



Document de sensibilisation à destination des collectivités sur le risque lié aux cavités souterraines

Département du Nord



OBJECTIFS

- ✓ Assistance Maîtrise d'Ouvrage pour la DDTM 59: réalisation d'un cahier des charges-type pour la réduction du risque lié à la présence de cavités souterraines

- ✓ Plusieurs phases:
 - Document de sensibilisation
 - Etude de cas
 - Cahier des charges-type



DOCUMENT DE SENSIBILISATION

- ✓ Document didactique adapté aux caractéristiques du département du Nord (géologie, contexte, méthodes)
- ✓ Construit autour d'un code couleur
- ✓ Riche en illustrations
- ✓ Synthétique

5 parties:

✓ POURQUOI ? QUOI ? COMMENT ?

✓ COMMENT EVOLUENT-ELLES ?

✓ COMMENT LES DÉTECTER ET
LES ÉVALUER ?

✓ COMMENT LES TRAITER ?

✓ RÉGLEMENTATION, QUI FAIT
QUOI ?

CAVITÉS SOUTERRAINES DU NORD (59): DÉFINITION ET GESTION

LES CAVITÉS SOUTERRAINES : POURQUOI ? QUOI ? COMMENT ? 3

Géologie : la craie du Nord, une roche inégale.....3

Patrimoine industriel et historique4

Typologie des cavités5

LES CAVITÉS SOUTERRAINES : COMMENT EVOLUENT-ELLES? 8

Évolution naturelle.....8

Facteurs aggravant la dégradation9

Désordres associés en surface.....10

LES CAVITÉS SOUTERRAINES : COMMENT LES DÉTECTER ET LES ÉVALUER ? 12

Méthodes d'investigation non destructives.....12

Méthodes d'investigation destructives13

Diagnostic de stabilité13

LES CAVITÉS SOUTERRAINES : COMMENT LES GERER ? 14

Surveillance14

Consolidation de la cavité et réduction de la vulnérabilité.....15

Comblement ou remblayage.....16

LES CAVITÉS SOUTERRAINES : RÉGLEMENTATION, QUI FAIT QUOI ? 17

Propriété et responsabilité17

Inventaire, mise à disposition de l'information et outils de planification.....18

Présence d'une cavité : que faire ?21

LEXIQUE..... 23

ACCEDER AUX INFORMATIONS EN 3 CLICS..... 24

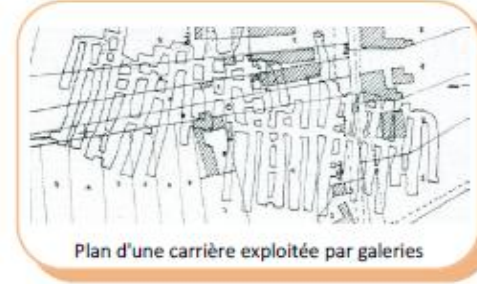
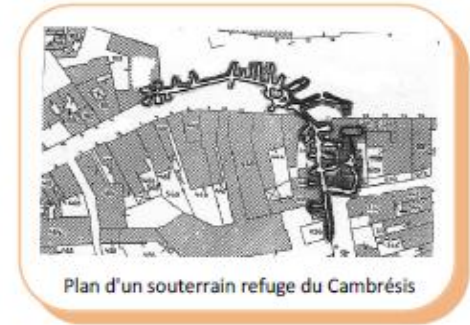
SITES INTERNET ET DOCUMENTS UTILES..... 25

GÉNÉRALITÉS

- ✓ Définir les cavités souterraines avec des mots courants
- ✓ Illustrer avec un maximum d'exemples
- ✓ Introduire le vocabulaire de base

1) Les cavités liées aux guerres et conflits :

- Les **souterrains refuges** (=muche*) se présentent sous la forme d'une galerie unique comportant de part et d'autre plusieurs chambres isolées.
- Les **abris individuels** (=bove*) et **caves** correspondent à une chambre creusée en sous-sol et servant de stockage et de protection. Les boves, étant le plus souvent en prolongement de la cave, se retrouvent parfois sous la voirie et posent un problème de propriété.
- Les **souterrains militaires** tels que ceux situés sous les bastides ou les citadelles participaient à la défense des places fortes et stratégiques.

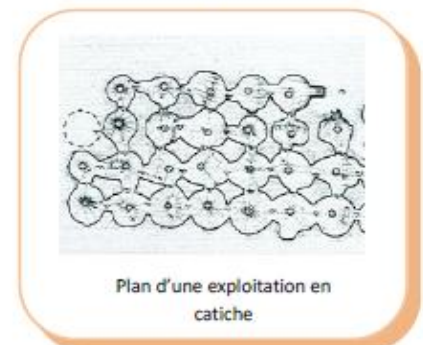


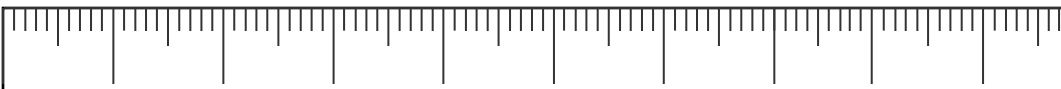
2) Les carrières d'exploitation :

Dans le Nord, quatre méthodes d'extraction ont été observées :

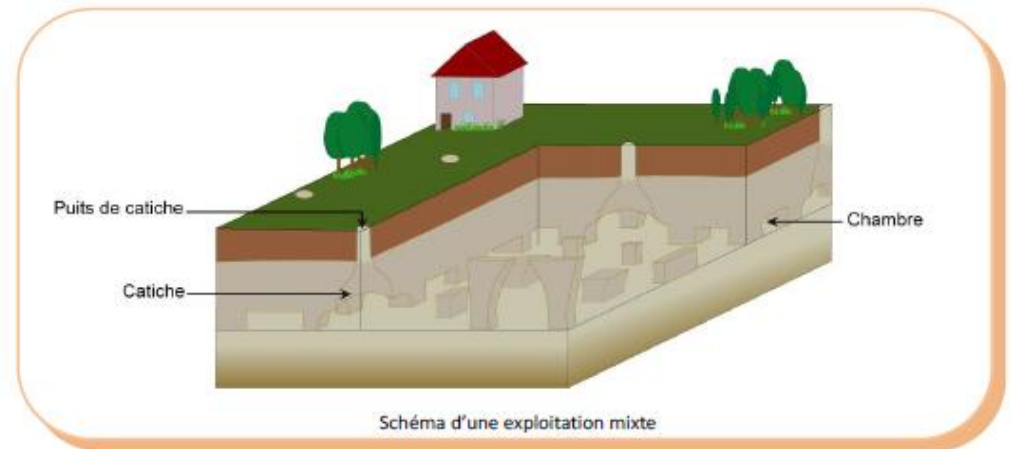
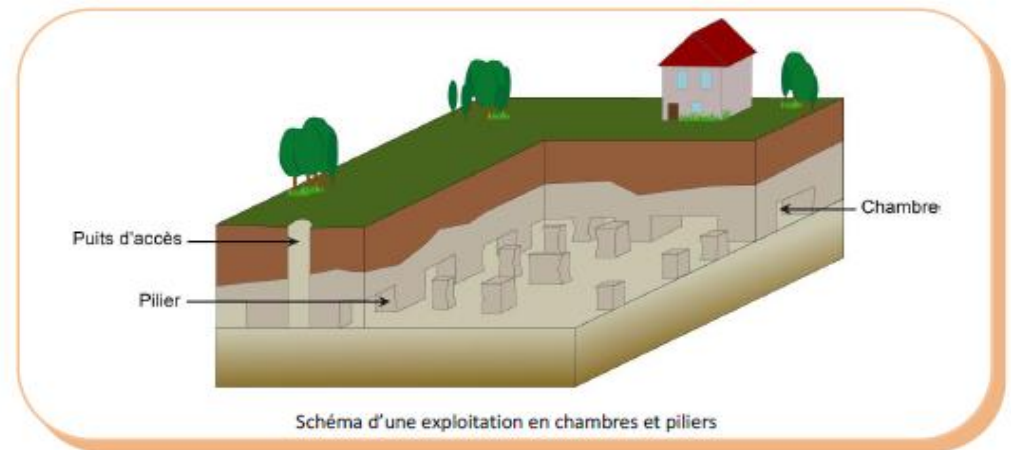
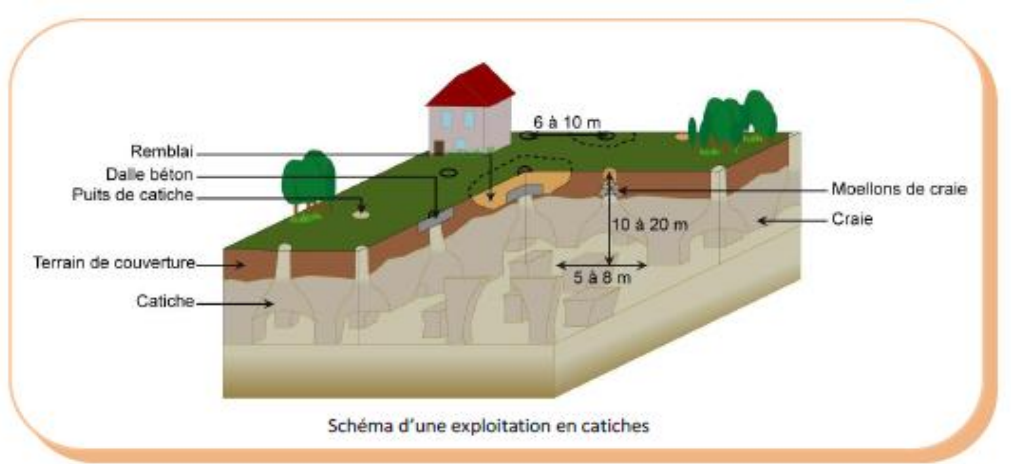
- **L'exploitation par galeries.** Cette méthode très ancienne, consistait à tracer des galeries de manière anarchique ou en profitant d'une direction préférentielle des fractures naturelles pour découper le massif.

- **L'exploitation dite en bouteille ou catiche* (cf p8).** Pour cette technique, des puits verticaux étaient foncés jusqu'aux terrains crayeux. Une fois atteint, l'extraction se poursuivait en évasant les bords donnant une forme de bouteille. La quasi-totalité de la craie était extraite, il n'y avait pas de déchets laissés au fond. Après excavation, les puits d'accès étaient scellés par un assemblage de moellons*. Les différentes catiches étaient séparées d'une dizaine de mètres et reliées entre elles à leur base par une galerie. La géométrie de cette méthode d'exploitation suit souvent un schéma régulier.





- ✓ Décrire et schématiser les différentes méthodes d'exploitation
- ✓ Définir la typologie des cavités



DÉSORDRES

- ✓ Expliquer la dégradation naturelle de la roche
- ✓ Présenter les facteurs aggravant les mécanismes d'instabilité

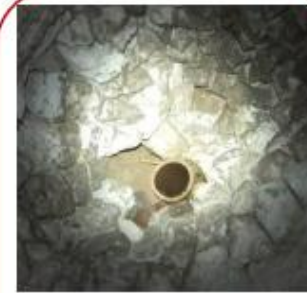
Les désordres apparaissent le plus souvent suite aux modifications des conditions d'équilibre du milieu induites par des facteurs aggravants.

Un de ces principaux facteurs est la **variation d'hygrométrie** qui accélère le processus d'altération de la craie. Ainsi les **pluies intensives** et les **périodes de gel-dégel** accélèrent la fragilisation de la roche dans les parties exposées au courant d'air.

Les **fluctuations du niveau de la nappe souterraine** peuvent également diminuer la stabilité des cavités en les inondant.



Nappe phréatique dans une cavité



Canalisation artisanale
rejetant des eaux usées
dans la cavité

La **présence de végétation** dans la cavité peut constituer un facteur aggravant. Les racines, en se propageant dans la roche, induisent et agrandissent les fractures déjà présentes.

Une **fuite ou rupture de canalisations d'eau** induisent une venue d'eau à fort débit et pression. Cela entraîne une surcharge hydraulique continue et ponctuelle par infiltration d'eau dans les terrains sus-jacents et active des mécanismes d'instabilité d'ensemble.

De manière similaire, **une surcharge**, à l'aplomb d'une cavité proche de la surface, peut déstabiliser l'ouvrage. Cette surcharge peut correspondre à l'édification d'un bâtiment ou encore au stationnement d'un véhicule lourd.

L'utilisation des vides souterrains comme **décharges sauvages** entraîne l'accélération de la dégradation de part la présence de matières organiques putrescibles.



Présence de végétation
dans la cavité



Décharge sauvage dans
une catiche

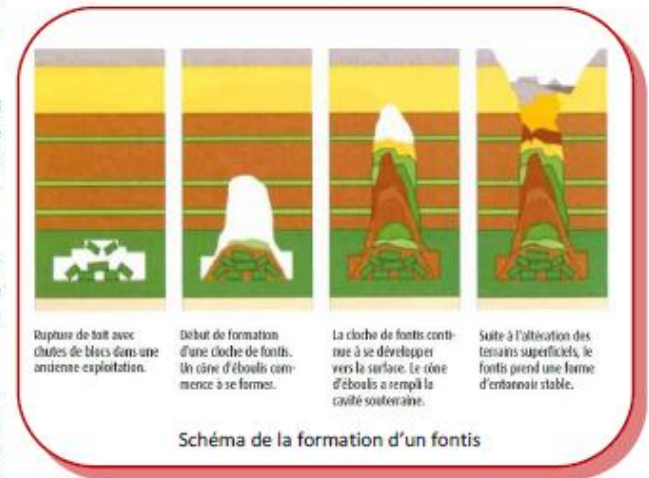
✓ Définir les différents désordres associés à la dégradation des cavités souterraines

- **la rupture du toit de la cavité dans le cas d'un effondrement localisé= fontis[†].**

En surface, le fontis se présente sous la forme d'un entonnoir et va de quelques mètres à plusieurs mètres de diamètre en fonction de la géométrie de l'excavation sous-jacente.

Il correspond à un éboulement initié au toit d'une cavité qui remonte de manière progressive (remontée de voûte).

Arrivé en surface, le phénomène provoque un effondrement des terrains. Ce désordre ne présente pas de signes précurseurs et apparaît de manière brutale.



- **La rupture d'un pilier**: la dégradation avancée d'un pilier (occasionnée par exemple par un sous dimensionnement) peut entraîner un effondrement des terrains sus-jacents.

- **La rupture de plusieurs piliers entraînant la chute du toit de la carrière dans le cas d'un effondrement généralisé (effondrement de masse).**



MÉTHODES DE DÉTECTION ET D'ÉVALUATION

✓ Préciser les méthodes de localisation adaptées aux cavités

➤ intérêts

➤ précautions

LES CAVITÉS SOUTERRAINES : COMMENT LES DÉTECTER ET LES ÉVALUER ?

METHODES D'INVESTIGATION NON DESTRUCTIVES

Le positionnement et l'identification des risques passent d'abord par une **recherche d'informations sur les vides potentiels** (enquête auprès de la population, de sachants locaux, monographies spécifiques, archives, documents, recherche d'« indices » visibles en surface laissant supposer la présence de cavités).

1) lorsque les cavités sont connues et accessibles : Une **reconnaissance visuelle** des travaux permet de recueillir des **informations**, tant **qualitatives**, sur la géométrie des vides, la lithologie et la fracturation de la roche.

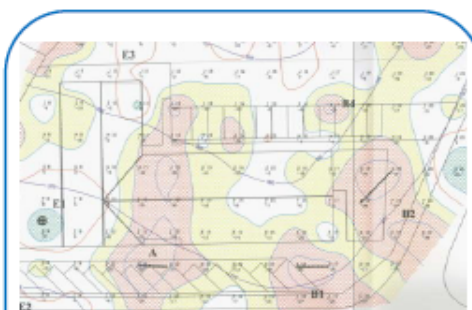


Reconnaissance visuelle d'une cavité souterraine

2) lorsque les cavités ne sont pas localisées et/ou inaccessibles :

Pour acquérir un premier niveau d'informations, il est souvent utile de mener une recherche préliminaire par des **méthodes géophysiques** telles que la microgravimétrie, les méthodes sismiques, les méthodes électriques ou encore les méthodes électromagnétiques.

• La **microgravimétrie** mesure la différence relative de gravité en surface. Elle est influencée par la répartition des densités dans le sous-sol. En effet, les cavités créent un déficit de densité par rapport aux terrains encaissants et sont donc visualisables. Les mesures, faites avec un gravimètre, sont réparties avec un espacement constant le long de profils ou d'une grille. L'espacement doit être adapté à la cavité recherchée (petite cavité, maille plus serrée).



Exemple de résultat obtenu après interprétation des données de gravimétrie

• Le **radar géologique** émet de brèves impulsions électromagnétiques de hautes fréquences (50MHz à 2MH) qui se réfléchissent partiellement sur les interfaces de milieux présentant des caractéristiques électriques différentes. Le coût de reconnaissance par géoradar n'est pas onéreux mais suppose que les galeries recherchées ne soient pas profondes (moins de 10 m dans le meilleur des cas) et nécessite des tests de calage spécialisés.

• La **méthode de sismique réflexion haute résolution** est également utilisée. Elle exploite les propriétés de la propagation temporelle des ondes de volume pour identifier la présence ou l'absence de réflecteurs clairement associés aux cavités (couches géologiques notamment).

Applicables plus facilement en milieu rural et souvent perturbées en milieu urbain, ces méthodes géophysiques restent des outils complémentaires qui n'établiront pas la présence d'une cavité avec certitude.

GESTION SURVEILLANCE

- ✓ Faire une présentation des techniques usuelles
- ✓ Préciser les précautions élémentaires

SURVEILLANCE

Lorsque la cavité souterraine est accessible, une surveillance peut être mise en œuvre pour contrôler l'évolution des instabilités. Elle représente souvent une solution alternative dans l'attente d'un traitement définitif de la cavité.

1) La surveillance par inspection visuelle permet de contrôler l'évolution des désordres affectant les cavités souterraines (fracturation de la roche, écaillage d'un pilier, chute de blocs). Elle contribue à anticiper les secteurs où des travaux doivent être entrepris pour éviter un risque d'effondrement menaçant.



Inspection visuelle

Surveillance par bâche

2) La surveillance par bâche au droit des montées de voûte permet de visualiser directement la chute de blocs provenant du toit de la cavité.

3) La surveillance par peinture facilite la reconnaissance visuelle des blocs qui se sont décrochés du parement ou du ciel*. Elle peut être apposée sur toute la surface de la cavité ou seulement au niveau de certains points critiques.



Surveillance par marquages de peinture

4) La surveillance instrumentée est le plus souvent basée sur des mesures de déplacements du massif. Des appareils du type canne de convergence ou fissuromètre mesurent et enregistrent des variations de l'ordre du 10^e de millimètres. Un dispositif en télémessure ou télésurveillance permet de contrôler à distance l'évolution des désordres. La technique consiste à interroger des capteurs (canne de convergence, fissuromètre,...), situés dans la cavité, à une fréquence déterminée grâce à un automate programmable puis à transmettre par modem les données enregistrées.



Surveillance par canne de convergence



Surveillance par fissuromètre

Il est à noter que la surveillance est une solution qui nécessite un entretien vis-à-vis du matériel. De plus, si le risque est jugé inacceptable lors d'une visite de contrôle, une solution plus radicale devra alors être mise en place à court terme.

GESTION TRAITEMENT

- ✓ Faire une présentation des modes de traitement
 - consolidation
 - suppression des vides

Le comblement de tout ou d'une partie de la cavité reste la solution la plus efficace et la plus pérenne pour assurer la sécurité des terrains en surface. En fonction des enjeux et des projets futurs, le remblayage pourra être partiel (espaces verts) ou total (restitution du terrain naturel en vue de nouvelle construction).

1) Remblayage par déversement gravitaire depuis la surface. Cette technique consiste à remplir la cavité avec du remblai inerte par le biais de forages. Plusieurs méthodes sont possibles : voie sèche (matériau granuleux sans ajout d'eau), voie semi-humide (moitié eau, moitié matériau) et par voie humide (forte quantité d'eau). Des vides résiduels peuvent subsister en fin de traitement.



Comblement par déversement gravitaire



Comblement par coulis de silicates

2) Remplissage et traitement par injections. Le principe consiste à injecter sous pression un mélange capable de durcir dans le temps qui remplira totalement la cavité. Ces mélanges, nommés « coulis », ont des natures et propriétés différentes selon les cas.

3) Remplissage par une mousse thermodurcissable. Cette solution onéreuse comble entièrement et rapidement la cavité. La mousse est injectée sous pression par forage. La pérennité dans le temps de la mousse n'est à ce jour pas prouvée.

Dans le cas de comblement limité à une partie de la carrière, des barrages sont disposés afin de confiner le coulis ou remblai. Le passage entre les différentes zones de la cavité peut être maintenu par le biais de « tunnel » ou par la création de puits d'accès (trou d'homme).



Tunnel édifié à travers de la mousse expansive et permettant de maintenir un passage

RÉGLEMENTATION

Répondre aux questions les plus courantes:

- ✓ A qui appartient le sous-sol?
- ✓ Qui est responsable de quoi?
- ✓ Quels outils réglementaires (planification, crise, ...)?

Le contexte réglementaire associé aux cavités souterraines abandonnées est particulier. Suivant le Code civil, article 552 :

« La propriété du sol emporte la propriété du dessous et du dessus »

La propriété souterraine est donc délimitée, par projection dans le sous-sol, suivant la limite séparative des parcelles se trouvant en surface.

De plus, l'article 1384 de ce même code stipule que le propriétaire est responsable des dommages causés par des choses qu'il a sous sa garde. La responsabilité du propriétaire d'une cavité souterraine pourra être engagée si celle-ci a causé des dommages à autrui.

A noter également que la propriété du dessous peut être dissociée juridiquement de celle du dessus. Le propriétaire du sol peut vendre, donner ou louer le sous-sol de son terrain.

Article 1384 du Code Civil

On est responsable non seulement du dommage que l'on cause par son propre fait, mais encore de celui qui est causé par le fait des personnes dont on doit répondre, ou des choses que l'on a sous sa garde.

Article 682 du Code Civil

Le propriétaire dont les fonds sont enclavés et qui n'a sur la voie publique aucune issue, ou qu'une issue insuffisante, soit pour l'exploitation agricole, industrielle ou commerciale de sa propriété, soit pour la réalisation d'opérations de construction ou de lotissement, est fondé à réclamer sur les fonds de ses voisins un passage suffisant pour assurer la desserte complète de ses fonds, à charge d'une indemnité proportionnée au dommage qu'il peut occasionner.

En outre, l'article 682 du Code civil, stipule que « le propriétaire est fondé à réclamer un passage suffisant pour assurer la desserte complète de sa propriété, [...] ». Cette servitude de passage permet d'assurer l'accessibilité et le suivi s'il y a lieu des cavités. Dans ce cas, la meilleure solution consiste à passer une convention entre le propriétaire de l'accès et l'autorité concernée.

Responsabilité de toute personne informée de l'existence d'une cavité souterraine. Plusieurs acteurs sont concernés par les règles d'acquisition et de diffusion des informations sur les cavités souterraines. D'après l'article L.536-6 du Code de l'environnement :

- « Les communes ou leur groupement compétent en matière d'urbanisme qui élaborent, en tant que besoin, les cartes délimitant les sites où sont situées les cavités souterraine [...].
- Toute personne qui a connaissance de l'existence d'une cavité souterraine (dont l'effondrement est susceptible de porter atteinte aux personnes et aux biens) ou d'un indice susceptible de révéler cette existence, en informe le maire, qui communique, sans délai, au représentant de l'état [...] et au Président du Conseil Général les éléments dont il dispose à ce sujet.
- Le représentant de l'Etat dans le département publie et met à jour, [...], la liste des communes pour lesquelles il a été informé [...] de l'existence d'une cavité souterraine [...] et de celles où il existe une présomption réelle et sérieuse de l'existence d'une telle cavité. »

En outre, cet article stipule que la diffusion d'informations manifestement erronées, mensongères ou résultant d'une intention dolosive [...] est punie d'une amende [...].

3) Les aides :

• Le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM) nommé fonds Barnier a été créé pour financer les actions prévues dans le cadre de la politique de prévention des risques naturels majeurs. Ce fonds est alimenté par la prime catastrophe naturelle des contrats multi-risques.

Parmi les différentes mesures de réduction de la vulnérabilité face au risque, les opérations de reconnaissance, de comblement ou de traitement des cavités souterraines ou marnières font l'objet de conditions d'éligibilité et de consignes particulières (Fiche II-2-(5) du document financement par le Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs, document édité par le Ministère en charge de l'écologie et du Développement durable téléchargeable sur le site www.prim.net).

- Les biens doivent être couverts par un contrat d'assurance multirisques habitation incluant la garantie contre les effets des catastrophes naturelles.

- Une menace grave et imminente doit être avérée pour les personnes.

- les opérations éligibles doivent être moins coûteuses que l'expropriation.

Le fonds peut contribuer au financement dans le cas d'une acquisition amiable par une collectivité sous réserve que le prix de l'acquisition amiable s'avère moins coûteux que les moyens de sauvegarde et de protection des populations.

Le fonds peut également être sollicité pour financer une procédure d'expropriation dans les mêmes conditions que l'acquisition amiable.

Le dossier de demande de subvention peut être retiré auprès des services du SIRACEDPC, bureau de la prévention, à la préfecture du Nord. La demande peut être faite par la commune ou le propriétaire mais l'instruction du dossier relève de la compétence du préfet. Le guide de gestion des cavités à l'usage des maires (Préfet du Nord, 15 avril 2011) précise les pièces à fournir à l'appui d'une demande de subvention et les modalités de son instruction (en référence à l'arrêté du 12 janvier 2005 relatif aux subventions accordées par le fonds Barnier).

• Il existe d'autres aides moins spécifiques au risque cavité souterraine comme par exemple le FEDER (Fonds Européen de Développement Régional).

Article L.561-1 et 3 du Code de l'Environnement modifié par la loi 2003-699 du 30 juillet 2003 dite loi « Bachelot »

I. Le fonds de prévention des risques naturels majeurs est chargé de financer, dans la limite de ses ressources, [...] les dépenses liées à la limitation de l'accès et à la démolition éventuelle des biens exposés afin d'en empêcher toute occupation future. En outre, il finance, dans les mêmes limites, les dépenses de prévention liées aux évacuations temporaires et au relogement des personnes exposées.

Il peut également [...] contribuer au financement des mesures de prévention intéressant des biens couverts par un contrat d'assurance [...]. Les mesures de prévention susceptibles de faire l'objet de ce financement sont :

- L'acquisition amiable par une commune, un groupement de communes ou l'Etat d'un bien exposé à un risque prévisible de mouvements de terrain ou d'affaissements de terrain dus à une cavité souterraine ou à une marnière, d'avalanches, de crues torrentielles ou à montée rapide menaçant gravement des vies humaines ainsi que les mesures nécessaires pour en limiter l'accès et en empêcher toute occupation, sous réserve que le prix de l'acquisition amiable s'avère moins coûteux que les moyens de sauvegarde et de protection des populations ;

- Les opérations de reconnaissance des cavités souterraines et des marnières, dont les dangers pour les constructions ou les vies humaines sont avérés, ainsi que le traitement ou le comblement des cavités souterraines et des marnières qui occasionnent des risques d'effondrement du sol menaçant gravement des vies humaines, dès lors que ce traitement est moins coûteux que l'expropriation prévue à l'article L.561-1 ;

- Les études et travaux de prévention définis et rendus obligatoires par un plan de prévention des risques naturels prévisibles [...] sur des biens à usage d'habitation ou sur des biens utilisés dans le cadre d'activités professionnelles [...];

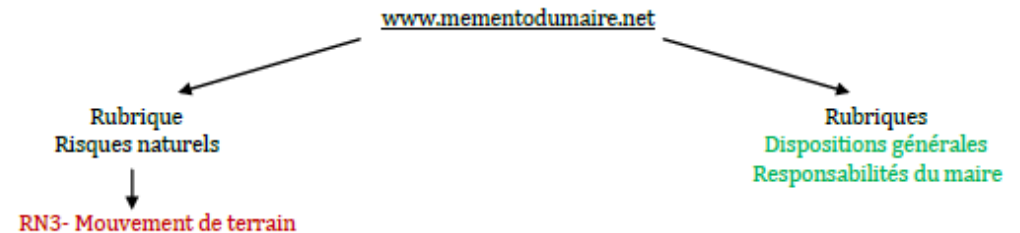
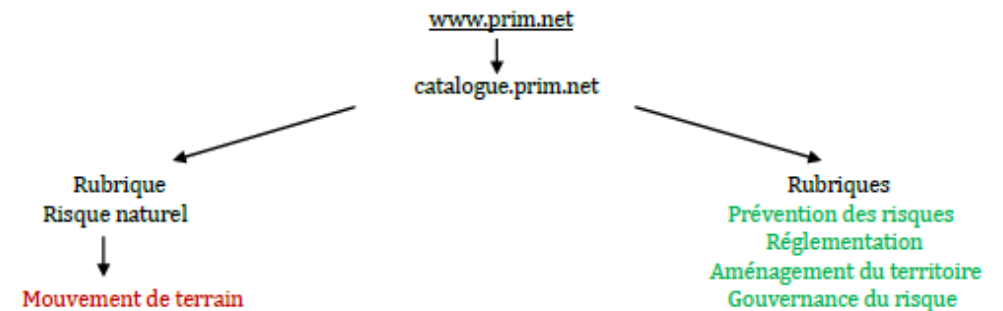
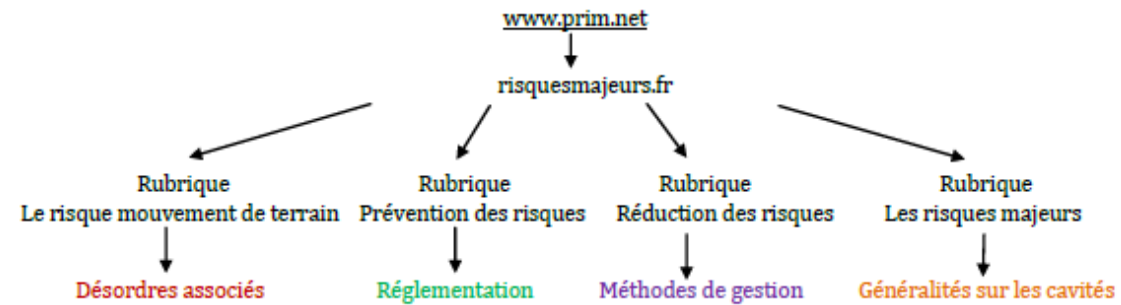
- Les campagnes d'information, [...]

✓ Quelles sont les aides possibles?

✓ Quelles sont les démarches à faire?

PETIT PLUS

✓ Pour trouver des informations supplémentaires sur les principaux sites internet traitant de la problématique





Ce document

- ✓ est la première partie du dossier contenant les fiches-type et le cahier des charges-type (phases suivantes de l'AMO)
- ✓ peut encore évoluer en fonction des demandes et des attentes
- ✓ et dans sa mise en forme de diffusion