



## SOMMAIRE

	Page
<b>CHAPITRE I : GENERALITES</b>	<b>4</b>
I-1 - Objet et champ d'application d'un PER	5
I-2 - Procédure d'élaboration et contenu d'un PER	6
I-3 - Motivation du PER du Massif de l'Hautil	8
<b>CHAPITRE II : CARACTERISATION DE L'ALEA</b>	<b>10</b>
II-1 - Origine du risque	11
II-1-1 - Le site géologique	11
II-1-2 - Mode d'exploitation du gypse	12
II-1-3 - Les désordres observés en surface	13
II-2 - Les processus de dégradation des carrières de gypse de l'Hautil	16
II-2-1 - Mécanisme de dégradation engendrant des effondrements localisés	17
II-2-2 - Mécanisme de dégradation engendrant des effondrements généralisés	18
II-3 - Qualification de l'aléa	20
II-3-1 - Méthodologie d'évaluation de l'aléa	20
II-3-2 - Nature de l'aléa	20
II-3-3 - Probabilité d'occurrence	22
II-3-4 - Intensité	24
II-3-5 - Gravité	26
II-3-6 - Qualification de l'aléa	27
II-3-7 - Qualification du danger	31

**AVERTISSEMENT :**

Le présent PER ne prend en compte que les risques d'effondrement induits par le caractère évolutif des carrières souterraines de gypse abandonnées.

Il n'intègre donc pas la totalité des mouvements de terrain susceptibles d'affecter certains secteurs du site et qui auraient pour origine entre autres,

- . les cavités de dissolution classiquement observées dans les mêmes horizons gypseux
- . les carrières souterraines se développant dans d'autres formations géologiques
- . la stabilité précaire d'une partie des versants de la butte témoin qui constitue le Massif de l'Hautil.

	<b>Page</b>
<b>CHAPITRE III : VULNERABILITE DES AMENAGEMENTS IMPLANTES DANS LE PERIMETRE D'ETUDE</b>	<b>32</b>
III-1 - Les secteurs urbanisés et urbanisables	33
III-2 - Les équipements publics	35
III-3 - Les établissements industriels	39
III-4 - Les zones naturelles	40
<b>CHAPITRE IV - ZONAGE DU PLAN D'EXPOSITION AUX RISQUES</b>	<b>41</b>
IV-1 . Délimitation des zones exposées	42
. les emprises sous-minées	42
. la zone de protection	43
. la marge de reculement	44
IV-2 . Le zonage du PER	49
<b>CHAPITRE V - MESURES DE PREVENTION, DE PROTECTION ET DE SAUVEGARDE - CONSIDERATIONS GENERALES</b>	<b>52</b>
<b>ANNEXES :</b> - carte de l'aléa au 1/5000ème - carte de danger au 1/5000ème	

**CHAPITRE I : GENERALITES**

**I-1. OBJET ET CHAMP D'APPLICATION D'UN PER :**

- Selon la loi no 82.600 du 13 Juillet 1982, modifiée par la loi no 87.565 du 22 Juillet 1987 relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles, et conformément au décret no 93-351 du 15 Mars 1993,

l'Etat est tenu d'élaborer et de mettre en application des plans d'exposition aux risques naturels prévisibles (PER).

Un PER détermine les zones exposées à un risque majeur et les techniques de prévention à y mettre en oeuvre, tant par les propriétaires que par les collectivités publiques ou les établissements publics.

Son originalité est d'établir un lien entre l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles et la prévention de tels accidents.

- La loi du 13 Juillet 1982 porte sur les phénomènes naturels tels que les séismes, les avalanches, les inondations et les mouvements de terrain. Parmi ces derniers on distingue les effondrements dus à l'instabilité de cavités souterraines, celles-ci pouvant avoir une origine soit naturelle avec les vides de dissolution, soit anthropique avec les anciennes activités extractives.

Le PER constitue une servitude d'utilité publique devant être respectée par les documents d'urbanisme et par les autorisations d'occupation des sols; il doit être notamment annexé au POS selon l'article 126-1 du Code de l'Urbanisme. En outre il peut imposer des mesures aux constructions, ouvrages, biens et activités existant antérieurement à sa publication : il a un effet rétro-actif.

## I-2. PROCEDURE D'ELABORATION ET CONTENU D'UN PER :

- Selon le décret no 93-351 du 15 Mars 1993, c'est l'Etat qui est compétent pour l'élaboration et la mise en oeuvre du PER. Le Préfet prescrit par arrêté la mise à l'étude du PER, détermine le périmètre concerné ainsi que la nature des risques pris en compte.

La prescription de l'élaboration du PER se fait par zone homogène de risque. Si cette zone concerne une ou plusieurs communes, voire un ou plusieurs départements, les études techniques doivent être menées conjointement afin d'assurer l'égalité des traitements et la cohérence de l'action envisagée.

Un projet de plan est établi sous la conduite d'un service extérieur de l'Etat désigné par l'arrêté de prescription : dans le cas présent c'est la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement qui a en charge cette mission. Le projet est soumis par le Préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R11-4 à R11-14 du Code de l'expropriation.

A l'issue de l'enquête publique, le Préfet adresse aux Maires des communes concernées, par lettre recommandée avec demande d'avis de réception, l'ensemble du projet de plan d'exposition aux risques, éventuellement modifié pour tenir compte des résultats de l'enquête. Les Maires recueillent les avis des conseils municipaux, qui sont réputés favorables passé le délai de deux mois qui suit la réception de l'avis.

L'approbation est prononcée par le Préfet, ou par décret en Conseil d'Etat s'il n'y a pas avis conforme du commissaire enquêteur ou des Conseils Municipaux. Il paraît préférable que cette approbation se fasse commune par commune.

Conformément à l'article 5-1 de la loi du 13 Juillet 1982, le PER entre en vigueur le 30 ème jour d'affichage en mairie de l'acte d'approbation.

- Le PER se compose de trois documents :
- le rapport de présentation : Il s'agit du présent document qui,
  - . définit les risques pris en compte et leur localisation
  - . propose les mesures de prévention susceptibles d'être mises en oeuvre.
  - . justifie le zonage et les prescriptions du PER.

- le plan de zonage qui délimite classiquement,

- . une zone rouge, très exposée
- . une zone bleue, moyennement exposée
- . une zone blanche, non exposée

- le règlement qui, pour chaque zone mentionnée ci-avant, définit les occupations et utilisations du sol compatibles avec les risques encourus et les mesures de prévention de nature à les réduire et à les rendre acceptables.

- . En zone rouge, l'intensité et la gravité des phénomènes sont telles qu'il n'existe pas de mesures de prévention économiquement opportunes ; cette zone est inconstructible.
- . En zone bleue, l'intensité et la gravité des phénomènes sont telles que des mesures de prévention économiquement opportunes peuvent être prises afin d'en réduire les effets à un niveau acceptable. Ces mesures sont obligatoires si leur coût est inférieur à 10% de la valeur vénale des biens indemnisables ; si elles ne sont pas mises en oeuvre dans un délai de cinq ans à partir de l'approbation du PER, les compagnies d'assurance peuvent déroger aux clauses de garanties.
- . La zone blanche est réputée ne pas être exposée au risque pris en compte par le plan d'exposition.

**REMARQUE** : *Des annexes, qui n'ont pas de valeur réglementaire, sont constituées par des cartes renseignant sur les événements passés, sur l'aléa (nature, intensité, gravité, probabilité d'occurrence).....*

### I-3. MOTIVATION DU PER DU MASSIF DE L'HAUTIL

Le Massif de l'Hautil comporte un soubassement gypseux ayant fait l'objet entre le début du 19<sup>e</sup> siècle et 1979, d'une exploitation intensive pour la fabrication du plâtre. Les excavations, sous forme de galeries souterraines, se sont rapidement révélées particulièrement instables en raison du comportement mécanique médiocre et de l'altérabilité du matériau gypseux.

En l'absence de travaux confortatifs, des processus de dégradation se développent qui conduisent à la ruine des excavations et à des désordres qui affectent la surface, encore très fréquemment actuellement, sous la forme d'effondrements ponctuels (fontis) ou généralisés.

Environ les deux tiers du massif sous-miné sont concernés par ce risque : la survenance d'un effondrement est possible et totalement imprévisible au droit de plus de 350 hectares correspondant aux carrières très endommagées et désormais inaccessibles. On compte plusieurs centaines de fontis répartis de façon aléatoire sur la zone d'étude.

La gravité de ce risque a encore été prouvée par l'accident mortel survenu le 11 Mars 1991 à CHANTELOUP-LES-VIGNES. Cet accident a justifié une première approche de la vulnérabilité du site. Traduite par l'Inspection Générale des Carrières de VERSAILLES (IGC 78) sous la forme d'un report des aménagements de surface sur le plan des secteurs sous-minés répertoriés, la vulnérabilité ressortait avec plus de 250 propriétés bâties directement concernées ou susceptibles de l'être ; celles-ci se répartissent sur les communes d'EVECQUEMONT, CHANTELOUP-LES-VIGNES, TRIEL-SUR-SEINE et VAUX-SUR-SEINE.

\*

\*\*

Depuis le 5 Août 1986, ces communes ainsi que celle d'ANDRESY, depuis le 8 Avril 1987, les communes de BOISEMONT, COURDIMANCHE, JOUY-LE-MOUTIER et MENU COURT, disposent, pour l'instruction des permis de construire ou de lotir, d'un document à l'échelle du 1/5000<sup>e</sup>me délimitant un périmètre de risque. Elaboré par l'IGC 78 et applicable au titre de l'article R-111-3 du Code de l'Urbanisme, il découle du report sur le parcellaire communal des emprises sous-minées ou susceptibles de l'être.

Ainsi pour les terrains inscrits à l'intérieur du périmètre de risque, un permis de construire peut être refusé ou accordé sous réserve d'investigations complémentaires (sondages par exemple) ou de certaines dispositions (fondations spéciales).

Rien n'était prévu en revanche en matière de sécurité publique, ni pour le domaine bâti existant, ni pour le domaine public actuel ou encore les emprises pouvant être aménagées à terme et ouvertes au public.

Le PER, dont l'élaboration est justifiée par l'importance et la gravité du risque, permet de combler cette lacune en,

- . définissant les prescriptions que doivent prendre en compte les documents d'urbanisme et les autorisations d'occupation des sols
- . indiquant les mesures qu'il convient d'appliquer aux constructions, ouvrages, biens et activités existants.

Son élaboration s'appuie sur le recueil et l'exploitation des données existantes : il n'est, ni de la responsabilité, ni de la compétence de l'Etat, d'engager des études particulières au niveau de la parcelle.

Il sera procédé à sa révision lorsque des éléments nouveaux résultant d'investigations ou d'observations le justifieront.

**CHAPITRE II : CARACTERISATION DE L'ALEA**

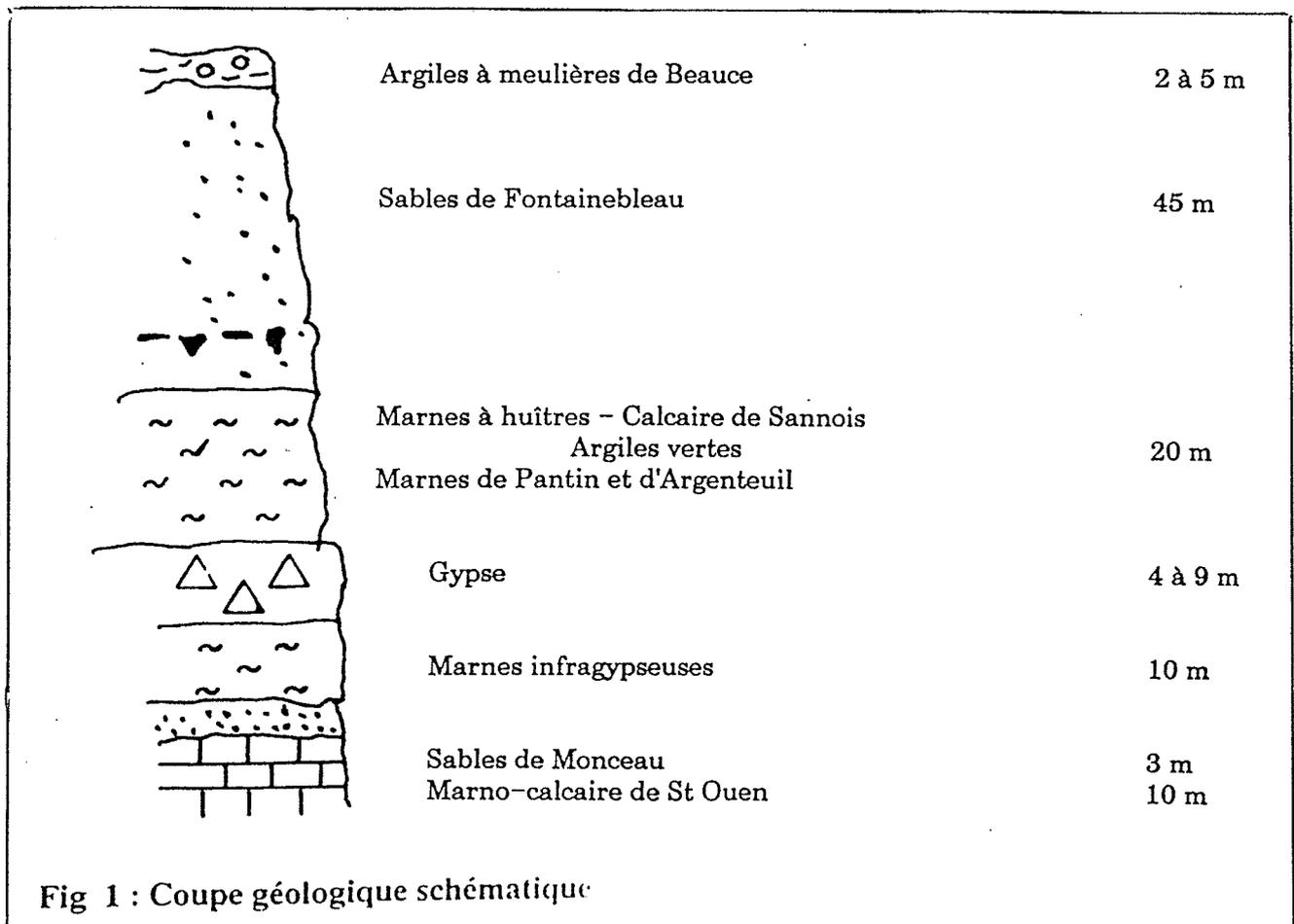
## II-1 - ORIGINE DU RISQUE :

### II-1-1 - Le site géologique :

Les cavités qui nous préoccupent résultent de l'extraction du gypse, matériau utilisé pour la fabrication du plâtre.

Sur le Massif de l'Hautil l'horizon exploitable a une épaisseur qui varie entre 9 mètres au Sud et 4 mètres au Nord. Il surmonte un ensemble marneux constituant les marnes infragypseuses, dans lesquelles s'intercalent des bancs de gypse peu épais, inexploitable dans des conditions techniques et économiques satisfaisantes.

Le schéma ci-après indique le support du gisement et la succession des terrains de recouvrement.



Les entrées des galeries se situent au droit des versants; le recouvrement, de l'ordre de 12 mètres à cet endroit, atteint 75 mètres au sommet de la butte.

La succession normale des assises gypseuses, globalement saines, est constatée lorsque le recouvrement, de par son épaisseur, protège le gypse, roche éminemment soluble, des infiltrations alimentées par la nappe des sables de Fontainebleau sus-jacents et les précipitations atmosphériques.

Au droit des versants, et plus précisément à la partie aval de ceux-ci, les séquences gypseuses ont été érodées et/ou en partie dissoutes. Elles ont totalement disparu ou ne subsistent que sous la forme d'ilôts plus ou moins altérés entourés de terrains marneux.

#### II-1-2 - Mode d'exploitation du gypse :

L'exploitation s'est toujours pratiquée selon la méthode par chambres et piliers (ou piliers tournés) - (Fig.2).



Fig.2 : Galeries et piliers de la carrière du Bois Roger à TRIEL-SUR-SEINE.

Dans les anciens travaux, avant 1900 d'une manière générale, l'extraction se faisait selon des galeries de section trapézoïdale au tracé sinueux : la disposition des piliers est anarchique. Progressivement le tracé est devenu rectiligne, avec des piliers tout d'abord disposés en quinconce, puis selon deux réseaux se recoupant perpendiculairement.

Dans tous les cas subsistent des piliers censés assurer la stabilité des excavations ; le taux de défrètement, qui est le rapport de la surface des vides (surface exploitée) sur la surface totale, varie entre 65 et 85 % dans les anciens travaux, est assez constant et de l'ordre de 75 % dans les quartiers récents.

La hauteur des galeries est liée à celle de l'horizon exploitable sachant qu'un banc de gypse a été délaissé au toit et au mur des galeries.

**Remarque** : - *A partir de 1959, et jusqu'à la fin de l'exploitation en 1979, a été appliquée la technique de l'affaissement dirigé qui, théoriquement, annule les vides résiduels et donc le risque d'effondrement.*

### **II-1-3- Les désordres observés en surface :**

Les processus de dégradation des excavations sont engagés dès l'ouverture des galeries. Il s'avère que l'évolution la plus fréquente des carrières de gypse de l'Hautil conduit à des effondrements locaux : ceux-ci se déclenchent,

- soit au carrefour des galeries : désolidarisés du massif, des bancs de gypse du toit tombent, ce qui donne naissance à un "ciel tombé" (Fig.3) puis à une "cloche de fontis" (Fig.4) qui remonte vers la surface par suite de l'éboulement des terrains marneux, marno-calcaires et sableux constituant le recouvrement
- soit par effondrement de piliers : deux mécanismes de ruine des piliers sont classiquement observés :
  - . rupture en raison d'une fracturation importante préexistante
  - . fissuration, écaillage (Fig.5), réduction de la section et écroulement par suite d'un excès de contrainte.

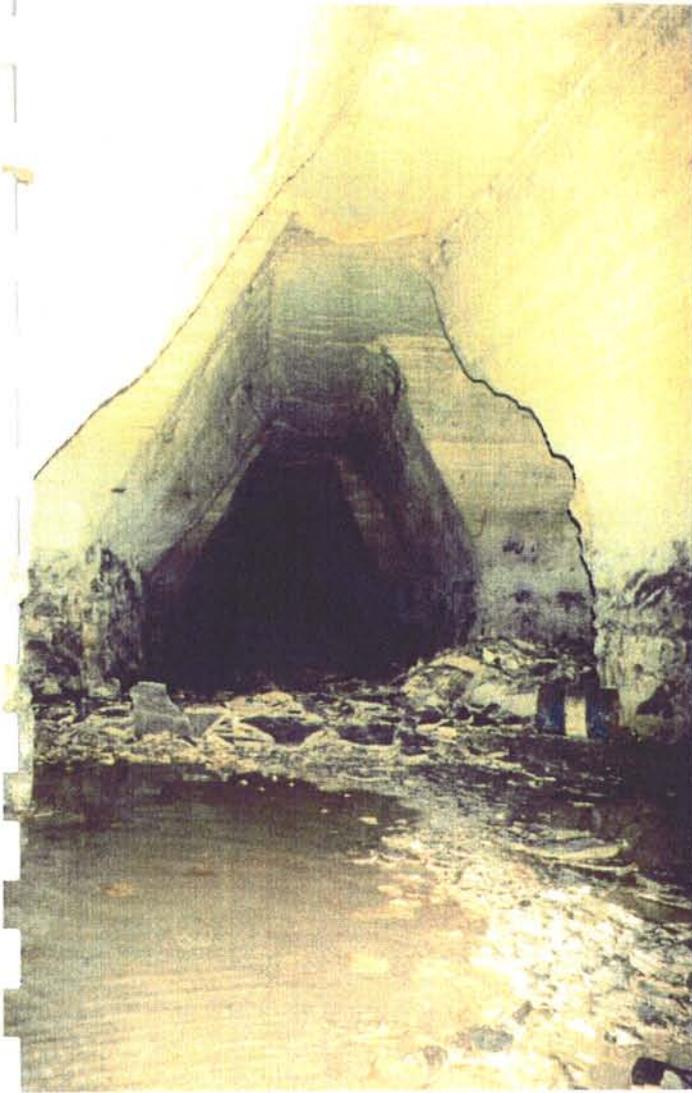


Fig 3 : Décollement de bancs de toit

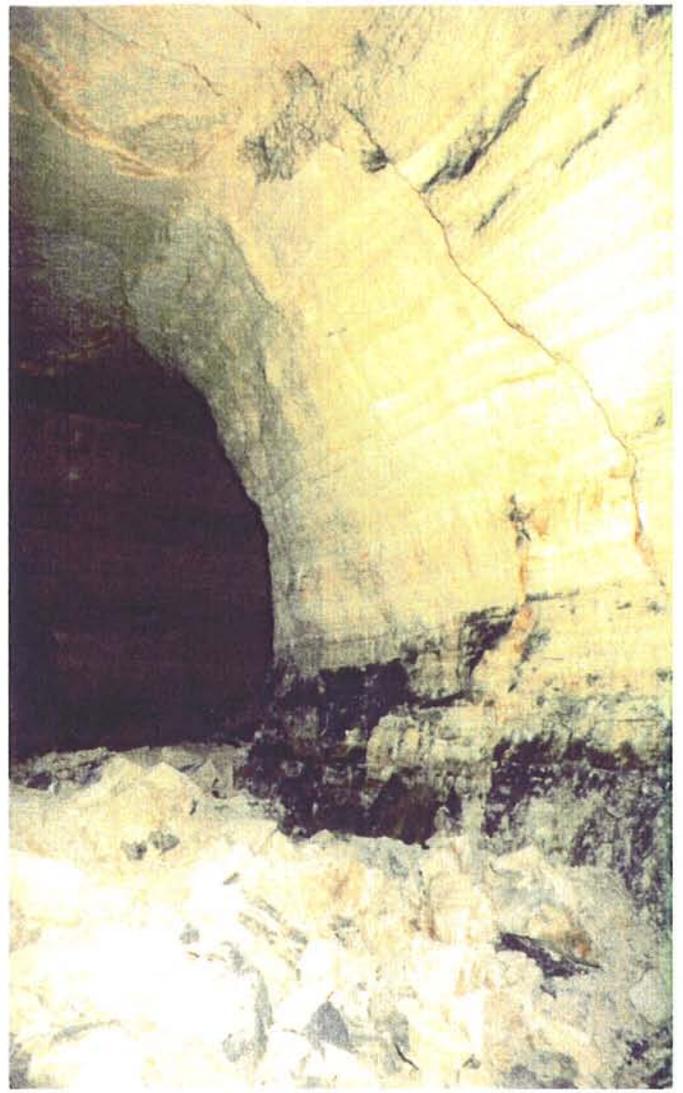


Fig 5 : Ecaillage d'un pilier



Fig 4:  
Cloche de  
fontis ayant  
atteint les  
marnes bleues

A leur venue à jour, les désordres, dénommés alors fontis (Fig.6), se présentent sous la forme d'effondrements pseudo-circulaires de diamètre et de profondeur variables. S'il n'est pas procédé à leur comblement, les cratères s'étendent en surface par éboulement des parois qui se stabilisent à terme selon l'angle du talus naturel.



Fig.6 : Fontis survenu le 11 Mars 1991 sur le plateau de l'Hautil à CHANTELOUP-LES-VIGNES.

\*  
\* \*

L'analyse des documents d'archives révèle que des désordres d'un autre type sont également survenus sur le Massif de l'Hautil : il s'agit d'effondrements généralisés. Consécutifs à une rupture en chaîne des piliers par report des charges de proche en proche, ils se traduisent à la surface du sol par des dépressions de plusieurs hectares voire dizaines d'hectares. On note la présence de crevasses sur les talus périphériques ; le fond de ces dépressions n'est pas parfaitement plan, des piliers ayant pu être épargnés et des vides résiduels pouvant subsister.

Les effondrements généralisés se sont produits essentiellement au droit du plateau où les épaisseurs de recouvrement sont les plus fortes.

\*  
\* \*

## II-2 - LES PROCESSUS DE DEGRADATION DES CARRIERES DE GYPSE DE L'HAUTIL

Les processus de dégradation susceptibles de se développer sont responsables soit d'endommagements localisés menant à des effondrements eux-mêmes ponctuels communément appelés fontis, soit d'endommagements intéressant un ensemble de chambres et de piliers conduisant à des désordres en surface couvrant des secteurs plus vastes et que l'on désigne sous le terme d'effondrements généralisés.

### **II-2-1 - Mécanisme de dégradation engendrant des effondrements localisés (fontis) :**

Le mécanisme s'initie par rupture progressive des premiers bancs du toit ("ciel tombé"); le processus se développe verticalement et génère alors une cloche de fontis (Fig.4). La vitesse de progression vers la surface, dont on ne connaît pas la valeur, croît du gypse aux marnes, des marnes aux sables, notamment à la partie inférieure aquifère de l'assise.

La venue au jour se produit si le rapport de la hauteur du recouvrement (H) sur la hauteur de la galerie (h) est inférieur à 15 : ce critère est issu d'une analyse statistique effectuée par J.C. VACHAT (I.G.C. PARIS - 1982).

Si cette règle a pu être vérifiée pour les exploitations de calcaire grossier, elle n'a pas pu l'être pour le gypse où les rapports H/h sont toujours inférieurs à 15. Par ailleurs l'expérience montre que les marnes supragypseuses, sous l'action de l'eau, sont fluidifiables et peuvent donc être entraînées très loin dans les galeries de carrières à la faveur d'une création de fontis ; cette règle du quinzième doit donc être considérée, pour le gypse, avec beaucoup de prudence.

Le diamètre du fontis est variable mais, selon nos observations, toujours inférieur à 40 mètres. Il dépend d'un certain nombre de paramètres, entre autres des dimensions de la chute du toit à l'origine du processus, du volume des vides résiduels à combler, de la nature des terrains de recouvrement, de la présence ou non d'un aquifère. Ainsi le diamètre de l'effondrement localisé sera supérieur si, en plus du toit de la galerie, se dégradent un ou plusieurs piliers voisins.

L'examen détaillé d'un quartier de la carrière du Bois Roger à TRIEL a révélé les principaux stades de l'endommagement des piliers, à savoir,

- l'apparition de fissures mécaniques à la base des angles des piliers
- le développement de cette fissuration qui progresse du bas vers le haut dans les angles et latéralement pour couvrir l'essentiel des faces
- le décollement et la chute de plaques (écaillage) dans les angles puis sur les faces ce qui conduit à une augmentation du diamètre de la cloche de fontis et une réduction très sensible de la section efficace du pilier
- l'écroulement du pilier d'où une nouvelle augmentation du diamètre de la cloche de fontis et vraisemblablement une vitesse de remontée accrue de celle-ci.

La nature des terrains de recouvrement influe également sur le diamètre de l'effondrement. Ce dernier recoupe,

- les sols argileux selon une surface de cisaillement pseudo-cylindrique de diamètre sensiblement égal à celui de la cloche de fontis
- les terrains sableux selon une surface tronconique inclinée à 40° environ sur l'horizontale d'où un diamètre de fontis qui s'accroît et cela d'autant plus que l'assise sableuse est recoupée sur une épaisseur importante.

\*

\* \*

Il convient de retenir que les cloches de fontis débouchent en surface de façon soudaine, et sans signe précurseur visible si le quartier de carrière concerné est inaccessible et ne fait donc pas l'objet de visite périodique.

#### **II-2-2 - Mécanisme de dégradation engendrant des effondrements généralisés :**

Ce type de mouvement, moins fréquent que le fontis, s'est produit et est encore susceptible de survenir sur le Massif de l'Hautil. Il procède d'un mécanisme d'ensemble qui concerne la totalité ou une grande partie du volume affecté par l'exploitation. Celle-ci présente une extension horizontale minimale (L) supérieure à la hauteur (H) du recouvrement ce qui du point de vue de la stabilité correspond à une géométrie dite critique ou supercritique avec le rapport L/H supérieur à 1.

Il existe plusieurs mécanismes amenant à ce type de ruine. Dans le cas de l'Hautil la rupture généralisée interviendrait après enfoncement des piliers qui poinçonnent le mur des excavations. Cette hypothèse s'appuie sur,

- . des comptes rendus relatant des effondrements survenus au siècle dernier et durant la période 1958-1964
- . les observations faites récemment dans les vieux travaux (1860-1880) de Fortvache.

Un examen attentif des excavations de ce site révèle, dans certaines zones, des dégradations très particulières :

- déformations importantes du mur sous forme d'un bombement dans l'axe des galeries et de bourrelets à proximité des piliers. Quand le bombement devient important, une fracturation apparaît au milieu de la galerie ; le soulèvement peut alors atteindre voire dépasser localement 0,50 m
- fracturation de la base des piliers par cisaillement au contact pilier-mur, résultant très probablement des efforts de compression du pilier et de fluage du mur
- fracturation mécanique du toit dans l'axe médian de la galerie, dans certains secteurs uniquement.

Le bombement, désigné également sous le terme de soufflage du mur, correspond à l'enfoncement par poinçonnement des piliers dans un niveau sous-jacent de nature marneuse lorsque la dalle de gypse au mur est d'une épaisseur insuffisante. De ce fait les piliers se libèrent d'une partie de l'énergie qu'ils ont pu accumuler, ce qui peut expliquer leur endommagement généralement faible.

Le développement du mécanisme semble alors régi par le comportement du toit qui, insuffisamment porté par les piliers, ne peut suivre que jusqu'à un certain stade de contrainte limite de flexion à partir duquel il cède. Il provoque ainsi la ruine de certains piliers et amorce le mécanisme d'effondrement dans son ensemble. Ce phénomène semble s'effectuer assez rapidement en libérant une violente chasse d'air.

Un tel mouvement se traduit en surface par un abaissement de la cote du terrain égal au tiers environ de la hauteur des galeries incriminées.

\*  
\* \*

De l'analyse qui précède il convient de retenir les facteurs intervenant dans les mécanismes conduisant à la ruine des excavations et par conséquent à l'apparition des désordres affectant la surface. Ce sont :

- le contexte géologique
- le matériau gypseux
- les modes d'exploitation et le taux de défrètement
- la géométrie des excavations
- l'endommagement des chambres et piliers
- la planche de gypse au toit des galeries
- la planche de gypse au mur des galeries
- le recouvrement

## **II-3 - QUALIFICATION DE L'ALEA**

### **II-3-1 - Méthodologie d'évaluation de l'aléa :**

La délimitation, pour les carrières visitables et les carrières inaccessibles, des secteurs plus ou moins exposés au risque d'effondrement, nécessitait la mise au point d'une méthodologie permettant d'identifier la nature, et d'évaluer la probabilité d'occurrence, l'intensité et la gravité des phénomènes résultant de la dégradation des cavités souterraines.

Une telle méthode a été élaborée par un Groupe de Travail créé en Juin 1991 à l'initiative de Monsieur le Sous-Préfet de SAINT-GERMAIN-EN-LAYE et de la Délégation aux Risques Majeurs. Elle est basée sur la sélection des critères les plus pertinents accessibles sans recours à des investigations spécifiques et s'appuie sur :

- . l'analyse du processus de ruine le plus probable affectant chaque carrière ou quartier de carrière
- . l'estimation du niveau d'endommagement des chambres et piliers
- . l'évaluation du taux de contrainte, qui fait intervenir elle-même des critères géométriques et une hypothèse géotechnique.

### **II-3-2 - Nature de l'aléa :**

Elle est conditionnée par les facteurs suivants :

- facteurs déterminants :

- . l'épaisseur de la planche au toit
- . l'épaisseur de la planche au mur
- . la valeur du rapport L/H

- facteurs aggravants :

- . l'endommagement des piliers
- . la nature du recouvrement
- . l'importance de la nappe des sables de Fontainebleau

Ces trois paramètres conditionnent notamment le diamètre du fontis.

- détermination de la nature de l'aléa :

D'une manière générale, et en l'absence de désordres déjà survenus renseignant sur le processus de ruine, la nature de l'aléa affectant les excavations d'un site donné est identifiable comme suit :

RAPPORT L/H	L/H ≤ 1	L/H > 1			
EPAISSEUR DE LA PLANCHE AU MUR (m)	quelle qu'elle soit	≥ 1 m		< 1 m	
EPAISSEUR DE LA PLANCHE AU TOIT (m)	quelle qu'elle soit	> 1 m	≤ 1 m	≤ 1 m	> 1 m
NATURE DU RISQUE	fontis	fontis(1)	fontis(2)	fontis ou effondrement généralisé (3)	effondrement généralisé (4)

(1) Ce cas, a priori peu représenté en dehors des galeries de passage sous les voies de circulation, verra se développer plus généralement des fontis par rupture d'un pilier soumis à une contrainte verticale égale ou supérieure à 5 MPa.

(2) Il s'agit plus généralement de fontis prenant naissance aux carrefours des galeries des exploitations conduites avant 1930.

(3) Ce cas est a priori peu probable sur l'Hautil. En effet on peut supposer qu'une exploitation orientée vers un surcreusement du mur laissait une planche plus épaisse au toit. Par ailleurs nous ne savons si dans un tel cas le mécanisme de rupture mènerait plutôt vers le fontis que vers l'effondrement généralisé.

(4) Sont affectées par ce risque les excavations postérieures à 1930 et auxquelles n'a pas été appliquée la méthode de l'affaissement dirigé.

Il convient d'exclure en outre les secteurs où le tracage des galeries a été effectué en vue d'un affaissement dirigé qui n'a pas été réalisé (galeries tracées durant la période 1974-76) ; dans ce cas les piliers sont surdimensionnés.

### II-3-3 - La probabilité d'occurrence :

Le choix des critères pertinents dépend du type d'accident et de l'accessibilité des carrières.

#### - effondrement localisé (fontis) :

##### . cas des carrières accessibles :

L'estimation de la survenance d'un fontis s'appuie essentiellement sur l'analyse de l'endommagement des toits et des piliers.

##### . cas des carrières inaccessibles :

En l'absence d'informations géotechniques sur ce type de carrières, l'évaluation de l'aléa est basée sur le taux de défrètement et l'épaisseur du recouvrement qui définissent en fait la contrainte exercée sur les piliers. Le mode d'exploitation et la disposition des piliers apparaissent également comme critères déterminants.

Ne disposant, pour ce qui concerne l'épaisseur de la planche de gypse au toit, que d'un très faible nombre de données d'archives, nous faisons l'hypothèse selon laquelle, progressivement au fil des années, les deux tendances suivantes se sont affirmées :

- augmentation à partir de 1930 de l'épaisseur de la planche au toit qui devient supérieure à 1 mètre
- réduction à partir de cette même date de l'épaisseur de la planche au mur qui devient inférieure à 1 mètre.

La prise en compte du niveau de contrainte appliqué aux toits et aux piliers se fait moyennant l'adoption,

- d'une résistance à long terme du gypse égale à 5 MPa
- d'un taux de défrètement variant entre 65 et 85% pour les exploitations antérieures à 1900 (mode d'exploitation anarchique), plus constant et de l'ordre de 75% pour les travaux postérieurs à 1900, très faible (45%) dans le cas (très peu représenté) de galeries tracées en vue d'un affaissement dirigé qui n'a pas été réalisé, très élevé (85%) dans le cas (très peu représenté) de galeries tracées et de piliers recoupés par deux galeries orthogonales mais non foudroyés.

- effondrement généralisé :

. cas des carrières accessibles :

L'estimation de la survenance de ce type de désordre s'appuie sur l'examen de l'endommagement du mur des galeries d'une part, des toits et des piliers d'autre part. Nous rappelons à ce sujet que le mécanisme de dégradation conduisant à l'effondrement généralisé débute par un bombement du mur, qu'il se poursuit par l'endommagement des toits et des piliers annonçant l'imminence de la rupture de ceux-ci et donc de la ruine du quartier de carrière.

. cas des carrières inaccessibles :

Comme pour le risque d'effondrement localisé, nous sommes amené, en l'absence de données d'archives suffisamment nombreuses, à admettre que c'est à partir de 1930 que les exploitations ont été conduites avec,

- . une épaisseur de la planche de gypse au mur inférieure à 1 mètre
- . une épaisseur de la planche de gypse au toit supérieure à 1 mètre.

Il convient toutefois de préciser, et le cas de la carrière de Fortvache est exemplaire, qu'il a été procédé à une ou plusieurs époques que nous ne sommes pas en mesure de déterminer, au surcreusement du mur d'exploitations antérieures à 1930 et cela sur des surfaces impossibles à apprécier.

**- Evaluation de la probabilité d'occurrence :**

A partir de ces critères, il a été déterminé conventionnellement une gradation à 4 niveaux :

- . probabilité d'occurrence faible à nulle
- . probabilité d'occurrence moyenne
- . probabilité d'occurrence forte
- . probabilité d'occurrence très forte

**Remarque** : *La fiabilité de l'évaluation est évidemment supérieure dans le cas des carrières accessibles.*

**II-3-4 - L'intensité :**

Il a paru préférable pour exprimer ce critère, de faire appel à une notion technico-économique de "demande de prévention potentielle". Cette option permet de caractériser le mouvement par l'importance des moyens techniques qu'il serait théoriquement nécessaire de mettre en oeuvre pour en réduire les causes et les stabiliser, et cela quelles que soient l'utilisation de l'espace et la vulnérabilité des biens exposés. Ces moyens visent essentiellement à stabiliser les terrains dont on redoute le caractère évolutif : il s'agit de parades actives.

Quatre niveaux d'intensité peuvent être distingués selon les mesures de prévention adéquates (Fig.7). Nous admettons que c'est le niveau d'intensité  $E_3$  qu'il convient de retenir tant pour les fontis que pour les effondrements généralisés. En effet, dans la quasi-totalité des cas,

- . le coût des travaux de prévention sera d'un montant supérieur à 10 % de la valeur vénale du bien exposé
- . la réalisation des travaux intéressera une emprise débordant la parcelle à protéger.

Niveau d'intensité de l'aléa		Niveau des mesures de prévention nécessaires	Exemple
Niveau	Aléa		
E <sub>1</sub>	Faible	10% de la valeur vénale d'une maison individuelle (1)	Confortation partielle d'une cave par pilier maçonné Purge de blocs instables accessibles
E <sub>2</sub>	Moyen	Parade technique financièrement supportable par un groupement restreint de propriétaires	Comblement d'une marnière Purge de blocs instables ou réalisation d'un piège à blocs Drainage d'une zone instable de faible extension ou de faible ampleur
E <sub>3</sub>	Fort	Parades techniques spécifiques hautement qualifiées, intéressant une aire géographique débordant largement le cadre parcellaire ou celui d'un immeuble courant et d'un coût financier important	Stabilisation d'un glissement de terrain de grande ampleur <u>Comblement de carrière souterraine</u> Confortement d'un pan de falaise instable Défense collective contre l'érosion littorale
E <sub>4</sub>	Majeur	Pas de parade techniquement possible (ou d'un coût insupportable pour la collectivité)	Glissement ou écroulement catastrophique type "La Clapière" ou "ruines de Séchilienne"

(1) Par référence au décret no 93.351 du 15 Mars 1993 relatif à l'élaboration des plans d'exposition aux risques naturels prévisibles.

Fig.7 : Grille pour l'évaluation de l'intensité de l'aléa. (document DRM)

**Remarque** : - On notera que dans la grille de la figure 7, le comblement de carrière souterraine est cité parmi les exemples de parades adaptées à une intensité de niveau E<sub>3</sub>.

II-3-5 - La gravité :

Nous nous référons à une échelle de gravité des phénomènes, au plan des préjudices humains, proposée par la DRM, qui intègre la dynamique des mouvements (Fig.8).

L'échelle est graduée en 4 niveaux dont chacun peut être défini en fonction de la vitesse de propagation et, pour des mouvements rapides, de l'importance des masses mises en jeu.

Niveau	Gravité	Préjudices Humains	Exemples d'évènements
H <sub>0</sub>	Très faible	Accident très improbable (sauf conséquences induites)	Glissements classiques, fluages, tassements, subsidence minière, coulées de boue de faible volume
H <sub>1</sub>	Moyenne	Accident isolé	Chutes de pierres ou de blocs isolés
H <sub>2</sub>	Forte	Quelques victimes	Chutes de blocs (Savoie, avril 1986, 4 morts) Eboulement rocheux en masse Glissement (Lyon, Juillet 1977, 3 morts) <u>Effondrements ponctuels de carrière</u>
H <sub>3</sub>	Majeure	Catastrophe majeure (quelques dizaines de victimes)	Ecroulement ou glissements catastrophiques (volume $\geq 1.10^6$ m <sup>3</sup> ) Laves torrentielles ou coulées de débris (Plateau d'Assy, Avril 1970, 71 morts) Effondrement généralisé de mine ou de carrière (Clamart, 1961, 21 morts)

Fig.8 : Echelle de gravité des phénomènes au plan des préjudices humains. (document DRM)

Nous proposons d'adopter les niveaux suivants selon le phénomène redouté et l'occupation du sol (Fig.9) :

- . niveau  $H_1$  , quelle que soit la nature du risque, pour les zones naturelles au sens du Plan d'Occupation des Sols, exception faite des zones NB et NE considérées urbanisables
- . niveau  $H_2$  , quelle que soit la nature du risque, pour les zones urbaines (U) ainsi que les zones naturelles "constructibles pour des habitations" (NB et NE) des Plans d'Occupation des Sols.

Occupation du sol	Nature de l'aléa	
	Fontis	Effondrement généralisé
zone urbaine	$H_2$	$H_2$
zone naturelle	$H_1$	$H_1$

Fig.9 : Evaluation de la gravité des évènements redoutés.

### II-3-6 - Qualification de l'aléa :

Elle s'appuie sur l'analyse du champ Probabilité d'occurrence-Intensité. Le critère -Intensité- présentant un niveau estimé identique ( $E_3$ ) pour les fontis et les effondrements généralisés, c'est la probabilité d'occurrence qui dicte le niveau de l'aléa selon la grille ci-après (Fig.10)

INTENSITE	E <sub>3</sub>
PROBABILITE D'OCCURRENCE	
faible à nulle	faible à nul
moyenne	moyen
forte	fort
très forte	très fort

Fig.10 : Grille d'évaluation du niveau de l'aléa .

\*  
\* \*

Cette qualification est cartographiable (cf. carte de l'aléa en annexe) sur la base des grilles suivantes intégrant les critères d'identification et d'évaluation de l'aléa.

ENDOMMAGEMENT DES PILIERES	ENDOMMAGEMENT DES TOITS		
	PAS D'INDICE VISIBLE	CIEL TOMBE AU NIVEAU DU GYPSE	CLOCHE DE FONTIS AU NIVEAU DES MARNES
PAS D'INDICE VISIBLE	aléa moyen	aléa fort	aléa très fort
FISSURES MECANIQUES ET/OU ECAILLAGE DES ANGLES	aléa fort (1)	aléa fort	aléa très fort (1)
ECAILLAGE DES ANGLES ET DES FACES	aléa fort (1)	aléa très fort	aléa très fort (1)
REDUCTION SIGNIFICATIVE DE LA SECTION	aléa très fort	aléa très fort	aléa très fort (1)

Fig.11 : Grille d'évaluation de l'aléa fontis pour les carrières accessibles.

(1) fontis par rupture de pilier et à évolution rapide

MODE D'EXPLOITATION	RECOUVREMENT	
	< 30 m	> 30 m
ANARCHIQUE (travaux avant 1900) T = 65 à 85 %	aléa très fort	
PILIER EN QUINCONCE (travaux période 1900-30) T de l'ordre de 75 %	aléa fort	aléa très fort
GALERIES ORTHOGONALES (travaux période 1930-59) T de l'ordre de 75 %	/	aléa moyen pour les zones effondrées
		aléa très fort pour les zones non effondrées
AFFAISSEMENT DIRIGE (1959-62)	aléa moyen	
AFFAISSEMENT DIRIGE (1962-74)	aléa moyen	
AFFAISSEMENT DIRIGE (1974-76) - traçage sans dépilage T de l'ordre de 45%	aléa moyen	
	- traçage et dépilage sans foudroyage T de l'ordre de 85%	
AFFAISSEMENT DIRIGE (1976-79)	aléa moyen	

T = taux de défrètement, en terme de surface, déterminé au sol de carrière

Fig.12 : Grille d'évaluation de l'aléa fontis pour les carrières inaccessibles.

ENDOMMAGEMENT DU MUR		ENDOMMAGEMENT DES TOITS ET DES PILIERS	
		ABSENCE DE FISSURES MECANIKES	PRESENCE DE FISSURES MECANIKES ET/OU D'ECAILLAGE
ABSENCE D'INDICES	PLANCHE AU MUR > 1 m	aléa moyen	
	PLANCHE AU MUR < 1 m	aléa fort	aléa fort
BOURRELETS AU PIED DES PILIERS		aléa fort	aléa très fort
SOUFFLAGE DU MUR DANS L'AXE DES GALERIES		aléa très fort	aléa très fort

Fig.13 : Grille d'évaluation de l'aléa effondrement généralisé pour les carrières accessibles.

MODE D'EXPLOITATION	
- ANARCHIQUE (avant 1900) - PILIERS EN QUINCONCE (période 1900-30)	aléa moyen
- GALERIES ORTHOGONALES (période 1930-59)	aléa très fort uniquement dans les zones non effondrées
- AFFAISSEMENT DIRIGE (1959-62)	aléa moyen
- AFFAISSEMENT DIRIGE (1962-74)	aléa faible à nul
- AFFAISSEMENT DIRIGE (1974-76) . traçage sans dépilage . traçage et dépilage sans foudroyage	aléa faible à nul
	aléa très fort
- AFFAISSEMENT DIRIGE (1976-79)	aléa faible à nul

Fig.14: Grille d'évaluation de l'aléa effondrement généralisé pour les carrières inaccessibles.

Remarque : - *Le niveau faible à nul n'apparaît pas sur la carte d'aléa en annexe qui intègre les deux natures d'aléas. En effet ce niveau ne concerne que l'effondrement généralisé, pour des quartiers de carrières se caractérisant par ailleurs par un niveau moyen de l'aléa fontis.*

**II-3-7. Qualification du danger :**

Elle découle de l'analyse du champ Probabilité d'occurrence-Gravité, analyse qui prend en compte l'occupation du sol.

La probabilité d'occurrence faible à nulle n'apparaît pas dans la grille ci-après : aucun quartier de carrière ne se caractérise par ce niveau de probabilité pour les deux types d'évènements redoutés.

OCCUPATION DU SOL	ZONE NATURELLE	ZONE URBAINE
NATURE DE L'ÉVÈNEMENT REDOUTÉ	EFFONDREMENT LOCALISÉ OU GÉNÉRALISÉ	
GRAVITÉ		
PROBAB. D'OCCURRENCE	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>
MOYENNE	faible	fort
FORTE	fort	très fort
TRES FORTE	très fort	très fort

Fig.15 : Grille d'évaluation du niveau de danger.

Nous ne retenons comme acceptable (danger faible) sur le plan humain que le fontis et l'effondrement généralisé susceptibles de survenir en zone naturelle avec une probabilité d'occurrence moyenne.

**CHAPITRE III : VULNERABILITE DES AMENAGEMENTS IMPLANTES DANS  
LE PERIMETRE D'ETUDE**

Selon le décret no 93-351- du 15 Mars 1993, le rapport de présentation indique les aménagements de surface et les principaux équipements pouvant être perturbés gravement, ou dont le fonctionnement est susceptible d'être interrompu durablement, par la survenance d'un évènement.

- Le contour du périmètre d'étude annexé à l'arrêté préfectoral prescrivant le PER a été tracé de manière à intégrer,

- la totalité des zones sous-minées dont la superficie est de l'ordre de 670 hectares : cette estimation découle de l'exploitation des documents archivés par l'Inspection Générale des Carrières de VERSAILLES.
- les secteurs présumés fouillés correspondant,
  - . soit à des extensions de vieux travaux mal localisés
  - . soit à des exploitations encore plus anciennes dont on soupçonne la présence à partir de témoignages ou au vu d'anomalies de la surface topographique.

Cette emprise a été très sensiblement élargie afin de s'assurer que le PER recouvre la totalité des carrières souterraines de gypse abandonnées. En d'autres termes le périmètre d'étude englobe les zones exposées ou susceptibles de l'être, et par conséquent, l'emprise des zones effectivement exposées prises en compte dans le PER s'inscrira nécessairement à l'intérieur du périmètre d'étude.

- L'essentiel des carrières se développe en zones naturelles - parcelles cultivées, prairies, forêts domaniales et privées - ; des secteurs urbanisés, des tronçons de routes départementales, des équipements publics, des établissements industriels sont, soit sous-minés, soit situés à proximité immédiate de vides reconnus ou de zones présumées fouillées.

### **III-1 - LES SECTEURS URBANISES ET URBANISABLES :**

Ont été considérées comme zones d'urbanisation toutes les zones urbaines (U) ainsi que les zones naturelles "constructibles pour des habitations" (NB et NE) des Plans d'Occupation des Sols.

Il existe deux zones NA strictes, une à VAUX-SUR-SEINE occupée actuellement par le camping du "Radar" et une à BOISEMONT occupée en partie par des équipements sportifs. Ces deux zones ont été également considérées comme urbanisables.

La superficie, par commune, des zones d'urbanisation (superficie totale et celle inscrite dans le périmètre d'étude du PER) ainsi que l'extension des zones naturelles sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Communes	Surface totale en ha	Surfaces zones urbanisables en ha	Surfaces concernées par le P.E.R.		
			Total	Zones d'urbanisation	Zones naturelles
ANDRESY	691	320	35		35
CHANTELOUP-LES-VIGNES	332	189	94	27	67
EVECQUEMONT	250	39	134	12	122
TRIEL-SUR-SEINE	1358	435	392	41	351
VAUX-SUR-SEINE	845	282	443	10	433
BOISEMONT	277 (POS 178 ha)	61	16	4	12
COURDIMANCHE	553 (POS 490 ha)	249	21		21
JOUY-LE-MOUTIER	734 (POS 141 ha)	58	7		7
MENUCOURT	368	119	62	3	59
TOTAL			1204	97	1107

Fig.16 : Superficies, par commune, des zones urbanisables et des zones naturelles.

Il a été procédé au dénombrement des constructions de toute nature inscrites dans les zones exposées ; la répartition par commune se répartit comme suit :

ANDRESY	1
CHANTELOUP-LES-VIGNES	196
EVECQUEMONT	70
TRIEL-SUR-SEINE	159
VAUX-SUR-SEINE	40 (+ n caravanes)
BOISEMONT	13
CONDECOURT	0
COURDIMANCHE	0
JOUY-LE-MOUTIER	0
MENUCOURT	12

TOTAL 491

*Remarque : Lors de l'établissement du périmètre d'étude, la commune de CONDECOURT n'a pas été prise en compte en raison de la faible superficie (quelques dizaines de mètres carré), de la localisation (en zone naturelle boisée) et de la nature (galerie d'accès) de la zone sous-minée. Aucune construction n'est concernée.*

Les constructions à usage d'habitation sont de type pavillonnaire, l'âge et les éléments de confort de ce bâti étant extrêmement variables.

La population totale résidant dans les zones exposées n'a pas été recensée de façon précise ; elle représente environ 900 habitants.

### III-2 - LES EQUIPEMENTS PUBLICS :

#### III-2-1 - Les routes départementales :

Le tracé de quatre voies principales se développe à l'intérieur du périmètre d'étude (Fig.17).

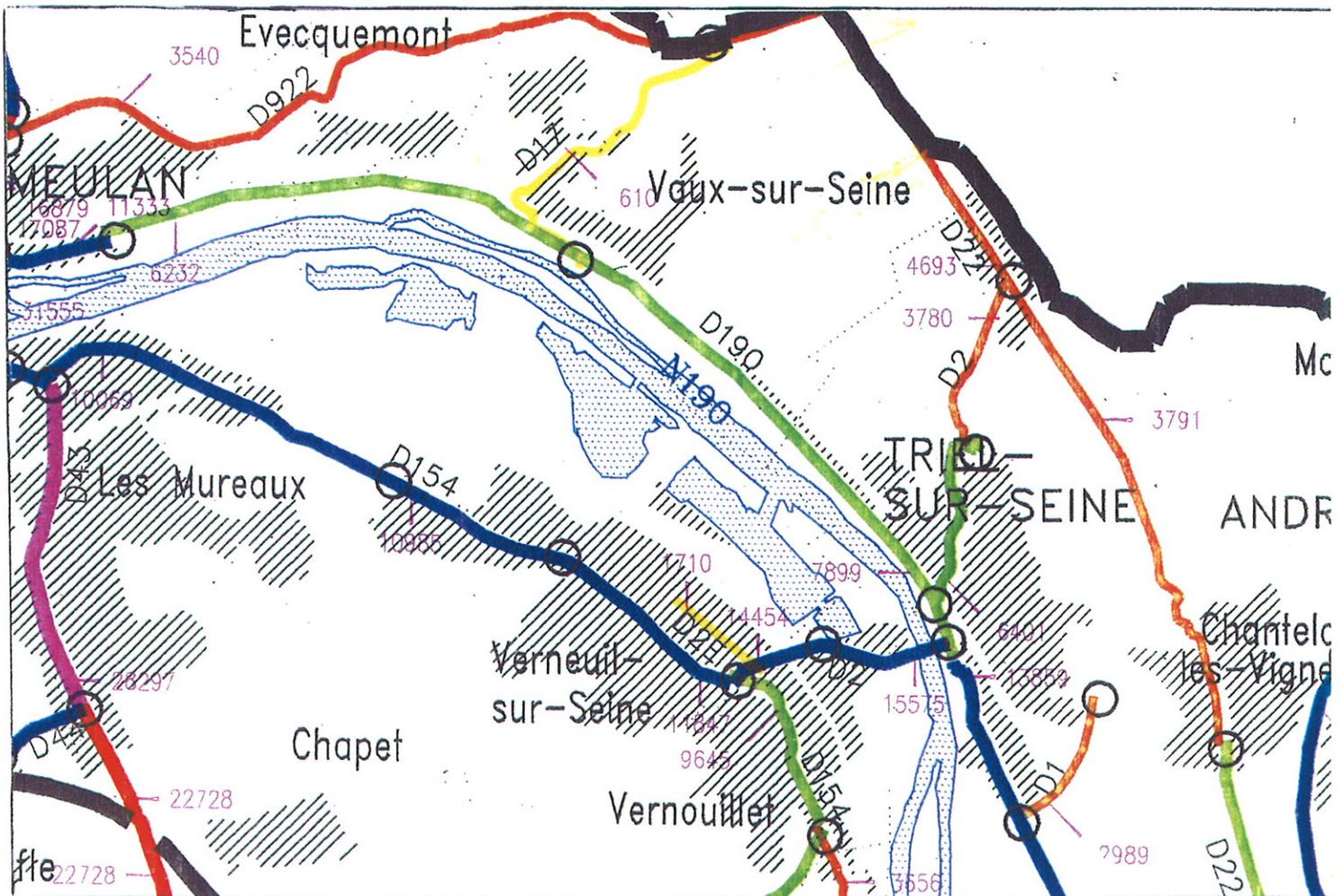


Fig.17 : Les routes départementales traversant le périmètre d'étude (3791 : localisation et résultat des comptages).

Il s'agit de routes départementales pour lesquelles nous rapportons ci-après les résultats des comptages effectués en 1991.

- RD2	3780 véh/j dont 4,7 % de P.L.
- RD17	610 véh/j dont 1,6 % de P.L.
- RD22 . au Sud de la RD2	3791 véh/j dont 3,8 % de P.L.
. au Nord de la RD2	4693 véh/j dont 6,1 % de P.L.
- RD922	3540 véh/j dont 4,9 % de P.L.

Plusieurs tronçons de ces voies se situent à proximité des emprises sous-minées ou susceptibles de l'être. Des galeries assurant la communication entre les exploitations situées de part et d'autre des plates formes routières ont été autorisées par arrêté préfectoral ; les autorisations précisait les mesures à prendre en fin d'utilisation (comblement à refus de ces galeries dans la plupart des cas).

. RD2 :

- Deux galeries creusées en 1968 ont été remblayées en 1979. Au lieudit le Bois Roger la voie routière est sous-minée sur un tronçon d'environ 150 m par une carrière antérieure au tracé actuel de la route départementale. Des travaux de consolidation (boulonnage) ont été exécutés en 1973; l'IGC procède à la surveillance régulière des galeries boulonnées qui à terme devront être comblées.

. RD17 :

- Le tréfonds a été exploité soit par affaissement dirigé (1969) soit ponctuellement par le creusement de trois galeries en 1968, galeries remblayées en 1974.

. RD22 :

- Sur le plateau de l'Hautil, des galeries creusées en 1974 ont été comblées en 1976; d'autres galeries beaucoup plus anciennes ont été comblées en 1963. Dans la côte de CHANTELOUP, un effondrement survenu en Décembre 1990 a nécessité le comblement de deux galeries plus ou moins confortées par des maçonneries; il subsiste une galerie non remblayée, comportant des confortations maçonnées.

. RD922 :

- Deux galeries creusées en 1970 ont été remblayées en 1973. Il subsiste trois galeries creusées au siècle dernier selon une section réduite devant assurer leur stabilité.

### **III.2.2. Les autres équipements :**

#### **III.2.2.1 - Les équipements sportifs :**

Il s'agit de ceux de la commune de TRIEL situés sur le plateau de l'Hautil entre les RD 2 et RD 22; leur emprise s'inscrit dans un secteur exploité par affaissement dirigé en 1971 et 1978. Leur fréquentation s'établit comme suit :

- . **Foot-ball** : 35 personnes les mardi, mercredi, jeudi, vendredi (entraînement); 200 personnes lors des compétitions le dimanche.
- . **Rugby** : 35 personnes les mardi, mercredi, jeudi, (entraînement); 160 personnes les samedi et dimanche (compétitions).
- . **Remarque** : - *Un chapiteau est souvent installé durant la période de Mai à Septembre; il accueille environ 200 personnes durant les week-end.*

#### **III.2.2.2 - Le parc aux étoiles :**

Il est implanté sur le plateau de l'Hautil, en bordure Est de la RD2, à une cinquantaine de mètres d'un quartier de carrière exploité en 1951 selon la méthode traditionnelle. Cet établissement est fréquenté par environ 150 personnes chaque jour de la semaine, 50 personnes chaque jour du week-end; la fréquentation devrait doubler dans les mois à venir.

#### **III.2.2.3 - Les réservoirs d'eau potable :** Le réseau AEP est géré par deux sociétés

- . La Société Française de Distribution d'Eau (SFDE)  
17, Rue du Fort. 78250 MEULAN
- . La Société des Eaux de Fin d'Oise et des Environs (SEFEO)  
Quai de l'Oise. 78570 ANDRESY

La SFDE gère les réservoirs :

- d'EVECQUEMONT situé en limite du périmètre d'étude, à une centaine de mètres d'une carrière exploitée au siècle dernier; sa capacité est de 2000 m<sup>3</sup>

- de TRIEL-SUR-SEINE

- . un de 1500 m<sup>3</sup> et un de 120 m<sup>3</sup> Chemin des Picardes, distants d'une quarantaine de mètres d'un secteur exploité par affaissement dirigé.
- . un de 800 m<sup>3</sup> à PISSEFONTAINE, en limite du périmètre d'étude et à une centaine de mètres des carrières les plus proches.
- . un de 1600 m<sup>3</sup> à CHEVERCHEMONT, situé à une vingtaine de mètres de carrières exploitées au siècle dernier selon la méthode traditionnelle.

L'ensemble de ces réservoirs dessert les communes d'EVEQUEMONT, MEULAN, VAUX et TRIEL et une partie de la ville Nouvelle de CERGY, BOISEMONT, COURDIMANCHE et MENU COURT.

La SEFEO gère les réservoirs :

- deCHANTELOUP LES VIGNES

- . les Argencourts : situé en bordure de la RD 22, à l'aplomb du front de masse d'une carrière datant du siècle dernier exploitée selon la méthode traditionnelle, sa capacité est de 2 fois 150 m<sup>3</sup>
- . Le Chapitre, Route de la Croix Saint Marc, d'une capacité de 2 fois 2.500 m<sup>3</sup>. L'ouvrage se trouve à proximité immédiate d'une zone sous-minée correspondant à une très ancienne carrière dont on ne possède aucun plan.

- de ANDRESY

- . La Justice, d'une capacité de 2 fois 500 m<sup>3</sup>. Ce réservoir est implanté dans un secteur ayant fait l'objet d'une demande de droits d'exploitation en 1843.

Ce réseau dessert les communes de CHANTELOUP LES VIGNES, ANDRESY, MAURECOURT, NEUVILLE et CONFLANS SAINTE HONORINE. Les deux réseaux SFDE et SEFEO sont reliés entre eux; des canalisations de  $\phi$  300 mm traversent le périmètre d'étude.

**III.2.2.4 - Conduite de gaz haute pression :**

Une canalisation de  $\phi$  100 mm, reliant les communes de VAUX SUR SEINE et MENU COURT, traverse le périmètre d'étude en franchissant, à l'Est de la RD17, des quartiers de carrière exploités par affaissement dirigé.

### III.3. LES ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS :

Ils sont implantés sur les communes de BOISEMONT et de VAUX SUR SEINE.

Pour la commune de BOISEMONT, il s'agit des sociétés ARLIS et SIREMBALLAGE qui occupent respectivement une cinquantaine et quinze à vingt personnes. Les locaux se trouvent respectivement à,

- . une centaine de mètres d'un secteur exploité par affaissement dirigé
- . environ 25 mètres d'un quartier de carrière ayant été l'objet d'un effondrement généralisé en 1959.

Pour la commune de VAUX SUR SEINE les établissements sont situés pour l'essentiel sur la zone d'activités de Forvache. Ce sont les sociétés :

- . SIREMBALLAGE, qui emploie une dizaine de personnes.
- . TRANSPNEUS, 8 personnes.
- . TERVERTE, 32 personnes qui ne sont en fait sur le site que le matin et le soir durant la semaine.
- . DUARTE, 2 personnes.

L'ensemble de ces établissements se trouve au droit, ou à proximité, d'une carrière datant du siècle dernier.

Il convient d'ajouter la société BUSON, qui emploie de l'ordre de 5 personnes, qui est implantée en bordure de la RD17 et d'une carrière datant du siècle dernier exploitée selon la méthode traditionnelle.

#### **III.4. LES ZONES NATURELLES :**

Il s'agit des zones naturelles au sens du Plan d'Occupation des sols, exception faite des zones NB et NE considérées urbanisables.

Les exploitations souterraines ont été conduites dans les mêmes conditions au droit des terrains privés et sous bon nombre de chemins communaux utilisés pour la desserte des bois et taillis domaniaux et privés : les municipalités ont passé des conventions de droit privé avec les exploitants.

Il en résulte que l'instabilité du tréfonds de ces chemins communaux est comparable à celle des terrains avoisinants. L'accessibilité aux terrains de surface, tout au moins pour les emprises sous-minées par les exploitations de la SAMC, a été fixée par l'arrêté préfectoral du 27 Septembre 1982 relatif à l'abandon de la carrière de gypse de cette société; l'accessibilité à l'ensemble des terrains sous-minés sera examinée dans le chapitre V du présent rapport.

\*

\* \*

**CHAPITRE IV : ZONAGE DU PLAN D'EXPOSITION AUX RISQUES**

#### **IV.1. DELIMITATION DES ZONES EXPOSEES :**

Il s'est avéré nécessaire, pour tracer le périmètre des zones effectivement exposées, de faire des hypothèses et d'arrêter quelques principes afin de prendre en compte,

- . la géométrie des effondrements localisés ainsi que les effets latéraux à long terme de ces derniers dès lors que le comblement immédiat des cratères ne peut être assuré
- . les effets latéraux instantanés des effondrements généralisés
- . l'imprécision de certains plans, très vraisemblablement incomplets, dont le report sur des fonds de plans plus récents s'est révélé délicat, notamment avec les changements d'échelle.

##### **IV.1.1. Les emprises sous-minées :**

Leurs localisations ont été déterminées à partir des documents archivés par l'Inspection Générale des Carrières. Leurs limites d'extension sont tracées de façon précise lorsque l'on dispose de plans levés ou contrôlés par l'IGC, plans de carrières dont le front de masse a été reconnu et parfaitement positionné par rapport à la surface : le contour de l'emprise sous-minée est, dans ce cas, matérialisé sur les plans par un trait continu. Dans le cas contraire, le périmètre, tracé en pointillé (cf. carte de l'aléa en annexe), correspond au simple report des documents d'archives dont la validité n'a pu être contrôlée.

*Remarque : - Une reconnaissance des terrains de surface a révélé, par l'observation de dépressions topographiques correspondant à d'anciens fontis, l'existence de carrières pour lesquelles nous ne disposons d'aucun plan. Il s'agit a priori d'exploitations très anciennes situées en pied de versant à la limite de l'aire d'extension du gypse exploitable (carrière du quartier "Le Chapitre" à CHANTELOUP-LES-VIGNES par exemple). Dans ce cas, le périmètre de l'emprise présumée sous-minée entoure l'ensemble des "indices" de surface.*

#### **IV.1.2. La zone de protection :**

Il s'agit de la bande de terrain, bordant les emprises sous-minées, susceptible d'être perturbée durant, ou relativement peu de temps après la survenance d'un évènement. Le délai d'apparition des perturbations, et l'extension horizontale de celles-ci, sont fonction de la dynamique de l'évènement: il convient de distinguer le fontis, à dynamique lente, et l'effondrement généralisé, à dynamique rapide.

##### **- cas des fontis :**

L'exploitation des archives de l'IGC et la visite des excavations encore accessibles ont révélé le fait que le ciel des galeries longeant les fronts de masse n'est pas épargné par le processus de dégradation à l'origine des fontis. La probabilité pour qu'un effondrement localisé se produise à cet endroit n'étant pas nulle, on est conduit, de par l'extension prévisionnelle des désordres en surface, à considérer comme exposés les abords immédiats des zones sous-minées au même titre que celles-ci.

Ce débord a été dimensionné à partir d'une estimation du diamètre des fontis pouvant se produire : sa largeur a été fixée à,

ZP = 10 mètres lorsque le recouvrement (R) est < 20 mètres

ZP = 10 à 20 mètres lorsque le recouvrement croit de 20 à 30 mètres

ZP = 20 mètres lorsque le recouvrement est > 30 mètres

##### **- cas des effondrements généralisés :**

Ce type de mouvement à dynamique rapide (quelques secondes) est générateur de déformations, durables, et de vibrations dont les manifestations sont fugaces.

. Les déformations de la surface du sol apparaissent quasi-instantanément ; leur évolution ultérieure consiste en des réajustements se traduisant par des tassements de faible amplitude. La largeur de la bande de terrain, bordant l'emprise de l'effondrement généralisé, susceptible d'être affectée par des mouvements de la surface du sol, a été fixée à 20 mètres.

. Les vibrations ont des caractéristiques (vitesse particulière, accélération, fréquence) variables, fonction notamment des masses de terrain mises en jeu. Par ailleurs l'aptitude des terrains environnants à propager ces vibrations conditionne l'extension horizontale de la zone pouvant être soumise à un niveau de sollicitation susceptible d'engendrer des désordres dans les constructions.

Sur la base des documents relatant des évènements déjà survenus, nous admettons que les constructions fondées selon les règles en vigueur ne subissent aucun dommage dès lors qu'elles se situent à plus de 40 mètres de l'emprise sous-minée qui s'effondre spontanément.

#### **IV.1.3. La marge de reculement :**

Elle représente, en matière de mouvement, la zone d'influence d'un évènement qui s'est produit, influence potentielle pour un évènement susceptible de se produire. Au delà de cette zone aucun désordre n'est à craindre pour les aménagements de surface étant donné l'absence,

- . de déformation tant du sous-sol que de la surface
- . de dégradation des caractéristiques mécaniques des sols sollicités par les fondations des superstructures.

La largeur de cette bande de terrain, somme toute exposée aux effets latéraux différés ou non, mais durables, des effondrements, varie selon la nature de l'évènement ou plus précisément de la dynamique du mouvement.

#### **- Cas des fontis :**

La marge de reculement est dimensionnée au moyen de l'abaque ci-après (Fig.18 ) qui intègre,

- . le contexte géologique schématisé par la surperposition d'un ensemble marneux de 20 mètres d'épaisseur et des sables de Fontainebleau
- . les caractéristiques géométriques des nombreux effondrements localisés qui n'ont pas fait l'objet de travaux de comblement.
- . les caractéristiques géotechniques généralement admises, à savoir un angle d'influence moyen de 45° intégrant les angles de frottement moyens des marnes et des sables cohérents.

Une largeur minimale forfaitaire de 20 mètres est adoptée pour les excavations dont le ciel se trouve à une profondeur égale ou inférieure à 20 mètres; cette largeur est égale à l'épaisseur du recouvrement pour les carrières situées à plus grande profondeur.

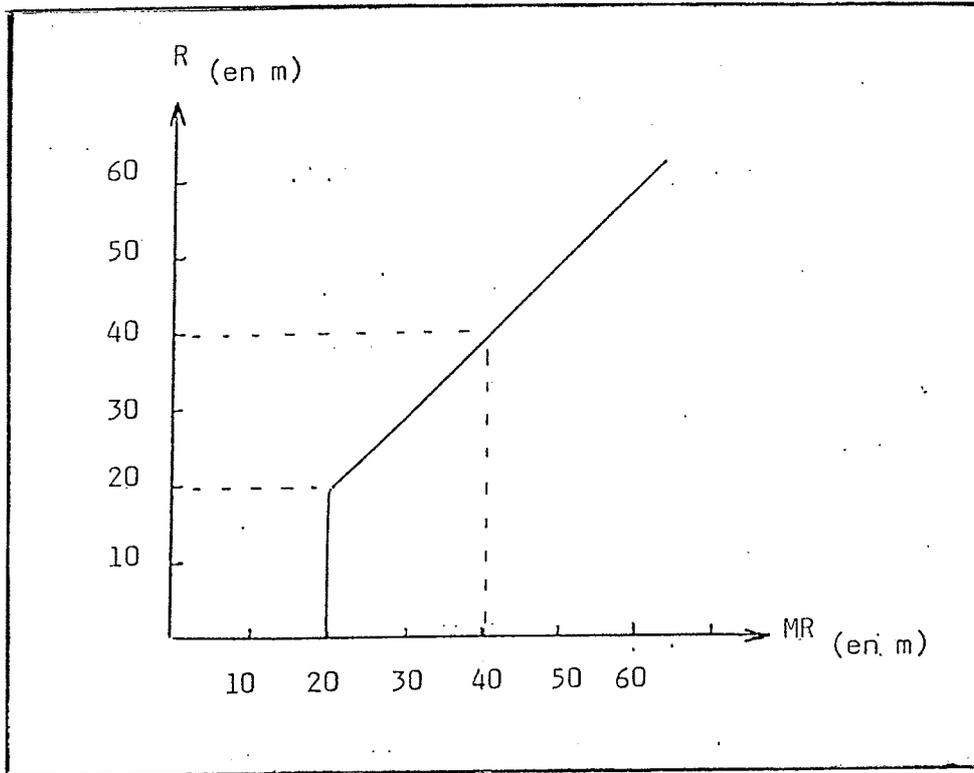


Fig.18 : Cas des fontis : Largeur de la marge de recule (MR) en fonction du recouvrement (R).

**- Cas des effondrements généralisés :**

La dynamique du mouvement et la géométrie des masses de terres mises en jeu sont telles que la zone d'influence est nettement réduite par rapport à celle des fontis.

En fait seuls les terrains superficiels bordant l'emprise effondrée, et sur une hauteur maximale sensiblement équivalente à celle des galeries à l'origine de l'évènement, sont perturbés. La largeur de la marge de recule est fixée de façon forfaitaire à 20 mètres; elle se confond avec celle de la zone de protection.

Il s'avère ainsi que les effets latéraux des effondrements généralisés ont, en matière de mouvement de terrain, une extension horizontale réduite par rapport à celle des vibrations.

Nota : *Il a été admis que les effets latéraux des affaissements dirigés étaient semblables à ceux des effondrements généralisés : une marge de reculement de 20 mètres a été adoptée.*

\*

\* \*

Remarque : *Il a été fait état (§ IV 11) de l'existence,*

- . d'excavations inaccessibles dont les plans généralement très anciens n'ont pu être contrôlés par l'IGC
- . de très vieux travaux, pour lesquels nous ne disposons d'aucun plan, et dont nous soupçonnons la présence à partir de témoignages ou au vu d'anomalies topographiques.

Par ailleurs le front de masse de certaines carrières visitables n'a pu être reconnu en raison de la présence de remblais ou de murs.

Il a été décidé de majorer la marge de reculement de telles emprises sous-minées, d'une largeur de 20 mètres, largeur qui équivaut sensiblement à celle d'une galerie augmentée de la section d'un pilier.

Pour les très vieux travaux dont on ne possède aucun plan, la zone de protection a été, quel que soit le recouvrement, fixée à 20 mètres lorsque l'évènement redouté est le fontis.

Enfin pour les zones sous-minées aux limites imprécises, la zone de protection a été majorée de 20 mètres lorsque l'évènement redouté est l'effondrement généralisé.

\*

\* \*

Le tableau récapitulatif ci-après (Fig.19) indique l'extension des zones de protection et marges de reculement en fonction du type d'effondrement, de la précision des contours des emprises sous-minées, de l'importance du recouvrement (R).

\*

\* \*

		FONTIS						EFFONDREMENT GENERALISE			
		LIMITE DE LA ZONE SOUS-MINEE						SURVENU		REDOUTE	
		PRECISE		IMPRECISE		INCONNUE		PRECISE		IMPRECISE	
		$R_{(en M)}$		$R_{(en M)}$		$R_{(en M)}$		$R_{(en M)}$		$R_{(en M)}$	
ZONE DE PROTECTION (en M)	< 20	> 30	< 20	> 30	à 30	à 30	QUEL QU'IL SOIT	QUEL QU'IL SOIT	QUEL QU'IL SOIT	QUEL QU'IL SOIT	QUEL QU'IL SOIT
	10 à 20	20	10	20	à 20	20			40	40 + 20	
MARGE DE RECULEMENT (en M)	< 20	> 20	< 20	> 20			< 20	> 20	> 20	20 + 20	
	20	R	20 + 20	R + 20	20 + 20	R + 20	20 + 20	R + 20	20	20 + 20	

Fig.19 : Extension des zones de protection et des marges de reculement  
 (R (en M) = Recouvrement en mètres)

Les croquis ci-après (Fig.20) schématisent la délimitation des zones exposées dans les cas de front de masse reconnu et d'excavations aux contours imprécis ou inconnus. Il est admis en effet qu'il n'y aura aucune incidence sur la surface au-delà,

- . de la marge de reculement pour les fontis survenus ou redoutés, ainsi que pour les effondrements généralisés survenus
- . de la zone de protection pour les effondrements généralisés redoutés.

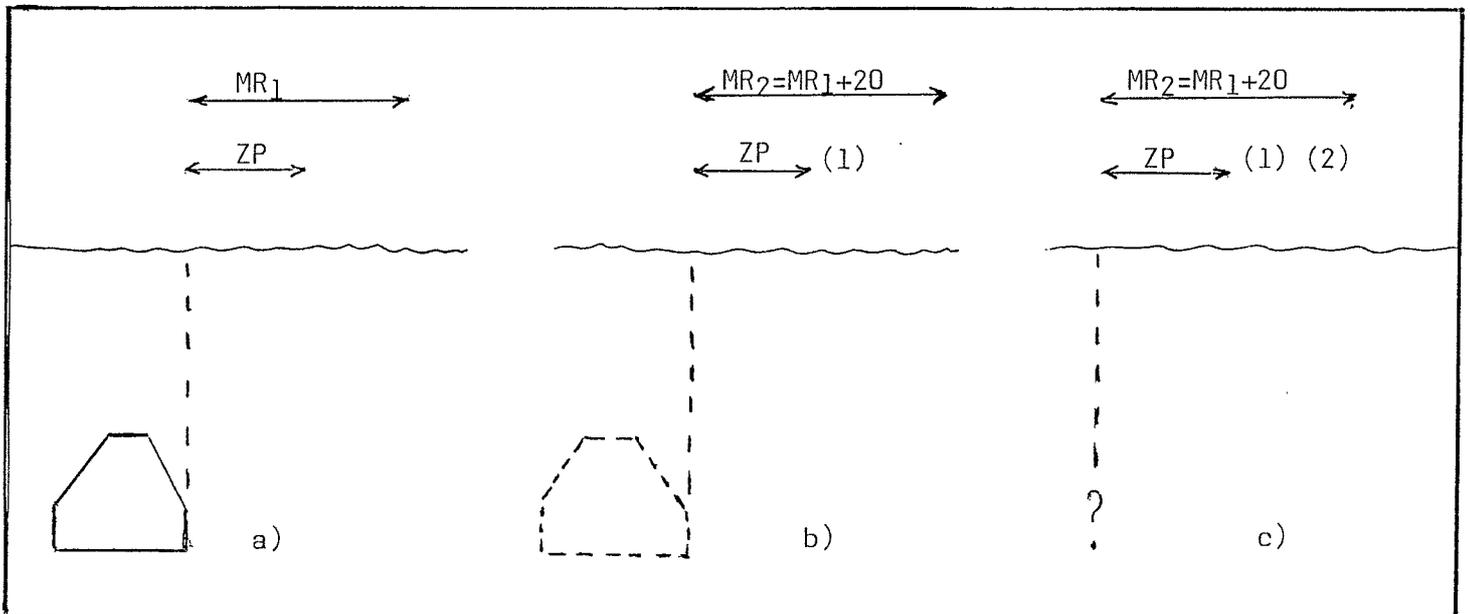


Fig.20 : Délimitation des zones exposées :

- a) front de masse reconnu
- b) front de masse non reconnu
- c) front de masse inconnu

(ZP : zone de protection; MR : marge de reculement)

(1) une majoration de 20 mètres est appliquée lorsque l'évènement redouté est l'effondrement généralisé.

(2) est égale à 20 mètres, quel que soit le recouvrement, lorsque l'évènement redouté est l'effondrement localisé.

#### IV.2. LE ZONAGE DU PER :

Le zonage se concrétise par des documents cartographiques qui délimitent ,

- . une zone rouge très exposée
- . une zone bleue moyennement exposée
- . une zone blanche non exposée

Il a été considéré que les terrains situés sur carrières ou à l'intérieur de la marge de reculement sont,

- soit très exposés et donc inconstructibles
- soit exposés à un niveau tel que,
  - . pour le bâti existant, les travaux devant annuler ou rendre acceptable l'aléa seront d'un coût élevé à très élevé
  - . pour le bâti futur , il convient d'imposer de façon systématique des dispositions constructives.

La zone blanche couvre la surface comprise entre la marge de reculement et le périmètre d'étude du PER.

La grille ci-après ( Fig. 21 ) indique, quelles que soient l'occupation du sol et la nature de l'évènement redouté, la couleur adoptée selon le niveau de l'aléa et la localisation par rapport à l'excavation.

	ALEA		TRES FORT OU FORT		MOYEN (1)	
LIMITE DE L'EMPRISE SOUS-MINEE	CONNUE	IMPRECISE OU INCONNUE	CONNUE	IMPRECISE OU INCONNUE		
EMPRISE SOUS-MINEE	ROUGE		BLEU	B2a		
ZONE DE PROTECTION			BLEU B1			
MARGE DE RECULEMENT HORS ZONE DE PROTECTION	BLEU B1	BLEU B2b		BLEU B2b		

Fig.21 : Grille pour le zonage du PER

(1) concerne les zones d'affaissement dirigé ou d'effondrement généralisé.

Il s'est avéré nécessaire, en matière de prescriptions (cf. le règlement du PER), de distinguer :

- la zone B<sub>1</sub>, concernant les carrières aux limites d'emprises connues et correspondant,
  - . lorsque l'aléa est très fort ou fort, à la bande comprise entre la limite de la zone de protection et celle de la marge de reculement
  - . lorsque l'aléa est moyen, à l'ensemble de la marge de reculement.

Tous les projets, y compris l'extension du bâti existant, seront étudiés de manière à ce que les fondations (spéciales) et/ou les super-structures (renforcées) ne soient pas endommagées par des déformations du sous-sol; ces mesures seront à prendre même si les déformations susceptibles de se produire sont de faible amplitude.

- la zone B<sub>2</sub>, correspondant,

- . zone B<sub>2a</sub> -, aux emprises sous-minées exposées à un aléa moyen, et à leur zone de protection si les limites des carrières sont imprécises ou inconnues.
- . zone B<sub>2b</sub> -, quel que soit l'aléa, à la bande comprise entre la limite de la zone de protection et celle de la marge de recule-ment des carrières aux limites imprécises ou inconnues.

En zone B<sub>2a</sub>, les projets, y compris l'extension du bâti existant, feront l'objet d'une reconnaissance du sous-sol et d'une étude géotechnique; les travaux à réaliser seront déterminés en fonction des résultats de l'étude géotechnique.

En zone B<sub>2b</sub>, les projets, y compris l'extension du bâti existant, feront l'objet, selon leur implantation et leur nature

- . soit d'une reconnaissance du sous-sol et d'une étude géotechnique; les travaux à réaliser seront déterminés en fonction des résultats de l'étude géotechnique
- . soit, en matière de fondations et/ou de superstructures, de prescriptions destinées à éviter tout endommagement lié à des déformations du sous-sol; ces mesures seront à prendre même si les déformations susceptibles de se produire sont de faible amplitude.

Remarque : - *En zone B<sub>1</sub>, le bâti existant ne fera pas l'objet de prescriptions en dehors des dispositions générales mentionnées dans le règlement et applicables à l'ensemble des zones bleues.*

\*

\*\*

**CHAPITRE V : MESURES DE PREVENTION, DE PROTECTION ET DE  
SAUVEGARDE  
CONSIDERATIONS GENERALES**

## RAPPEL

Le présent PER ne prend en compte que les risques d'effondrement induits par le caractère évolutif des carrières souterraines de gypse abandonnées. Les mesures de prévention mentionnées tant dans ce rapport de présentation que dans le règlement qui l'accompagne, ne concernent que ces risques.

Les autres mouvements de terrain susceptibles d'affecter certains secteurs du périmètre d'étude devront être pris en compte par les maîtres d'ouvrage et les constructeurs. Ceux-ci seront tenus en effet,

- . de contrôler que le gypse présent dans le sous-sol en dehors des zones sous-minées n'est pas ou ne sera pas exposé au risque de dissolution susceptible de générer des cavités évolutives
- . de concevoir et de dimensionner leurs projets d'aménagement de façon à ce que la stabilité précaire d'une partie des versants de la butte de l'Hautil ne soit pas compromise et ne provoque des glissements.

\*

\* \*

Le rapport de présentation expose les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques, dans le cadre de leurs compétences en matière de sécurité civile, ainsi que celles qui pourront incomber aux particuliers.

Classiquement les mesures de prévention visent à diminuer voire à annuler,

- . soit la survenance de l'évènement redouté
- . soit, en cas de survenance d'un évènement, les préjudices humains et/ou l'endommagement des aménagements existants et futurs.

Pour les carrières souterraines de gypse abandonnées du Massif de l'Hautil, le premier objectif mentionné ci-avant ne pourra pas pour les maisons individuelles être envisagé en raison de la nature et du coût des travaux qui se révèlent nécessaires: comblement systématique de vides importants situés souvent à grande profondeur, devant être parfois complété par un traitement des terrains de recouvrement au moyen d'injections. De telles mesures de prévention sont recommandées pour les équipements publics (voies de circulation et autres établissements publics).

Il convient donc dans ces conditions de s'orienter vers,

- . des dispositions ne mettant en jeu que des moyens plus modestes et par conséquent relativement peu onéreux
- . des restrictions en matière de fréquentation des terrains de surface, y compris ceux jouxtant les constructions situées en zones très exposées.

Il sera procédé, dans toute la mesure du possible, à un suivi de l'évolution de l'état d'endommagement des carrières situées au droit ou à proximité immédiate du domaine public et des propriétés bâties.

- les carrières accessibles :

Sont considérées comme telles les excavations visitables dans des conditions de sécurité acceptables. Un service compétent effectuera périodiquement la visite des galeries ; chaque intervention fera l'objet d'un compte rendu qui précisera, en fonction de l'état d'instabilité des vides constaté, les mesures à prendre (le cas échéant stabilisation du tréfonds, interdiction d'accès en surface).

- les carrières inaccessibles :

Moyennant l'exécution de forages préalables, un examen par vidéoscopie renseignera sur l'importance des cavités résiduelles et/ou leur état d'endommagement. Ce constat conditionnera la nature des mesures à prendre : équipement des forages permettant de procéder périodiquement à une vidéoscopie, stabilisation du tréfonds, interdiction d'accès en surface.

Toute occupation ou utilisation du sol, en particulier tous projets de construction y compris l'extension de bâti existant, seront étudiés de manière à ce que les fondations (spéciales) et/ou les superstructures (renforcées) ne soient pas endommagées par des déformations du sous-sol; ces mesures seront à prendre même si les déformations susceptibles de se produire sont de faible amplitude.

\*

\*\*

Parallèlement au zonage PER proprement dit, il a été établi un document, dénommé carte de danger, qui contribuera à l'élaboration,

- . des plans de secours indispensables pour les interventions en cas de survenance des évènements redoutés
- . des mesures propres à assurer la sécurité publique. Ces mesures (interdiction de stationner ou de circuler, pose de panneaux, ...) relèvent de la compétence de l'autorité chargée des pouvoirs de police.

Il a été procédé pour cela à une adaptation et une extension de la grille d'évaluation du danger (Fig.15) qui ne prenait en compte que les emprises sous-minées: l'extension à l'ensemble des zones exposées se concrétise par la grille ci-après (Fig.22).

OCCUPATION DU SOL	ZONE NATURELLE			ZONE URBAINE		
	EMPRISE SOUS- MINEE	ZONE DE PROTECTION	MARGE DE RECULEMENT (HORS ZONE DE PROTECTION)	EMPRISE SOUS- MINEE	ZONE DE PROTECTION	MARGE DE RECULEMENT (HORS ZONE DE PROTECTION)
MOYENNE	faible	faible	faible	fort	fort	faible
FORTE	fort	fort	faible	très fort	très fort	faible
TRES FORTE	très fort	très fort	faible	très fort	très fort	faible

Fig.22 : Grille pour le zonage de la carte de danger