Document public

Inventaire départemental des cavités souterraines hors mines de la Mayenne, de la Loire-Atlantique et de la Vendée

Rapport final

BRGM/RP-57211-FR
Avril 2009

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Inventaire départemental des cavités souterraines hors mines de la Mayenne, de la Loire-Atlantique et de la Vendée

Rapport final

Convention MEDAD n° CV0000802

BRGM/RP-57211-FR
Avril 2009

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2007RISB13

Toutain J., Conil P., Loislard M.,
Avec la collaboration de
Richoux L.

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : S. BES DE BERC	Nom : P. CONIL
Date : 23/04/2009	Date : 06/05/2009
Signature :	Signature **:**

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : base de données, inventaire, Mayenne, Loire-Atlantique, Vendée, cavités souterraines, cavités naturelles, carrières souterraines abandonnées, ouvrages civils et militaires

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Toutain J., Conil P., Loislard M., avec la collaboration de Richoux L. (2009) – Inventaire départemental des cavités souterraines hors mines de la Mayenne, de la Loire-Atlantique et de la Vendée. Rapport final. BRGM/RP-57211-FR, 92 p., 30 ill., 6 ann., 2 cartes hors-texte

© BRGM, 2009, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre de la constitution d'une base de données nationale des cavités souterraines, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) a chargé le BRGM de réaliser l'inventaire des cavités souterraines abandonnées hors mines dans les départements de la Mayenne, de la Loire-Atlantique et de la Vendée (Convention MEDAD n° CV0000802).

Ces départements sont regroupés au sein du même inventaire compte tenu du nombre peu important de cavités souterraines estimé. En effet, le contexte géologique de ceux-ci ne favorise pas la formation ou l'exploitation de cavités souterraines.

L'inventaire départemental des cavités souterraines (hors mines) des départements de la Mayenne, de la Loire-Atlantique et de la Vendée a pour objectif de recenser, localiser et caractériser les principales cavités souterraines présentes sur ce territoire, puis d'intégrer l'ensemble de ces informations dans la base de données nationale (BDCavités).

Pour réaliser cet inventaire, selon le canevas défini à l'échelle nationale pour les inventaires départementaux, l'opération a comporté des phases de collecte de données (recherche bibliographique, enquête auprès des communes, recueil de données auprès des services concernés), de validation des informations et de saisie dans une base de données. Une synthèse a ensuite été effectuée sur cet ensemble d'informations.

Cette étude a permis de recenser 373 cavités qui ont été intégrées dans la base de données nationale (BDCavités) consultable en ligne via le site : http://www.cavites.fr.

L'analyse de la répartition des cavités par commune dans les départements concernés a permis de déterminer les communes les plus sensibles vis-à-vis du risque lié à la présence de cavités souterraines. Ainsi, on constate que :

– 15 % des communes de Mayenne sont concernées par au moins une cavité sur leur territoire. Il ressort également qu'une seule 1 commune présente une forte densité de « cavités » (supérieure à 1 cavité/km²) ;

– 12 % des communes de Loire-Atlantique recensent au moins une cavité sur leur territoire. A noter qu'une seule commune présente une forte densité de « cavités » ;

– 25 % des communes de Vendée dénombrent au moins une cavité sur leur territoire. A noter qu'une seule commune présente une forte densité de « cavités ».

Sommaire

1. Introduction 9

2. Présentation de l'étude 11

2.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE 11
2.1.1. Objectifs à l'échelle départementale 11
2.2.1. Objectifs à l'échelle nationale 11

2.2. CADRE CONTRACTUEL 12

2.3. BASE DE DONNEES NATIONALE : BDCAVITES 12
2.3.1. Présentation 12
2.3.2. Architecture et champs de la base de données BDCavités 13
2.3.3. Acquisition des données 15
2.3.4. Mise à disposition de l'information 16

2.4. PRINCIPALES ETAPES DE LA METHODOLOGIE DES INVENTAIRES 17
2.4.1. Recueil des données 17
2.4.2. Validation des données 18
2.4.3. Valorisation des données et saisie 19
2.4.4. Synthèse des données 19

3. Nature des travaux et résultats 21

3.1. DONNEES DE BASE 21
3.1.1. Données bibliographiques 21
3.1.2. Enquête communale 21
3.1.3. Recensement auprès des organismes et associations concernés par les cavités 24
3.1.4. Synthèse de la phase de recueil de données 26

3.2. VALIDATION ET VALORISATION DES DONNÉES 27
3.2.1. Validation des données 27
3.2.2. Valorisation des données saisies 29

3.3. ANALYSE CRITIQUE DE LA REPRESENTATIVITE DES DONNEES 29
3.3.1. Enquête auprès des communes 29
3.3.2. Recherche bibliographique auprès des organismes et des particuliers 29
3.3.3. Enquête de terrain 30

3.4. SYNTHESE 30

4. Analyse des résultats 35

4.1. CADRE DEPARTEMENTAL 35
4.1.1. Géographie 35
4.1.2. Géologie 37

4.2. ANALYSE TYPOLOGIQUE DES CAVITES REPERTORIEES 40
4.2.1. Les carrières souterraines abandonnées 40
4.2.2. Les caves abandonnées 42
4.2.3. Les ouvrages de génie civil abandonnés 42
4.2.4. Les ouvrages militaires abandonnés 43
4.2.5. Les cavités naturelles 43

4.3 IDENTIFICATION DES ZONES EXPOSEES AU RISQUE « CAVITES SOUTERRAINES » 44
4.3.1. Par grands ensembles géologiques 44
4.3.2. Par communes 51

5. Conclusion 61

6. Bibliographie 63

Liste des illustrations

Illustration 1 : Entité surfacique / entité ponctuelle 14
Illustration 2 : Modèle Conceptuel de Données des entités ponctuelles ou surfaciques 15
Illustration 3 : Interface graphique de BDCavités sur Internet 16
Illustration 4 : Carte du bilan de l'enquête en Mayenne 22
Illustration 5 : Carte du bilan de l'enquête en Loire-Atlantique 23
Illustration 6 : Carte du bilan de l'enquête en Vendée 23
Illustration 7 : Bilan de la collecte des données 27
Illustration 8 : Bilan du recensement des cavités souterraines abandonnées en Mayenne 30
Illustration 9 : Bilan du recensement des cavités souterraines abandonnées en Loire-Atlantique 31
Illustration 10 : Bilan du recensement des cavités souterraines abandonnées en Vendée 31

Illustration 11 : Synthèse de la répartition des cavités recensées dans cet inventaire 32
Illustration 12 : Carte de présentation des départements d'étude 35
Illustration 13 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Mayenne (Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire) 37
Illustration 14 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Loire-Atlantique (Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire) 38
Illustration 15 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Vendée (Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire) 40
Illustration 16 : Photographie d'un puits ardoisier à Pierric, Loire-Atlantique (source : BRGM) 41
Illustration 17 : Photographies de souterrains refuge à Saint-Paul-en-Pareds, Vendée (source : ADANE, 2008).....42
Illustration 18 : Photographie de la Grotte à la Chèvre, à Saint-Pierre-sur-Erve, Mayenne (source : www.grottes-de-saulges.com).....43
Illustration 19 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Mayenne - Positionnement des cavités recensées (Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire) 46
Illustration 20 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Loire-Atlantique - Positionnement des cavités recensées (Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire) 48
Illustration 21 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Vendée - Positionnement des cavités recensées (Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire) 50
Illustration 22 : Positionnement des cavités recensées et contexte géographique de la Mayenne.....51
Illustration 23 : Nombre de cavités par commune dans le département de la Mayenne.....52
Illustration 24 : Densité de cavités par commune dans le département de la Mayenne 53
Illustration 25 : Positionnement des cavités recensées et contexte géographique de la Loire-Atlantique 54
Illustration 26 : Nombre de cavités par commune dans le département de la Loire-Atlantique 55
Illustration 27 : Densité de cavités par commune dans le département de la Loire-Atlantique 56
Illustration 28 : Positionnement des cavités recensées et contexte géographique de la Vendée 57
Illustration 29 : Nombre de cavités par commune dans le département de la Vendée 57
Illustration 30 : Densité de cavités par commune dans le département de la Vendée.....58

Liste des annexes

Annexe 1 Lettre du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement 65
Annexe 2 Documents envoyés lors de l'enquête communale 69
Annexe 3 Exemple de restitution des localisations de cavités sur extrait de carte IGN au 1/25 000 77
Annexe 4 Tableaux de synthèse (Mayenne) 81
Annexe 5 Tableaux de synthèse (Loire-Atlantique) 85
Annexe 6 Tableaux de synthèse (Vendée) 89

Cartes hors texte

Carte « Inventaire départemental des cavités souterraines hors mines de la Mayenne »

Carte « Inventaire départemental des cavités souterraines hors mines de la Loire-Atlantique et de la Vendée »

1. Introduction

Dans le cadre de ses activités de Service public, le BRGM a été chargé par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) de réaliser un inventaire des cavités souterraines abandonnées d'origine anthropique (hors mines) ou naturelle sur l'ensemble du territoire métropolitain. Cette convention renouvelable annuellement comprend des inventaires départementaux suivant un cahier des charges général défini en accord avec le MEEDDAT. Elle a été signée pour la première fois en décembre 2001,. L'ensemble des informations collectées doit ensuite être intégré à une base de données nationale qui sera consultable sur Internet (BDCavités), gérée par le BRGM en collaboration avec l'INERIS, le réseau des CETE et les services RTM.

La Mayenne, la Loire-Atlantique et la Vendée font partie des départements à inventorier sur la base de la convention MEDAD/BRGM n°CV0000802, qui a été signée le 01/08/2007, avec une durée de 18 mois.

Ces départements sont regroupés au sein du même inventaire compte tenu du nombre peu important de cavités souterraines estimé. En effet, le contexte géologique de ceux-ci ne favorise pas la formation ou l'exploitation de cavités souterraines.

Cet inventaire départemental des cavités souterraines (hors mines) a pour objectif principal de recenser, caractériser et localiser les principales cavités des départements étudiés.

Les cavités concernées sont :

– les carrières souterraines abandonnées, à savoir les exploitations de substances non concessibles et dont l'exploitation est désormais arrêtée ;

– les ouvrages civils tels que les tunnels, les aqueducs, les caves à usage industriel ;

– les ouvrages militaires (fortifications et sapes des dernières guerres) ;

– les cavités naturelles.

On soulignera qu'il s'agit d'un inventaire dont la validité s'applique à la date à laquelle il a été réalisé et ne pouvant prétendre à une exhaustivité totale. En effet, toutes les cavités ne sont pas connues et/ou mentionnées dans des documents, et certaines données (essentiellement privées) ne sont pas forcément accessibles.

Ce rapport de synthèse présente tout d'abord la procédure suivie pour les inventaires et la banque de données associée, puis la synthèse des résultats et leur analyse.
(Annexes)

2. Présentation de l'étude

2.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Ce chapitre présente le cadre général tel que défini entre le MEEDDAT et le BRGM pour les inventaires des cavités à l'échelle nationale. L'adaptation de ce cadre à chaque cas départemental est présentée dans les chapitres qui suivent.

Il s'agit de recenser, localiser et caractériser les principales cavités souterraines (hors mines) présentes dans les départements de la Mayenne, de la Loire-Atlantique et de la Vendée, puis d'intégrer l'ensemble de ces données factuelles dans la base de données nationale sur les cavités souterraines (BDCavités) gérée par le BRGM à la demande du MEEDDAT. Les organismes extérieurs associés sont à ce jour l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques), le LCPC (Laboratoire Central de Ponts et Chaussées) et les services RTM (Restauration des Terrains en Montagne).

Le but de cette opération est multiple.

2.1.1. Objectifs à l'échelle départementale

Il s'agit en premier lieu de conserver la mémoire des cavités souterraines, désormais pour la plupart abandonnées. Les archives écrites concernant les anciennes exploitations sont généralement incomplètes et dispersées. L'information est le plus souvent transmise oralement, par des témoins concernés à des titres divers (propriétaires fonciers, élus communaux, anciens carriers, champignonnistes, …), ce qui la rend fragile et difficilement accessible. Les mouvements de populations et la pression foncière conduisent à construire ou aménager dans des sites autrefois délaissés, car sous-cavés, mais dont l'historique n'est plus connu. Il est donc primordial, pour prévenir les accidents qui pourraient résulter de tels aménagements, de maintenir la mémoire de ces carrières souterraines abandonnées et de diffuser aussi largement que possible une information fiable et homogène les concernant.

Par extension cette démarche s'applique également aux autres types de cavités souterraines anthropiques abandonnées (abris civils ou militaires, caves, ouvrages civils).

L'information concernant la localisation et l'extension des cavités souterraines abandonnées, lorsqu'elle est disponible, permet une meilleure connaissance du risque, (et donc sa prévention) et l'organisation des secours en cas de crise. Elle peut en particulier permettre l'élaboration de cartes de l'aléa associé à la présence des cavités souterraines, et ainsi participer en tant que telle à celle de documents à usage réglementaire, de type PPR (Plan de Prévention des Risques naturels), comme à l'information préventive du public.

2.2.1. Objectifs à l'échelle nationale

Il s'agit d'initier une démarche globale de recensement des cavités souterraines d'origine anthropique et naturelle, ce qui suppose de réaliser ce travail d'inventaire départemental sur l'ensemble du territoire. La connaissance des zones sous-cavées

est jusqu'à présent diffuse, hétérogène et incomplète. Il s'agit donc de rassembler la totalité des informations disponibles, sans qu'il soit possible de prétendre à l'exhaustivité en la matière, et de la stocker, sous forme homogène, dans une base unique et fédérative de données géoréférencées (Base de Données nationale dont les développements informatiques ont été cofinancés par le MEEDDAT de 1999 à 2001).

L'opération d'inventaire départemental des cavités naturelles et des ouvrages anthropiques souterrains abandonnés permettra d'alimenter cette base avec l'ensemble des éléments connus à la date de l'étude. L'organisation de cette connaissance sous forme d'une base de données informatique gérée par un organisme public pérenne permettra de la mettre régulièrement à jour au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données (l'existence de certaines cavités non mentionnées dans les archives et inconnues des acteurs locaux peut être révélée fortuitement à l'occasion d'un effondrement en surface par exemple, mais aussi lors de travaux). L'accès à cette base de données étant libre et gratuit, une large diffusion de cette connaissance sera possible, ce qui facilitera les politiques d'information et de prévention du risque.

2.2. CADRE CONTRACTUEL

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un programme pluriannuel demandé par le MEEDDAT visant à réaliser un bilan aussi exhaustif que possible de la présence de cavités souterraines sur le territoire métropolitain.

La programmation, en termes de choix des départements à inventorier comme de calendrier de leur traitement, résulte d'une démarche logique s'appuyant sur l'Inventaire National de 1994 et la cartographie de l'aléa qui en a découlée, ainsi que sur divers épisodes événementiels en matière d'effondrement de terrain.

La méthodologie de ces inventaires est présentée dans le cahier des charges type. Celle-ci permettra d'homogénéiser la représentation des résultats obtenus. Ce recensement faisant partie d'un programme national, il est primordial que les différentes étapes de son élaboration soient définies précisément, même s'il apparaît quelques différences entre les départements en fonction de l'implication des services décentralisés de l'Etat notamment pour le recueil des données.

2.3. BASE DE DONNEES NATIONALE : BDCAVITES

2.3.1. Présentation

En parallèle des inventaires départementaux, se finalise le développement par le BRGM de l'outil informatique BDCavités. Cette base est gérée par le BRGM en collaboration avec l'INERIS, le LCPC et les services de RTM (en ce qui concerne la fourniture des données) avec le soutien du MEEDDAT.

Afin de pouvoir mettre à la disposition du public des données fiables, homogènes et réutilisables, il est apparu indispensable que le BRGM développe un outil permettant le recueil, l'analyse et la restitution des informations sur les cavités souterraines. C'est dans cette optique qu'il est apparu nécessaire que l'ensemble des informations récoltées soit mis à disposition sous la forme d'une base de données nationale.

Pour cela, trois outils informatiques ont été développés par le BRGM :

– une base de données nationale de référence, développée sous Oracle et gérée au niveau national par le comité de gestion du projet ;

– un applicatif léger, développé en Visual Basic, avec une base de données Access, appelé "module local" et disponible dans chaque Service Géologique Régional du BRGM : Cavisout ;

– une interface Internet, disponible sur le site http://www.cavites.fr.

Même si elles sont distinctes, ces trois interfaces sont complémentaires. En effet, chaque SGR possède un exemplaire du module local par l'intermédiaire duquel se fait la saisie informatique régionale des informations recueillies.

Une fois cette base de données locale complétée, la base de données nationale peut être mise à jour. Enfin, c'est par l'intermédiaire de cette dernière que l'ensemble des données rassemblées sont mises en ligne sur Internet.

Ces trois outils offrent la possibilité de mémoriser de façon homogène l'ensemble des informations disponibles en France sur des situations récentes et sur des événements passés, et donnent facilement accès à cette information via Internet. Par ces outils, les objectifs de diffusion et de centralisation des connaissances concernant les cavités souterraines sont donc appliqués.

2.3.2. Architecture et champs de la base de données BDCavités

La base de données cavités, gérée au niveau régional et de laquelle découle la base nationale, possède une architecture relativement complexe. Cette dernière découle de la multitude de champs à renseigner sur les cavités et de leurs nombreuses relations, afin de permettre des requêtes complexes.

De prime abord, contrairement à ce que l'on pourrait envisager, le contenu de la base de données ne fait pas la distinction entre les cavités naturelles et les cavités anthropiques. En effet, dans un premier lieu, le Modèle Conceptuel de Données (MCD) dégage deux entités (Illustration 1) :

– une entité localisée par l'enveloppe simplifiée de son emprise au sol : sa surface (comme il est souvent le cas pour les carrières) ou son réseau de segments (réseau de cavités naturelles) ;

– une entité localisée par un seul point (entrée d'un tunnel, …).

L'utilisation de ces deux notions, faisant intervenir l'emprise géographique au sol de la cavité, permet une identification et une localisation par entité, indépendamment du type de cavité.

Par la suite, chaque type de cavité est décrit en détail grâce à un éventail de liens (Illustration 2). Mais cette fois le contenu thématique de ces liens sera variable en fonction du type de cavité (naturelle ou anthropique).

En effet, les renseignements à fournir étant largement dépendants de la nature de la cavité, le modèle fait la distinction entre ces deux origines.

Enfin ce Modèle Conceptuel de Données (MCD) est traduit en schéma relationnel (sous Access) composé de 159 tables différentes afin de représenter les informations du MCD tout en évitant les redondances et en limitant les valeurs absentes. Du fait de ce nombre important de tables, des requêtes concernant plusieurs critères (sélection multicritères) peuvent être posées au niveau de l'interface Web de la base de données.

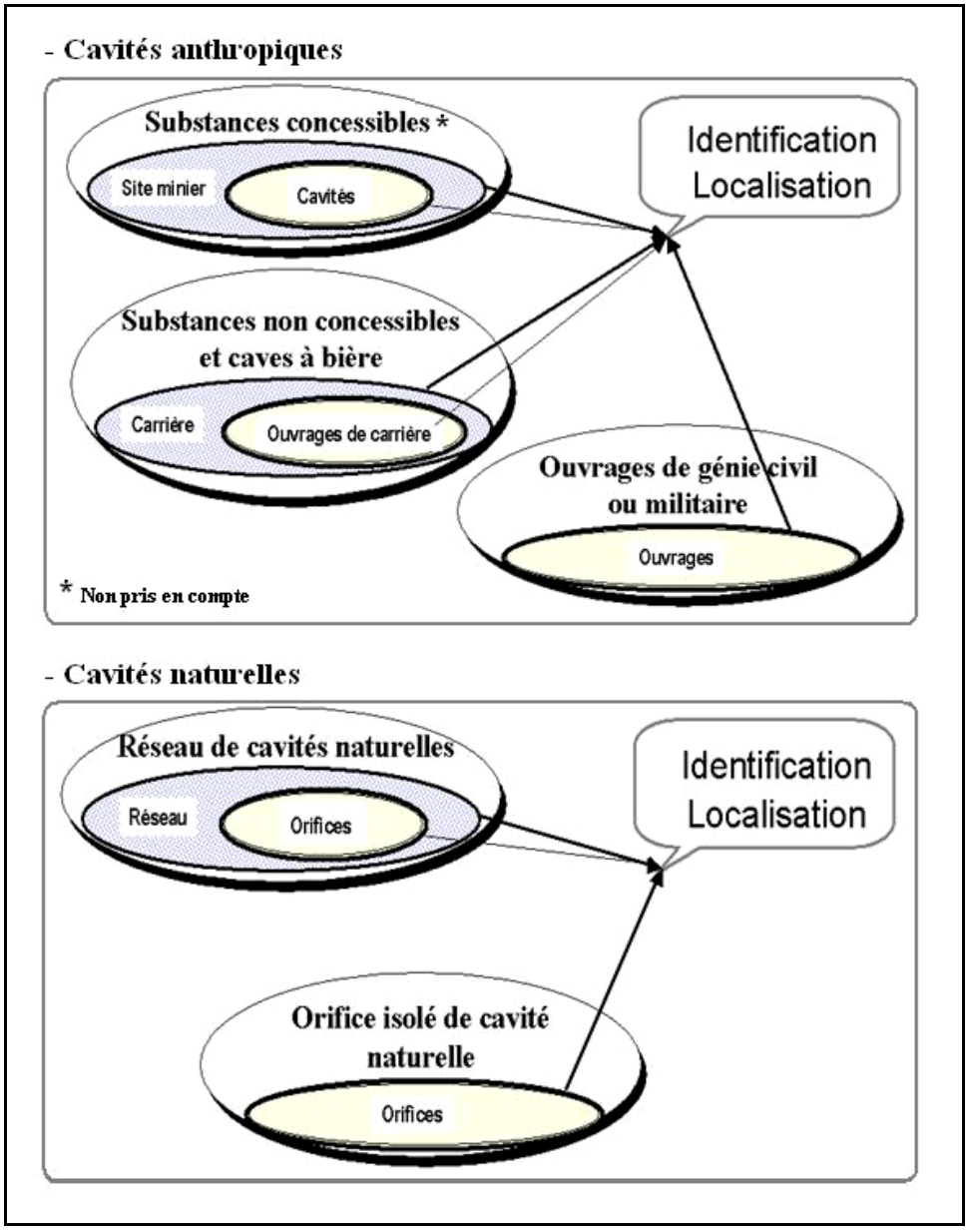


Illustration 1 : Entité surfacique / entité ponctuelle

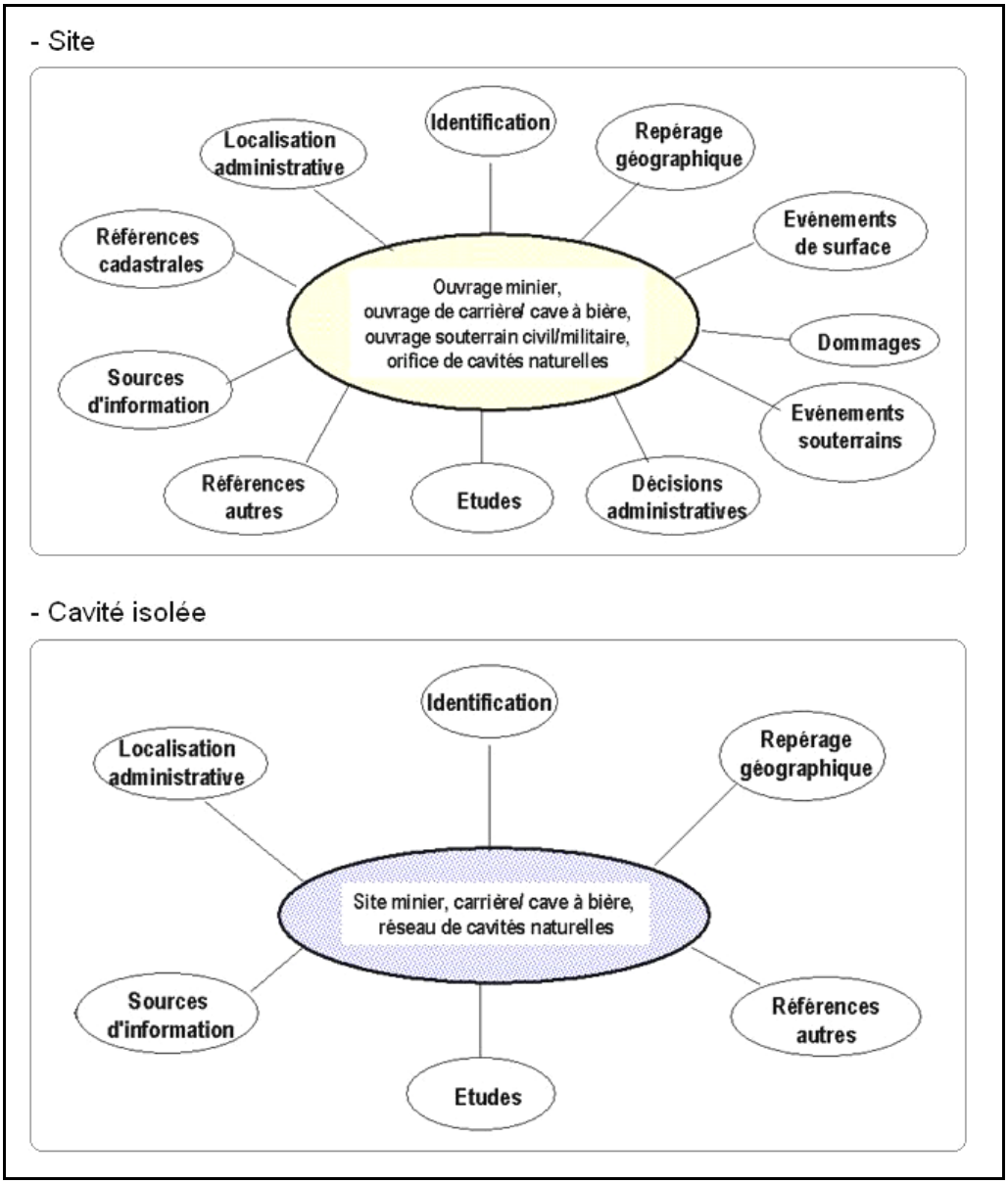


Illustration 2 : Modèle Conceptuel de Données des entités ponctuelles ou surfaciques

2.3.3. Acquisition des données

L'acquisition des données se fait essentiellement à partir d'inventaires effectués par le BRGM, avec à terme la collaboration de l'INERIS, du LCPC (à travers le réseau des laboratoires régionaux) et les services RTM. D'autres sources de données sont exploitées, que celles-ci soient publiques (archives départementales…) ou privées (associations…).

L'origine des informations est diverse, leur provenance peut aller d'un simple dépouillement d'archives, plus ou moins complètes, au simple questionnaire rempli par une commune.

La saisie des données à l'échelle départementale est réalisée au niveau régional par les différents SGR (Services Géologiques Régionaux) du BRGM.

2.3.4. Mise à disposition de l'information

La mise à disposition de l'information s'effectue grâce au site Internet http://www.cavites.fr. L'Illustration 3 montre l'interface d'accueil du site, ainsi que ses principales fonctionnalités.

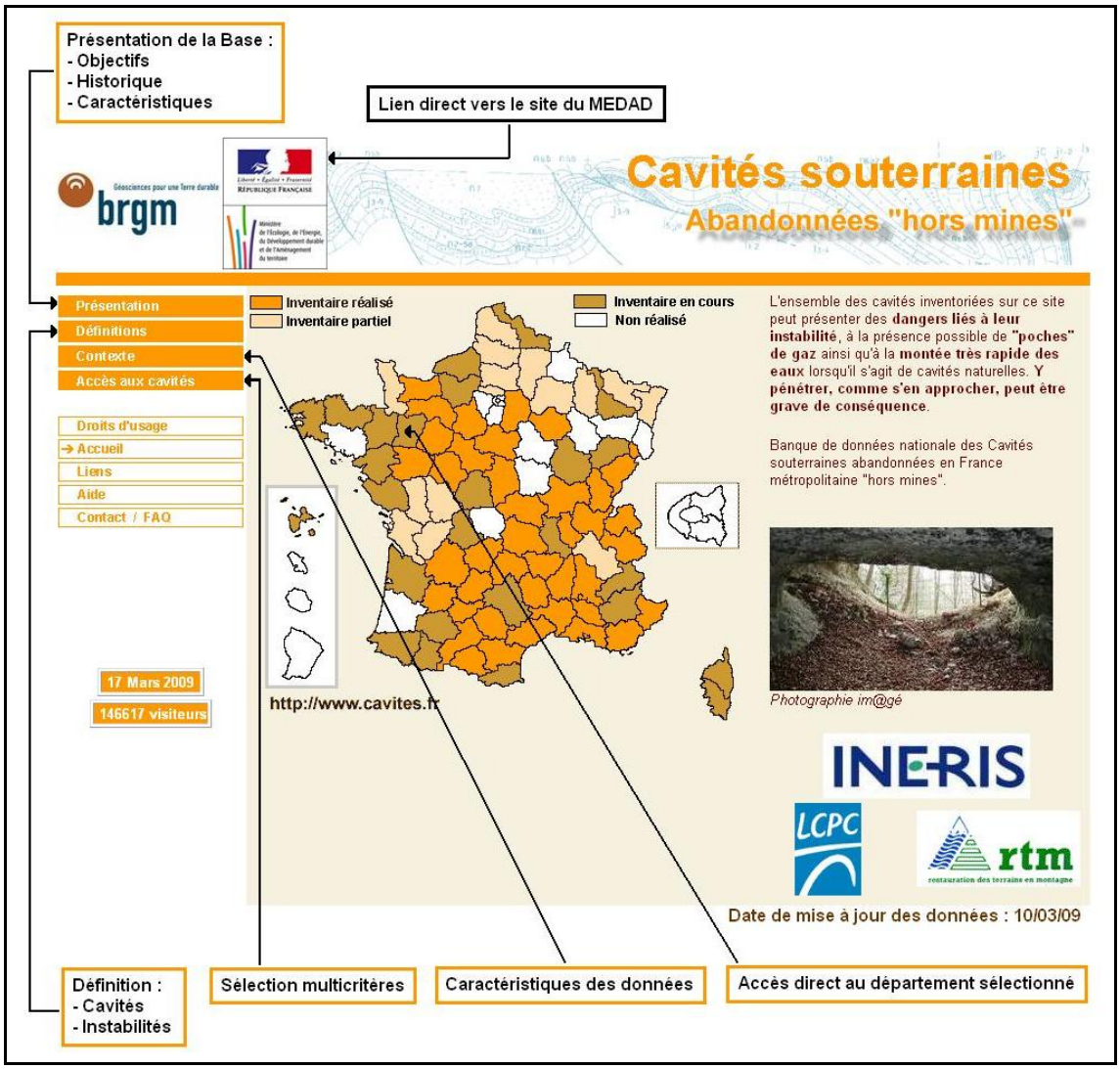


Illustration 3 : Interface graphique de BDCavités sur Internet

2.4. PRINCIPALES ETAPES DE LA METHODOLOGIE DES INVENTAIRES

L'inventaire départemental des cavités souterraines a pour objectif de recenser, localiser et caractériser les principales cavités souterraines présentes sur les territoires étudiés, puis d'intégrer l'ensemble de ces informations dans la base de données nationale.

Les cavités souterraines concernées par cet inventaire sont d'origine soit naturelle, soit anthropique :

– les cavités naturelles (karsts, poches de dissolution ou d'effondrement des évaporites, gouffres, grottes, …) ;

– les carrières souterraines abandonnées, **hors mines métalliques concessibles** (carrières de marnes, de gypse, …) ;

– les caves et les champignonnières abandonnées (cavités à vocation d'utilisation industrielle ou agricole, cavités à vocation de stockage, ou abris civils) ;

– les ouvrages de génie civil abandonnés (parkings, tunnels, aqueducs, …) ;

– les ouvrages militaires abandonnés (sapes, galeries, …) ;

– les cavités abandonnées indéterminées (cavités pour lesquelles on ne connaît ni l'origine, ni l'utilisation principale).

Pour réaliser cet inventaire, selon le canevas défini à l'échelle nationale pour les inventaires départementaux, l'opération comportera différentes phases.

2.4.1. Recueil des données

La collecte des données comprend la recherche bibliographique, un questionnaire d'enquête auprès des communes, et le recueil de données auprès de divers organismes.

- **Recherche bibliographique**

Le but de cette phase est de rassembler toutes les informations déjà publiées concernant des vides souterrains abandonnés ou les cavités naturelles dans les départements étudiés. Elle se fait par consultation de bases de données, de cartes, de rapports d'études, d'articles et de tout autre support d'information.

- **Questionnaire d'enquête auprès des communes**

Afin de recueillir la connaissance locale, un questionnaire d'enquête type est adressé à l'ensemble des communes du département à l'aide des SIDPC des préfectures. (Annexe 2)

Les maires sont invités à fournir au BRGM tous les éléments dont ils ont connaissance concernant des cavités souterraines abandonnées présentes sur leur territoire communal. Un extrait de carte topographique est joint au questionnaire afin de faciliter leur repérage par les maires ou leurs services techniques (Annexe 3). Des relances téléphoniques sont effectuées par le BRGM après envoi du questionnaire et ensuite à intervalles réguliers jusqu'à obtenir un nombre de réponses jugé représentatif à l'échelle départementale.

- **Recueil de données auprès d'organismes compétents, d'associations, voire de particuliers**

Des enquêtes plus spécifiques sont orientées vers les organismes techniques régionaux, en vue de recueillir les informations qu'ils détiennent. Les archives de ces organismes sont systématiquement dépouillées. Selon le contexte local, d'autres organismes sont aussi consultés : DDE, Conseil général, etc.

Les associations locales et départementales qui sont en lien avec la thématique des cavités souterraines sont consultées (spéléologie, archéologie, écologie) à la fois pour les cavités naturelles et les cavités anthropiques, et certaines de leurs publications font l'objet d'une analyse bibliographique.

Enfin, des enquêtes orales sont menées auprès de personnes susceptibles de fournir des informations pertinentes, en raison de leur connaissance du milieu souterrain.

2.4.2. Validation des données

- **Elimination des doublons**

Le regroupement d'informations relatives aux mêmes cavités et l'élimination des citations redondantes sont des tâches importantes de la validation des données. Cette étape permet d'avoir des données de qualité et de prétendre à une bonne exhaustivité.

- **Validation de terrain**

La validation sur le terrain consiste à caractériser et à géoréférencer *in situ* les cavités recensées et peut conduire au repérage fortuit de cavités non archivées.

Une partie des cavités souterraines recensées par l'intermédiaire de la recherche bibliographique, des enquêtes auprès des communes et des contacts avec les différents interlocuteurs locaux fait l'objet d'une visite sur le terrain afin de préciser ou de compléter les informations déjà disponibles.

Cette visite sur le terrain a pour objectif principal de localiser précisément la situation des cavités mais aussi de compléter, par une observation rapide, les informations déjà disponibles sur l'environnement du site.

La finalité d'une telle visite n'est pas d'aboutir à un diagnostic complet de stabilité, mais de permettre une caractérisation globale de la cavité identifiée (validation des plans quand ils sont disponibles).

- **Elimination des données inexploitables**

Un ensemble de données collectées s'est révélé inexploitable. En effet, certaines informations apparaissent trop peu fiables ou trop peu précises pour être intégrées au sein de l'inventaire.

2.4.3. Valorisation des données et saisie

- **Descriptif (fiche de saisie)**

Pour chacune des cavités recensées, une fiche de saisie est remplie afin de renseigner les différents champs la décrivant dans la BD Cavités, soit (énumération non exhaustive) :

– localisation (commune, lieu-dit, coordonnées géographiques, ...) ;

– origine de l'information ;

– descriptif (géométrie, contexte géologique, nature des matériaux exploités, photos du site, état de stabilité apparent, utilisation actuelle, …) ;

– nature de la cavité ou type d'exploitation ;

– localisation et date d'occurrence des désordres éventuels associés (fontis, effondrement généralisé, débourrages de karst, chute de blocs près des entrées, …) ;

– nature des études et travaux éventuellement réalisés (avec références bibliographiques).

- **Saisie dans la BD Cavités**

Les fiches ainsi remplies ont servi de support pour la saisie des informations dans la base de données nationale sur les cavités souterraines (BD Cavités).

2.4.4. Synthèse des données

La synthèse des données comprend l'analyse de la représentativité des données recueillies, la réalisation de cartes de synthèse, la typologie des cavités repérées et la rédaction d'un rapport de synthèse.

- **Analyse critique des données**

Une fois les phases de recueil, de validation et de valorisation des données achevées pour l'ensemble du département, une synthèse des cavités recensées a été effectuée. (Annexes 4-5-6)

Une analyse critique des données recueillies a été menée pour déterminer la représentativité des résultats de l'inventaire, en tenant compte des spécificités du département et des difficultés rencontrées (défaut de réponse de certains acteurs lors des enquêtes, absence d'information dans certains secteurs, imprécision dans la localisation de cavités dont les traces ne sont plus visibles sur le terrain, ...).

Cette analyse critique est indispensable pour évaluer la fiabilité des résultats de l'opération et la représentativité de l'échantillon recueilli (qui ne pourra en aucun cas être considéré comme définitivement exhaustif).

- **Carte de synthèse**

L'ensemble des cavités recensées a été reporté sur une carte synthétique présentée à l'échelle 1/ 100 000 (ou à une échelle plus adaptée) et sur laquelle figurent, outre les cavités elles-mêmes (classées par type ou selon la nature des matériaux extraits), les principaux repères géographiques nécessaires (limites départementales et communales, villes principales, etc.).

Cette carte synthétique permet de visualiser les zones *a priori* les plus exposées au vu des connaissances actuelles et pour lesquelles des analyses plus spécifiques devront être menées, pour aboutir à l'élaboration de cartes d'aléa.

- **Caractérisation des cavités recensées**

Une typologie (caractérisation quand il s'agit de cavités naturelles) des cavités recensées dans le département a été effectuée à l'aide des résultats de l'inventaire départemental. La typologie s'appuie non seulement sur le mode d'exploitation employé lorsqu'il s'agit de carrières, mais tient compte aussi de la nature des matériaux extraits, de l'extension des cavités, de leur mode d'utilisation actuel, de leur état de stabilité apparente et de la nature des éléments exposés. La caractérisation des cavités naturelles s'est faite sur la base de critères tels que la géologie.

3. Nature des travaux et résultats

La méthode d'acquisition des données relatives aux cavités souterraines peut se décliner en deux étapes principales, pouvant être simultanées si les évènements sont très bien renseignés :

– le recensement des cavités concernées par cette étude ;

– la caractérisation de ces cavités : validation et enrichissement des données.

3.1. DONNEES DE BASE

Les données de base recueillies pour cet inventaire sont :

– les données bibliographiques ;

– l'enquête auprès des 261 communes de la Mayenne, des 221 communes de la Loire-Atlantique et des 282 communes de la Vendée ;

– l'inventaire auprès des différents organismes et associations concernés.

3.1.1. Données bibliographiques

Une recherche bibliographique a été réalisée, avec l'aide des services de documentation du BRGM : l'interrogation des bases de données bibliographiques internes SAPHIR (rapports du BRGM) et externes (Conference Papers, Environmental Sciences and Pollution Mgmt, INIST, GeoRef).

Cette recherche a été complétée par la consultation des archives « papiers » et numériques du Service Géologique Régional des Pays de la Loire et par l'interrogation de la Banque des Données du Sous-Sol (BSS).

Enfin, elle s'est poursuivie par un essai de localisation de cavités non archivées à partir de l'examen des cartes topographiques à l'échelle du 1/25 000. Réalisé principalement dans les zones à sous-sol calcaire ou ardoisier, cet examen avait pour objectif de localiser les indices de cavités souterraines susceptibles d'être mentionnés sur les cartes topographiques : relief indiquant une doline, mention de gouffres ou de grottes, carrières souterraines mentionnées sur la carte, etc. Ce travail de consultation de cartes topographiques a permis de recenser un nombre restreint de cavités.

3.1.2. Enquête communale

La procédure d'enquête auprès des communes a été initiée le 15 décembre 2007.

Des questionnaires préparés par le BRGM, comprenant notamment des extraits de cartes topographiques et un questionnaire d'enquête ont été adressés par courrier aux 261 communes de la Mayenne, aux 221 communes de la Loire-Atlantique et aux 282 de la Vendée par l'intermédiaire des Préfectures de ces départements.

Des relances téléphoniques ont été effectuées par le BRGM après envoi du questionnaire et ensuite à intervalles réguliers jusqu'à obtenir un nombre de réponse jugé représentatif pour chaque département.

Les résultats de ces enquêtes ont permis d'obtenir des taux de réponse à la clôture du recueil des données de :

– 80 % dans le département de la Mayenne (Illustration 4) ;

– 72 % dans le département de la Loire-Atlantique (Illustration 5) ;

– 72 % dans le département de la Vendée (Illustration 6).

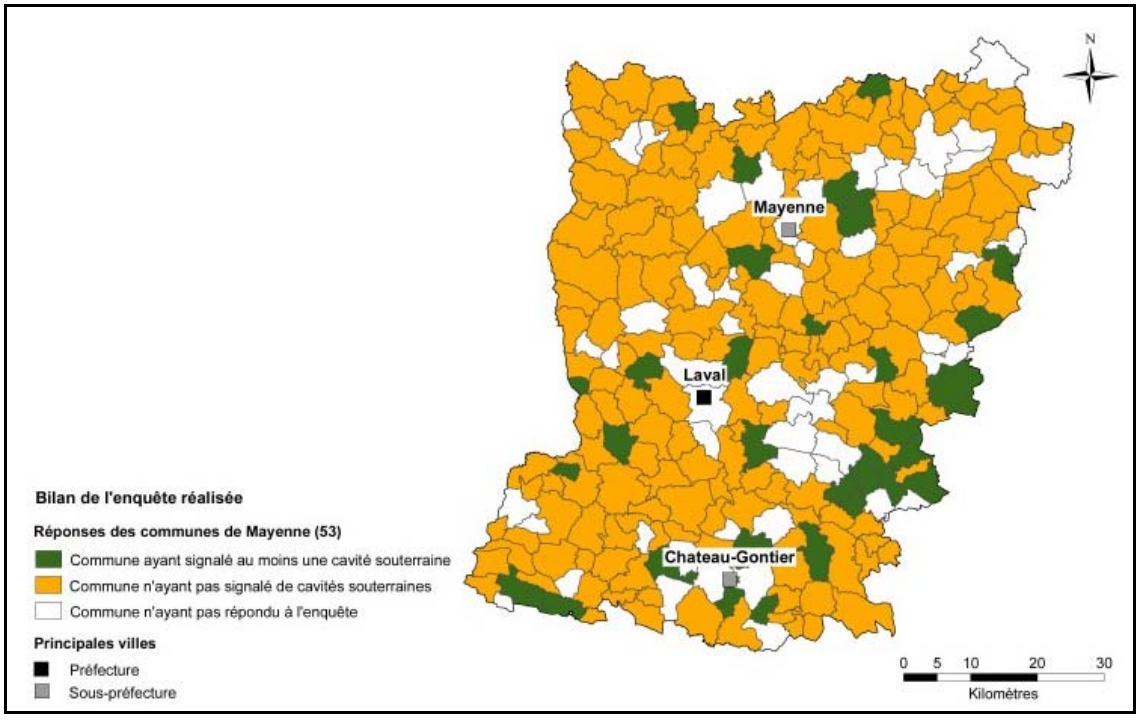


Illustration 4 : Carte du bilan de l'enquête en Mayenne

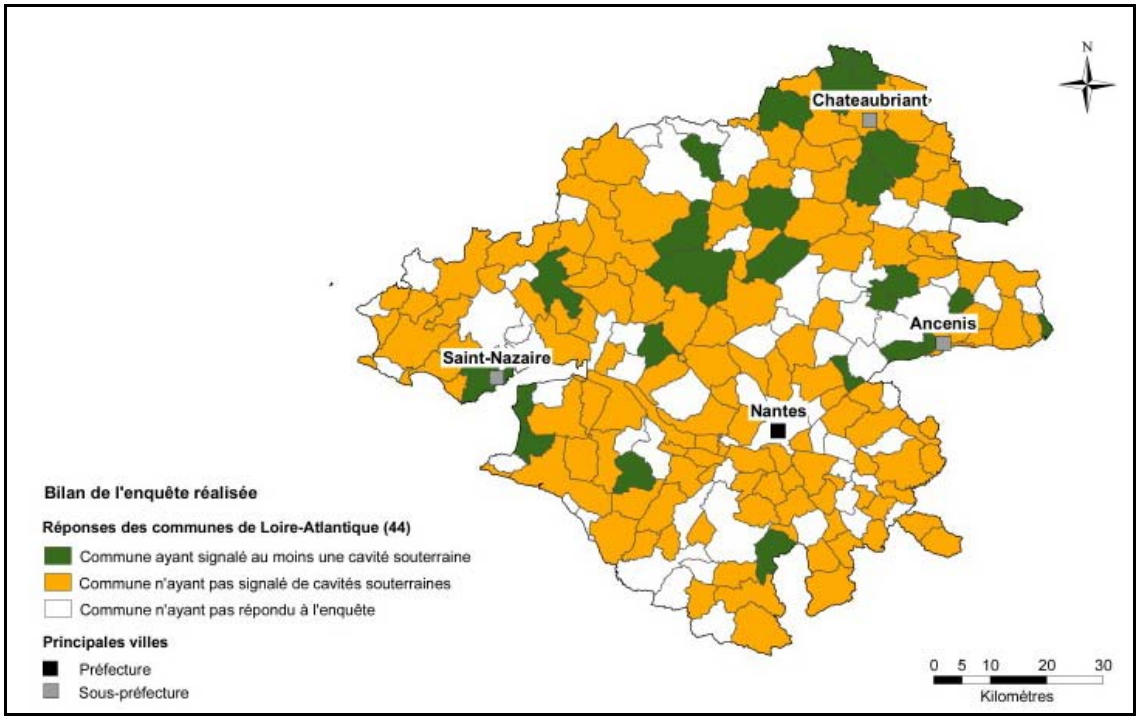


Illustration 5 : Carte du bilan de l'enquête en Loire-Atlantique

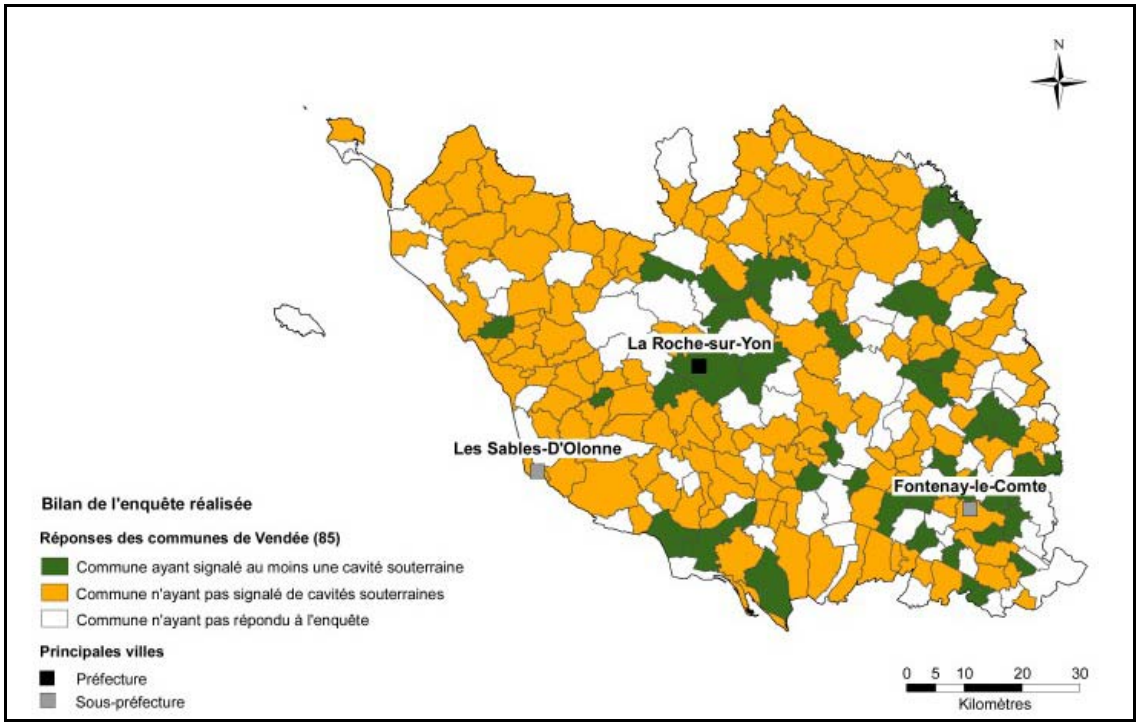


Illustration 6 : Carte du bilan de l'enquête en Vendée

Les réponses obtenues auprès des communes de ces 3 départements ont permis de signaler la présence de 210 cavités souterraines abandonnées sur leur territoire réparties comme il suit :

– 44 cavités réparties sur 32 communes en Mayenne ;

– 78 cavités réparties sur 27 communes en Loire-Atlantique ;

– 88 cavités réparties sur 43 communes en Vendée.

3.1.3. Recensement auprès des organismes et associations concernés par les cavités

Par téléphone ou par courrier, des contacts ont été établis avec divers organismes, comme des associations ou des services déconcentrés de l'Etat.

Les organismes suivants ont été contactés :

– au niveau départemental : Archives départementales, Conseil Général, DDAF, DDE, DRIRE groupes de subdivision de la Mayenne, de la Loire Atlantique et de la Vendée, Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) ;

– au niveau régional : DIREN, DRAF, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées, UNICEM carrières et matériaux Pays de la Loire et DRAC.

Les associations locales et départementales de spéléologie (CDS), des associations de protection de la faune (LPO et SFEPM) et des associations d'archéologie ont également été contactées.

Les principales sources d'information consultées sont présentées ci-après :

- **Association pour le Développement de l'Archéologie sur Niort et les Environs (ADANE)**

De par son histoire, le territoire de la Vendée présente de nombreux petits souterrains refuges qui protégeaient les habitants des envahisseurs et des pilleurs. Puisqu'ils présentent un intérêt archéologique, ces ouvrages ont souvent été visités puis relatés dans les publications d'associations archéologiques telles que l'Association pour le Développement Archéologique de Niort et de ses Environs (ADANE). Cette organisation nous a fait parvenir l'ensemble des publications qu'elle a édité et qui nous intéressaient. Nous avons pu renseigner ensuite la géométrie exacte de ces souterrains par le biais de ces articles souvent très détaillés.

- **Archives départementales**

Les Archives départementales possèdent certaines informations pouvant être utilisées dans ce genre d'étude (cadastre napoléonien, rapports de travaux publics par exemple). Toutefois, l'absence de clef d'accès aux documents pertinents par rapport à

la thématique considérée rend la consultation de ces archives très laborieuse et peu fructueuse.

- **Centre d'Etude Technique de l'Equipement (CETE)**

Les Centres d'Etudes Techniques de l'Equipement (CETE) réalisent des expertises à la demande de services routiers du MEEDDAT ou des collectivités locales. Le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées (LRPC) d'Angers, antenne du CETE de l'Ouest, rassemble l'ensemble de ces écrits. Le résultat de leur campagne de recherche de cavités est compilé dans des dossiers que nous avons pu retrouver et consulter. Le LRPC d'Angers a déterminé un nombre important de cavités qui ont permis d'enrichir la base.

- **Clubs de spéléologie**

Parmi les trois départements étudiés au cours de cet inventaire, seul le département de la Mayenne semble offrir des sites suffisamment importants pour permettre la pratique de la spéléologie. Les clubs spéléologiques contactés (Mayenne et Loire-Atlantique) nous ont fourni un grand nombre d'informations permettant de compléter les données déjà disponibles mais aussi d'intégrer de nouvelles cavités.

Le site Internet de la Fédération Française de Spéléologie (FFS) a également constitué une source d'information intéressante puisqu'il donne accès à une liste de cavités majeures du patrimoine souterrain français (http://www.ffspeleo.fr).

- **DIREN**

La DIrection Régionale de l'ENvironnement possède un certain nombre d'informations concernant des cavités protégées qui ont permis d'enrichir la collecte de données.

- **DRAC**

La Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC) possède plusieurs missions dont la protection et la conservation du patrimoine archéologique des régions par le biais de son Service Régional de l'Archéologie (SRA). Certains ouvrages souterrains sont donc connus de ce service. Ces données nous ont été communiquées pour les départements concernés et intégrées à la base de données.

- **DRIRE**

La Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement a également été sollicitée afin d'obtenir la liste des carrières souterraines sur les trois départements. Cette investigation ne nous a pas apporté d'élément.

- **Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO)**

La Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) a été contactée. En effet, des informations sont disponibles sur les cavités servant d'abris aux populations de

chiroptères. Les divisions départementales de la LPO ont répondu à notre demande et leurs informations ont été intégrées au travail.

- **Société Française d'Etudes des Souterrains (SFES)**

La Société Française d'Etudes des Souterrains est une association archéologique qui s'intéresse aux ouvrages éponymes à l'échelle de toute la France. Ils ont examiné de nombreux souterrains en Vendée, 2 en Mayenne, et n'en ont examinés aucun en Loire-Atlantique.

- **Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM)**

La SFEPM est un réseau de bénévoles agissant en partenariat avec d'autres associations, des administrations ou des organismes scientifiques pour connaître, protéger les mammifères et sensibiliser le public à leur diversité et à leur rôle. Cet organisme a une connaissance précise sur les cavités servant d'abris aux populations de chiroptères. Les éléments qui nous ont été rapportés, notamment pour la Loire-Atlantique, ont été précieux pour la description de nombreuses cavités.

- **UNICEM carrières et matériaux Pays de la Loire**

L'Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction a également été sollicitée afin d'obtenir la liste des carrières souterraines sur les 3 départements. Cette investigation ne nous a pas apporté d'élément.

3.1.4. Synthèse de la phase de recueil de données

Les informations collectées au cours des différentes consultations, décrites dans les paragraphes précédents, ont été saisies au fur et à mesure dans des tables Excel puis intégrées dans un Système d'Information Géographique (SIG). Les informations ne concernant pas cet inventaire (mines, mouvements de terrains, etc.) ont été archivées à part afin de conserver une trace de ces données.

Département	Typologie	Nombre
MAYENNE	Carrières abandonnées	71
	Caves abandonnées	2
	Ouvrages de génie civil abandonnés	12
	Ouvrages militaires abandonnés	0
	Cavités naturelles	88
	Cavités abandonnées indéterminées	2
	Non inventorié (mines, car. à ciel ouvert)	8
	Total	***183***
	Mouvements de terrain	*17*
LOIRE-ATLANTIQUE	Carrières abandonnées	11
	Caves abandonnées	2
	Ouvrages de génie civil abandonnés	17
	Ouvrages militaires abandonnés	14
	Cavités naturelles	60
	Cavités abandonnées indéterminées	3
	Non inventorié (mines, car. à ciel ouvert)	11
	Total	***118***
	Mouvements de terrain	*48*
VENDÉE	Carrières abandonnées	31
	Caves abandonnées	1
	Ouvrages de génie civil abandonnés	98
	Ouvrages militaires abandonnés	0
	Cavités naturelles	17
	Cavités abandonnées indéterminées	8
	Non inventorié (mines, car. à ciel ouvert)	14
	Total	***169***
	Mouvements de terrain	*20*

Illustration 7 : Bilan de la collecte des données

Au total, la phase de recueil de données a permis de recenser 470 potentielles et 85 désordres sur l'ensemble des trois départements concernés par cet inventaire.

Notons qu'un certain nombre de cavités a été classé comme confidentiel lors de la collecte des données, et ce, en accord avec les organismes qui en ont fait la demande. La localisation précise de ces cavités ne sera donc pas disponible lors de la consultation du site Internet. Ces données sont transmises au MEEDDAT en document joint au rapport.

3.2. VALIDATION ET VALORISATION DES DONNÉES

3.2.1. Validation des données

- **Elimination des doublons**

Le regroupement d'informations relatives aux mêmes cavités et l'élimination des données redondantes sont des tâches importantes de la validation des données. Cette élimination des doublons s'est, pour la plupart du temps, effectuée lors des phases de collecte des données et de dépouillement d'archives.

Par exemple, lors du dépouillement des documents concernant les cavités de la Mayenne, certaines grottes possédaient des noms totalement différents alors qu'ils concernaient une même entité. De ce fait, il a été nécessaire d'effectuer un certain nombre de croisements d'informations afin de ne pas retenir des cavités déjà renseignées.

Enfin, certaines données collectées se sont avérées être difficilement exploitables en l'état à l'échelle de représentation utilisée dans le cadre de cet inventaire (1/25 000). Par exemple, lors de l'inventaire des cavités souterraines à Saffré (Loire-Atlantique), les différents interlocuteurs ont signalé un total de 92 fontis témoignant de la présence de cavités. Or, ceux-ci étaient parfois regroupés sur de petites surfaces, voire superposés à l'échelle du 1/25 000, rendant impossible une individualisation. De ce fait, la définition des entités a consisté à caractériser une cavité pour les fontis bien isolés mais aussi pour les fontis regroupés sur une surface restreinte.

- **Validation de terrain**

Conformément au cahier des charges, un certain nombre de cavités souterraines recensées lors de la phase de recueil de données a fait l'objet d'une visite sur le terrain. Le choix a porté sur des cavités pour lesquelles informations étaient, incomplètes ou ambiguës. De ce fait, la visite sur le terrain a donc été centrée principalement sur les informations provenant des mairies.

La confirmation ou les modifications éventuelles des informations, à la vue du constat de terrain, ont principalement porté sur le descriptif typologique des cavités. En effet, la distinction entre par exemple mine et carrière n'est pas aisée pour des personnes dont le métier n'est pas en lien avec ces thématiques. Il est donc parfaitement normal que les personnes ayant, au sein des mairies, répondu à l'enquête n'aient pas toujours employé le terme descriptif exact.

Cette phase de validation a également permis de localiser précisément la situation des cavités (repérage sur carte topographique à l'échelle 1/25 000 ou mesure GPS), soit à partir de l'observation directe lorsque les accès étaient encore praticables ou au moins visibles, soit à partir de témoignages concordants recueillis sur place. Il s'agissait aussi de compléter, par une observation rapide, les informations déjà disponibles sur l'environnement du site (nature de l'occupation du sol en surface et position des enjeux éventuellement exposés).

Moins fréquemment, la validation de terrain a permis de rajouter des cavités, non mentionnées auparavant. Ces cavités sont également localisées sur une carte topographique à l'échelle 1/25 000 ou à l'aide d'un GPS et font l'objet d'observations.

- **Elimination des données inexploitables**

Un ensemble de données collectées s'est révélé inexploitable. En effet, certaines informations apparaissent trop peu fiables ou trop peu précises. Par exemple, des mentions de souterrains potentiels ou de grottes, sans orifice localisé, ni positionnement, ont été écartées.

3.2.2. Valorisation des données saisies

Toutes les cavités recensées par le biais de cette étude, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique, sont à ce jour traitées et saisies dans BD Cavités. Pour la plupart d'entre elles, les informations recueillies auprès des divers organismes contactés ou dans les rapports d'études se sont avérées suffisamment exhaustives et ne justifiaient pas de visite de terrain complémentaire.

3.3. ANALYSE CRITIQUE DE LA REPRESENTATIVITE DES DONNEES

3.3.1. Enquête auprès des communes

Le bon taux de retour des courriers destinés aux communes (plus de 74 % de réponses écrites) tend à montrer que les communes se sentent de plus en plus concernées par les problèmes liés aux risques naturels. Cependant, ces informations sont souvent difficiles à obtenir et il est parfois nécessaire de réaliser plusieurs relances.

Quelques erreurs ou imprécisions ont été constatées dans les réponses aux questionnaires :

– signalement des cavités en service (tunnels routiers, galeries de captage) ;

– erreur sur la typologie de la cavité ;

– approximation du positionnement sur le fond de plan IGN fourni ;

– signalement de puits ;

– cavités d'origine minière ou carrières à ciel ouvert.

Le contrôle sur le terrain ou le contact téléphonique permet en général de corriger ces erreurs.

3.3.2. Recherche bibliographique auprès des organismes et des particuliers

Un certain nombre de contacts sont restés sans réponse, nous supposons que ces organismes n'avaient pas de données à communiquer.

Les autres problèmes rencontrés restent typiques des inventaires départementaux en particulier au niveau de la redondance de l'information.

Un autre problème des données collectées est l'hétérogénéité des renseignements. En effet, ceux-ci peuvent aussi bien être assez fournis lorsqu'ils sont issus de rapports d'études ou de personnes qui ont visité les cavités. En revanche, les données peuvent être assez pauvres lorsqu'il s'agit de listings sans informations précises.

3.3.3. Enquête de terrain

Les visites de terrain ont été effectuées au cours de l'année 2008 et début 2009. Les principaux problèmes rencontrés sont d'ordre pratique et ont pu concerner :

– la localisation des entrées de la cavité, parfois difficilement repérables en raison de la végétation, de la disparition des entrées, de la topographie ou tout simplement en raison de l'imprécision de la localisation sur le plan IGN ;

– l'identification des doublons sur le terrain.

3.4. SYNTHESE

Les illustrations qui suivent (Illustrations 8,9 et 10) montrent la répartition des cavités recensées dans cet inventaire après validation des données.

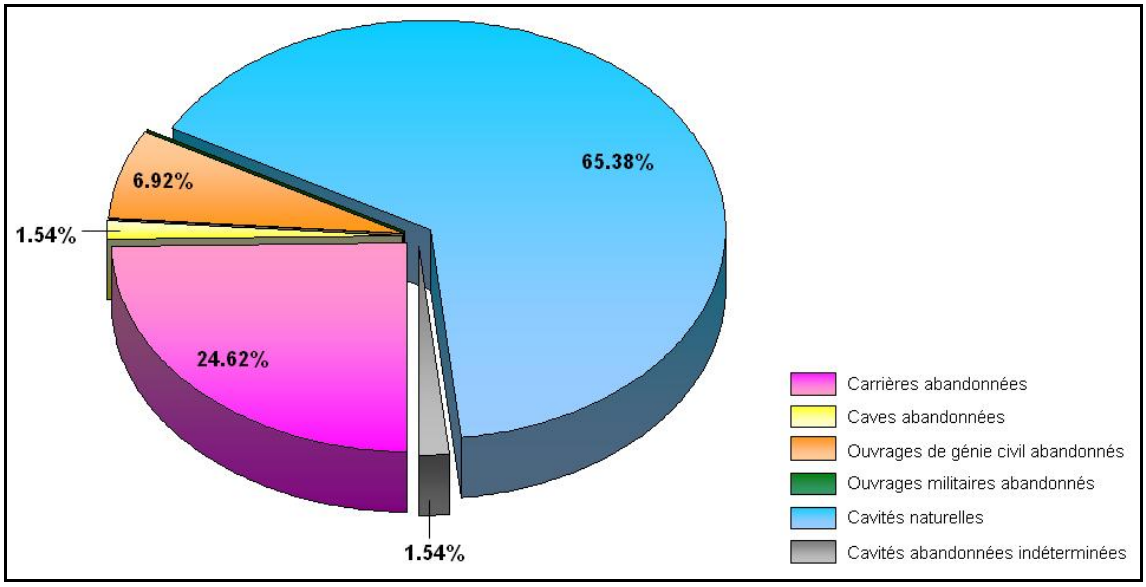


Illustration 8 : Bilan du recensement des cavités souterraines abandonnées en Mayenne

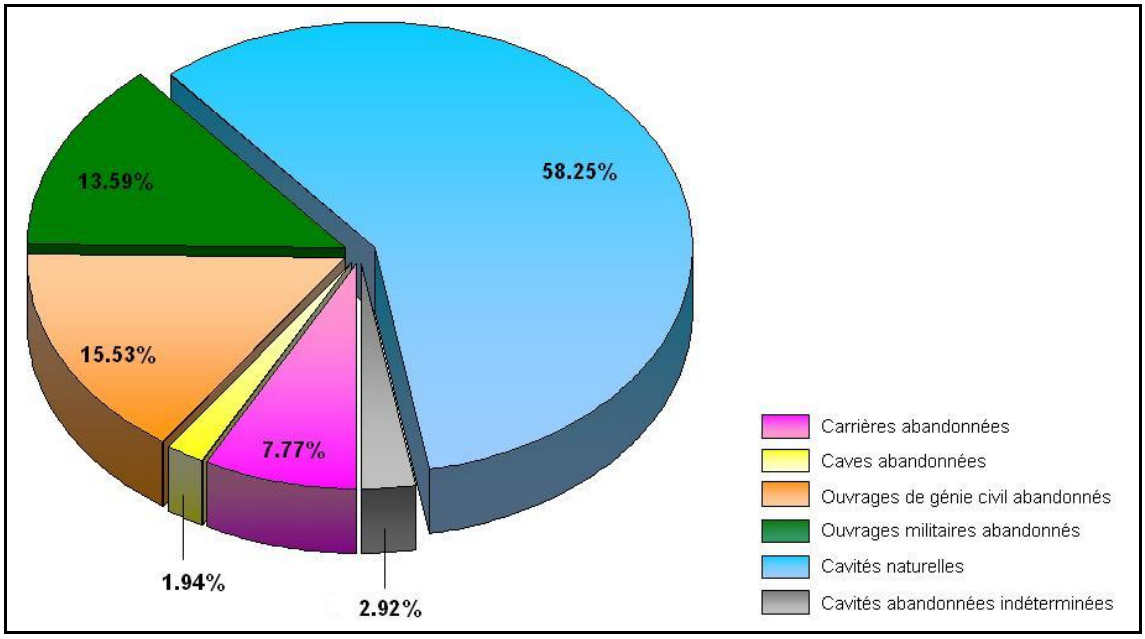


Illustration 9 : Bilan du recensement des cavités souterraines abandonnées en Loire-Atlantique

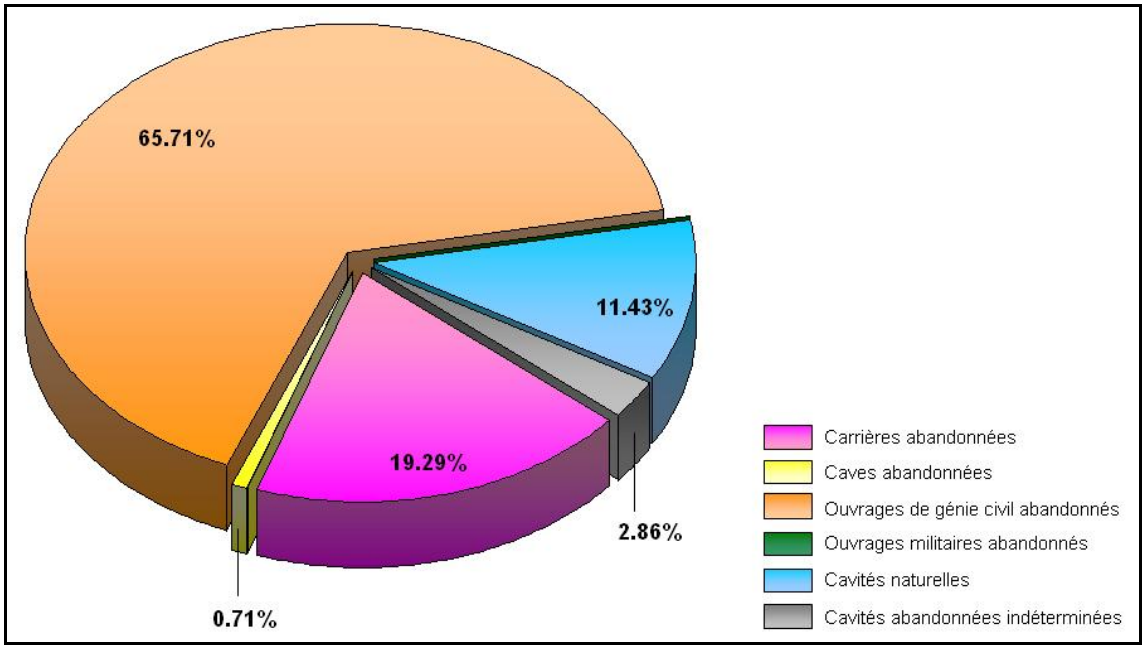


Illustration 10 : Bilan du recensement des cavités souterraines abandonnées en Vendée

Département	Typologie	Nombre	Pourcentage
MAYENNE	Carrières abandonnées	32	24.62
	Caves abandonnées	2	1.54
	Ouvrages de génie civil abandonnés	9	6.92
	Ouvrages militaires abandonnés	0	0.00
	Cavités naturelles	85	65.38
	Cavités abandonnées indéterminées	2	1.54
	Total	***130***	***100.00***
LOIRE-ATLANTIQUE	Carrières abandonnées	8	7.77
	Caves abandonnées	2	1.94
	Ouvrages de génie civil abandonnés	16	15.53
	Ouvrages militaires abandonnés	14	13.59
	Cavités naturelles	60	58.25
	Cavités abandonnées indéterminées	3	2.92
	Total	***103***	***100.00***
VENDÉE	Carrières abandonnées	27	19.29
	Caves abandonnées	1	0.71
	Ouvrages de génie civil abandonnés	92	65.71
	Ouvrages militaires abandonnés	0	0.00
	Cavités naturelles	16	11.43
	Cavités abandonnées indéterminées	4	2.86
	Total	***140***	***100.00***

Illustration 11 : Synthèse de la répartition des cavités recensées dans cet inventaire

Un total de 373 cavités a été recensé au sein de cet inventaire, soit dans le détail, 130 cavités en Mayenne, 103 en Loire-Atlantique et 140 en Vendée.

Ces chiffres ne sont certainement pas exhaustifs du fait, notamment, du manque de données dans certains secteurs de l'étude favorables à l'exploitation ou à la formation de cavités souterraines (calcaires jurassiques du sud de la Vendée), mais aussi la difficulté d'inventorier les cavités de petite taille creusées dans les calcaires ou les schistes ardoisiers dont les communes ont globalement une assez mauvaise connaissance.

On constate une relative hétérogénéité entre ces trois départements :

– En Mayenne, la majorité des cavités (65.38 %) correspond à des cavités naturelles principalement situées au sein de formations calcaires cambriennes, dévoniennes et carbonifères. On constate également un nombre important de carrières souterraines abandonnées (32 cavités) en raison de l'exploitation des schistes ardoisiers de l'Ordovicien supérieur dans le sud du département. Les autres catégories apparaissent en nombre plus limité, 9 ouvrages de génie civil

abandonnés, 2 caves abandonnées et on ne recense pas d'ouvrage militaire abandonné.

– En Loire-Atlantique, la majorité des cavités (58.25 %) correspond à des cavités naturelles principalement situées au sein des bassins tertiaires de Campbon et de Saffré. Les autres catégories apparaissent en nombre plus limité, 16 ouvrages de génie civil abandonnés, 14 ouvrages militaires abandonnés, 8 carrières abandonnées et 2 caves abandonnées.

– En Vendée, la majorité des cavités (65.71 %) correspond à des ouvrages de génie civil abandonnés dont la construction est en lien étroit avec l'histoire de ce département. On constate également un nombre important de carrières abandonnées (27 cavités) en raison de petites exploitations creusées dans les calcaires et marnes du Jurassique (sud Vendée). Les autres catégories apparaissent en nombre plus limité, 16 cavités naturelles, 1 cave abandonnée, on ne recense pas d'ouvrage militaire abandonné.

4. Analyse des résultats

4.1. CADRE DEPARTEMENTAL

4.1.1. Géographie

Les départements de la Mayenne, de la Loire-Atlantique et de la Vendée se situent dans le nord-ouest de la France (Illustration 12). La Loire-Atlantique et la Vendée sont des départements côtiers tandis que la Mayenne, plus au nord-est, borde le bassin parisien. Avec le Maine-et-Loire et la Sarthe, ces trois départements forment la région des Pays de la Loire.

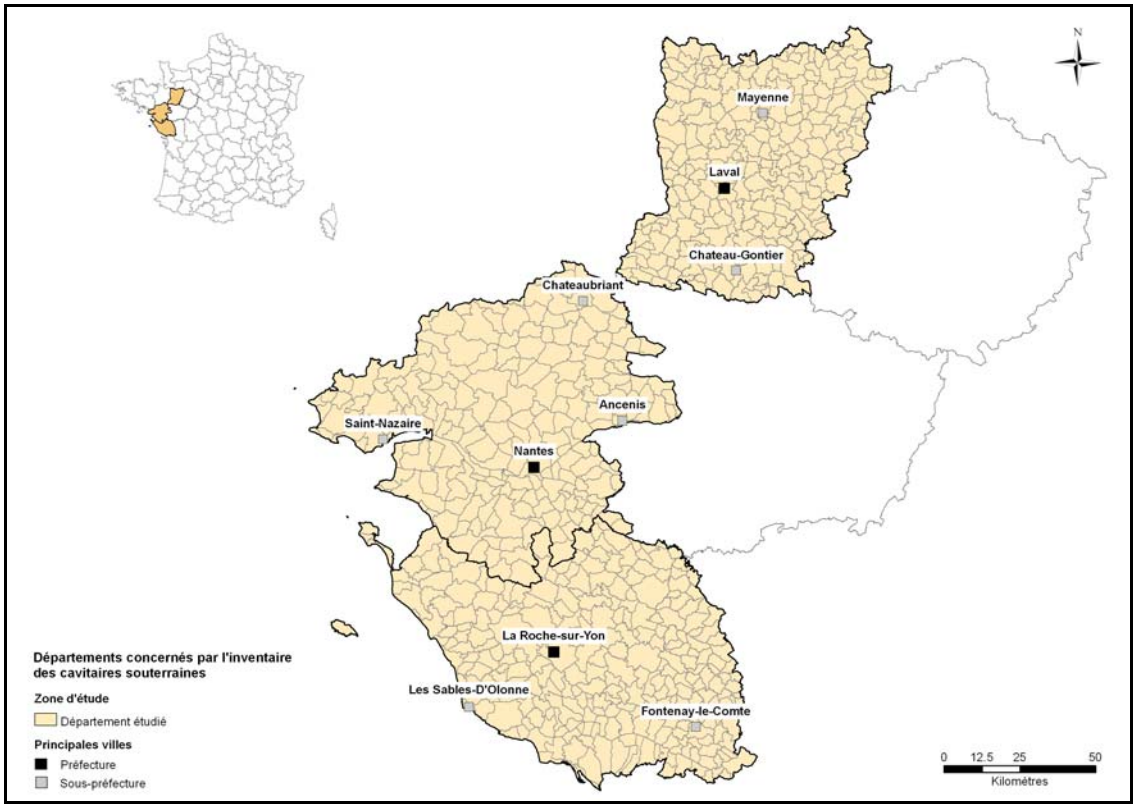


Illustration 12 : Carte de présentation des départements d'étude

- **La Mayenne**

Le département de la Mayenne est le plus petit et le moins peuplé de la région des Pays de la Loire avec une superficie de 5 175 km² et une population d'environ 309 106 habitants (source INSEE, 2006), soit une densité de 60 habitants/km². Peu urbanisé, il ne compte que trois villes de plus de 10 000 habitants : Laval, la préfecture, qui se

trouve au centre du département et ses deux sous-préfectures, Mayenne au nord et Château-Gontier au sud.

La Mayenne présente un relief assez accidenté avec des altitudes variant de l'ordre d'une centaine de mètres sur une large moitié sud et pouvant atteindre 200 à 300 mètres au nord du département. Le mont des Avaloirs, situé à la frontière de l'Orne, offre à l'ouest de la France son point culminant avec une altitude de 417 mètres. Appartenant au massif primaire armoricain, le sol mayennais se compose de roches aussi diverses que le granite, le schiste gréseux ou le calcaire.

- **La Loire-Atlantique**

D'une superficie de 6 815 km², ce département comptait, en 2006, 1 268 257 habitants (source INSEE, 2006) soit une densité de 186 habitants/km². Ce nombre masque des disparités importantes puisque les agglomérations de Nantes et Saint-Nazaire concentrent à elles seules plus de 60 % de la population de la Loire-Atlantique.

Située sur la côte atlantique à la limite sud de la péninsule bretonne, la Loire-Atlantique est largement ouverte sur l'océan (133 km de façade maritime). Ce département est traversé (sur 110 km d'est en ouest) par la Loire vers laquelle affluent rivières (Sèvre et Erdre principalement, avec la ville de Nantes à leur confluence) et ruisseaux. Il est également parsemé de lacs (Grand-Lieu), d'étangs ou encore de marais (Grande Brière).

Son relief est peu accusé et se caractérise par une succession de plateaux faiblement ondulés. Au nord de la Loire, le sillon de Bretagne constitue le relief le plus marqué du département. Le point culminant (environ 115 m) se situe plus à l'est dans la région de Châteaubriand (colline de Bretèche). Au sud de la Loire, à l'est du lac de Grand-Lieu, débutent les collines des Mauges aux vallées relativement encaissées.

- **La Vendée**

D'une superficie de 7015 km², ce département comptait, en 2006, 616 707 habitants (source INSEE, 2006) soit une densité de 88 habitants/km². La Vendée possède 9 communes ayant une population supérieure à 10 000 habitants. Les trois plus importantes, La Roche-sur-Yon, Challans et Les Sables d'Olonne, dénombrent respectivement 54 116, 18 349 et 16 105 habitants.

Egalement située sur la côte atlantique, la Vendée montre la plus large ouverture sur l'Océan de la région des Pays de la Loire avec une bordure littorale de plus de 140 km. Son nom est originaire de la rivière de « La Vendée » qui traverse le département.

Le relief est faiblement accentué, le point culminant est de 290 m à Saint-Michel-Mont-Mercure à l'Est du département. La Vendée présente 4 régions naturelles : le bocage (nord, est et centre), la plaine (sud), les marais (nord-ouest et sud) et la côte.

4.1.2. Géologie

D'un point de vue géologique, la région des Pays de la Loire couvre les parties sud et est des terrains cristallins du Massif armoricain (Mayenne, Loire-Atlantique, Vendée) ainsi que sa bordure sédimentaire qui appartient au bassin de Paris à l'est (Sarthe, Maine-et-Loire) et au bassin d'Aquitaine au sud (Vendée).

Le Massif armoricain est un des grands massifs anciens du territoire national, tronçon affleurant de la chaîne varisque, érigée au cours de l'ère primaire (Paléozoïque) il y a 300 Ma (millions d'années).

Il est constitué de terrains cristallins d'âge paléozoïque (granites, schistes, etc.) dont la structure complexe résulte de la tectonique, du métamorphisme et de la granitisation associés aux différents processus aboutissant à l'érection de la chaîne varisque.

Au sein même de ce massif, quelques petits bassins tertiaires sont restés piégés le long des failles, à la faveur d'effondrements.

- **La Mayenne**

Le département de la Mayenne se situe à l'extrémité orientale du Massif Armoricain. Le sous-sol de ce département est essentiellement constitué de formations du Massif Armoricain (Illustration 13).

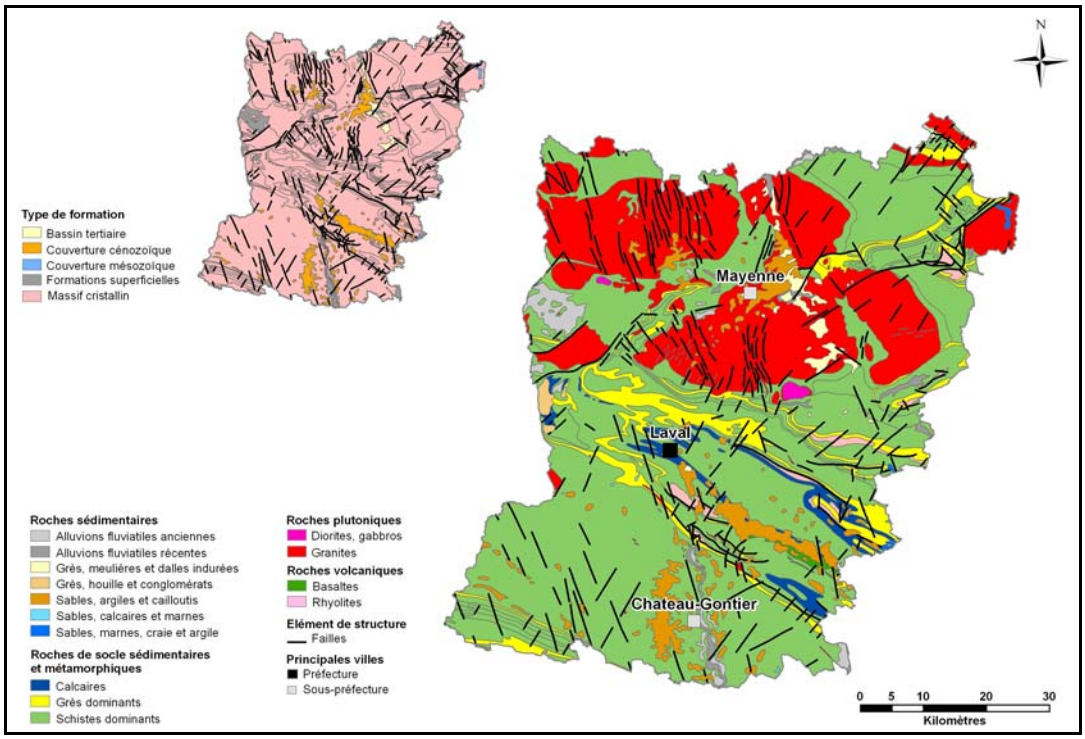


Illustration 13 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Mayenne (Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire)

En Mayenne, les formations du Massif armoricain sont essentiellement des schistes et, plus localement, des grès. La partie nord (domaine du bocage normand) se distingue du reste du département par la présence de massifs granitiques. Le domaine du bassin de Laval (structure allongée, orientée WNW-ESE et centrée sur Laval) se distingue également par la présence d'une puissante formation carbonatée (dévon-carbonifère). Ces calcaires sont affectés par des phénomènes de karstification et une forte densité de fractures.

En Mayenne, les formations dites de socle sont recouvertes par de nombreux placages d'âge Tertiaire. Ce sont des sables, des argiles, des calcaires meulièrisés. Deux bassins tertiaires sont présents : le bassin de Chantrigné et le bassin de Chemazé.

Les formations sédimentaires récentes sont principalement les alluvions fluviatiles récentes des basses terrasses et des fonds de vallées. Elles sont essentiellement composées de sables, de limons et d'argiles.

- **La Loire-Atlantique**

Le sous-sol du département de la Loire-Atlantique est constitué essentiellement par des formations du Massif Armoricain (Illustration 14).

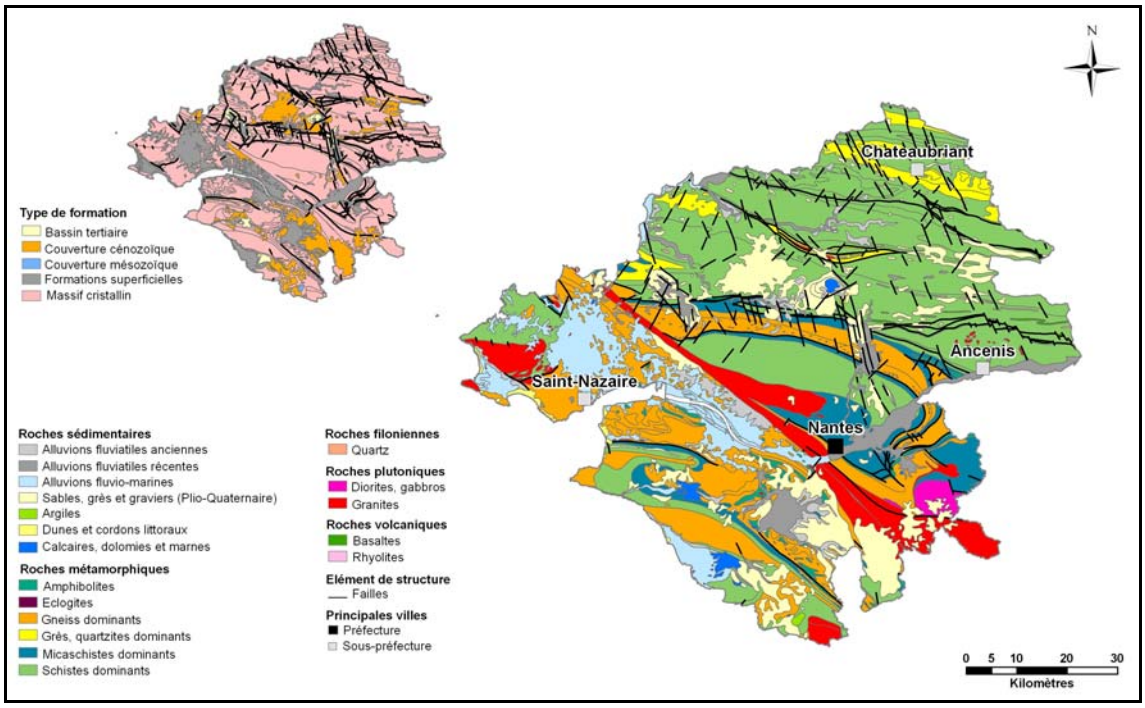


Illustration 14 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Loire-Atlantique (Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire)

Plusieurs domaines se différencient dans le département mais globalement ces domaines peuvent être regroupés en deux blocs, séparés par la faille de Nort-sur-Erdre (d'importance crustale) :

– au nord de la faille : le bloc médio-nord armoricain. Les terrains affleurants ont été relativement peu tectonisés et peu métamorphisés. Les formations sont essentiellement constituées de schistes et de grès ;

– au sud de la faille : le bloc sud-armoricain. Les terrains affleurants sont, au contraire et en majorité, très tectonisés et très métamorphisés. Ce sont les racines de la chaîne varisque qui affleurent. Les formations sont principalement des gneiss. Cette zone inclut également des intrusions plutoniques (granites et granitoïdes).

Des formations sédimentaires d'âge Tertiaire sont également présentes, dans une moindre mesure, à l'affleurement. En effet, au cours du Tertiaire le bassin de Paris et le Massif Armoricain se sont déformés en réponse à la collision alpine. Cette déformation s'est manifestée en majeure partie par le rejeu de failles. Les formations sédimentaires sont restées piégées à la faveur d'effondrements délimités par des failles formant ainsi de nombreux petits bassins tertiaires. En Loire-Atlantique, douze bassins sont dénombrés. Les formations sédimentaires présentes dans ces bassins tertiaires sont :

– des marnes et des calcaires (Eocène). Des calcaires dolomitiques puis des sables et grès calcaro-dolomitiques, d'âge Lutétien, sont préservés dans les bassins de Saffré et de Campbon. Les calcaires du bassin de Saffré en partie nord du département présentent, en outre, des phénomènes de karstification ;

– des formations essentiellement sableuses (Mio-Pliocène) dans la plupart des bassins. Ces sables peuvent être mêlés à des cailloutis et des graviers à matrice argileuse.

Les formations sédimentaires récentes sont principalement les alluvions fluviatiles récentes des basses terrasses et des fonds de vallées (sables, limons et argiles) ainsi que les alluvions fluvio-marines des Marais Breton et de la Grande Brière (dépôts vaseux).

- **La Vendée**

Ce département appartient globalement au bloc sud-armoricain, de ce fait il est en partie constitué de séries métamorphiques. Il présente des terrains affleurants majoritairement très tectonisés et très métamorphisés, ce qui implique une grande complexité des différents faciès observés. Tous les stades de métamorphisme prograde sont ici représentés, allant des schistes aux migmatites. Ces dernières forment le pourtour des nombreuses intrusions plutoniques (granitoïdes) qui traduisent l'intensité de la déformation lors de la surrection de la chaîne Hercynienne.

Le phénomène de piégeage des sédiments par la poussée des Alpes a conduit à la formation, en Vendée, de deux bassins calcaires tertiaires majeurs, Saint Gervais et Challans, ainsi qu'à l'apparition d'un bassin de dépôts carbonatés sur l'île de Noirmoutier.

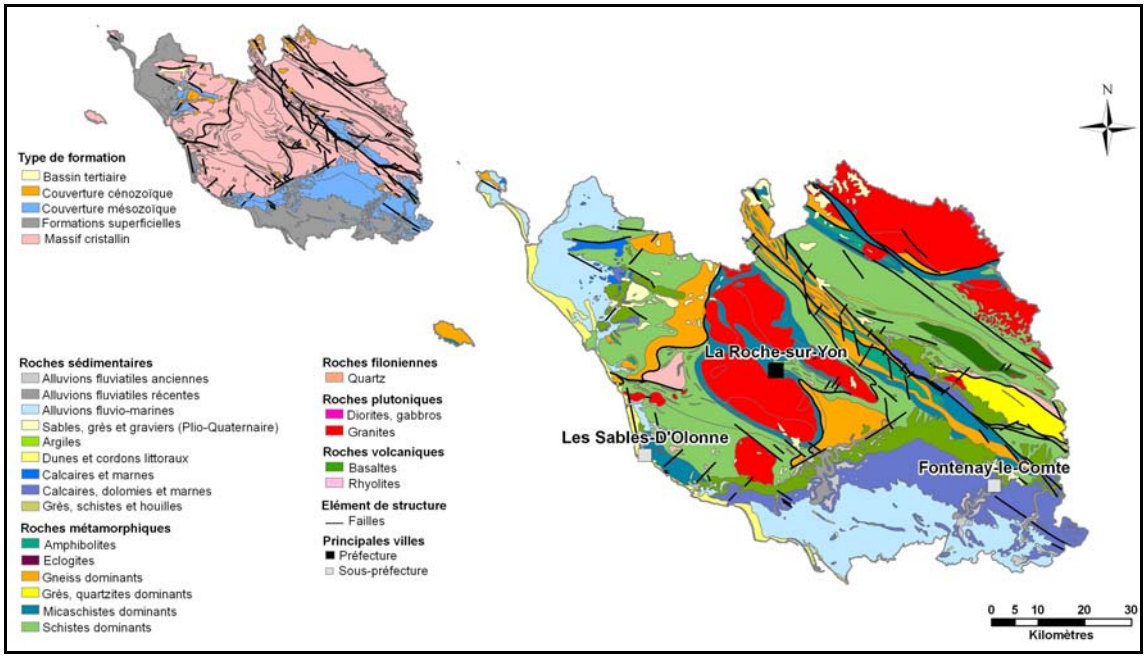


Illustration 15 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Vendée
(Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire)

Les argiles et les calcaires sud-vendéens appartiennent à l'unité du Bassin d'Aquitaine. Elles correspondent aux transgressions marines qui ont eu lieu du Jurassique inférieur (200 Ma) à supérieur (140 Ma) et qui se déposent en discordance sur le socle métamorphique. Après une période de non-dépôt, les transgressions marines ont repris au Crétacé supérieur (96-65 Ma), mais se sont limitées à la Vendée littorale. Ces formations du bassin d'Aquitaine peuvent manifester localement des karsts.

La sédimentation actuelle est importante sur le littoral mais également dans les marais Poitevin (sud-est) et Breton (nord-ouest). Il existe aussi une sédimentation fluviatile due aux nombreux cours d'eau du département.

Enfin, la Vendée est traversée du nord-ouest au sud-est par un sillon houiller le long d'une faille majeure de décrochement dextre. Ce sillon a permis l'exploitation de charbon notamment dans la région de Faymoreau.

4.2. ANALYSE TYPOLOGIQUE DES CAVITES REPERTORIEES

Les départements de la Mayenne, de la Loire-Atlantique et de la Vendée présentent des cavités très variées, tant par leur origine (naturelle ou anthropique) que par leur nature (caves, galeries…).

4.2.1. Les carrières souterraines abandonnées

- **La Mayenne**

On recense 32 cavités de type « carrières abandonnées » dans le département de la Mayenne. Ces cavités (galeries, bures, chambres, etc.) sont pour la plupart liées à l'exploitation des schistes ardoisiers dans l'extrême sud-ouest du département.

En effet, la grande majorité des cavités de ce type qui ont été recensées en Mayenne correspondent aux anciennes exploitations d'ardoise de Renazé et de Saint-Saturnin-du-Limet. Les schistes exploités dans ces ardoisières sont d'âge Ordovicien supérieur et constituent une partie de la série primaire du synclinorium de Martigné-Ferchaud.

- **La Loire-Atlantique**

En Loire-Atlantique 8 cavités de type « carrières abandonnées » ont été inventoriées. Ces cavités correspondent majoritairement à des exploitations relativement modestes de schistes ardoisiers situées au nord du département. L'illustration ci-dessous correspond à l'une de ces exploitations repérées lors d'une validation de terrain dans le nord du département.

Illustration 16 : Photographie d'un puits ardoisier à Pierric, Loire-Atlantique (source : BRGM)

- **La Vendée**

Les cavités de type « carrières souterraines » représentent 27 cavités au sein de cet inventaire. Elles correspondent principalement à des exploitations souterraines de petites tailles (sous forme de chambre) dans lesquelles étaient extraites des pierres de construction correspondant aux calcaires du Jurassique. Ces carrières sont, pour la majorité, situées dans le sud de la Vendée au sein des formations appartenant à l'unité du Bassin d'Aquitaine.

4.2.2. Les caves abandonnées

Les caves abandonnées s'avèrent peu nombreuses dans les départements concernés par cet inventaire. Seulement 5 cavités de ce type ont été recensées, 2 en Mayenne, 2 en Loire-Atlantique et 1 en Vendée.

4.2.3. Les ouvrages de génie civil abandonnés

Ce type de cavités représente 117 entités dans cet inventaire, 9 en Mayenne, 16 en Loire-Atlantique et 92 en Vendée.

Ces ouvrages de génie civil correspondent principalement à des souterrains (utilisés comme refuge ou non) situés à proximité d'églises et de châteaux.

Illustration 17 : Photographies de souterrains refuge à Saint-Paul-en-Pareds, Vendée (source : ADANE, 2008)

La grande majorité des ouvrages de ce type recensés au cours de cet inventaire sont localisés en Vendée. Cet écart avec les départements de la Mayenne et de la Loire-Atlantique s'explique par l'histoire de ce département.

En effet, ces ouvrages qui, pour la plupart, sont des réseaux souterrains, servaient de refuges aux habitants qui étaient ainsi protégés de leurs ennemis. Ces ouvrages sont aussi bien matérialisés dans des roches sédimentaires que métamorphiques et plutoniques. De plus, nous pouvons préciser que ces ouvrages qui ont été creusés pour des besoins de sécurité sont généralement peu profonds et souvent construits dans la couche superficielle de roches altérées. De ce fait ils sont nombreux à s'effondrer du fait de la faible épaisseur et du degré de solidité modeste du toit.

4.2.4. Les ouvrages militaires abandonnés

L'inventaire a permis de recenser au total 14 ouvrages militaires abandonnés qui pour la totalité sont localisés dans le département de la Loire-Atlantique. L'ensemble de ces ouvrages a été réalisé au cours de la Seconde Guerre mondiale et correspond pour la plupart à d'anciens dépôts d'armes et de munitions (blockhaus et sapes linéaires).

4.2.5. Les cavités naturelles

- **La Mayenne**

Le présent inventaire a permis de recenser 85 cavités naturelles en Mayenne.

Illustration 18 : Photographie de la Grotte à la Chèvre, à Saint-Pierre-sur-Erve, Mayenne (source : www.grottes-de-saulges.com)

La présence de terrains sédimentaires et en particulier de nature calcaire, explique ce nombre important de cavités naturelles en Mayenne. La majorité de ces cavités naturelles sont situées dans les grès et calcaires du Dévonien, les calcaires du Carbonifère (flancs du synclinorium de Laval) et les schistes et calcaires du Cambrien (Coëvrons, plaine d'Evron).

- **La Loire-Atlantique**

L'inventaire a permis de recenser 60 cavités naturelles dans le département de la Loire-Atlantique. Ces cavités sont principalement localisées dans des bassins tertiaires (sables, marnes et calcaires). Ces formations sont notamment préservées dans les bassins de Saffré et de Campbon. Il est important de noter que les calcaires du bassin de Saffré en partie nord du département présentent d'importants phénomènes de karstification. D'ailleurs, 50 % des cavités recensées dans ce département sont situées sur le territoire de la commune de Saffré.

- **La Vendée**

Le nombre de cavités naturelles inventoriées en Vendée est assez faible (seulement 16 entités) d'après les données collectées et ce, malgré la présence des calcaires du Jurassique (Bathonien-Bajocien, Hettangien) sur une partie du territoire sud-vendéen. En effet, ces formations qui appartiennent à l'unité du Bassin d'Aquitaine peuvent manifester localement des karsts.

4.3 IDENTIFICATION DES ZONES EXPOSEES AU RISQUE « CAVITES SOUTERRAINES »

4.3.1. Par grands ensembles géologiques

Un examen de la répartition des différents types d'occurrences, en fonction des grands ensembles géologiques, a été réalisé pour chacun des départements.

Cette approche s'effectue par juxtaposition entre la localisation géographique des cavités et la cartographie simplifiée de la géologie de chaque département. Les relations potentielles s'évaluent par la présence d'une occurrence, soit sur les affleurements, soit à relative proximité de ceux-ci. En effet, une cavité souterraine peut concerner une couche géologique alors que celle-ci n'est plus affleurante, mais recouverte superficiellement.

- **La Mayenne**

Conformément à ce qu'il a été décrit précédemment, les formations géologiques dans lesquelles sont recensées le plus de cavités souterraines dans le département de la Mayenne sont :

– les calcaires du Carbonifère ;

– les grès et calcaires du Dévonien ;

– les schistes ardoisiers de l'Ordovicien ;

– les schistes et calcaires du Cambrien.

L'illustration 19 montre que la répartition des cavités naturelles dans le département de la Mayenne est concentrée sur les flancs du synclinorium de Laval et dans la région des Coëvrons et de la plaine d'Evron. Ces secteurs correspondent à des formations de type calcaire et/ou grès représentées par principalement 3 formations :

– les calcaires du Carbonifère ;

– les grès et calcaires du Dévonien ;

– les schistes et calcaires du Cambrien.

La grande majorité des carrières abandonnées est localisée dans l'extrême sud-ouest du département au sein des schistes ardoisiers de l'Ordovicien supérieur, orientés NW-SE. Cette ressource a été intensément exploitée au cours du siècle passé dans les communes de Renazé et Saint-Saturnin-du-Limet. Les autres exploitations présentes dans le département sont plus modestes et plus isolées.

En ce qui concerne les autres types de cavités (caves, ouvrages de génie civil) leurs localisations ne semblent pas être spécifiquement liées à la présence de grands ensembles géologiques en particulier.

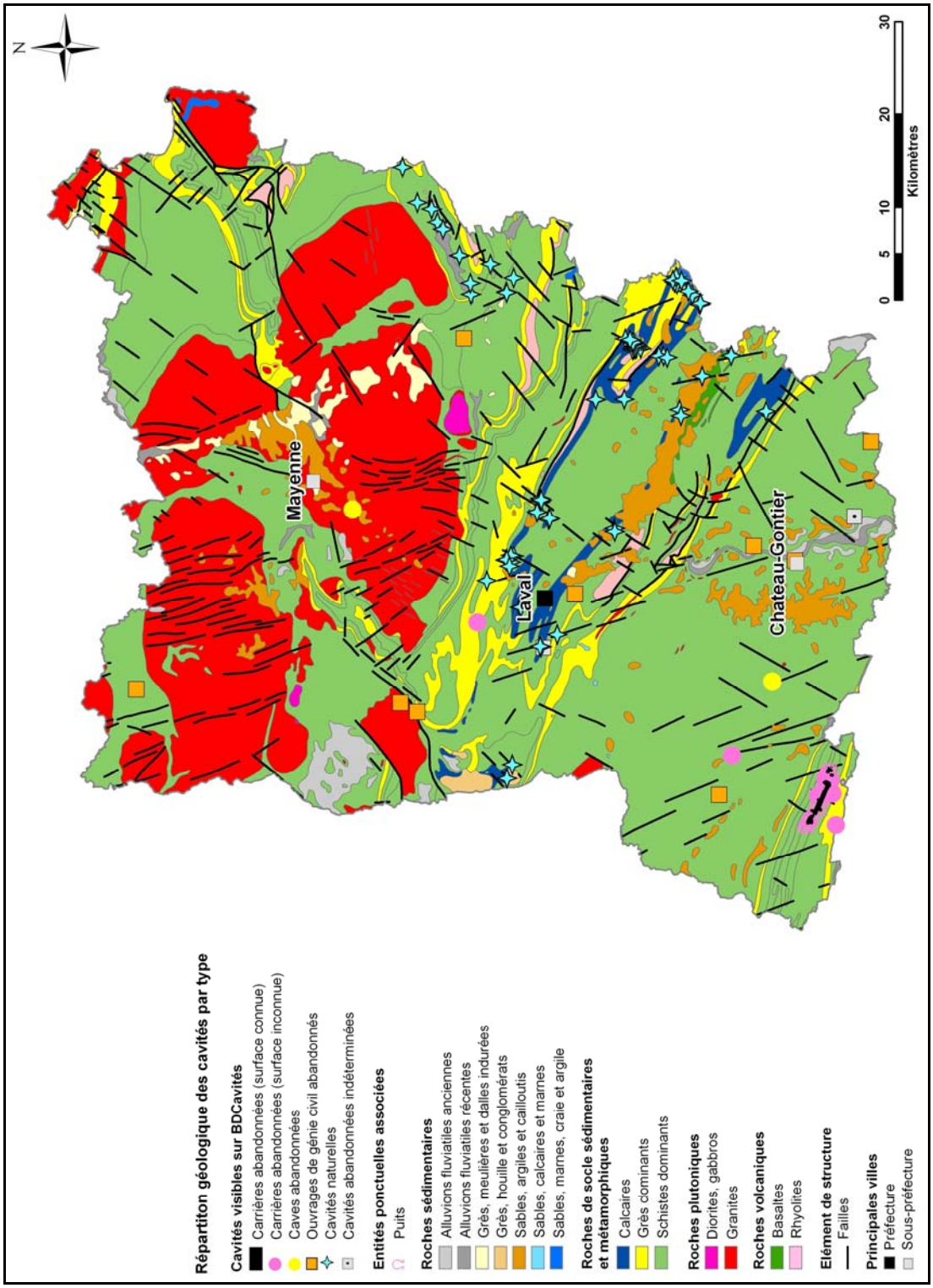


Illustration 19 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Mayenne - Positionnement des cavités recensées
(Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire)

- **La Loire-Atlantique**

Les cavités naturelles représentent le type de cavités le plus présent au sein de cet inventaire pour le département de la Loire-Atlantique. Ces cavités sont principalement localisées au sein de deux bassins tertiaires, les bassins de Campbon et de Saffré. Ces bassins correspondent à des bassins d'effondrement dans lesquels est observée une sédimentation cénozoïque (dépôts détritiques et calcaires). Les horizons calcaires présents dans ces structures constituent des horizons fortement kartsifiés responsables de nombreux effondrements.

Les autres cavités naturelles recensées correspondent pour la plupart à des grottes relativement profondes localisées sur la côte dans des formations de granites et de gneiss.

Les schistes ordoviciens présents principalement dans la moitié nord du département constituent également des formations dans lesquelles il est possible d'observer un certain nombre de cavités. Celles-ci correspondent pour la plupart à des carrières souterraines de petites tailles dans lesquelles étaient exploités les horizons à qualité ardoisière.

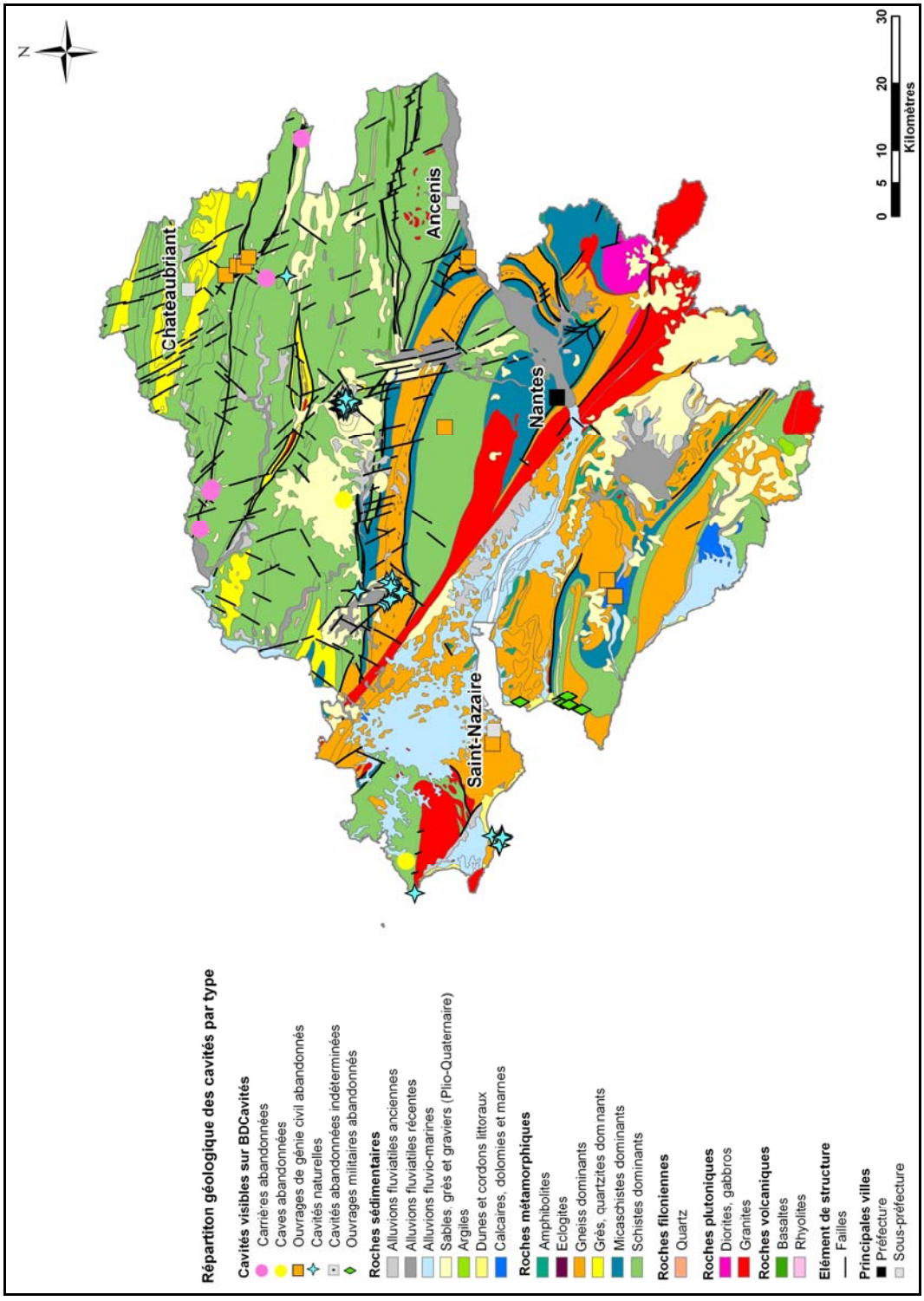


Illustration 20 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Loire-Atlantique - Positionnement des cavités recensées
(Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire)

- **La Vendée**

Dans le département de la Vendée la majorité des cavités recensées correspond à des ouvrages du génie civil aussi bien matérialisés dans des roches sédimentaires que métamorphiques et plutoniques.

De ce fait, l'identification des zones exposées au risque « cavités souterraines » par grands ensembles géologiques conduit à ne retenir que 2 formations. En effet, hormis les bassins calcaires tertiaires de Saint-Gervais et de Challans et les calcaires du Jurassique présents dans le Sud du département, aucune autre entité ne semble faciliter la formation ou la construction de cavités souterraines.

Dans le détail, ces calcaires du sud de la Vendée correspondent principalement :

– aux calcaires du Bajo-Bathonien correspondant à des calcaires plus ou moins crayeux pouvant être altérés dans les 5 à 10 premiers mètres ;

– aux calcaires kartsifiés de l'Hettangien.

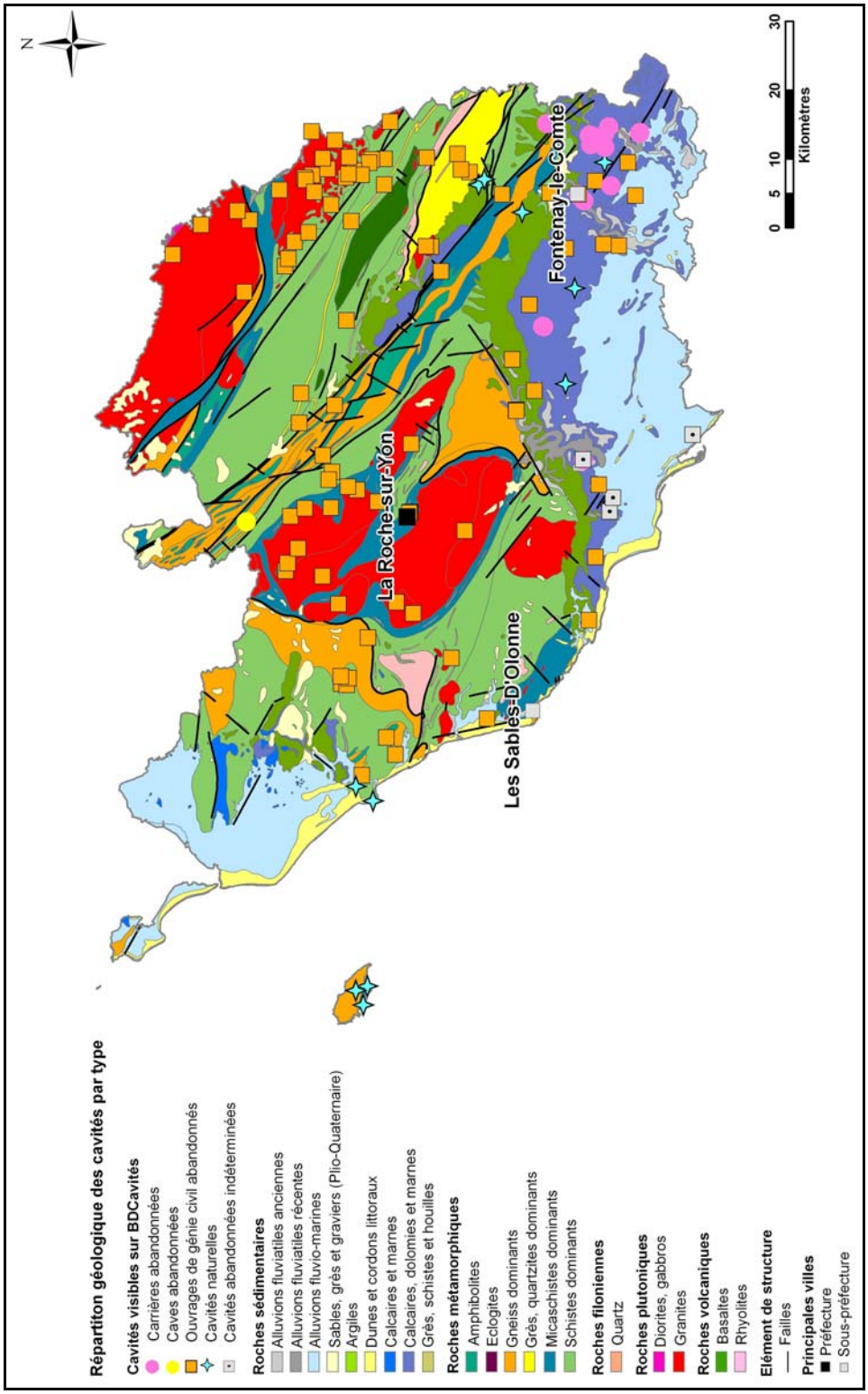


Illustration 21 : Carte des formations géologiques simplifiée de la Vendée - Positionnement des cavités recensées (Réalisée à partir de la carte géologique au 1/250 000 des Pays de la Loire)

4.3.2. Par communes

Pour pouvoir identifier et hiérarchiser les communes exposées au risque « cavités souterraines », il est nécessaire de prendre en compte le nombre de ces dernières, mais également de pondérer cette information par l'étendue. Cette méthodologie a été appliquée pour les trois départements concernés par l'inventaire.

- **La Mayenne**

L'illustration 22 montre la répartition des cavités souterraines inventoriées au cours de ce travail pour le département de la Mayenne. Conformément à ce qui a été décrit précédemment celles-ci sont principalement localisées en trois zones, dans l'extrême sud-ouest du département, dans les Coëvrons et sur une bande partant de Laval et orientée NW-SE (correspondant du point de vue géologique au synclinorium de Laval).

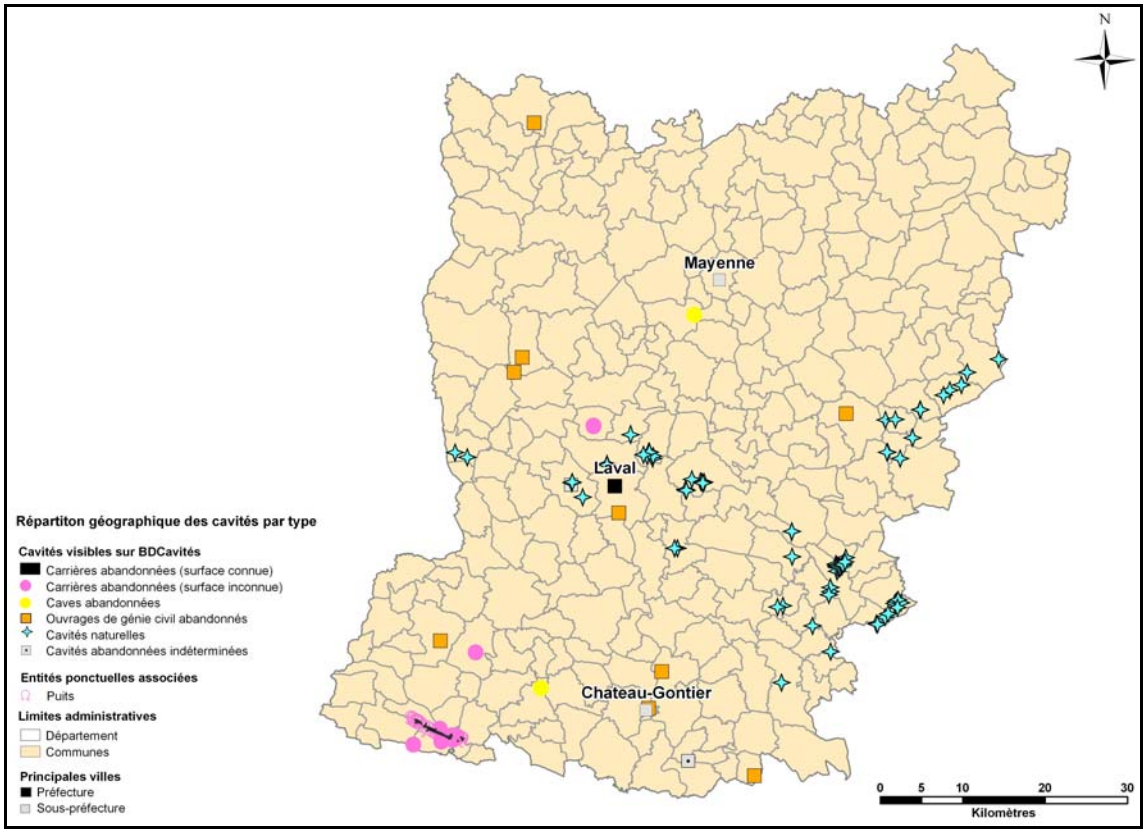


Illustration 22 : Positionnement des cavités recensées et contexte géographique de la Mayenne

Dans un premier temps, le nombre total d'occurrences recensées par commune (cavités naturelles, ouvrages du génie civil, etc.) a été calculé afin de visualiser les communes comptabilisant un nombre important de cavités.

L'illustration 23 montre ainsi que 6 communes possèdent plus de 5 cavités sur leur territoire. Il s'agit des communes de Renazé (26 cavités), Thorigné-en-Charnie

(10 cavités), Cossé-en-Champagne (8 cavités), Louverné (8 cavités), Saint-Pierre-sur-Erve (8 cavités) et Argentré (8 cavités).

Cette analyse possède néanmoins ses limites compte tenu des problèmes soulevés lors de l'analyse critique de la représentativité des données. D'autre part, le dénombrement des cavités ne prend pas en compte la superficie des terrains sous-cavés.

Enfin, dans la Mayenne, 41 communes sur 262 (soit environ 15 %) sont concernées par au moins une cavité sur leur territoire.

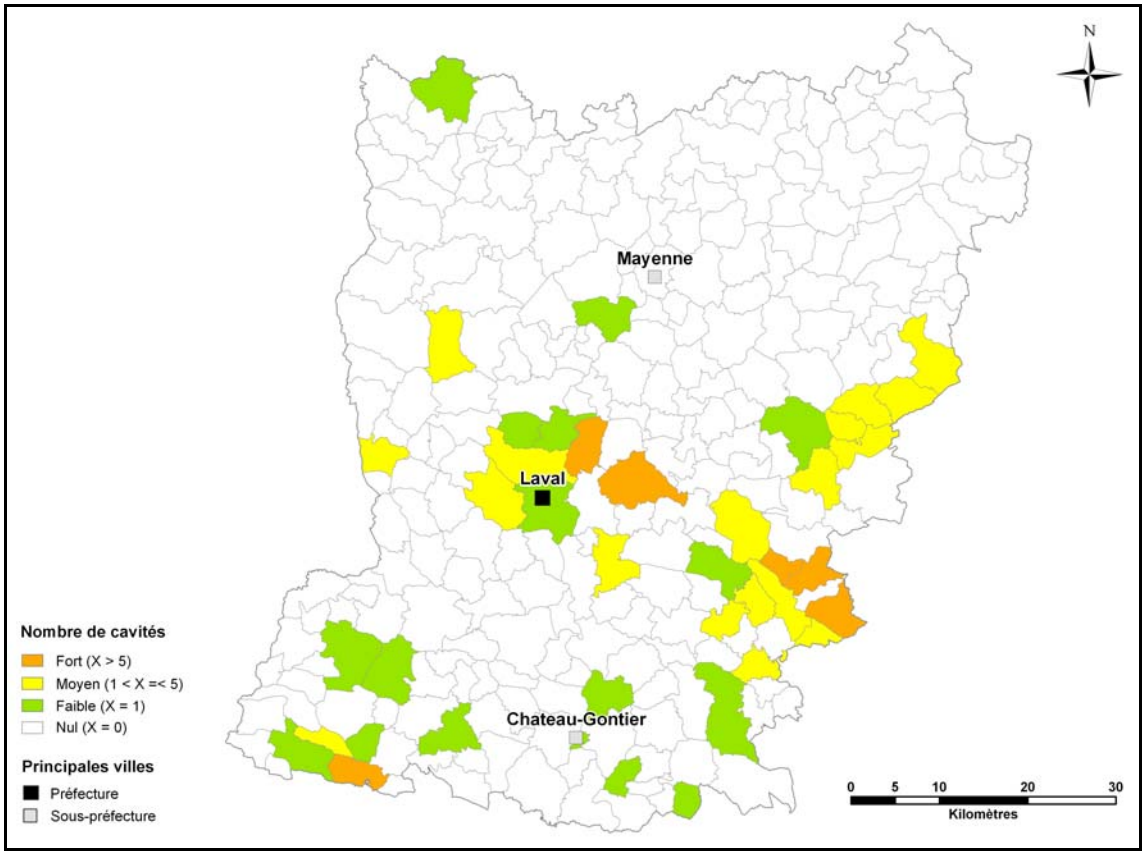


Illustration 23 : Nombre de cavités par commune dans le département de la Mayenne

Dans un second temps, le nombre total d'occurrences recensées par commune (cavités naturelles, ouvrages du génie civil, etc.) a été divisé par la surface communale afin de déterminer la densité de répartition, exprimée en nombre de « cavités » par kilomètre-carré.

L'illustration 24 montre ainsi que :

– 1 commune présente une forte densité de « cavités » (supérieure à 1 cavité/km²), Renazé (densité de 1,54 cavité/km^2) ;

– 2 communes présentent une densité moyenne (entre 0,50 et 1 cavité/km²) ;

– 38 communes présentent une densité faible (inférieure à 0,50 cavité/km²).

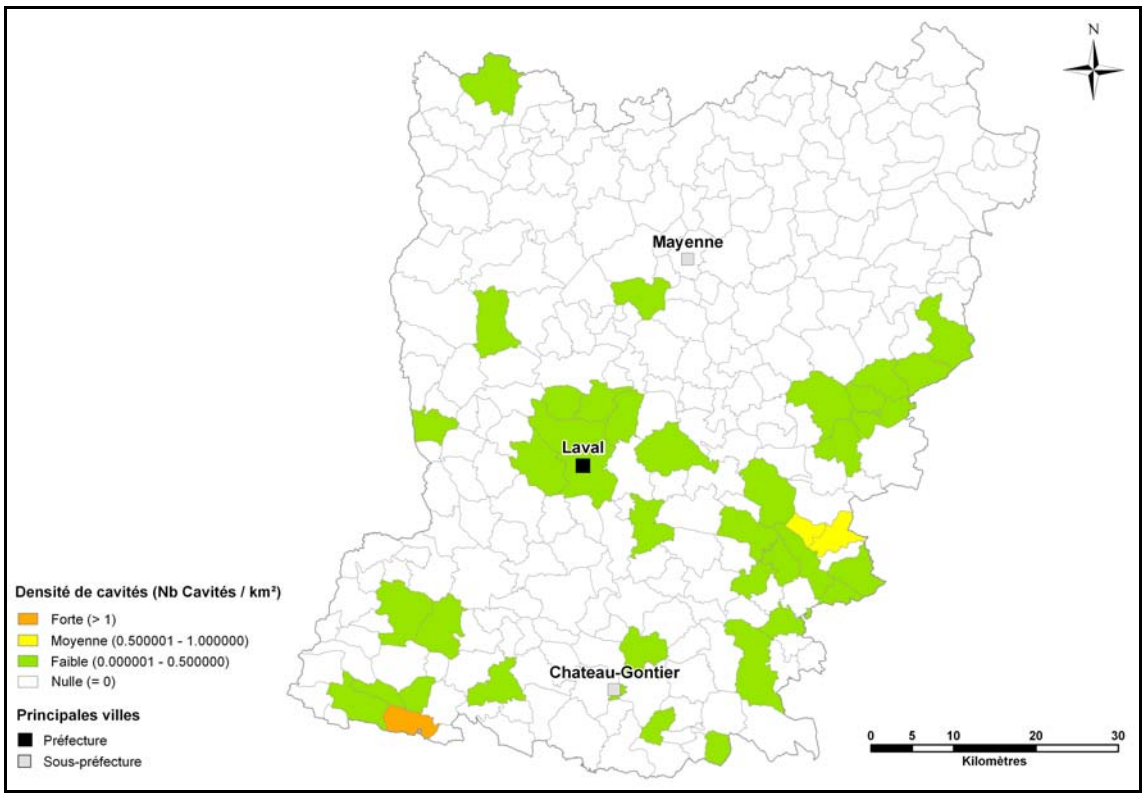


Illustration 24 : Densité de cavités par commune dans le département de la Mayenne

L'analyse de cette densité d'occurrences confirme que les anciennes exploitations (ardoisières) du sud-ouest du département représentent le bassin d'exposition principale pour les risques associés aux cavités souterraines.

Toutefois, cette approche ne prend en compte les informations que de manière imparfaite. En effet, l'extension connue ou estimée des carrières souterraines n'est pas intégrée. Néanmoins, cette approche serait également une source d'erreur. En effet, la superficie des cavités est peu souvent connue, de ce fait, il serait nécessaire pour comptabiliser les valeurs inconnues de leur affecter une superficie approximative.

- **La Loire-Atlantique**

L'illustration 25 montre la répartition des cavités souterraines inventoriées au cours de ce travail pour le département de la Loire-Atlantique. Conformément à ce qui a été décrit précédemment, celles-ci sont principalement localisées dans la moitié nord du département. Plusieurs zones ressortent sur cette représentation :

– au sud de Châteaubriand on observe trois communes limitrophes (Erbray, Moisdon-la-Rivière et Grand-Auverné) sur lesquelles sont concentrées un nombre important de cavités (carrières, ouvrages de géni civil, cavité naturelle) ;

– la commune de Saffré ;

– les communes de Campbon et de Quilly ;

– la commune du Pouliguen ;

– la commune de Saint-Michel-Chef-Chef.

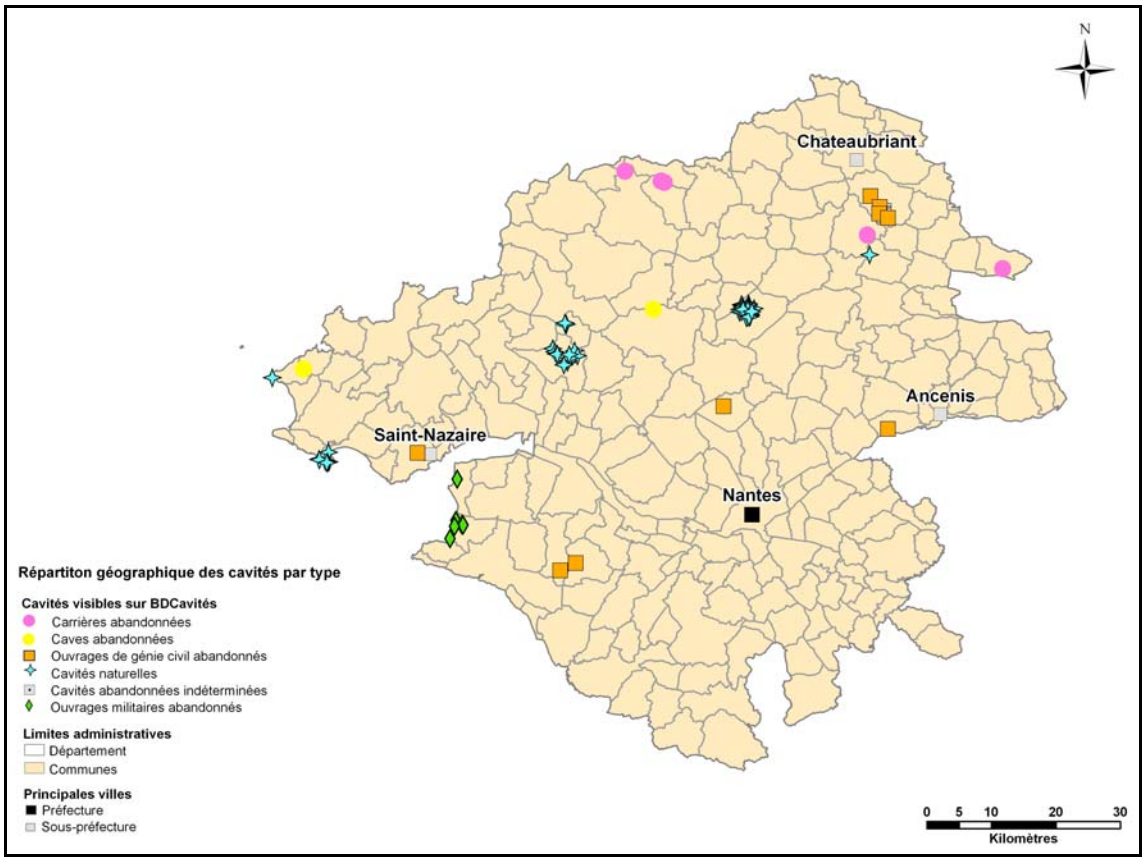


Illustration 25 : Positionnement des cavités recensées et contexte géographique de la Loire-Atlantique

Tout d'abord, le nombre total d'occurrences recensées par commune (cavités naturelles, ouvrages du génie civil, etc.) a été calculé afin de visualiser les communes comptabilisant un nombre important de cavités.

L'illustration 26 montre ainsi que 6 communes possèdent plus de 5 cavités sur leur territoire. Il s'agit des communes de Saffré (30 cavités), Campbon (11 cavités), Saint-

Michel-Chef-Chef (10 cavités), Erbray (7 cavités), Le Pouliguen (7 cavités) et Quilly (6 cavités).

Cette analyse possède néanmoins ses limites conformément aux arguments déjà développés pour le département de la Mayenne.

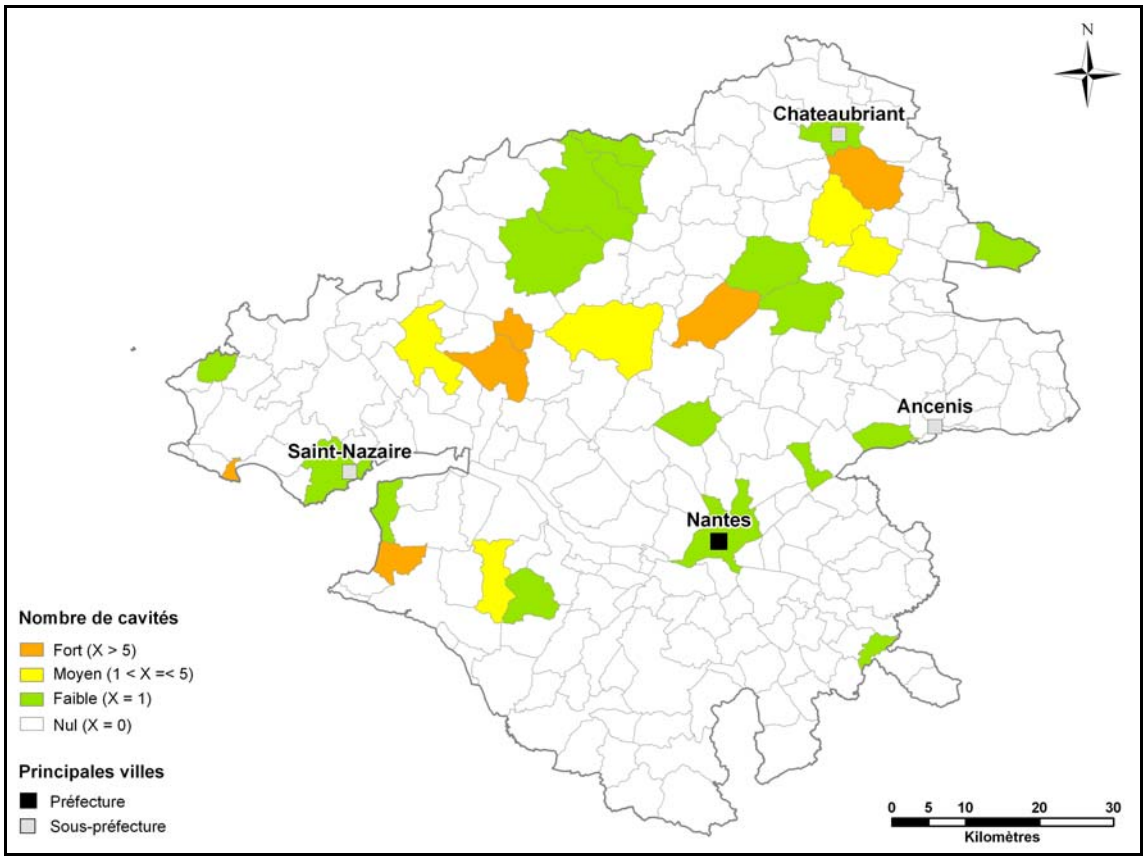


Illustration 26 : Nombre de cavités par commune dans le département de la Loire-Atlantique

Dans le département de la Loire-Atlantique, 28 communes sur 221 (soit environ 12 %) sont concernées par au moins une cavité sur leur territoire.

Comme pour le département de la Mayenne, le nombre total d'occurrences recensées par commune (cavités naturelles, ouvrages du génie civil, etc.) a été divisé par la surface communale afin de déterminer la densité de répartition, exprimée en nombre de « cavité » par kilomètre-carré.

L'illustration 27 montre ainsi que :

– 1 commune présente une forte densité de « cavités » (supérieure à 1 cavité/km²), Le Pouliguen (densité de 1,57cavité/km2) ;

– 1 commune présente une densité moyenne (entre 0,50 et 1 cavité/km²) ;

– 26 communes présentent une densité faible (inférieure à 0,50 cavité/km²).

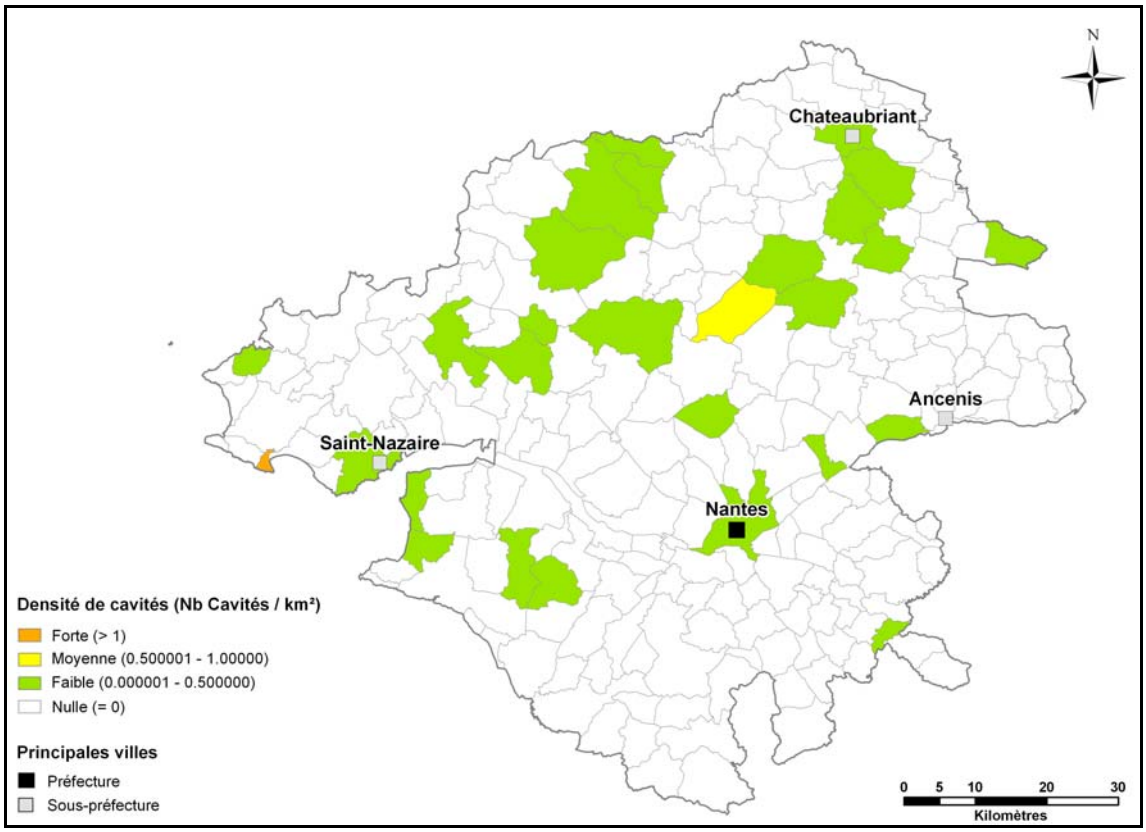


Illustration 27 : Densité de cavités par commune dans le département de la Loire-Atlantique

L'analyse de cette densité d'occurrences confirme que la partie côtière de la commune du Pouliguen et le territoire de la commune de Saffré représentent les zones d'exposition principale pour les risques associés aux cavités souterraines dans le département de la Loire-Atlantique.

Comme il a été indiqué précédemment cette approche prend en compte les informations de manière imparfaite. En effet, l'extension connue ou estimée des carrières souterraines n'est pas intégrée.

- **La Vendée**

L'illustration 28 montre la répartition des cavités souterraines inventoriées au cours de ce travail pour le département de la Vendée. Conformément à ce qui a été décrit précédemment pour ce département celles-ci sont réparties de manière relativement homogène sur le territoire. Toutefois, il est possible de remarquer de fortes concentrations à l'est du département. Cette zone correspond à la zone d'investigation de l'ADANE qui a réalisé un excellent travail d'inventaire des ouvrages du génie civil sur ce territoire.

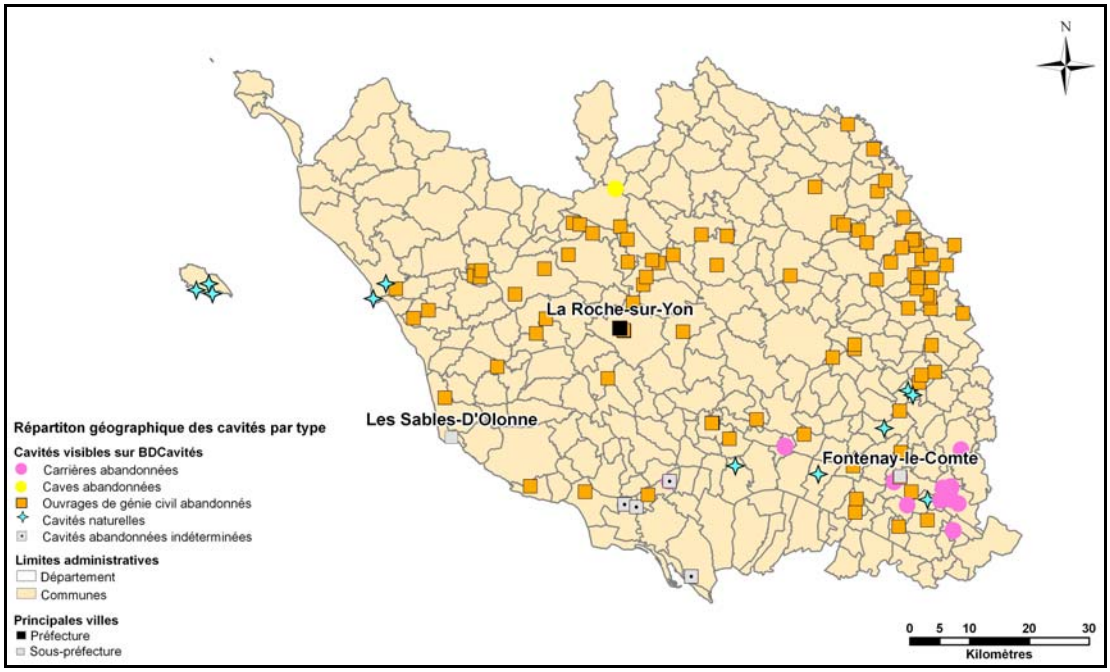


Illustration 28 : Positionnement des cavités recensées et contexte géographique de la Vendée

L'illustration 29 montre ainsi que seulement 2 communes possèdent plus de 5 cavités. Il s'agit des communes de Xanton-Chassenon (11 cavités) et de l'Ile d'Yeu (7 cavités).

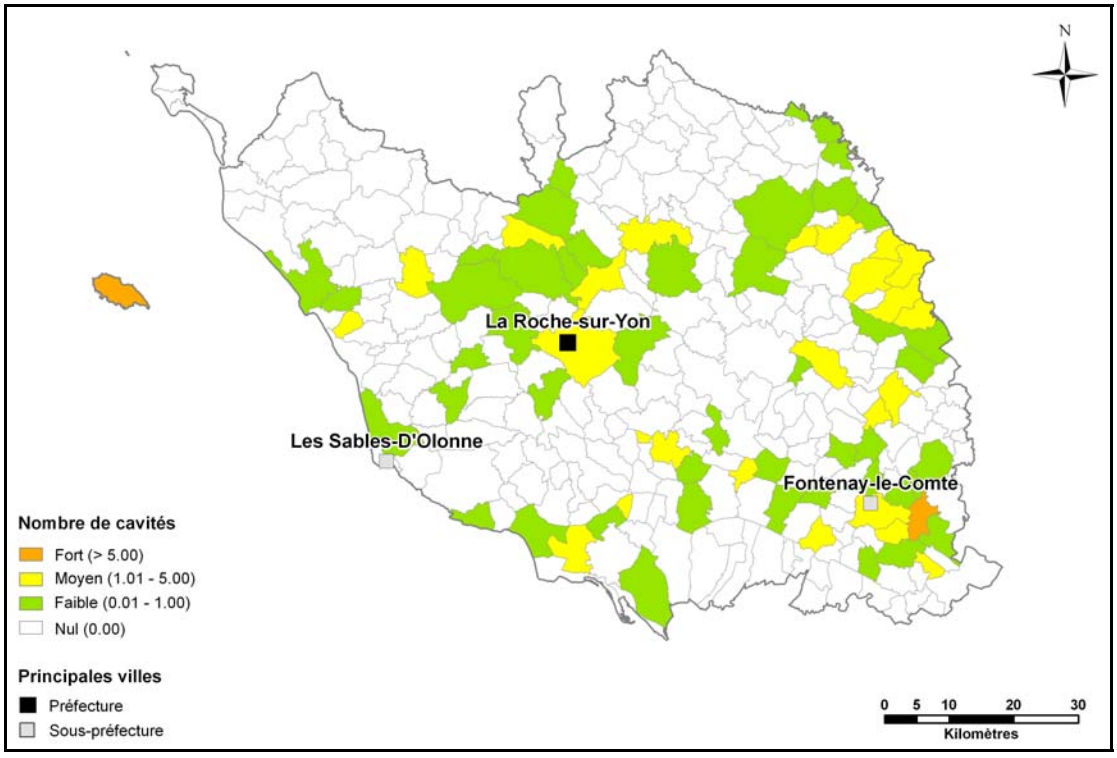


Illustration 29 : Nombre de cavités par commune dans le département de la Vendée

Dans le département de la Vendée, 71 communes sur 282 (soit environ 25 %) sont concernées par au moins une cavité sur leur territoire.

Comme pour les autres départements concernés par cet inventaire, le nombre total d'occurrences recensées par commune (cavités naturelles, ouvrages du génie civil, etc.) a été divisé par la surface communale afin de déterminer la densité de répartition, exprimée en nombre de « cavité » par kilomètre-carré.

L'illustration 30 montre ainsi que :

– 1 commune présente une forte densité de « cavités » (supérieure à 1 cavité/km²), Mallièvre (densité de 4,49 cavités/km^2), notons d'ailleurs que du fait de sa petite superficie cette commune est difficilement localisable à cette échelle de représentation ;

– 2 communes présentent une densité moyenne (entre 0,50 et 1 cavité/km²) ;

– 68 communes présentent une densité faible (inférieure à 0,50 cavité/km²).

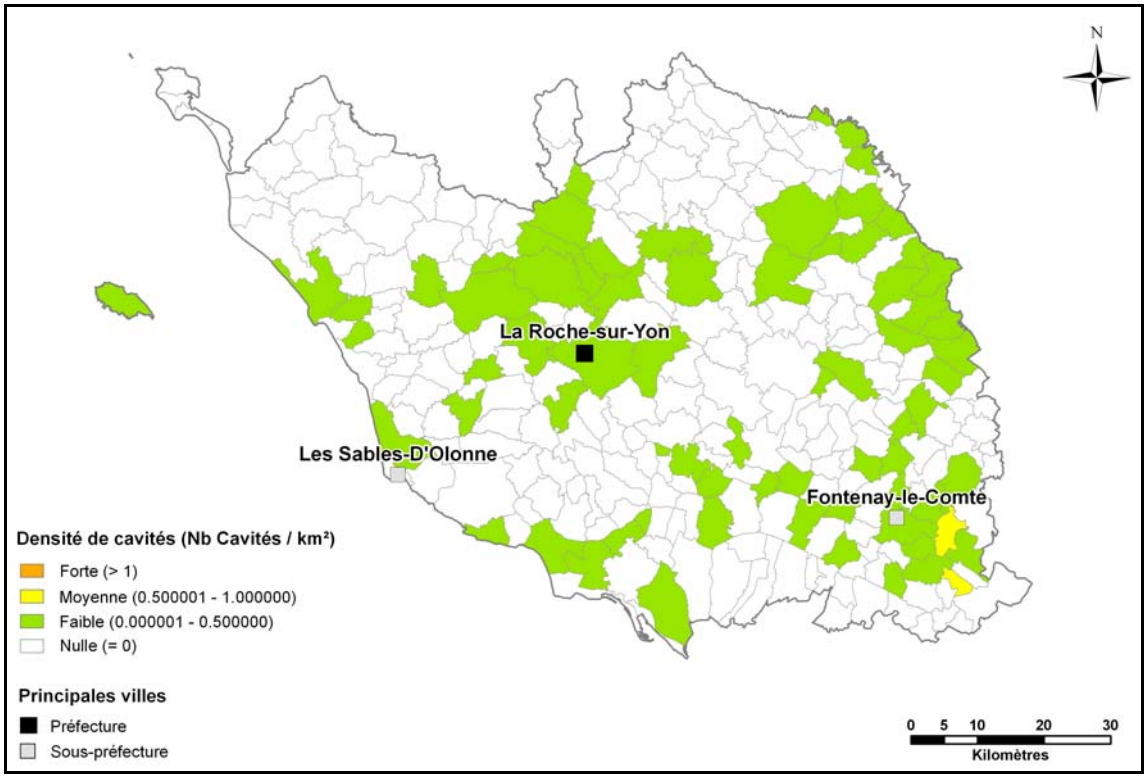


Illustration 30 : Densité de cavités par commune dans le département de la Vendée

L'analyse de cette densité d'occurrences confirme que les cavités sont réparties de façon relativement homogène avec des densités par commune relativement faibles, et ce, malgré la présence dans le sud du département de roche soumise à des phénomènes de karstification. Cette analyse est bien corrélée avec la typologie des

cavités rencontrées dans ce département. En effet, la majorité des cavités, en Vendée, sont des ouvrages du génie civil isolés aussi bien matérialisés dans des roches sédimentaires que métamorphiques ou plutoniques. De ce fait, leur répartition est moins contrainte et donc plus homogène sur l'ensemble du territoire vendéen.

Comme pour les deux autres départements concernés par cet inventaire, cette approche ne prend en compte les informations que de manière imparfaite. En effet, l'extension connue ou estimée des carrières souterraines n'est pas intégrée.

5. Conclusion

A la demande du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT), le BRGM a réalisé un inventaire des cavités dans les départements de la Mayenne, de la Loire-Atlantique et de la Vendée.

Cette étude a permis de recenser 373 cavités qui ont été intégrées dans la base de données nationale (BDCavités) consultable sur Internet via le site : http://www.cavites.fr.

Le recueil de ces données a été effectué à partir des données bibliographiques disponibles (archives BRGM, inventaire spéléologique…), en effectuant une enquête administrative auprès des organismes (DDE, DRAC, DRIRE…) et en interrogeant la totalité des communes des départements concernés par cet inventaire.

En fonction de leur enjeu potentiel et/ou de la précision des données, certaines des cavités signalées ont fait l'objet d'une enquête de terrain qui a permis de préciser leur nature et d'évaluer sommairement leur état de stabilité.

L'analyse typologique des cavités recensées dans les départements concernés par cet inventaire montre que :

– la Mayenne dénombre 85 cavités naturelles représentant 65,38 % des cavités inventoriées dans ce département. La majorité de ces cavités sont situées dans les grès et calcaires du Dévonien, les calcaires du Carbonifère (flancs du synclinorium de Laval) et les schistes et calcaires du Cambrien (Coëvrons, plaine d'Evron). Par ailleurs, 24,62 % sont des carrières abandonnées principalement localisées dans l'extrême sud-ouest et 6,92 % des ouvrages du génie civil (souterrains refuge, tunnels, etc.). A noter qu'on ne recense aucun ouvrage souterrain d'origine militaire dans le département et qu'on recense seulement 2 caves abandonnées (soit 1,54 %). Enfin, 1,54 % des cavités sont d'origine indéterminée (information limitée) ;

– la Loire-Atlantique compte 60 cavités naturelles représentant 58,25 % des cavités inventoriées dans ce département. La majorité de ces cavités est située dans les bassins de Campbon et de Saffré. Par ailleurs, 15,53 % sont des ouvrages du génie civil, 13,59 % des ouvrages militaires abandonnés et 7,77 % des carrières abandonnées. A noter qu'on ne recense que 2 caves abandonnées (soit 1,94 %). Enfin, 2,92 % des cavités sont d'origine indéterminée (information limitée) ;

– le département de la Vendée inventorie 92 ouvrages du génie civil abandonnés représentant 65,71 % des cavités recensées dans ce département. Par ailleurs, 19,29 % sont des carrières abandonnées principalement situées dans le sud du département, 11,43 % sont des cavités naturelles et 2,86 % des cavités abandonnées indéterminées. A noter qu'on ne recense qu'une seule cave abandonnée (soit 0,71 %). Enfin, aucun ouvrage militaire abandonné n'est recensé.

L'analyse de la répartition des cavités par horizon géologique dans les départements concernés montre que :

– la Mayenne compte la majorité de ses cavités dans les calcaires du Carbonifère, les grès et calcaires du Dévonien, les schistes ardoisiers de l'Ordovicien et les schistes et calcaires du Cambrien ;

– la Loire-Atlantique dénombre la majeure partie de ses cavités au sein de deux bassins tertiaires, les bassins de Campbon et de Saffré. Dans une moindre mesure, les schistes ordoviciens présents principalement dans la moitié nord du département constituent de façon ponctuelle des formations dans lesquelles il est possible d'observer un certain nombre de cavités ;

– la Vendée recense une majorité d'ouvrages du génie civil aussi bien matérialisés dans des roches sédimentaires que métamorphiques et plutoniques. De ce fait, l'identification des zones exposées au risque « cavités souterraines » par grands ensembles géologiques a conduit à ne retenir que deux formations. En effet, hormis les bassins tertiaires de Saint-Gervais et de Challans et les calcaires du Jurassique présents dans le Sud du département aucune autre entité ne semble faciliter la formation ou la construction de cavités souterraines.

L'analyse de la répartition des cavités par commune du département a permis de déterminer les communes les plus sensibles vis-à-vis du risque lié à la présence de cavités souterraines. Ainsi, on constate que :

– 15 % des communes de Mayenne sont concernées par au moins une cavité sur leur territoire. Il ressort également qu'une seule commune présente une forte densité de « cavités » (supérieure à 1 cavité/km²) ;

– 12 % des communes de Loire-Atlantique recensent au moins une cavité sur leur territoire. A noter qu'une seule commune présente une forte densité de « cavités » ;

– 25 % des communes de Vendée dénombrent au moins une cavité sur leur territoire. A noter qu'une seule commune présente une forte densité de « cavités ».

Les informations sur les extensions des cavités souterraines apparaissent fréquemment imprécises ou incomplètes, voire inexistantes. Il serait important d'entreprendre des études pour acquérir ou compléter ces données et les cartographier.

6. Bibliographie

Ouvrage et publication :

Alix Y. (1983) - Etude hydrogéologique du bassin de Campbon, Massif armoricain - Université de Nantes - 210p.

Bigot B., Bigot J.Y., Marguerie D. (2003) - Les Grottes de Saulges - Association pour la Diffusion des Recherches archéologiques dans l'Ouest de la France – 105p.

Bigot J.Y. (2001) - Les cavernes de la Mayenne, Etude et inventaire - Spéléo-club de Paris / Club Alpin Français - 235p.

BRGM - Cartes géologiques n°248, n°249, n°250, n°286, n°320, n°321, n°354, n°356, n°357, n°388, n°389, n°391, n°419, n°420, n°421, n°422, n°449, n°450, n°451, n°452, n°453, n°479, n°480, n°481, n°482, n°506, n°507, n°508, n°509, n°510, n°534, n°537, n°560, n°562, n°563, n°584, n°608, n°609, n°610 au 1/50 000 et leur notice - Ed. BRGM.

Loislard M. (2004) - Ardoisières de « La Rivière » : cartographie de l'aléa lié aux exploitations d'ardoise sur la commune de Saint-Saturnin-du-Limet (Mayenne) - BRGM/RP-53192-FR, 57p., 2 fig., 6 tab., 7 photos, 2 ann.

Loislard M., Richoux L. (2008) – Inventaire départemental des cavités souterraines de la Mayenne (53), de la Loire-Atlantique (44) et de la Vendée (85). Rapport d'avancement - BRGM/RP-56309-FR, 25p., 7 ill., 1 ann.

Roux J.C. et al. (2006) - Aquifères et eaux souterraines en France - BRGM éditions - 956p.

Société Française d'Etude des Souterrains - Subterranea, Bulletin n°20, n°28, n°31, n°33, n°35, n°102, n°142 - Ed. SFES.

Vincent M., Mathon C. (2000) - Cartographie des anciennes exploitations souterraines d'ardoise à Renazé (Mayenne), en vue de la révision du Plan d'Occupation des Sols de la commune - Rapport BRGM/RP-50435-FR, 35p., 2 fig., 1Tbl., 5 Pl.

Site internet :

http://www.cavites.fr

http://www.bdmvt.net

http://www.brgm.fr

http://www.ffspeleo.fr

Annexe 1

Lettre du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

**Extraits de la lettre adressée par Madame le Ministre
de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
au BRGM en date du 6 juin 2000**

Monsieur le Président,

La politique que le gouvernement entend mener concernant la prévention des risques naturels fait appel à plusieurs démarches de recensement et d'évaluation des risques auxquelles le BRGM est associé.

La mise en place d'outils de référence destinés à garder une mémoire sur les phénomènes et les aléas naturels d'origine géologique constitue une nécessité pour mener à bien toute politique de prévention : connaissance des aléas, information du citoyen, prise en compte des risques dans l'aménagement du territoire, développement de mesures de réduction de la vulnérabilité, retour d'expérience sur les événements passés.

Votre établissement peut jouer un rôle essentiel en ce domaine et a déjà engagé, en relation avec mes services, plusieurs actions à cet effet.

Je me réjouis que plusieurs réunions aient permis de dégager un accord entre toutes les parties prenantes et au premier chef avec votre établissement afin de compléter et de pérenniser les actions déjà engagées.

Il s'agit en particulier du recueil et de l'analyse de données, de la gestion et de la diffusion des quatre bases de données nationales relatives aux aléas géologiques :

- la base de données nationale sur les mouvements de terrain, avec notamment les services de restauration des terrains en montagne, le laboratoire central des ponts et chaussées et le réseau scientifique et technique de l'équipement ;
- la base de données nationale sur les cavités souterraines abandonnées, en liaison avec notamment l'INERIS, les services d'inspection des carrières, les DRIRE ;
- la base de données SIRENE sur les séismes historiques en liaison avec l'IPSN et EDF ;
- la base de données NEPAL sur les indices néotectoniques et paléosismiques, en liaison notamment avec le CEA, EDF, l'IPSN, et l'IPGP.

Fondées sur l'examen d'archives ou sur la collecte d'informations tant privées que publiques, ces bases ont pour finalité première la diffusion des données vers les citoyens et les différents acteurs professionnels de la prévention des risques aménageurs, services déconcentrés en charge de la réalisation des plans de prévention des risques, bureaux d'études, etc.

Si vous en êtes d'accord, il me semblerait utile que cette diffusion des données soit généralisée via Internet et qu'elle soit gratuite. J'ai bien noté que les données diffusées seront disponibles sous forme brute ou sous forme analysée, et qu'une représentation cartographique conviviale permettra d'y accéder facilement.

Il m'apparaîtrait par ailleurs souhaitable que le BRGM, dans le cadre de ses activités de service public et en coordination avec les partenaires concernés, puisse terminer les actions de modernisation et de mise à disposition en cours, et établir un programme à deux ans visant à assurer une couverture géographique ou thématique exhaustive pour le recueil et l'intégration de l'ensemble de l'information existante.

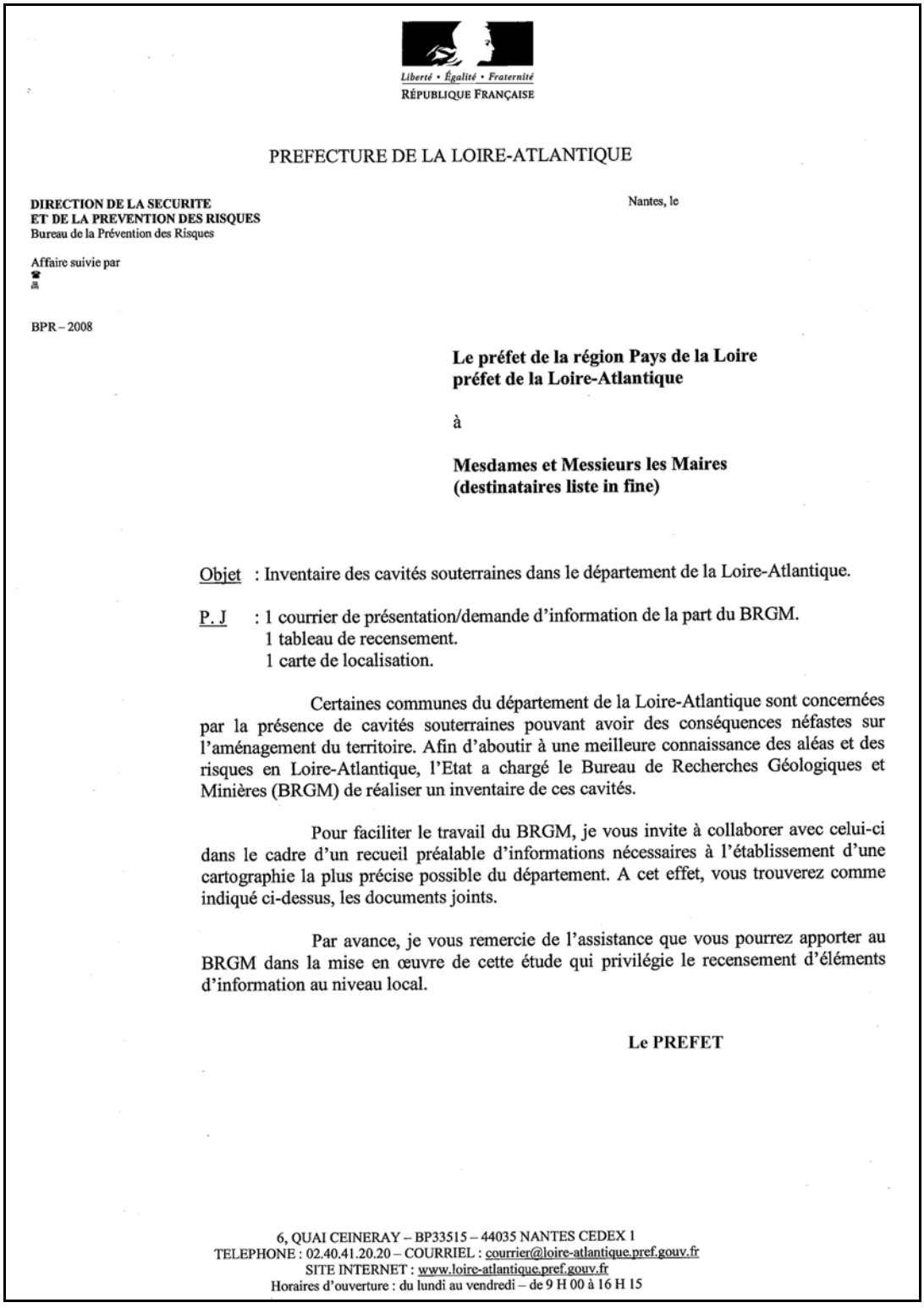
Je vous prie de croire, Monsieur le président, à l'assurance de ma considération distinguée.

Dominique VOYNET

Illustration A-1. : Extraits de la lettre du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

Annexe 2

Documents envoyés lors de l'enquête communale



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFECTURE DE LA LOIRE-ATLANTIQUE

DIRECTION DE LA SECURITE
ET DE LA PREVENTION DES RISQUES
Bureau de la Prévention des Risques

Affaire suivie par
☎
📠

BPR – 2008

Nantes, le

Le préfet de la région Pays de la Loire
préfet de la Loire-Atlantique

à

Mesdames et Messieurs les Maires
(destinataires liste in fine)

Objet : Inventaire des cavités souterraines dans le département de la Loire-Atlantique.

P. J : 1 courrier de présentation/demande d'information de la part du BRGM.
1 tableau de recensement.
1 carte de localisation.

Certaines communes du département de la Loire-Atlantique sont concernées par la présence de cavités souterraines pouvant avoir des conséquences néfastes sur l'aménagement du territoire. Afin d'aboutir à une meilleure connaissance des aléas et des risques en Loire-Atlantique, l'Etat a chargé le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) de réaliser un inventaire de ces cavités.

Pour faciliter le travail du BRGM, je vous invite à collaborer avec celui-ci dans le cadre d'un recueil préalable d'informations nécessaires à l'établissement d'une cartographie la plus précise possible du département. A cet effet, vous trouverez comme indiqué ci-dessus, les documents joints.

Par avance, je vous remercie de l'assistance que vous pourrez apporter au BRGM dans la mise en œuvre de cette étude qui privilégie le recensement d'éléments d'information au niveau local.

Le PREFET

6, QUAI CEINERAY – BP33515 – 44035 NANTES CEDEX 1
TELEPHONE : 02.40.41.20.20 – COURRIEL : courrier@loire-atlantique.pref.gouv.fr
SITE INTERNET : www.loire-atlantique.pref.gouv.fr
Horaires d'ouverture : du lundi au vendredi – de 9 H 00 à 16 H 15

Illustration A-2.1. : Lettre envoyée par la Préfecture de Loire-Atlantique

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Nantes, le

Mairie

A l'attention de Madame ou Monsieur le Maire

Nos Réf. :
Vos réf. :
Objet : Inventaire des cavités souterraines

Affaire suivie par :

Madame, Monsieur le Maire,

A la demande du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable (MEDAD), le BRGM, dans le cadre de ses activités de service public, est chargé de réaliser un inventaire des cavités souterraines sur l'ensemble du territoire métropolitain. Ce programme, prévu sur six ans, comprend des inventaires départementaux, suivant un cahier des charges général défini en accord avec le MEDAD. L'ensemble des phénomènes est ensuite intégré à une base de données nationale (www.bdcavite.net) gérée par le BRGM en collaboration avec l'INERIS, le LCPC, les services RTM...

Le département de la Loire-Atlantique est inscrit à la programmation 2008. L'objectif est de recenser, localiser et caractériser les cavités souterraines (hors mines) présentes dans le département. Cette démarche vise deux objectifs principaux :

- A l'échelle départementale, il s'agit de conserver la mémoire des cavités souterraines afin de prévenir les accidents qui pourraient résulter d'aménagements de sites sous-cavés et dont l'historique n'est plus connu, mais également d'aider à la décision en terme de programmation de PPR ;

- A l'échelle nationale, il s'agit d'initier une démarche globale de recensement des cavités souterraines, d'origine anthropique ou naturelle, pour rassembler les informations disponibles sous forme homogène dans une base unique et fédérative de données géoréférencées.

L'organisation de cette connaissance sous forme d'une base de données informatique gérée par un organisme public permettra de mettre régulièrement à jour l'acquisition de nouvelles données. L'accès à cette base étant libre et gratuit, une large diffusion de cette connaissance sera possible, ce qui facilitera les politiques d'information et de prévention du risque.

Les cavités souterraines concernées par cet inventaire départemental sont :

- les carrières souterraines abandonnées, à savoir les exploitations en souterrain de substances non concessibles (pierre de taille, craie, gypse, ardoise, argile, ocre, etc...) et dont l'exploitation est désormais arrêtée ;
- les cavités naturelles ;

Service géologique régional Pays-de-la-Loire
1, rue des Saumonières, BP 92342, 44323 Nantes Cedex 3 – France
Tél. +33(0)2 51 86 01 51 – Fax +33 (0)2 51 86 01 59

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2 – France
Tél. +33(0)2 38 64 34 34 – Fax +33(0)2 38 64 35 18

brgm bureau de recherches géologiques et minières – établissement public de recherche et d'expertise – RCS Paris – SIREN 582 056 149
www.brgm.fr

Illustration A-2.2. : Lettre envoyée par le BRGM – Service Géologique Régional des Pays de la Loire (page 1 de 2)

- les ouvrages civils tels que tunnels, galeries, aqueducs et caves à usage industriel ;
- les ouvrages militaires dans la mesure du possible.

Chaque cavité répertoriée fait l'objet d'une fiche descriptive complète et ensuite d'une visite de terrain.

Afin d'aboutir à un recensement **le plus exhaustif et le mieux renseigné possible**, nous sollicitons votre commune pour nous fournir le maximum d'informations à votre connaissance.

Par soucis d'homogénéiser les informations recueillies, une fiche de recensement type est jointe à ce courrier ainsi qu'un descriptif sommaire des champs à renseigner. Les critères de base pour l'identification retenus sont :

- nom, numéro, nature de la cavité, type de l'ouvrage, nombres de niveaux en profondeur et surface occupée ;
- localisation de la cavité sur l'extrait de la carte IGN ;
- dommages, travaux et études engagées ;
- source de l'information fournie.

En ce qui concerne les ensembles de cavités, type habitats troglodytiques ou caves à flanc de coteaux, seule une enveloppe globale d'extension maximale est sollicitée sur la carte IGN.

Nous vous remercions donc pour le retour d'information que vous nous fournirez. Les fiches et extraits de carte topographique renseignés sont à retourner à :

BRGM
Inv. Cav 44
1 Rue des Saumonières
44323 NANTES CEDEX 03

Le renseignement complet des cavités ainsi identifiées sera réalisé ensuite par nos soins après visite de terrain avec l'accord du propriétaire.

Nous restons bien entendu à votre entière disposition pour toute information complémentaire.

En vous remerciant par avance, nous vous prions de croire, Madame, Monsieur le Maire, en l'expression de notre considération distinguée.

P. CONIL
Directeur du Service Géologique
Régional des Pays-de-la-Loire

P.J. : Lettre de la Préfecture de la Loire-Atlantique
Extrait de carte IGN
Fiche de renseignement et définition des critères retenus

Illustration A-2.3. : Lettre envoyée par le BRGM – Service Géologique Régional des Pays de la Loire (page 2 de 2)

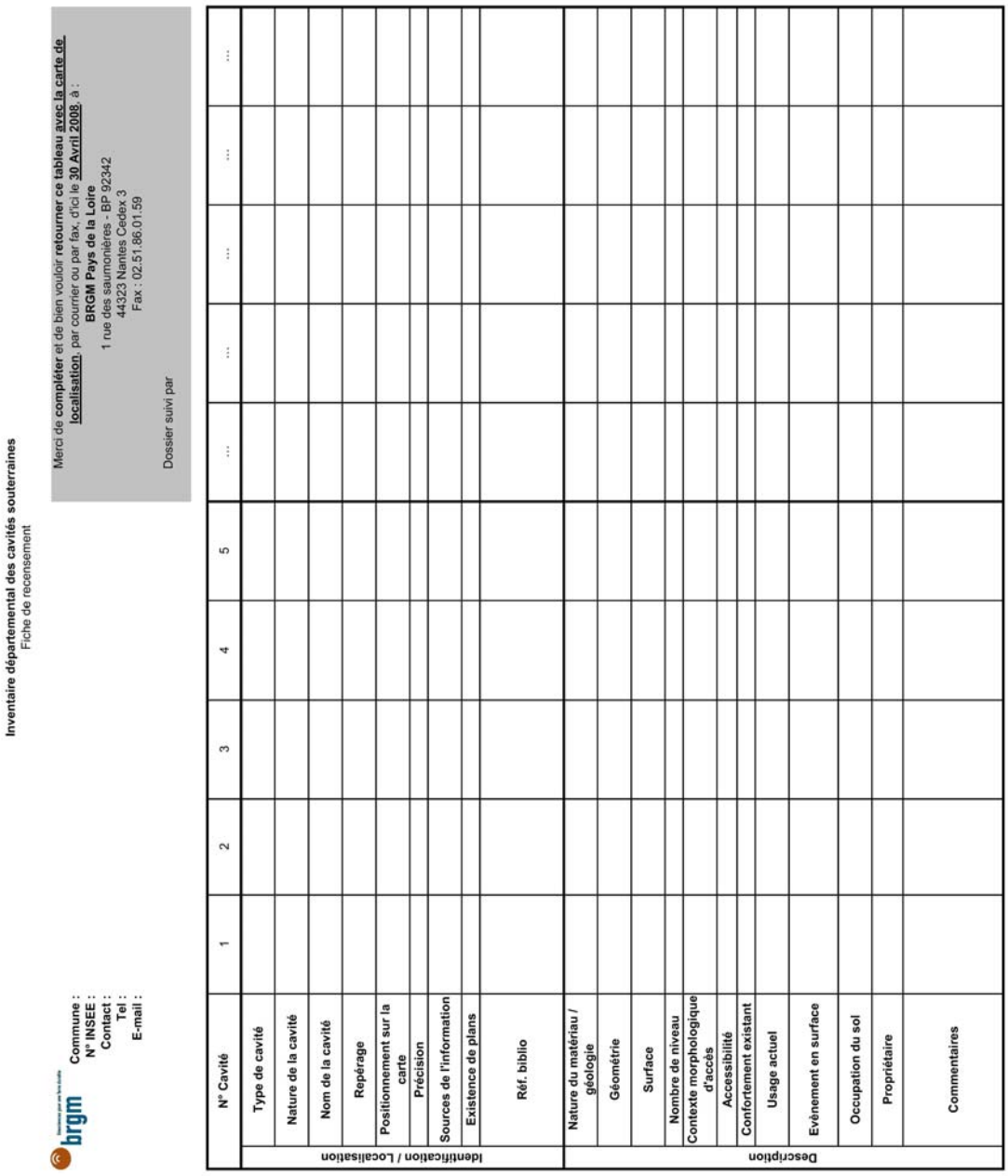
brgm Géosciences pour une Terre durable

Commune :
N° INSEE :
Contact :
Tel :
E-mail :

Dossier suivi par :

	N° Cavité		
Identification / Localisation	**Type de cavité**	Carrière Souterraine (abandonnée) Troglodyte Ouvrage civil (cave, aqueduc, tunnel…)	Ouvrage militaire Cavité naturelle réseau
	Nature de la cavité	cave tunnel routier tunnel ferroviaire aqueduc souterrain refuge	ouvrage linéaire ouvrage surfacique ouvrage linéaire et surfacique réseau spéléologique autre
	Nom de la cavité		
	Repérage	Lieu-dit RN ou RD rue, n°	
	Positionnement sur la carte	Une cavité est positionnée sur la carte par un point. Un ensemble de cavités (ex: troglodytes) est positionné sur la carte par une enveloppe globale.	
	Précision	métrique, décamétrique, kilométrique, communale	
	Sources de l'information	Syndicat Intercommunal "Cavités37" archives communales archives départementales	DDE, DRIRE… association de spéléologie autre
	Existence de plans	Oui / Non	
	Réf. biblio	n° étude Base de données livre	
Description	**Nature du matériau / géologie**	sable grès meulière calcaire craie	argile craie phosphatée silex autre
	Géométrie	largeur (m) longueur hauteur profondeur	
	Surface	< 1000m² 1000 à 10000m² > 10000m²	Si la surface exacte est connue, la préciser
	Nombre de niveau		
	Contexte morphologique d'accès	pied de falaise plaine plateau	talweg vire flanc de coteau
	Accessibilité	possible libre réglementé impossible	
	Confortement existant	Oui / Non	
	Usage actuel	stockage champignonnière tourisme	autre non utilisée
	Evènement en surface	Oui / Non affaissement effondrement/fontis éboulement par accès effondré glissement par accès effondré	
	Occupation du sol	culture/prairie ferme forêt habitat dispersé hameau urbanisation dense urbanisation diffuse zone artisanale zone commerciale zone industrielle	autoroute canalisations chemin chemin vicinal lignes électriques lignes ferroviaires route départementale route nationale voie communale autre
	Propriétaire	Nom, tél Ces informations seront utilisées pour prendre contact avec les personnes. Elles ne seront pas dévoilées dans la base conformément à la loi "informatique et liberté"	
	Commentaires		

Illustration A-2.4. : Fiche de description des caractères retenus



Inventaire départemental des cavités souterraines
Fiche de recensement

brgm

Commune :
N° INSEE :
Contact :
Tel :
E-mail :

Merci de **compléter** et de bien vouloir **retourner ce tableau avec la carte de localisation**, par courrier ou par fax, d'ici le **30 Avril 2008**, à :

BRGM Pays de la Loire
1 rue des saumonières - BP 92342
44323 Nantes Cedex 3
Fax : 02.51.86.01.59

Dossier suivi par

	N° Cavité	1	2	3	4	5	...	...	...	...	...
Identification / Localisation	Type de cavité										
	Nature de la cavité										
	Nom de la cavité										
	Repérage										
	Positionnement sur la carte										
	Précision										
	Sources de l'information										
	Existence de plans										
	Réf. biblio										
Description	Nature du matériau / géologie										
	Géométrie										
	Surface										
	Nombre de niveau										
	Contexte morphologique d'accès										
	Accessibilité										
	Confortement existant										
	Usage actuel										
	Evènement en surface										
	Occupation du sol										
	Propriétaire										
	Commentaires										

Illustration A-2.5. : Fiche de renseignement

Annexe 3

Exemple de restitution des localisations de cavités sur extrait de carte IGN au 1/25 000

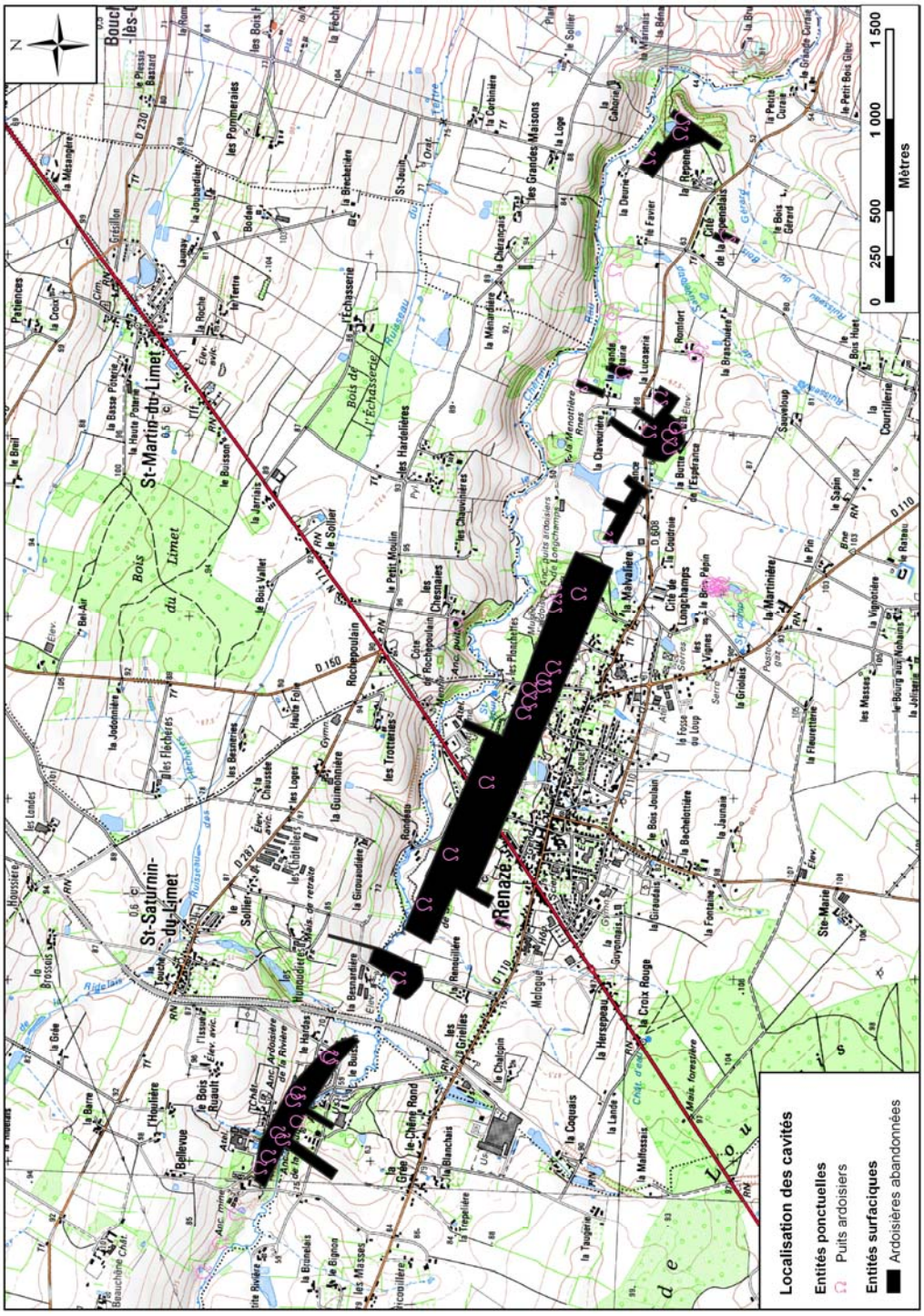


Illustration A-3. : Exemple de restitution sur extrait de carte IGN au 1/25 000

Annexe 4

Tableaux de synthèse (Mayenne)

Identifiant	Type	Nom	Statut	Positionnement	Commune	XL2E	YL2E
PALAA0100093	naturelle	Grotte aux Fées	public	approché	ARGENTRE	378600.00	2346580.00
PALAA0100330	naturelle	Grottes Montroux	public	approché	ARGENTRE	377540.00	2346840.00
PALAA0100331	naturelle	Grotte du Rocher	public	approché	ARGENTRE	376760.00	2345590.00
PALAA0100332	naturelle	Grotte de la Carrière du Rocher	public	approché	ARGENTRE	376880.00	2345480.00
PALAA0100333	naturelle	Grotte à Dédé	public	approché	ARGENTRE	379030.00	2346490.00
PALAA0100334	naturelle	Grotte Murée	public	approché	ARGENTRE	378750.00	2346470.00
PALAA0100335	naturelle	Grottes des Rochers Blancs	public	approché	ARGENTRE	378880.00	2346360.00
PALAA0100336	naturelle	Grotte de la Butte	public	approché	ASSE-LE-BERENGER	401050.00	2353970.00
PALAA0100337	naturelle	Fontaine de Saint-Thuribe	public	approché	ASSE-LE-BERENGER	402270.00	2354030.00
PALAA0100094	ouvrage civil	Bourg de Ballots	public	imprécis	BALLOTS	347010.00	2327200.00
PALAA0100338	naturelle	Grotte de la Fortinière	public	approché	BAZOUGE-DE-CHEMERE(LA)	389710.00	2337410.00
PALAA0100339	naturelle	Grotte de Chantemêle	public	approché	BEAUMONT-PIED-DE-BOEUF	394390.00	2325870.00
PALAA0100340	naturelle	Grotte de la Carrière à Pin	public	approché	BEAUMONT-PIED-DE-BOEUF	392200.00	2329000.00
PALAA0100341	naturelle	Grotte sciée de la Carrière du Bois Jourdan	public	approché	BOUERE	388430.00	2322090.00
PALAA0100095	naturelle	Grotte de la Chataigneraie	public	imprécis	CHANGE	367230.00	2348680.00
PALAA0100342	naturelle	Grotte des Gamins	public	approché	CHANGE	367220.00	2348570.00
PALAA0100096	ouvrage civil	Eglise Saint-Jean	public	approché	CHATEAU-GONTIER	372300.00	2319000.00
PALAA0100097	naturelle	Grotte de Maubusson	public	approché	CHEMERE-LE-ROI	394350.00	2333170.00
PALAA0100343	naturelle	Cave de Thévalles	public	approché	CHEMERE-LE-ROI	394370.00	2333690.00
PALAA0100344	naturelle	Grotte de la Foltière	public	approché	CHEMERE-LE-ROI	394190.00	2332780.00
PAL0100065AA	carrière	La Roche	public	approché	CONGRIER	343700.00	2314600.00
PAL0100036AA	cave	Bourg de Contest	public	approché	CONTEST	377850.00	2366790.00
PALAA0100100	naturelle	Grotte des Aubles (n°1)	public	approché	COSSE-EN-CHAMPAGNE	402230.00	2331710.00
PALAA0100101	naturelle	Grotte du Pont (n°1)	public	approché	COSSE-EN-CHAMPAGNE	402370.00	2332000.00
PALAA0100102	naturelle	Grotte des Aubles (n°2)	public	approché	COSSE-EN-CHAMPAGNE	402160.00	2331720.00
PALAA0100345	naturelle	Grotte du Pont (n°2)	public	précis	COSSE-EN-CHAMPAGNE	402370.00	2331930.00
PALAA0100346	naturelle	Grotte du Pont (n°3)	public	précis	COSSE-EN-CHAMPAGNE	402370.00	2331930.00
PALAA0100347	naturelle	Trou de la Jument	public	approché	COSSE-EN-CHAMPAGNE	402950.00	2331820.00
PALAA0100348	naturelle	Exsurgence de la Brisardière	public	précis	COSSE-EN-CHAMPAGNE	402590.00	2332170.00
PALAA0100349	naturelle	Effondrement de l'Osnière	public	approché	COSSE-EN-CHAMPAGNE	402540.00	2331240.00
PALAA0100104	indéterminé	La Chaubronnière	public	approché	COUDRAY	377100.00	2312560.00
PALAA0100103	naturelle	Grotte du Rocher	public	approché	CROPTE(LA)	388620.00	2331440.00
PALAA0100350	naturelle	Grottes de la Carrière de la Saulaie	public	approché	CROPTE(LA)	387950.00	2331300.00
PALAA0100105	naturelle	Grotte Raymond	public	imprécis	EPINEUX-LE-SEGUIN	400990.00	2330050.00
PALAA0100351	naturelle	Grotte du Château (n°2)	public	approché	EPINEUX-LE-SEGUIN	401400.00	2330450.00
PALAA0100352	naturelle	Exsurgence de Varennes	public	approché	EPINEUX-LE-SEGUIN	401390.00	2330470.00
PALAA0100353	naturelle	Exsurgence de Rimer	public	approché	EPINEUX-LE-SEGUIN	399930.00	2329280.00
PALAA0100354	naturelle	Grotte de Morinière	public	approché	EPINEUX-LE-SEGUIN	400100.00	2329200.00
PALAA0100106	ouvrage civil	Champ des Caves	public	approché	EVRON	396294.00	2354760.00
PALAA0100107	ouvrage civil	Le Petit Montclair	public	approché	FOUGEROLLES-DU-PLESSIS	358380.00	2390122.00
PALAA0100108	ouvrage civil	Le Bourgneuf	public	approché	FROMENTIERES	373890.00	2323450.00
PALAA0100109	ouvrage civil	Poudrière de la Forêt de l'Huisserie	public	approché	LAVAL	368670.00	2342760.00
PAL0100013AA	carrière	La Nouvelle Vieuville	public	approché	LIVRE	351275.00	2325796.00
PALAA0100355	naturelle	Grotte de la Roche	public	approché	LOUVERNE	372790.00	2349350.00
PALAA0100356	naturelle	Grottes des Ameunes	public	approché	LOUVERNE	372120.00	2349680.00
PALAA0100357	naturelle	Grotte de la Misère	public	approché	LOUVERNE	372380.00	2350150.00
PALAA0100358	naturelle	Grotte du Chemin	public	approché	LOUVERNE	372830.00	2349650.00
PALAA0100359	naturelle	Trou du Four à Chaux	public	approché	LOUVERNE	372300.00	2350170.00
PALAA0100360	naturelle	Grotte du Lac	public	approché	LOUVERNE	372350.00	2350160.00
PALAA0100361	naturelle	Trou de la Chouette	public	approché	LOUVERNE	372380.00	2350100.00
PALAA0100362	naturelle	Grotte sciée de la Carrière de la Motte Babin	public	approché	LOUVERNE	371670.00	2349810.00
PALAA0100110	naturelle	Bourg de Parné-sur-Roc	public	approché	PARNE-SUR-ROC	375780.00	2338430.00
PALAA0100363	naturelle	Grotte de Parné	public	approché	PARNE-SUR-ROC	375430.00	2338450.00
PAL0100037AA	cave	Grand Breil	public	très imprécis	POMMERIEUX	359200.00	2321470.00
PAL0100015AA	carrière	Malagué	public	précis	RENAZE	345308.90	2316272.80
PAL0100016AA	carrière	Ardoisières du centre de Renazé	public	précis	RENAZE	346278.60	2316239.70
PAL0100017AA	carrière	La Menottière	public	précis	RENAZE	347587.20	2315590.80
PAL0100018AA	carrière	Les Marions	public	précis	RENAZE	348255.40	2315786.80
PAL0100019AA	carrière	La Chapelle	public	précis	RENAZE	348355.00	2315627.40
PAL0100020AA	carrière	L'Espérance	public	approché	RENAZE	347958.70	2315478.70
PAL0100021AA	carrière	Les Saulaies	public	approché	RENAZE	349088.90	2315040.30
PAL0100022AA	carrière	Les Repenelais	public	précis	RENAZE	349602.60	2315291.40
PAL0100038AA	carrière	Puits de la Grande Métairie (n°33)	public	approché	RENAZE	348542.60	2315664.00
PAL0100039AA	carrière	Puits de la Grande Métairie (n°34)	public	approché	RENAZE	348669.70	2315657.10
PAL0100040AA	carrière	Puits de la Grande Métairie (n°35)	public	approché	RENAZE	348693.00	2315699.40
PAL0100041AA	carrière	Puits de la Martinière (n°10)	public	très imprécis	RENAZE	347118.80	2314958.70
PAL0100042AA	carrière	Puits de la Martinière (n°2)	public	très imprécis	RENAZE	347171.00	2315067.80
PAL0100043AA	carrière	Puits de la Martinière (n°3)	public	très imprécis	RENAZE	347162.40	2315082.20
PAL0100044AA	carrière	Puits de la Martinière (n°4)	public	très imprécis	RENAZE	347173.90	2315089.50
PAL0100045AA	carrière	Puits de la Martinière (n°5)	public	très imprécis	RENAZE	347183.00	2315118.60
PAL0100046AA	carrière	Puits de la Martinière (n°6)	public	très imprécis	RENAZE	347178.60	2315132.90
PAL0100047AA	carrière	Puits de la Martinière (n°7)	public	très imprécis	RENAZE	347163.10	2315110.90
PAL0100048AA	carrière	Puits de la Martinière (n°8)	public	très imprécis	RENAZE	347143.90	2315100.80
PAL0100049AA	carrière	Puits de la Martinière (n°9)	public	très imprécis	RENAZE	347140.10	2315066.10
PAL0100050AA	carrière	Puits de Ronfort (n°42)	public	approché	RENAZE	348488.60	2315228.10
PAL0100051AA	carrière	Puits de Ronfort (n°43)	public	approché	RENAZE	348464.20	2315179.50

Identifiant	Type	Nom	Statut	Positionnement	Commune	XL2E	YL2E
PAL0100052AA	carrière	Puits de Ronfort (n°44)	public	approché	RENAZE	348433.60	2315205.00
PAL0100054AA	carrière	Puits du Favier (n°36)	public	approché	RENAZE	348910.20	2315657.20
PAL0100055AA	carrière	Puits du Favier (n°37)	public	approché	RENAZE	349014.30	2315593.20
PAL0100086AA	carrière	Puits de la Martinière (n°1)	public	très imprécis	RENAZE	347186.90	2315060.30
PALAA0100159	indéterminé	Le Chatelier	public	imprécis	SAINT-BERTHEVIN	362850.00	2346170.00
PALAA0100158	naturelle	Grotte de Jean Chouan	public	approché	SAINT-BERTHEVIN	364260.00	2344650.00
PALAA0100364	naturelle	Grotte du Châtelier	public	approché	SAINT-BERTHEVIN	362940.00	2346360.00
PALAA0100365	naturelle	Grotte du Blaireau	public	approché	SAINT-BERTHEVIN	363000.00	2346490.00
PALAA0100179	naturelle	Grotte du Dolmen des Erves	public	approché	SAINTE-SUZANNE	401340.00	2350100.00
PALAA0100376	naturelle	Petite Grotte de la Carrière des Erves	public	approché	SAINTE-SUZANNE	401240.00	2350120.00
PALAA0100160	naturelle	Grotte du Rey	public	approché	SAINT-GEORGES-SUR-ERVE	405270.00	2355220.00
PALAA0100366	naturelle	Grotte de l'Eléphant	public	approché	SAINT-GEORGES-SUR-ERVE	405260.00	2355200.00
PALAA0100367	naturelle	Grotte n°2 de la Carrière du Rey	public	approché	SAINT-GEORGES-SUR-ERVE	405300.00	2355200.00
PAL0100023AA	carrière	Les Hatonnailles	public	approché	SAINT-GERMAIN-LE-FOUILLOUX	365592.00	2353296.00
PALAA0100161	ouvrage civil	L'Echerbay	public	imprécis	SAINT-HILAIRE-DU-MAINE	356950.00	2361590.00
PALAA0100162	ouvrage civil	La Templerie	public	imprécis	SAINT-HILAIRE-DU-MAINE	355960.00	2359800.00
PALAA0100163	naturelle	Grotte de Saint-Jean	public	imprécis	SAINT-JEAN-SUR-MAYENNE	370090.00	2352260.00
PALAA0100164	ouvrage civil	Souterrain de Beaumont	public	imprécis	SAINT-LAURENT-DES-MORTIERS	385140.00	2310810.00
PAL0100053AA	carrière	Puits des Chesnaies	public	approché	SAINT-MARTIN-DU-LIMET	346950.00	2316530.00
PALAA0100166	naturelle	Les Fenouilles	public	approché	SAINT-PIERRE-LA-COUR	348790.00	2350080.00
PALAA0100167	naturelle	L'Auberge Neuve	public	approché	SAINT-PIERRE-LA-COUR	350240.00	2349520.00
PALAA0100368	naturelle	Cave à Rochefort	public	approché	SAINT-PIERRE-SUR-ERVE	395580.00	2336280.00
PALAA0100369	naturelle	Grotte de la Lucarne	public	approché	SAINT-PIERRE-SUR-ERVE	395160.00	2336370.00
PALAA0100370	naturelle	Cave à la Chèvre	public	approché	SAINT-PIERRE-SUR-ERVE	395600.00	2336320.00
PALAA0100371	naturelle	Grottes des Buis	public	approché	SAINT-PIERRE-SUR-ERVE	395860.00	2336530.00
PALAA0100372	naturelle	Grotte des Hallays	public	approché	SAINT-PIERRE-SUR-ERVE	395240.00	2336210.00
PALAA0100373	naturelle	Grotte des Hardrays	public	approché	SAINT-PIERRE-SUR-ERVE	396230.00	2337300.00
PALAA0100374	naturelle	Grottes de la Girardière	public	approché	SAINT-PIERRE-SUR-ORTHE	414800.00	2361360.00
PALAA0100375	naturelle	Puits de Saint-Pierre	public	approché	SAINT-PIERRE-SUR-ORTHE	410970.00	2359770.00
PAL0100012AA	carrière	La Rivière	public	approché	SAINT-SATURNIN-DU-LIMET	344272.40	2317350.80
PAL0100014AA	carrière	La Besnadière	public	précis	SAINT-SATURNIN-DU-LIMET	345070.10	2316969.40
PALAA0100377	naturelle	Grotte du Pont du Gué	public	approché	SAULGES	395190.00	2335630.00
PALAA0100378	naturelle	Grottes de Langrotte	public	approché	SAULGES	395030.00	2336520.00
PALAA0100379	naturelle	Grotte des Havardières	public	approché	SAULGES	395110.00	2336330.00
PALAA0100380	naturelle	Grottes de la Bidaudière	public	approché	SAULGES	395160.00	2336180.00
PALAA0100381	naturelle	Grotte du Mur Romain	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395280.00	2336060.00
PALAA0100382	naturelle	Grotte René Paul	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395310.00	2336060.00
PALAA0100383	naturelle	Cave du Four	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395380.00	2336040.00
PALAA0100384	naturelle	Grotte de l'Arche	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395390.00	2336040.00
PALAA0100385	naturelle	Cave à la Dérouine	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395420.00	2336040.00
PALAA0100386	naturelle	Grotte des Vipères	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395450.00	2336040.00
PALAA0100387	naturelle	Source	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395530.00	2336090.00
PALAA0100388	naturelle	Cave à Margot	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395730.00	2336200.00
PALAA0100389	naturelle	Grotte Richard	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395780.00	2336300.00
PALAA0100390	naturelle	Cave à la Bigotte	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395790.00	2336320.00
PALAA0100391	naturelle	Grottes de la Roche Brault	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	395870.00	2336440.00
PALAA0100392	naturelle	Grotte Cordier	public	approché	THORIGNE-EN-CHARNIE	396130.00	2336800.00
PALAA0100393	naturelle	Grotte de Vaiges	public	approché	VAIGES	389660.00	2340450.00
PALAA0100394	naturelle	Grotte sableuse	public	approché	VAIGES	389700.00	2340480.00
PALAA0100180	naturelle	Grotte de Courtaliéru	public	approché	VIMARCE	408880.00	2357600.00
PALAA0100181	naturelle	Puits du Père Leroux	public	approché	VIMARCE	410280.00	2358230.00
PALAA0100395	naturelle	Grotte de la Carrière de la Maison Neuve	public	approché	VIMARCE	408100.00	2356990.00
PALAA0100396	naturelle	Grotte de Voutré	public	approché	VOUTRE	404340.00	2351870.00
PALAA0100397	naturelle	Grotte du Grand Bateau	public	approché	VOUTRE	402840.00	2349360.00

Annexe 5

Tableaux de synthèse (Loire-Atlantique)

Identifiant	Type	Nom	Statut	Positionnement	Commune	XL2E	YL2E
PALAA0100001	ouvrage civil	La Jahotière	confidentiel	approché	ABBARETZ	XXXXXX	XXXXXXX
PALAA0100002	naturelle	Grotte d'Arthon en Retz	confidentiel	centroide de commune	ARTHON-EN-RETZ	XXXXXX	XXXXXXX
PALAA0100003	ouvrage civil	La Meule	public	approché	ARTHON-EN-RETZ	275537.00	2245143.00
PAL0100064AA	cave	Glacière de Chassenon	public	approché	BLAIN	289990.00	2285650.00
PALAA0100005	ouvrage civil	Château de la Groulaie	confidentiel	approché	BLAIN	XXXXXX	XXXXXXX
PALAA0100006	naturelle	Riglanne	public	approché	CAMPBON	277740.00	2279180.00
PALAA0100007	naturelle	Audrenais	public	approché	CAMPBON	278190.00	2278370.00
PALAA0100008	naturelle	Pont Magouet	public	approché	CAMPBON	274361.00	2279498.00
PALAA0100009	naturelle	La Bosse	public	approché	CAMPBON	274680.00	2279010.00
PALAA0100010	naturelle	La Plumetais	public	approché	CAMPBON	274900.00	2278680.00
PALAA0100011	naturelle	Le Bois de la Lande	public	approché	CAMPBON	275070.00	2278630.00
PALAA0100012	naturelle	L'Aunay	public	approché	CAMPBON	276640.00	2277410.00
PALAA0100013	naturelle	La Basse Terre	public	approché	CAMPBON	276770.00	2277620.00
PALAA0100014	naturelle	Croix du Moulin	public	approché	CAMPBON	276945.00	2277997.00
PALAA0100015	naturelle	Le Plessis	public	approché	CAMPBON	276930.00	2278580.00
PALAA0100079	naturelle	La Lande Baron	public	approché	CAMPBON	276086.00	2276963.00
PALAA0100016	ouvrage civil	Château	confidentiel	imprécis	CHATEAUBRIANT	XXXXXX	XXXXXXX
PALAA0100017	ouvrage civil	La Grange	public	approché	CHEMERE	277960.00	2246290.00
PALAA0100018	ouvrage civil	Château	confidentiel	imprécis	CLISSON	XXXXXX	XXXXXXX
PAL0100082AA	carrière	Le Haut Trémé	public	approché	CONQUEREUIL	291195.00	2305551.00
PALAA0100322	indéterminé	La Garenne	public	approché	ERBRAY	325720.00	2300920.00
PALAA0100323	indéterminé	Le Ridelais Nord	public	approché	ERBRAY	325530.00	2300490.00
PALAA0100324	indéterminé	Le Ridelais Sud	public	approché	ERBRAY	325710.00	2300180.00
PALAA0100325	ouvrage civil	La Moriniere - La Franchetiere	public	approché	ERBRAY	323650.00	2303210.00
PALAA0100326	ouvrage civil	La Sauvagere - Eglise	public	approché	ERBRAY	325090.00	2301530.00
PALAA0100327	ouvrage civil	Belle Vue	public	approché	ERBRAY	324990.00	2300480.00
PALAA0100328	ouvrage civil	Le Chatellier - Launay - Morisseau	public	approché	ERBRAY	326370.00	2299830.00
PALAA0100022	naturelle	Grotte à la Dame	public	imprécis	GRAND-AUVERNE	323460.00	2294090.00
PALAA0100021	ouvrage civil	Carrière de la Nantais	confidentiel	approché	GRAND-AUVERNE	XXXXXX	XXXXXXX
PALAA0100023	ouvrage civil	Le Rougeul	public	approché	GRANDCHAMPS-DES-FONTAINES	300866.00	2270553.00
PAL0100084AA	carrière	La Marzelière	public	approché	GUEMENE-PENFAO	285570.00	2307090.00
PALAA0100025	naturelle	Vioreau	confidentiel	approché	JOUE-SUR-ERDRE	XXXXXX	XXXXXXX
PAL0100025AA	carrière	Le Bout du Monde	confidentiel	approché	MAUVES-SUR-LOIRE	XXXXXX	XXXXXXX
PAL0100056AA	cave	Cansillon	public	approché	MESQUER	235775.00	2276340.00
PAL0100009AA	carrière	La Boulais	confidentiel	approché	MOISDON-LA-RIVIERE	XXXXXX	XXXXXXX
PAL0100010AA	carrière	Les Bourdinières	public	approché	MOISDON-LA-RIVIERE	323140.00	2297200.00
PALAA0100028	ouvrage civil	Rue des Salorges	confidentiel	approché	NANTES	XXXXXX	XXXXXXX
PALAA0100029	ouvrage civil	Rue Alphonse Fouschard	public	approché	OUDON	326350.00	2267020.00
PAL0100081AA	carrière	La Bertinerie	public	précis	PIERRIC	291681.60	2305366.43
PALAA0100031	naturelle	Grotte à Madame	public	approché	PIRIAC-SUR-MER	230870.00	2274990.00
PALAA0100032	ouvrage civil	Château de Carheil	confidentiel	approché	PLESSE	XXXXXX	XXXXXXX
PAL0100008AA	carrière	Carrière de Grénébo	confidentiel	approché	PONTCHATEAU	XXXXXX	XXXXXXX
PALAA0100033	ouv militaire	Tunnel de Grénébo	confidentiel	approché	PONTCHATEAU	XXXXXX	XXXXXXX
PALAA0100034	naturelle	Grotte des Jumelles	public	approché	POULIGUEN(LE)	239110.00	2262080.00
PALAA0100035	naturelle	Grotte des Korrigans	public	approché	POULIGUEN(LE)	238120.00	2262400.00
PALAA0100036	naturelle	Grotte de Velours	public	approché	POULIGUEN(LE)	239690.00	2262010.00
PALAA0100037	naturelle	Grotte des Deux Soeurs	public	centroide de commune	POULIGUEN(LE)	239600.00	2263500.00
PALAA0100038	naturelle	Grotte de la Chapelle	public	approché	POULIGUEN(LE)	238180.00	2262330.00
PALAA0100039	naturelle	Grotte de la Bonne Vierge	public	centroide de commune	POULIGUEN(LE)	239600.00	2263500.00
PALAA0100040	naturelle	Grotte Saint-René	public	imprécis	POULIGUEN(LE)	239430.00	2261940.00
PALAA0100041	naturelle	Grotte Scabreuse	public	approché	POULIGUEN(LE)	239470.00	2261920.00
PALAA0100042	naturelle	Grotte de la Pierre Plate	public	approché	POULIGUEN(LE)	239360.00	2261880.00
PALAA0100043	naturelle	La Grisonnière	public	approché	QUILLY	276280.00	2283160.00
PALAA0100044	naturelle	La Grisonnière	public	approché	QUILLY	276450.00	2283260.00
PALAA0100045	naturelle	La Grisonnière	public	approché	QUILLY	276330.00	2283240.00
PALAA0100046	naturelle	La Grisonnière	public	approché	QUILLY	276300.00	2283370.00
PALAA0100047	naturelle	La Grisonnière	public	approché	QUILLY	276360.00	2283300.00
PALAA0100048	naturelle	La Grisonnière	public	approché	QUILLY	276274.00	2283504.00
PALAA0100049	naturelle	Bourg de Saffré	public	approché	SAFFRE	305120.00	2285200.00
PALAA0100050	naturelle	Ruisseau Isac	public	approché	SAFFRE	305570.00	2285740.00
PALAA0100051	naturelle	Ruisseau Isac	public	approché	SAFFRE	305010.00	2284860.00
PALAA0100052	naturelle	Ruisseau Isac	public	approché	SAFFRE	305000.00	2284630.00
PALAA0100053	naturelle	Ruisseau Isac	public	approché	SAFFRE	304870.00	2284590.00
PALAA0100054	naturelle	Ruisseau Apsiguais	public	approché	SAFFRE	304900.00	2284450.00
PALAA0100055	naturelle	Ruisseau Isac	public	approché	SAFFRE	304430.00	2284410.00
PALAA0100056	naturelle	Ruisseau Isac	public	approché	SAFFRE	304500.00	2284410.00
PALAA0100057	naturelle	Ruisseau Isac	public	approché	SAFFRE	304400.00	2284360.00
PALAA0100058	naturelle	La Mortrais	public	approché	SAFFRE	303320.00	2285170.00
PALAA0100059	naturelle	La Mortrais	public	approché	SAFFRE	303610.00	2285210.00
PALAA0100060	naturelle	Les Ormes	public	approché	SAFFRE	303340.00	2285600.00
PALAA0100061	naturelle	Les Ormes	public	approché	SAFFRE	303590.00	2285510.00
PALAA0100062	naturelle	Ruisseau Pas-Sicard	public	approché	SAFFRE	303600.00	2286330.00
PALAA0100063	naturelle	Ruisseau Pas-Sicard	public	approché	SAFFRE	303680.00	2286280.00
PALAA0100064	naturelle	Ruisseau Pas-Sicard	public	approché	SAFFRE	303780.00	2286130.00
PALAA0100065	naturelle	Ruisseau Pas-Sicard	public	approché	SAFFRE	303850.00	2285980.00
PALAA0100066	naturelle	La Grossais	public	approché	SAFFRE	304710.00	2286480.00
PALAA0100067	naturelle	Ruisseau Pas-Sicard	public	approché	SAFFRE	304620.00	2286300.00
PALAA0100068	naturelle	Ruisseau Pas-Sicard	public	approché	SAFFRE	304500.00	2285960.00
PALAA0100069	naturelle	Ruisseau Pas-Sicard	public	approché	SAFFRE	304300.00	2285730.00
PALAA0100070	naturelle	Ruisseau Pas-Sicard	public	approché	SAFFRE	304290.00	2285650.00

Identifiant	Type	Nom	Statut	Positionnement	Commune	XL2E	YL2E
PALAA0100071	naturelle	Ruisseau Pas-Sicard	public	approché	SAFFRE	304240.00	2285570.00
PALAA0100072	naturelle	Ruisseau Pas-Sicard	public	approché	SAFFRE	304160.00	2285480.00
PALAA0100073	naturelle	La Brossauderie	public	approché	SAFFRE	304580.00	2286020.00
PALAA0100074	naturelle	La Brossauderie	public	approché	SAFFRE	304600.00	2285590.00
PALAA0100075	naturelle	La Filée	public	approché	SAFFRE	303860.00	2285590.00
PALAA0100076	naturelle	La Chutenaie	public	approché	SAFFRE	304630.00	2284480.00
PALAA0100077	naturelle	La Chutenaie	public	approché	SAFFRE	304780.00	2284430.00
PALAA0100078	naturelle	Bourg de Saffré	public	approché	SAFFRE	305200.00	2285280.00
PALAA0100329	ouv militaire	Place du Marché	public	approché	SAINT-BREVIN-LES-PINS	259568.86	2259330.44
PALAA0100081	ouv militaire	La Source	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	259340.00	2252920.00
PALAA0100082	ouv militaire	La Source	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	259340.00	2252900.00
PALAA0100083	ouv militaire	La Source	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	259330.00	2252860.00
PALAA0100084	ouv militaire	La Source	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	259360.00	2252850.00
PALAA0100085	ouv militaire	Les Renardières	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	260270.00	2252220.00
PALAA0100086	ouv militaire	Les Renardières	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	260300.00	2252310.00
PALAA0100087	ouv militaire	Les Renardières	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	260400.00	2252330.00
PALAA0100088	ouv militaire	Les Renardières	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	260400.00	2252250.00
PALAA0100089	ouv militaire	Les Renardières	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	260440.00	2252210.00
PALAA0100090	ouv militaire	Le Bois de Comberge	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	259130.00	2252030.00
PALAA0100091	ouv militaire	Le Bois de Comberge	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	259160.00	2251970.00
PALAA0100092	ouv militaire	Plage de la Source	public	approché	SAINT-MICHEL-CHEF-CHEF	258420.00	2250070.00
PALAA0100321	ouvrage civil	Hopital souterrain	public	approché	SAINT-NAZAIRE	253451.80	2263397.09
PAL0100011AA	carrière	Le Houssais	public	approché	VRITZ	344140.00	2291960.00

Annexe 6

Tableaux de synthèse (Vendée)

Identifiant	Type	Nom	Statut	Positionnement	Commune	XL2E	YL2E
PALAA0100182	ouvrage civil	La Rablerie	public	approché	AIZENAY	294275.00	2198354.00
PALAA0100183	indéterminé	Bourg communal	public	imprécis	ANGLES	312570.00	2163300.00
PALAA0100184	indéterminé	Tour de Moricq	public	imprécis	ANGLES	314590.00	2162840.00
PALAA0100185	ouvrage civil	La Gralière	public	approché	ANTIGNY	364470.00	2185360.00
PALAA0100186	ouvrage civil	La Gripponière	public	approché	ANTIGNY	361820.00	2183610.00
PALAA0100187	ouvrage civil	Le Portail	public	précis	ANTIGNY	362196.61	2184846.36
PALAA0100188	ouvrage civil	Les Sablières	public	approché	APREMONT	287600.00	2202260.00
PALAA0100189	ouvrage civil	Les Vrigners	public	approché	APREMONT	287440.00	2201440.00
PALAA0100190	ouvrage civil	La Benetière	public	approché	APREMONT	288436.00	2201172.00
PALAA0100191	ouvrage civil	Eglise Saint-Martin-des-Tours	public	approché	APREMONT	288666.00	2202309.00
PALAA0100192	ouvrage civil	Eglise Saint-Laurent	public	approché	AUBIGNY	309797.00	2184297.00
PALAA0100193	ouvrage civil	Souterrains	public	centroide de commune	BAZOGES-EN-PAREDS	351000.00	2189200.00
PALAA0100194	ouvrage civil	Souterrain de Siclon	public	approché	BAZOGES-EN-PAREDS	351050.00	2189950.00
PALAA0100195	ouvrage civil	La Cantrie	public	approché	BEAUFOU	303980.00	2210280.00
PALAA0100196	ouvrage civil	Souterrain de la Place Guibreteau	public	approché	BEAUFOU	305100.00	2209980.00
PALAA0100197	ouvrage civil	Souterrain de La Caunière	public	imprécis	BEAUFOU	307250.00	2208500.00
PALAA0100198	ouvrage civil	La Lande Blanche	public	approché	BELLEVILLE-SUR-VIE	313150.00	2203750.00
PAL0100033AA	carrière	Carrière artisanale (n°3)	public	approché	BOUILLE-COURDAULT	367490.52	2158986.71
PAL0100057AA	carrière	Carrière artisanale (n°1)	public	approché	BOUILLE-COURDAULT	367554.38	2158971.38
PAL0100058AA	carrière	Carrière artisanale (n°2)	public	approché	BOUILLE-COURDAULT	367463.70	2158948.39
PAL0100059AA	carrière	Carrière artisanale (n°4)	public	approché	BOUILLE-COURDAULT	367472.69	2159032.30
PAL0100060AA	carrière	Carrière artisanale (n°5)	public	approché	BOUILLE-COURDAULT	367591.40	2158945.05
PALAA0100204	ouvrage civil	La Vaudieu	public	approché	BOURNEAU	358588.00	2178887.00
PALAA0100205	naturelle	La Cressonière	public	approché	CEZAIS	359965.83	2182285.00
PALAA0100206	naturelle	Les Fontaines	public	précis	CEZAIS	360786.13	2181485.00
PALAA0100207	ouvrage civil	Parc du Château	public	approché	CHAIZE-LE-VICOMTE(LA)	322380.00	2192080.00
PALAA0100208	ouvrage civil	La Meronnière	public	approché	CHAPELLE-ACHARD(LA)	291321.00	2186246.00
PALAA0100209	ouvrage civil	Piquerand	public	approché	CHAPELLE-PALLUAU(LA)	299177.00	2202616.00
PALAA0100210	ouvrage civil	La Maison Neuve	public	approché	CHATELLIERS-CHATEAUMUR(LES)	359226.00	2211198.00
PALAA0100211	ouvrage civil	La Boutarlière	public	imprécis	CHAUCHE	329720.00	2208060.00
PALAA0100212	ouvrage civil	Languiller	public	imprécis	CHAUCHE	325430.00	2208310.00
PALAA0100213	ouvrage civil	Frosse	public	imprécis	CORPE	330130.00	2174240.00
PAL0100027AA	carrière	Bourg Canteau	public	précis	CURZON	320040.00	2167160.00
PALAA0100214	indéterminé	Rue du Communal	public	approché	CURZON	320120.00	2167140.00
PALAA0100215	ouvrage civil	Rue de la Debuterie	public	approché	DOIX	358421.00	2159564.00
PALAA0100216	ouvrage civil	Rue du Vieux Bourg	public	approché	DOMPIERRE-SUR-YON	315720.00	2199930.00
PALAA0100217	ouvrage civil	La Haute Braconnière	public	approché	DOMPIERRE-SUR-YON	316190.00	2201250.00
PALAA0100218	ouvrage civil	Les Gât	public	approché	DOMPIERRE-SUR-YON	318320.00	2203560.00
PALAA0100219	ouvrage civil	Le Rortheau	public	approché	DOMPIERRE-SUR-YON	317200.00	2204050.00
PALAA0100220	ouvrage civil	L'Audouillère	public	approché	DOMPIERRE-SUR-YON	320720.00	2204900.00
PALAA0100221	ouvrage civil	Le Boulet	public	approché	EPESSES(LES)	354853.00	2215547.00
PALAA0100222	ouvrage civil	Eglise Saint-Pierre	public	approché	ESSARTS(LES)	328000.00	2203200.00
PALAA0100223	ouvrage civil	Souterrain de Romainguy	public	approché	FENOUILLER(LE)	274320.00	2199250.00
PAL0100069AA	carrière	Place du 137e RI	public	approché	FONTENAY-LE-COMTE	358575.00	2167825.00
PAL0100070AA	carrière	Rue Belesbat	public	approché	FONTENAY-LE-COMTE	358350.00	2167750.00
PAL0100073AA	carrière	Rue de la Grange Parenteau	public	approché	FONTENAY-LE-COMTE	357650.00	2167070.00
PALAA0100224	ouvrage civil	La Michetterie	public	approché	FONTENAY-LE-COMTE	360527.00	2165400.00
PALAA0100228	ouvrage civil	Crypte de l'Eglise-Notre-Dame	public	approché	FONTENAY-LE-COMTE	358620.00	2167860.00
PAL0100028AA	carrière	Bourg communal	public	approché	FOUSSAIS-PAYRE	368840.00	2172470.00
PALAA0100229	ouvrage civil	Les Martellières	public	approché	GIVRAND	279800.00	2195680.00
PALAA0100230	ouvrage civil	Bourg communal	public	approché	GIVRAND	277325.00	2194350.00
PALAA0100231	ouvrage civil	La Méancière	public	approché	HERBIERS(LES)	344440.00	2216280.00
PALAA0100232	naturelle	Grotte des Soux	public	approché	ILE-D'YEU(L')	243720.00	2198420.00
PALAA0100233	naturelle	Grotte des Va-Nu-Pieds	public	centroide de commune	ILE-D'YEU(L')	243100.00	2200100.00
PALAA0100234	naturelle	Couloir de Meuils	public	centroide de commune	ILE-D'YEU(L')	243100.00	2200100.00
PALAA0100235	naturelle	Grotte des Aplatis	public	centroide de commune	ILE-D'YEU(L')	243100.00	2200100.00
PALAA0100236	naturelle	Fosse à Charte	public	centroide de commune	ILE-D'YEU(L')	243100.00	2200100.00
PALAA0100237	naturelle	Trou à Lazare	public	centroide de commune	ILE-D'YEU(L')	243100.00	2200100.00
PALAA0100238	naturelle	Gouffres d'Enfer	public	approché	ILE-D'YEU(L')	241000.00	2199040.00
PALAA0100320	ouvrage civil	Souterrain effondré de Jard-sur-Mer	public	imprécis	JARD-SUR-MER	296818.00	2166284.00
PALAA0100239	ouvrage civil	La Grande Cour	public	approché	JAUDONNIÈRE(LA)	347410.00	2187774.00
PALAA0100240	ouvrage civil	Bourg communal	public	imprécis	LONGEVILLE	306010.00	2165370.00
PALAA0100241	naturelle	La Cave à Blanchet	public	approché	LUCON	331110.00	2169690.00
PALAA0100242	ouvrage civil	La Daunière	public	approché	LUCS-SUR-BOULOGNE(LES)	311890.00	2209620.00
PALAA0100243	ouvrage civil	Bourg communal	public	centroide de commune	MALLIEVRE	356200.00	2217300.00
PALAA0100244	ouvrage civil	Rue de Paradis	public	approché	MAREUIL-SUR-LAY-DISSAIS	327318.00	2176898.00
PALAA0100245	ouvrage civil	2, Rue de Paradis	public	approché	MAREUIL-SUR-LAY-DISSAIS	327296.00	2176859.00
PALAA0100246	ouvrage civil	Rue du Calvaire	public	approché	MAREUIL-SUR-LAY-DISSAIS	327293.00	2176884.00
PALAA0100247	ouvrage civil	La Grande Rue	public	approché	MAREUIL-SUR-LAY-DISSAIS	327180.00	2176860.00
PALAA0100248	naturelle	Les Gacheresses	public	approché	MARSAIS-SAINTE-RADEGONDE	356000.00	2176000.00
PALAA0100249	ouvrage civil	La Pardière	public	approché	MENOMBLET	363743.00	2195934.00
PALAA0100250	ouvrage civil	La Servantière	public	approché	MENOMBLET	363640.00	2197780.00
PALAA0100251	ouvrage civil	Bourg communal	public	approché	MONTOURNAIS	363180.00	2198171.00
PALAA0100252	ouvrage civil	Les Gibaudières	public	approché	MONTOURNAIS	362040.00	2200360.00
PALAA0100253	ouvrage civil	Bois Rogon	public	approché	MONTOURNAIS	363980.00	2201110.00
PALAA0100254	ouvrage civil	Puy Plet de Haut	public	approché	MONTOURNAIS	361430.00	2199310.00

Identifiant	Type	Nom	Statut	Positionnement	Commune	XL2E	YL2E
PALAA0100255	ouvrage civil	Les Vergaudières	public	imprécis	MONTOURNAIS	366440.00	2203150.00
PAL0100067AA	cave	Les Tonneries	public	approché	MORMAISON	311070.00	2216025.00
PALAA0100257	ouvrage civil	Rue Nantaise	public	approché	MORTAGNE-SUR-SEVRE	349873.00	2226668.00
PALAA0100258	ouvrage civil	La Petite Etablière	public	approché	MOUCHAMPS	340304.00	2201463.00
PALAA0100259	naturelle	Rue des Douves	public	imprécis	MOUZEUIL-SAINT-MARTIN	344990.00	2168340.00
PAL0100066AA	carrière	Le Moulin Griffier	public	approché	NIEUL-SUR-L'AUTISE	368419.00	2163454.00
PALAA0100261	ouvrage civil	Chemin des Barres	public	approché	OLONNE-SUR-MER	282550.00	2181060.00
PALAA0100262	ouvrage civil	Eglise de Petosse	public	approché	PETOSSE	350780.00	2169680.00
PALAA0100263	ouvrage civil	Le Pillery	public	approché	PISSOTTE	358780.00	2172000.00
PALAA0100264	ouvrage civil	Château Barlot	public	approché	POIRE-SUR-VELLUIRE(LE)	351159.56	2161964.61
PALAA0100265	ouvrage civil	La Chapelle de Coussais	public	approché	POIRE-SUR-VELLUIRE(LE)	351349.61	2164187.97
PALAA0100266	ouvrage civil	Le Fief	public	approché	POIRE-SUR-VIE(LE)	303200.00	2204950.00
PALAA0100267	ouvrage civil	La Tesserie	public	approché	POMMERAIE-SUR-SEVRE(LA)	361390.00	2206460.00
PALAA0100268	ouvrage civil	La Burlandière	public	approché	POMMERAIE-SUR-SEVRE(LA)	361000.00	2207550.00
PALAA0100269	ouvrage civil	Souterrain de Vilcreux	public	approché	POMMERAIE-SUR-SEVRE(LA)	360684.15	2207376.75
PALAA0100270	ouvrage civil	La Chaussée	public	approché	POMMERAIE-SUR-SEVRE(LA)	358950.00	2206150.00
PALAA0100271	ouvrage civil	Pré de la Queue de l'Etang	public	approché	POUZAUGES	361050.00	2201570.00
PALAA0100272	ouvrage civil	Passoux	public	approché	POUZAUGES	361550.00	2201160.00
PALAA0100273	ouvrage civil	La Michotière	public	approché	POUZAUGES	354710.00	2200780.00
PALAA0100274	ouvrage civil	La Martinière	public	approché	POUZAUGES	362300.00	2204200.00
PALAA0100275	ouvrage civil	Le Bois de la Folie	public	approché	POUZAUGES	357100.00	2203700.00
PALAA0100276	ouvrage civil	La Haute Cour	public	approché	REAUMUR	360034.74	2195999.10
PALAA0100277	ouvrage civil	Barrage Moulin Papon	confidentiel	approché	ROCHE-SUR-YON(LA)	XXXXXX	XXXXXXX
PALAA0100278	ouvrage civil	Rue d'Ecquebouille	public	précis	ROCHE-SUR-YON(LA)	312480.00	2192220.00
PALAA0100279	ouvrage civil	Rue d'Ecquebouille	public	précis	ROCHE-SUR-YON(LA)	312470.00	2192270.00
PALAA0100280	ouvrage civil	Ruelle de la Gate Bourse	public	précis	ROCHE-SUR-YON(LA)	312420.00	2192360.00
PALAA0100281	ouvrage civil	La Brunetière	public	imprécis	ROCHE-SUR-YON(LA)	313990.00	2196940.00
PAL0100035AA	carrière	Rue de la Motte	public	approché	SAINT-AUBIN-LA-PLAINE	339390.00	2172900.00
PAL0100071AA	carrière	Rue Clémenceau	public	approché	SAINT-AUBIN-LA-PLAINE	339470.00	2173070.00
PAL0100072AA	carrière	Rue Clémenceau	public	approché	SAINT-AUBIN-LA-PLAINE	339440.00	2173010.00
PALAA0100285	ouvrage civil	Bourg communal	public	clocher de commune	SAINT-BENOIST-SUR-MER	316488.64	2164881.80
PALAA0100303	ouvrage civil	La Faucherie	public	imprécis	SAINTE-PEXINE	334650.00	2177440.00
PALAA0100286	ouvrage civil	Rue du Château	public	approché	SAINT-ETIENNE-DE-BRILLOUET	342590.00	2174970.00
PALAA0100287	ouvrage civil	Le Pendu	public	approché	SAINT-GEORGES-DE-POINTINDOUX	297800.00	2191775.00
PALAA0100288	naturelle	Trou du Diable	public	approché	SAINT-HILAIRE-DE-RIEZ	270600.00	2197620.00
PALAA0100289	naturelle	Grotte de L'Anse de la Baillette	public	centroide de commune	SAINT-HILAIRE-DE-RIEZ	272700.00	2200100.00
PALAA0100290	naturelle	Grotte du Diable	public	approché	SAINT-HILAIRE-DE-RIEZ	270600.00	2197620.00
PALAA0100291	ouvrage civil	Citerne	public	approché	SAINT-LAURENT-SUR-SEVRE	354191.00	2222556.00
PAL0100029AA	carrière	Les Genets	public	approché	SAINT-MARTIN-DE-FRAIGNEAU	359857.00	2163188.00
PALAA0100292	naturelle	Place de l'Eglise	public	approché	SAINT-MARTIN-DE-FRAIGNEAU	363240.00	2164040.00
PALAA0100293	ouvrage civil	Montboisé	public	imprécis	SAINT-MESMIN	367715.00	2206510.00
PALAA0100294	ouvrage civil	La Cotissière	public	imprécis	SAINT-MESMIN	363810.00	2204910.00
PALAA0100295	indéterminé	La Dive	public	précis	SAINT-MICHEL-EN-L'HERM	323739.68	2151244.97
PAL0100030AA	carrière	Les Perrières	confidentiel	précis	SAINT-MICHEL-LE-CLOUCQ	XXXXXX	XXXXXXX
PALAA0100299	ouvrage civil	La Bessonnière	public	approché	SAINT-MICHEL-MONT-MERCURE	351700.00	2209030.00
PALAA0100300	ouvrage civil	Puy Bobet	public	approché	SAINT-MICHEL-MONT-MERCURE	353080.00	2206960.00
PALAA0100301	ouvrage civil	La Burnière	public	approché	SAINT-PAUL-EN-PAREDS	348190.00	2210380.00
PALAA0100302	ouvrage civil	Logis des Noyers	public	approché	SAINT-PAUL-EN-PAREDS	349250.00	2209900.00
PALAA0100304	ouvrage civil	La Paillerie	public	approché	SAINT-PIERRE-DU-CHEMIN	369150.00	2195150.00
PALAA0100305	ouvrage civil	Eglise de Chalais	public	approché	SAINT-PIERRE-LE-VIEUX	363220.00	2160640.00
PALAA0100306	ouvrage civil	Rue de La Croix aux Pages	public	approché	SALIGNY	313067.00	2207495.00
PALAA0100307	ouvrage civil	Les Justices	public	approché	TARDIERE(LA)	363900.00	2189800.00
PALAA0100308	ouvrage civil	Les Tessonnières	public	approché	VENANSAULT	299450.00	2194250.00
PAL0100061AA	carrière	Champ Saint-Vincent	public	approché	XANTON-CHASSENON	366900.00	2165880.00
PAL0100062AA	carrière	Chemin de la Cabine	public	approché	XANTON-CHASSENON	365420.00	2164030.00
PAL0100063AA	carrière	Chemin du Bas-Gazeau	public	approché	XANTON-CHASSENON	367060.00	2165770.00
PAL0100068AA	carrière	Pineau	public	approché	XANTON-CHASSENON	365810.00	2166100.00
PAL0100074AA	carrière	Rue de la Roussière	public	approché	XANTON-CHASSENON	366950.00	2165660.00
PAL0100075AA	carrière	Rue des Vignes	public	approché	XANTON-CHASSENON	367100.00	2164220.00
PAL0100076AA	carrière	Rue des Vignes	public	approché	XANTON-CHASSENON	367260.00	2164110.00
PAL0100077AA	carrière	Rue du Haut-Bourg	public	approché	XANTON-CHASSENON	367120.00	2166290.00
PAL0100078AA	carrière	Rue du Peu	public	approché	XANTON-CHASSENON	367230.00	2166220.00
PAL0100079AA	carrière	Rue du Peu	public	approché	XANTON-CHASSENON	367160.00	2166160.00
PAL0100080AA	carrière	Saint-Vincent	public	approché	XANTON-CHASSENON	366810.00	2165610.00

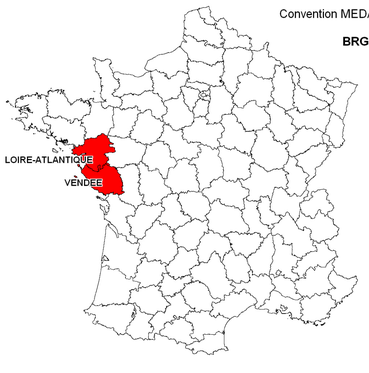
Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

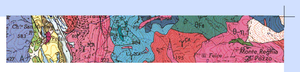
Service géologique régional Pays de la Loire
1, rue des saumonières
BP 92342
44323 – Nantes cedex 3 - France
Tél. : 02 51 86 01 51

Inventaire départemental des cavités souterraines hors mines de la Loire-Atlantique et de la Vendée

Rapport final
Convention MEDAD n° CV0000802

BRGM/RP - 57211-FR
avril 2009





INVENTAIRE DEPARTEMENTAL
CAVITES SOUTERRAINES
DE LA LOIRE-ATLANTIQUE ET DE LA VENDÉE

CAVITÉS SOUTERRAINES AVÉRÉES
avril 2009

- Carrières
- Cavités naturelles
- Ouvrages civils
- Ouvrages militaires
- Caves
- Indéterminées

- Communes
- Départements limitrophes

Longitude - Latitude WGS84
© IGN - Scan 1/250 000 ® (2002) - © IGN - BD CARTO ®, limites des communes - 2008 (1/100 000)

Nota : cette carte repose sur un inventaire non exhaustif, certaines cavités étant inconnues ou non identifiées à la date de l'étude.
Les cavités confidentielles ne sont pas représentées sur cette carte.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Géosciences pour une Terre durable
brgm

ILLE-ET-VILAINE
MAYENNE
MORBIHAN
MAINE-ET-LOIRE
DEUX-SEVRES
CHARENTE-MARITIME
Océan Atlantique

2.5°W 2°W 1.5°W 1°W
47.5°N 47°N 46.5°N

N W E S

0 5 10 20km
Echelle 1/175 000

MANCHE

ORNE

SARTHE

ILLE-ET-VILAINE

MAINE-ET-LOIRE

Les cavités confidentielles ne sont pas représentées sur cette carte.

N
W E
S

0 5 10 km

Echelle 1/125 000

INVENTAIRE DEPARTEMENTAL
CAVITES SOUTERRAINES DE LA MAYENNE

CAVITÉS SOUTERRAINES AVÉRÉES
avril 2009

- Carrières
- Cavités naturelles
- Ouvrages civils
- Caves
- Indéterminées

- Communes
- Départements limitrophes

Longitude - Latitude WGS84

© IGN - Scan 1/250 000 © (2002) - © IGN - BD CARTO © : limites des communes - 2008 (1/100 000)

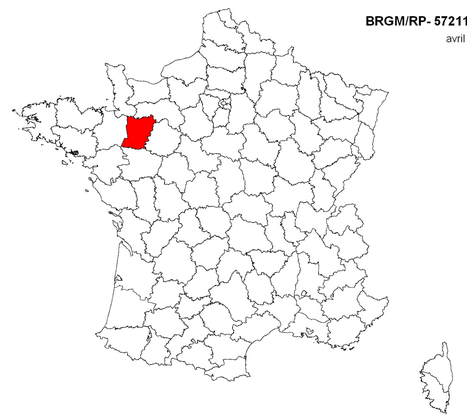
Nota : cette carte repose sur un inventaire non exhaustif, certaines cavités étant inconnues ou non identifiées à la date de l'étude.

Les cavités confidentielles ne sont pas représentées sur cette carte.

Inventaire départemental des cavités souterraines hors mines de la Mayenne

Rapport final
Convention MEDAD n° CV0000802

BRGM/RP- 57211-FR
avril 2009



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Géosciences pour une Terre durable
brgm