
- **Les sondages destructifs ont mis en évidence la présence de cavités de taille très modeste sur une tranche de terrains de 1 à 2 m de profondeur.**

D'autres inspections par caméra ont été effectuées sur des sondages destructifs qui présentaient des zones de décompression. Ces inspections ont démontré :

- la présence de conduits de dissolution de taille très modeste (pluri-centimétrique)
- des élargissements du trou de forage au droit de niveaux vraisemblablement plus altérables par les circulations souterraines,
- un niveau d'eau en profondeur présentant une forte **turbidité(*)** (eau des circulations souterraines ou eau de forage).



Conduits de dissolution

La fluorescéine a été injectée dans un forage en amont de la zone étudiée et des fluo-capteurs (charbons actifs en grains) ont été placés dans plusieurs autres forages ainsi qu'au niveau des **résurgences(*)** du Sauzay (lavoir).

Les résultats de cet essai de traçage sont les suivants :

- aucune coloration n'a été observée au niveau des arrivées d'eau du lavoir,
- la désorption des charbons actifs n'a pas révélé de présence de fluorescéine.

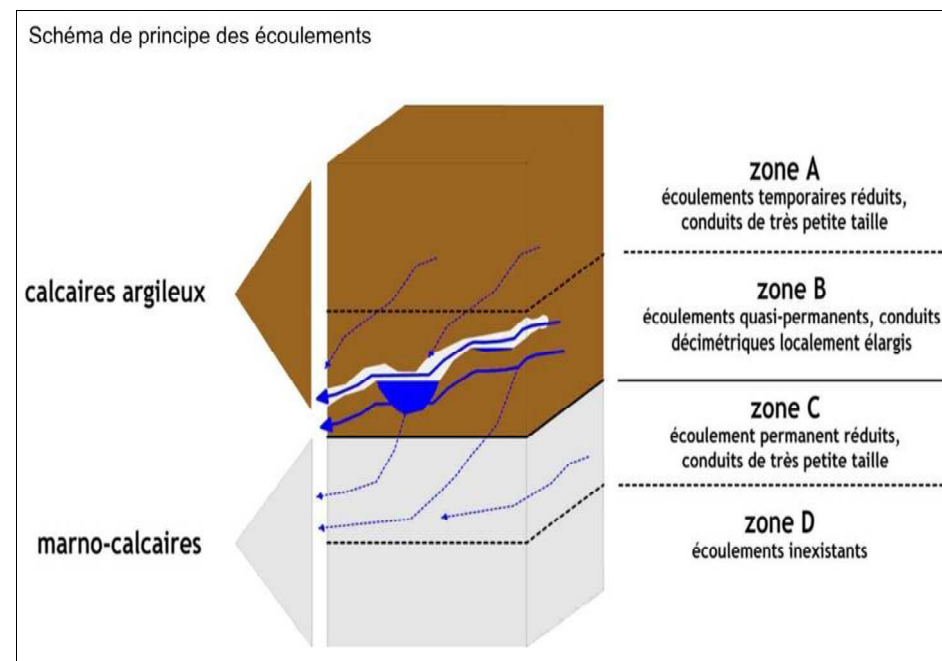
Ces résultats confirment l'absence de relations entre les cavités recoupés au niveau du forage destructif de la partie amont et les autres vides recoupés, ainsi que le lavoir.

Ces résultats sont toutefois à nuancer, dans la mesure où le volume d'eau injecté était faible (plusieurs m³ aurait du être injectés pour mettre en évidence d'éventuelles relations).

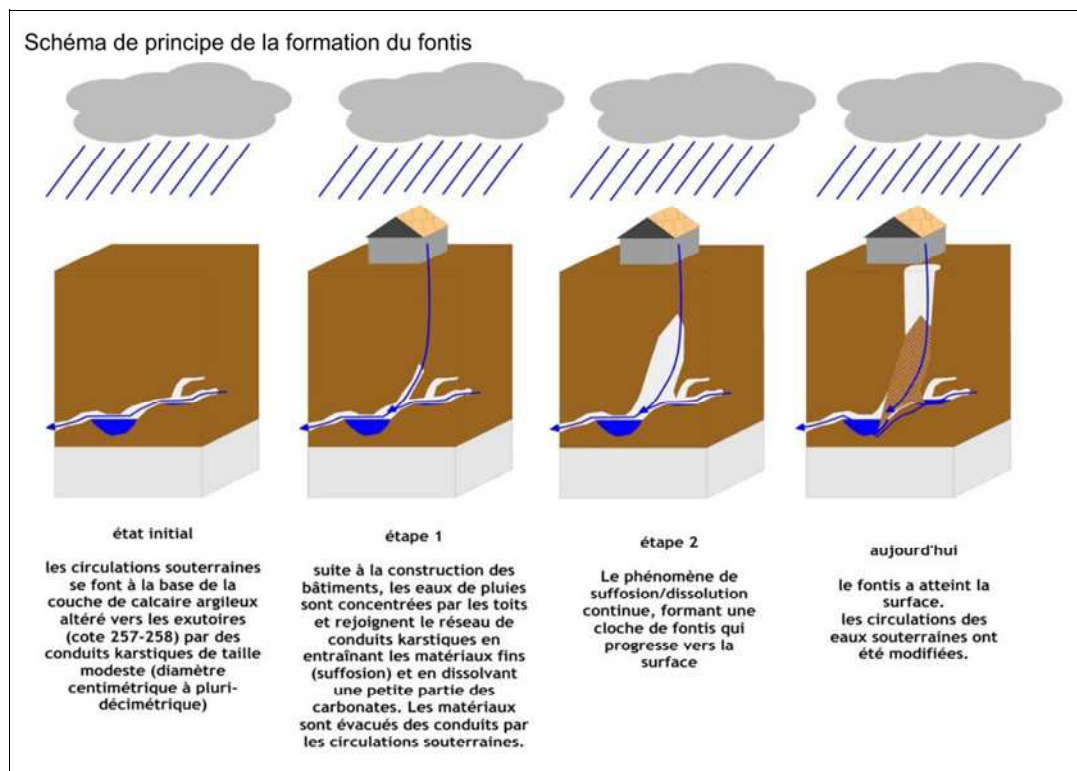
L'exutoire de la partie du réseau intercepté par certains sondages reste inconnu.

• Conclusions

- le sondage carotté profond (SC2010) n'a montré que de très rares circulations d'eau (zone C) très localisées,
- sous 21 mètres de profondeur, aucune circulation d'eau n'a été observée sur les carottes du sondage SC2010 (zone D),
- le réseau de dissolution se développe dans les calcaires argileux très altérés directement en contact avec l'ensemble de marno-calcaires du Bathonien moyen et inférieur.
- au sein des calcaires argileux les conduits sont de taille réduite, n'excédant rarement 20 à 30 centimètres de large pour quelques centimètres de haut,
- ces conduits de dissolution semblent suivre deux orientations, N50° et N100°,
- le réseau n'est pas développé dans les marno-calcaires,
- **la formation du fontis a très certainement été provoquée par un phénomène de suffosion (voir schéma ci-dessous),**
- il ne semble pas y avoir d'accumulation d'eau en amont du fontis,
- l'exutoire d'une partie du réseau de dissolution reste inconnu.



Écoulements des eaux souterraines



Phénomène de suffosion, formation d'un fontis

L'écoulement des eaux souterraines suit un réseau très ramifié de conduits de dissolution de taille très modeste. Ce réseau suit les fracturations du massif rocheux.

En l'absence de gestion des eaux pluviales, le risque est engendré par l'entraînement des matériaux argileux par les eaux souterraines.

4. Analyse des phénomènes

4.1. Phénomènes observés et pris en compte dans le PPR

- **Phénomène de « suffosion »**

La suffosion correspond à l'entraînement des matériaux fins (argiles) par les eaux souterraines. La suffosion est matérialisée en surface par :

- les effondrements,
- les affaissements,
- les sources,
- les zones de fluage des matériaux,
- ...

- **Phénomène karstique**

Le karst désigne un plateau de roches carbonatées affecté par des phénomènes de dissolution causés par les eaux pluviales. Il en résulte la formation de réseaux de conduits, dont les zones de contact à la surface sont marquées par des dolines (dissolution, effondrement et entraînement des matériaux).

Les phénomènes karstiques pris en compte sont:

- les *dolines*(*),
- les *avens*(*),
- les vallées sèches,
- ...

4.2. Carte informative des phénomènes

La carte informative des phénomènes, a été établie par le CETE de Lyon. Elle a pour objet de faire apparaître :

- les désordres observés sur le territoire communal (karts, fontis, dolines,...),
- les données tectoniques (failles,...),

- les données hydrauliques (sources, puits,...),
- les autres informations permettant une meilleure compréhension du contexte géologique.

A cette fin, une consultation attentive des documents existants (études, données IGN,...), des enquêtes, ainsi qu'une campagne d'observation du territoire ont été réalisées :

➤ **Études du CETE de Lyon et du BRGM**

Ces études ont permis de déterminer et caractériser les phénomènes rencontrés sur la commune, notamment le phénomène de suffosion.

➤ **Connaissance des élus et des habitants**

La connaissance des élus a permis de retrouver des marques d'effondrement bien connus des habitants de Oudan, en particulier l'effondrement d'origine karstique situé en forêt, sur les plateaux alentours du village.

➤ **Enquête locale**

Une enquête a été conduite par le CETE et la DDT en lien avec la mairie pour inventorier, localiser et caractériser les puits privés et communaux présents sur la commune. Les questionnaires ont été transmis via la mairie en fin d'année 2011. Vingt-six particuliers ont répondu et complété ce questionnaire ainsi que la collectivité pour les puits communaux.

➤ **Entretien avec le président du comité départemental de spéléologie de la Nièvre**

Cette entretien, réalisé en juillet 2009, a permis au CETE de :

- vérifier qu'aucun conduit karstique n'était connu dans le secteur d'étude,
- de caractériser les conduits karstiques que l'on peut rencontrer dans la région, à savoir des conduits d'un diamètre maximal de un mètre.

➤ **Campagne de terrain**

Cette reconnaissance visuelle permet généralement de découvrir des indices de terrain non repérés jusqu'alors et de confirmer ou d'infirmer les indices recensés dans les divers documents (photos aériennes, archives, études,...). Elle permet de localiser sur une carte et de caractériser les indices visibles

(type d'indices, dimensionnements,...).

La reconnaissance s'est déroulée sur 5 journées (courant de l'été 2011).

➤ **Étude des cartes et plans**

Les cartes suivantes ont été consultées et analysées :

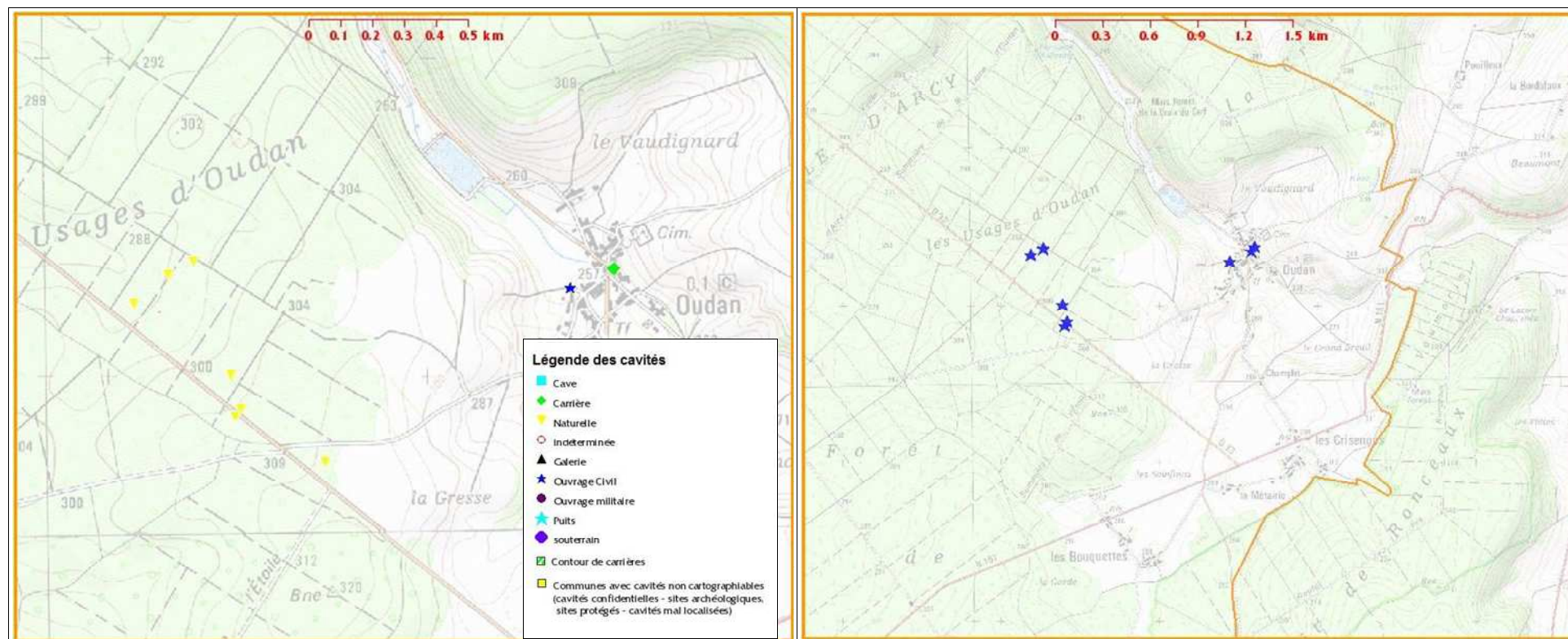
- les cartes IGN, 1/25 000,
- les cartes géologiques du BRGM au 1/50 000°, de Clamecy (n°465) et de Prémary (n°495),
- les photos aériennes IGN.

L'examen comparatif des missions photographiques IGN réparties dans le temps permet de repérer divers indices, notamment l'évolution des zones de dépressions topographiques pouvant signaler des effondrements ou affaissements de cavités.

➤ **Recherche de documentations**

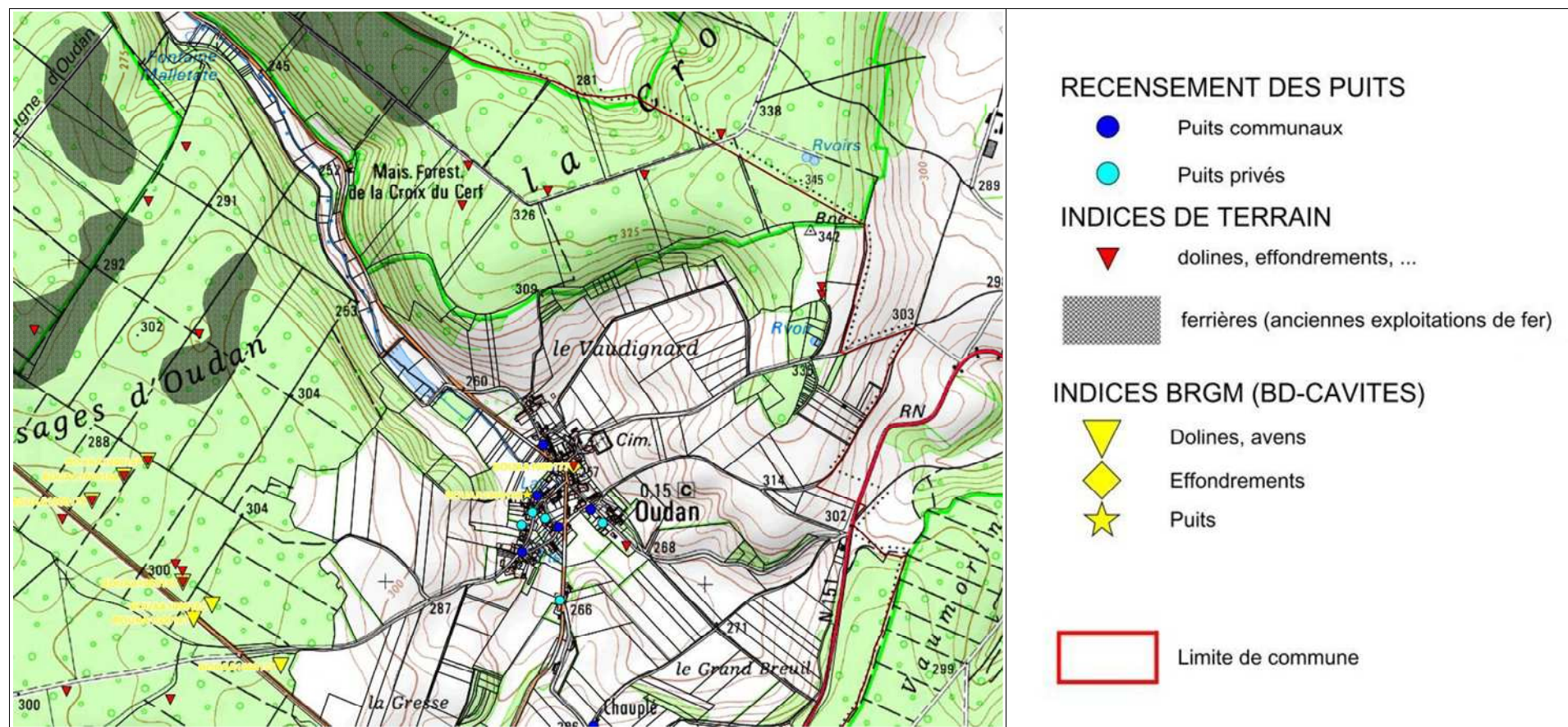
La thèse de Jacques Ledier (Université de Bourgogne – Centre des Sciences de la Terre) réalisée en 1986 sur le bassin versant du Sauzay a permis de recueillir de nombreuses informations notamment sur la ***Lithostratigraphie(*)*** et les orientations préférentielles des fracturations sur le secteur d'étude.

➤ **Bases de données Cavités Souterraines et Mouvements de Terrain du BRGM : www.bdcavite.net et www.bdmvt.net**
Plusieurs cavités souterraines et effondrements sont répertoriés sur les bases de données établies et mises à jour par le BRGM.



Extrait des cartes Bdcavité.net et Bdmvt.net, juin 2013

La cartographie des phénomènes a été présentée aux élus de la commune le 06 septembre 2012 et a été validée lors de la réunion du conseil municipal en date du 1er octobre 2012.



Extrait de la carte informative des phénomènes

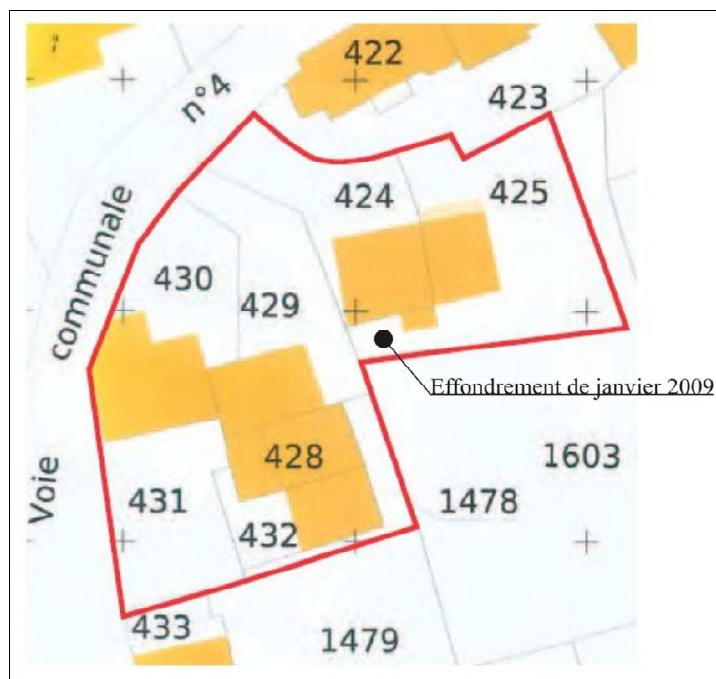
5. Analyse des aléas

L'analyse des aléas a été réalisée courant 2012 par le CETE de Lyon.

5.1. Aléas de référence

- **Phénomène de « suffosion »**

L'aléa de référence, correspondant à un aléa très fort, est l'effondrement apparu en janvier 2009 sur la parcelle n° 425 section A.

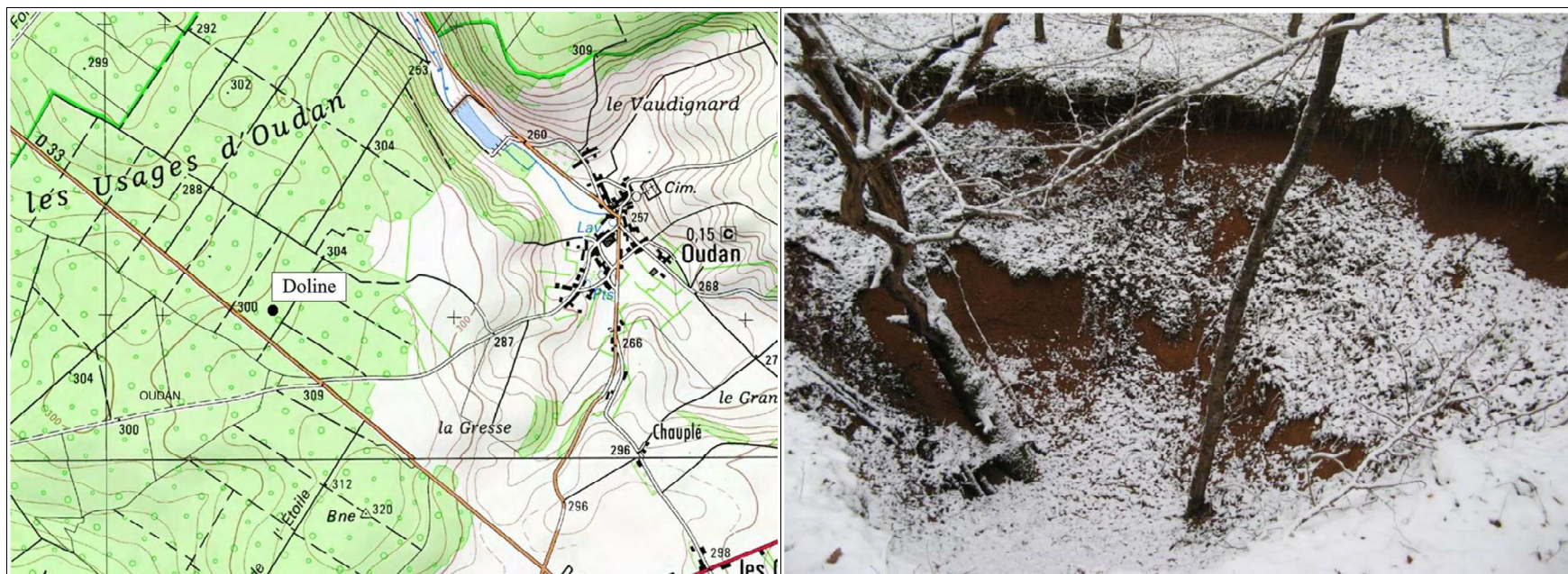


Localisation et identification de l'aléa de référence « suffosion »

L'aléa « suffosion » concerne les parties de la commune situées en pied de versant, à l'aplomb de la zone d'alimentation de la source du Sauzay.

- **Phénomène karstique**

L'aléa de référence, correspondant à un aléa très fort, est la doline observée en forêt proche de la RD 33.



Localisation et identification de l'aléa de référence «karstique»

Le réseau de dissolution se développe dans les calcaires du Callovien et du Bathonien supérieur. Les zones concernées par l'aléa « karstique » sont toutes les parties de la commune située sur les plateaux calcaires (correspondant principalement à des zones boisées).

5.2. Niveaux d'aléas

• Aléa « suffosion »

Sur les zones dont la nature des sols (lithologie) est propice au phénomène de suffosion, l'aléa est déterminé à partir des désordres observés, de la pente du terrain naturel et du contexte rencontré (écoulements souterrains, faille probables,...). Le tableau ci-dessous précise la détermination des niveaux d'aléas « suffosion » :

Lithologie (nature des sols)	Désordres	Contexte identique à l'aléa très fort	Pente moyenne à forte	Pente faible	types d'aléa
X	X				TRES FORT
X		X			FORT
X			X		MOYEN
X				X	FAIBLE

• Aléa « karstique »

Sur les zones dont la nature des sols (lithologie) est propice au phénomène karstique, l'aléa **est déterminé à partir des phénomènes observés et des failles avérées ou probables**. Le tableau ci-dessous précise la détermination des niveaux d'aléas « karstiques » :

Lithologie (nature des sols)	Phénomènes avérés	Failles avérées ou probables	types d'aléa
X	X		FORT
X		X	MOYEN
X			FAIBLE

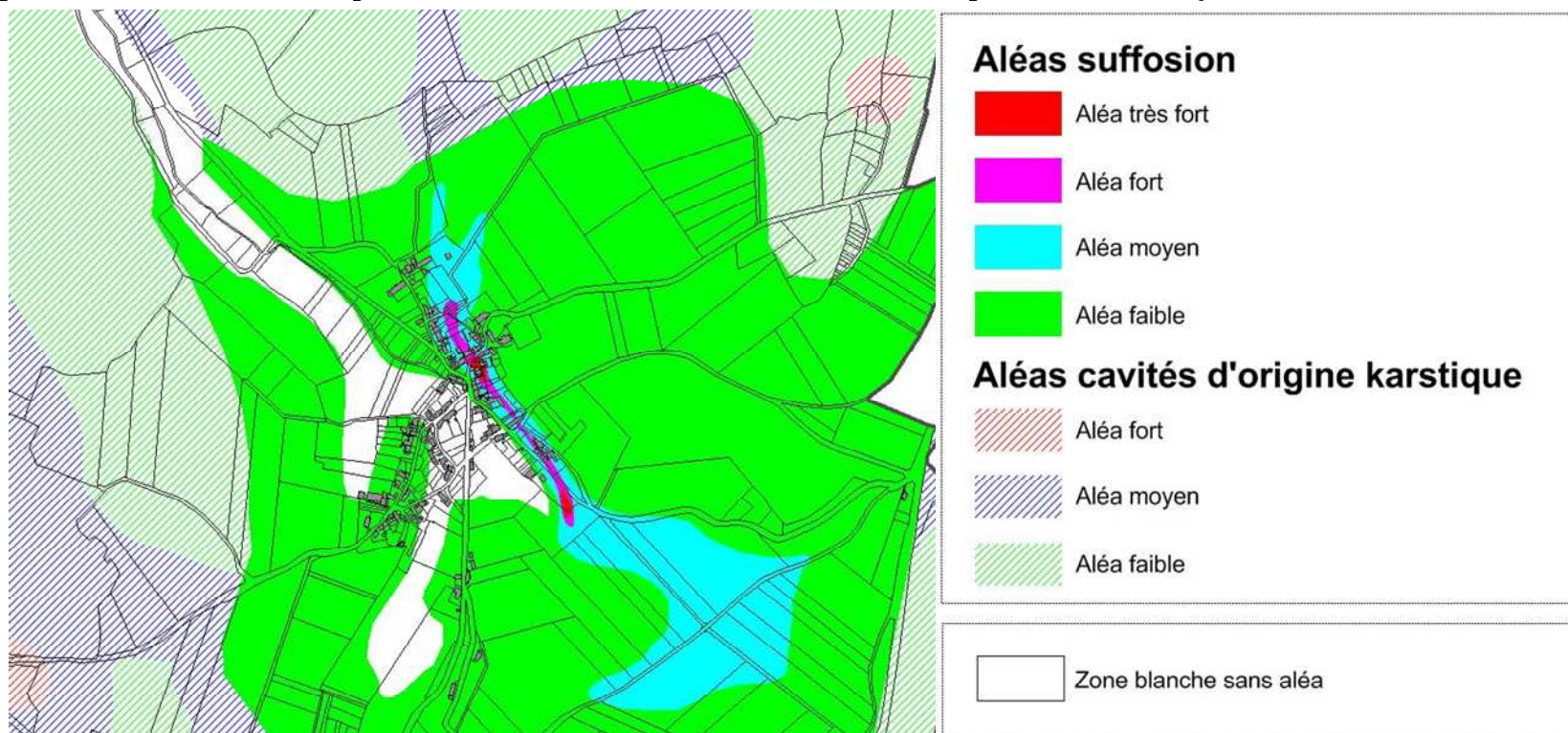
5.3. Cartographie des aléas

La cartographie des aléas est réalisée sur la totalité de la commune sur fonds cadastral à l'échelle 1/10 000° et au 2 500° sur le centre bourg.

La cartographie des aléas a été présentée une première fois aux élus de la commune le 06 septembre 2012. Par courrier datant du 11 octobre 2012, les élus ont demandé de limiter la zone d'aléa très fort « suffosion » aux terrains acquis dans le cadre de la procédure d'acquisition amiable (parcelles n° 424, 425, 428, 429, 430, 431, 432, et 1478 section A).

En réponse à cette demande, le CETE a retravaillé sur le secteur d'aléa très fort afin de le préciser : les deux secteurs d'aléa très fort (centrés sur les désordres observés) correspondent approximativement à des zones d'environ 20 mètres de largeur dans le sens de la pente par environ 50 mètres de longueur. La deuxième version de la cartographie des aléas a été présentée aux élus le 11 décembre 2012.

La cartographie des aléas a été validée par les élus lors de la réunion du conseil municipal en date du 04 janvier 2013.



Extrait de la carte des aléas

6. Identification des enjeux

La détermination des enjeux est le deuxième critère factuel (avec le niveau d'aléa) à prendre en compte pour l'élaboration du PPR. Cette analyse est fondamentale car, confrontée à la carte des aléas, elle va permettre d'identifier, voire de mesurer, les risques vis-à-vis de l'occupation du sol en l'état et aussi d'évaluer les possibilités de conciliation entre les objectifs de prévention des risques et les objectifs du développement des territoires.

Les enjeux se caractérisent notamment par :

- les personnes susceptibles d'être impactées par un niveau d'aléa lié aux phénomènes rencontrés,
- l'ensemble des modes d'occupation du sol du territoire exposé au risque.

Par ailleurs, les enjeux ont des degrés d'importance différents selon leur nature et leur usage, ce degré pouvant être quantifié selon leur valeur pécuniaire, patrimoniale ou stratégique. Ainsi, une maison de retraite qui abrite des personnes sensibles est un enjeu prépondérant si on le compare à un autre équipement public tel un gymnase. Enfin, les enjeux sont plus ou moins vulnérables à l'aléa auquel ils sont exposés. Leur fragilité ou leur capacité de résistance est en effet variable selon leur nature et leur degré d'exposition au regard de l'aléa.

6.1.Méthodologie

La détermination des enjeux a été conduite par la DDT avec l'association de la collectivité, courant 2012. Elle a consisté en :

- une analyse des données socio-économiques utiles à l'échelle de la commune (évolution de la population et des logements sur les 40 dernières années)
- une analyse de l'occupation du territoire communal à l'appui des données IGN disponibles en DDT (BdTopo, BdCarto, BdOrtho, ...) et après une enquête de terrain (zones bâties, espaces forestiers, de cultures et de pâturages, infrastructures routières, ...),
- une analyse des constructions présentes sur le territoire communal (constructions à usage d'habitation et d'activités, Établissement Recevant du Public, équipement publics, ...),
- un recensement des projets possibles de développement et d'aménagement (mairie, enfouissement des réseaux, ...),
- une analyse globale de la gestion des eaux pluviales des constructions (rejet sur terrain naturel, sur voie publique, ...).

6.2. Cartographies des enjeux

Les cartographies, élaborées dans le cadre de cette évaluation des enjeux, ont été présentées aux élus lors d'une réunion de concertation qui s'est déroulée le 06 septembre 2012.

Les cartographies des enjeux ont été présentées aux élus de la commune le 06 septembre 2012 et ont été validées lors de la réunion du conseil municipal en date du 1er octobre 2012.



7. Le zonage réglementaire

7.1.Méthodologie

Le zonage réglementaire est établi selon la méthodologie du croisement des aléas (suffosion et karstiques) et des enjeux (parcelles bâties) identifiés sur le territoire communal. A partir du croisement précité, ont été définies trois zones réglementaires sur le territoire de la commune de Oudan.

Ces zones sont représentées dans le tableau de correspondance suivant et localisées sur la carte de zonage réglementaire du présent PPR, à savoir :

- une **zone rouge** qui correspond à tout secteur en aléa très fort quelque soit le type d'enjeu et aux secteurs non urbanisés présentant un niveau d'aléa moyen ou fort,
- une **zone bleue foncée** dénommé B2 qui correspond à tout secteur urbanisé avec un aléa fort,
- une **zone bleue claire** dénommée B1 qui correspond à tout secteur urbanisé avec un niveau d'aléa faible ou moyen et aux secteurs non urbanisés présentant un niveau d'aléa faible.

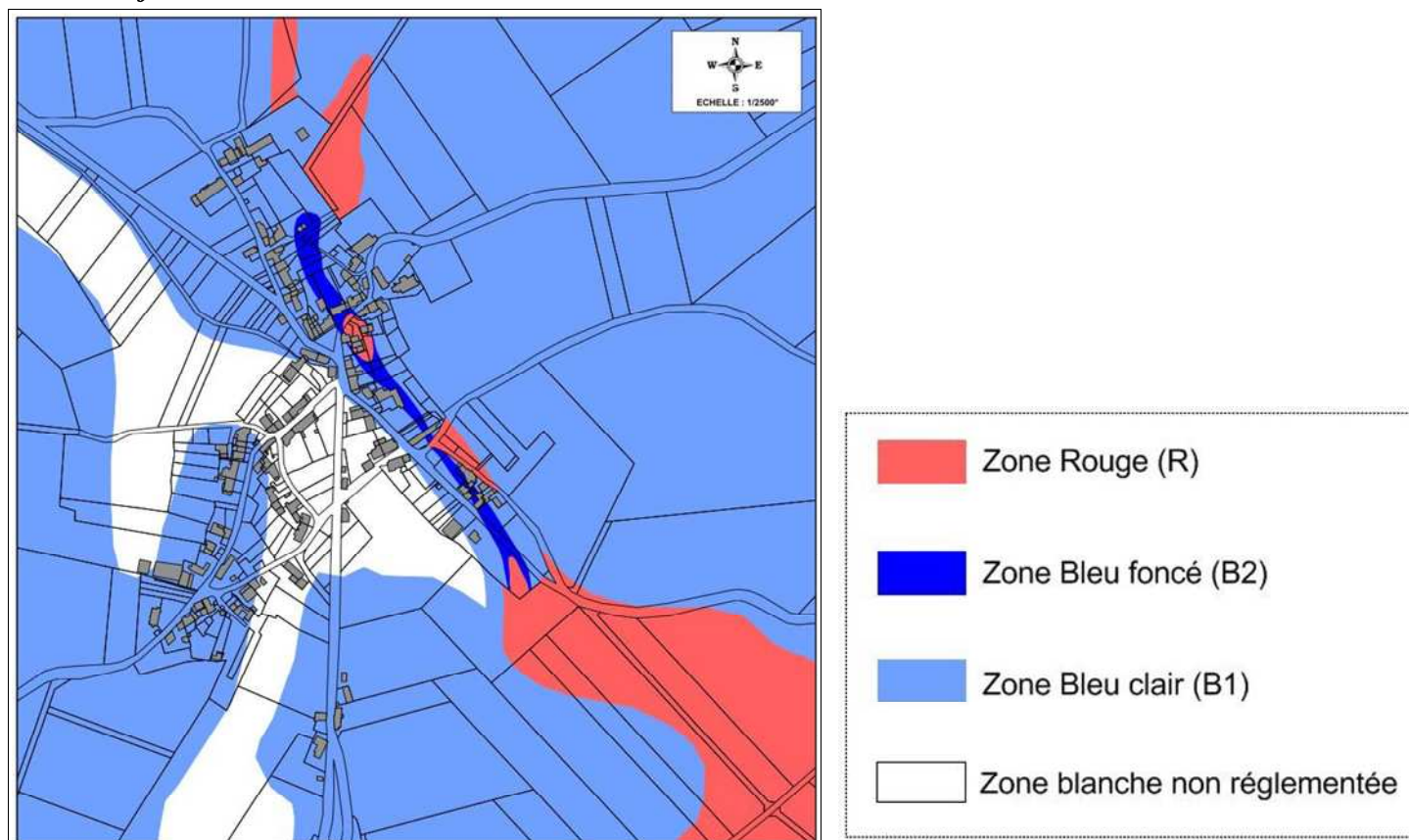
Niveau d'aléa	Niveau de risque	
	Avec ENJEUX	Sans ENJEUX
Très fort	Zone Rouge R	Zone Rouge R
Fort	Zone Bleue B2	Zone Rouge R
Moyen	Zone Bleue B1	Zone Rouge R
Faible	Zone Bleue B1	Zone Bleue B1
Nul	Zone Blanche	Zone Blanche

Croisement aléas et enjeux

7.2. Cartographie du zonage réglementaire

La cartographie de zonage réglementaire est réalisée sur la totalité de la commune sur fonds cadastral à l'échelle 1/10 000° et au 2 500° sur le centre bourg.

La cartographie de zonage réglementaire a été présentée aux élus de la commune le 11 décembre 2012 et a été validée lors de la réunion du conseil municipal en date du 04 janvier 2013.



Extrait de la carte de zonage réglementaire

8. Règlement

8.1. Objectifs et principes

Le zonage réglementaire transcrit les études techniques (qui ont notamment conduit à l'élaboration de la carte des aléas) en termes d'interdictions, de prescriptions et de recommandations. Il définit trois types de zones :

- une **zone rouge R inconstructible** où seuls les usages existants (notamment agricoles et forestiers) et certains projets, notamment d'intérêt généraux (réseaux par exemple), sont autorisés.
- une **zone bleue foncée B2 de développement limité** où la plupart des projets sont autorisés sous réserve de prescriptions particulières. Cette zone, située pour partie en centre-bourg, a fait l'objet d'une attention particulière pour tenir compte des éventuels projets des propriétaires des parcelles bâties.
- une **zone bleue claire B1 de développement possible** où tous les projets sont autorisés sous réserve de prescriptions particulières.

Le présent règlement fixe les dispositions applicables aux biens et activités existants, ainsi qu'à l'implantation de toutes constructions et installations nouvelles, à l'exécution de tous travaux et à l'exercice de toutes activités, sans préjudice de l'application des autres législations ou réglementations en vigueur. Il définit les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers.

Pour une construction nouvelle (ou extension) assise sur deux zones réglementaires différentes, c'est le règlement de la zone la plus contraignante qui s'applique.

Le projet de règlement a été présenté aux élus de la commune le 4 juillet 2013 et n'a pas fait l'objet d'observation négative (courrier du maire en date du 25 septembre 2013).

9. Enquête publique et évolution du projet

Conformément à l'arrêté préfectoral n° 2014-287-0002 du 17 novembre 2014, l'enquête publique sur le projet de Plan de Prévention des Risques naturels cavités souterraines sur le territoire de la commune de Oudan s'est déroulée du lundi 17 novembre 2014 au vendredi 19 décembre 2014.

En date du 21 décembre 2014, le commissaire enquêteur a émis un avis favorable au projet de Plan de Prévention des Risques naturels cavités souterraines sur le territoire de la commune de Oudan, sans réserve, avec la recommandation que soit précisé le classement en zone blanche « sans aléa non soumise au règlement » dans les différents documents, notamment sur la légende de la carte du zonage réglementaire.

Pour faire droit à la recommandation du commissaire enquêteur, la zone blanche « sans aléa » et « non réglementée » a été rajoutée sur les légendes de la carte d'aléas et de la carte du zonage réglementaire ainsi qu'en pages 28 et 32 de la présente note de présentation.

10. Glossaire

Aquifère

Un aquifère est une formation géologique ou une roche, suffisamment poreuse et/ou fissurée (pouvant stocker de l'eau) et perméable (où l'eau circule librement), qui contient de façon temporaire ou permanente une nappe d'eau souterraine mobilisable (on ne parle d'aquifère que si la formation est capable de restituer cette eau naturellement et/ou par exploitation comme un drainage, pompage,...)

Avens

Puits naturel qui se forme en région calcaire, soit par dissolution, soit par effondrement de la voûte de cavités karstiques.

Colluvions

Dépôt de bas de pente, relativement fin, formé d'éléments arrachés aux versants et ayant subi un faible transport (à la différence des alluvions). De ce fait les matériaux des colluvions sont beaucoup plus anguleux que ceux des alluvions, ils sont très proches en composition des matériaux qui leur ont donné naissance et ils ne bénéficient pas d'un tri granulométrique (éléments grossiers et éléments fins sont mélangés dans toute l'épaisseur d'une coupe). Enfin ils occupent souvent des positions caractéristiques dans le paysage : milieux ou bas de pentes. Le colluvionnement est le nom du processus générant les colluvions.

Dolines

Une doline est une forme caractéristique d'érosion des calcaires en contexte karstique. La dissolution des calcaires de surface conduit à la formation de dépressions circulaires mesurant de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres. Leur fond est souvent occupé par des argiles de décalcification fertiles et plus ou moins imperméables. La rétention locale d'eau qu'elle permet les rend propices au développement d'une riche végétation qui contraste avec le plateau calcaire environnant.

Les pentes des dolines sont faibles et convergent vers le centre de la dépression. Les dolines sont très souvent alignées selon une fracturation principale ou sur le tracé d'un cours d'eau souterrain.

Fluorescéine

La fluorescéine est un composé chimique constitué de sels alcalins. En solution aqueuse, cette substance possède une coloration jaune vif. Elle émet une fluorescence verte lorsqu'elle est exposée à des rayons UV. Son pouvoir colorant dans l'eau est très grand : 1 gramme peut teinter d'une manière bien visible jusqu'à 20 mètres.

Fontis

Le fontis correspond à un effondrement brutal mais localisé se manifestant sous la forme d'un entonnoir ou d'un cratère. Il est le plus souvent provoqué par la rupture progressive du toit d'une cavité, une cloche remontant plus ou moins lentement vers la surface jusqu'au développement brutal d'un cratère. Les fontis présentent souvent une géométrie pseudo-circulaire dont le diamètre et la profondeur du cône peuvent aller jusqu'à plusieurs mètres.

Karstique

Le mot « karst » désigne un relief particulier associé aux plateaux calcaires. Karst est une région du nord-ouest de la péninsule balkanique, caractéristique de ce type de modelé. La formation des reliefs karstiques est due à l'action corrosive et érosive de l'eau, qui dissout le carbonate de calcium constituant les roches.

L'essentiel des eaux circule par des réseaux complexes, installés par l'intermédiaire de faille, sous les plateaux calcaires. Elles réapparaissent par des résurgences qui se signalent par des débits intermittents.

Lithostratigraphie

La méthode repose sur le principe de superposition, c'est-à-dire que toute couche géologique est plus récente que celle qu'elle recouvre. En combinant les diverses coupes d'une région et en appliquant ce principe, le géologue peut reconstituer une succession des lithologies rencontrées, c'est-à-dire une échelle chronologique relative (plus jeune ou plus vieux que). C'est une échelle lithostratigraphique.

L'unité lithostratigraphique de base est la formation (suffisamment homogène pour être reconnaissable en ses divers points sur le terrain ou en forage). Les formations peuvent éventuellement être organisées en groupes et subdivisées en membres . Ces derniers sont subdivisés en couches (ou strates) qui sont les plus petites unités.

Piézométrie

Le niveau, la cote ou la surface piézométrique est l'altitude ou la profondeur (par rapport à la surface du sol) de la limite entre la zone saturée et la zone non saturée dans une formation aquifère. Ce niveau est mesuré à l'aide d'un piézomètre.

Radar géologique

Le radar géologique est une technique d'auscultation non-destructive, utilisant la réflexion d'ondes électromagnétiques sur les interfaces de la proche surface pour obtenir une image continue des structures auscultées. Cette méthode consiste à générer en surface une impulsion électromagnétique à une fréquence centrale donnée, transmise à la section auscultée par l'intermédiaire d'une antenne émettrice. L'onde électromagnétique se propage dans la structure en s'atténuant, et se trouve réfléchié partiellement sur les interfaces présentant un contraste de constantes diélectriques. Lorsque l'atténuation n'est pas trop forte, l'onde réfléchié peut être détectée par une antenne émettrice. L'atténuation des ondes est principalement associée à la présence de matériaux conducteurs (matériaux argileux par exemple). La profondeur maximale de l'investigation est de l'ordre de 6 à 10 m et dépend de la fréquence de l'antenne.

Résurgence

Endroit où un réseau hydrographique souterrain sort du sous-sol.

Strates

Une strate, en géologie, est synonyme de couche de roches sédimentaires. C'est l'ensemble sédimentaire délimité par deux surfaces plus ou moins parallèles qui correspondent à des discontinuités ou des changements de composition de la roche permettant de différencier une couche d'une autre.

Suffosion

Il s'agit d'un phénomène d'érosion interne qui affecte principalement les sables et limons. Cela consiste en un entraînement des particules (d'abord assez fines) dans la masse de sol du fait de circulations rapides d'eau souterraine. Le terrain est alors localement soustrait d'une partie de sa matrice fine, de véritables conduits pouvant se développer (le diamètre de ces conduits reste généralement modéré - diamètre décimétrique). Lorsque la taille de ces vides devient trop importante, des effondrements brutaux de terrain peuvent localement survenir entraînant souvent des désordres en surface.

Turbidité

La turbidité est une caractéristique optique de l'eau, à savoir sa capacité à diffuser ou absorber la lumière incidente. La turbidité est donc un des facteurs de la couleur de l'eau. La turbidité est due à la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques. Ainsi, plus une eau est chargée, plus elle est turbide.

Vallées sèches

Une vallée sèche est une vallée apparemment dépourvue d'humidité. Il existe, en fonction des lieux, des climats, de la géophysique et des coutumes humaines, plusieurs formes de vallées dites « sèches ».