

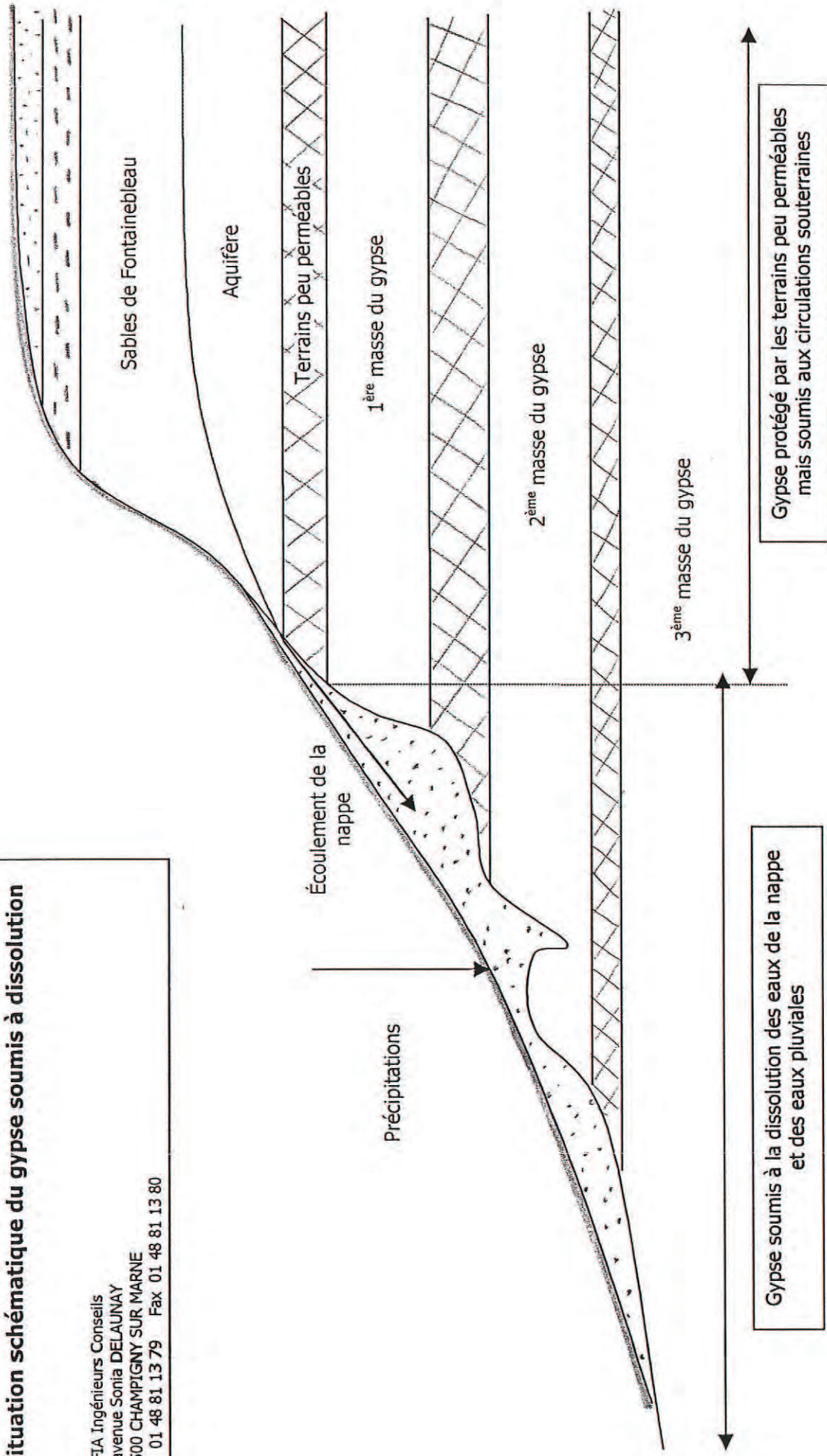
Plan de Prévention des Risques

95 - SOISY SOUS MONTMORENCY

Situation schématique du gypse soumis à dissolution

SEFIA Ingénieurs Conseils
1, avenue Sonia DELAUNAY
94500 CHAMPIGNY SUR MARNE
Tel 01 48 81 13 79 Fax 01 48 81 13 80

PLANCHE 2



III.1 DISSOLUTION DU GYPSE

A Caractéristiques du gypse

Les caractéristiques du gypse sont en relation avec ses conditions de dépôt. Le gypse est issu de la précipitation d'ions calcium et sulfate dans une tranche d'eau fine et dont l'épaisseur diminue par évaporation. Au fur et à mesure de la diminution du volume d'eau, la cristallisation du gypse s'effectue. Les variations de vitesses de l'évaporation sont responsables des divers modes de cristallisation (saccharoïde, pied d'alouette). Les roches issues de ce type de sédimentation sont appelées évaporites.

Ces conditions de formation confèrent au gypse une forte instabilité chimique et une grande sensibilité aux variations hydriques. En effet, le gypse peut être facilement déshydraté pour obtenir du plâtre. Mais il peut également subir une réhydratation qui aboutit à une démolition de l'architecture cristalline et à un retour à l'état d'ions en solution. C'est ce phénomène que l'on appelle dissolution du gypse.

B Facteurs susceptibles d'aggraver l'altération du gypse

L'instabilité génétique du gypse en présence d'eau se retrouve localement accrue par la présence de failles ou diaclases qui constituent des passages préférentiels pour les eaux et donc des lignes de développement potentiel de dissolution du gypse. Ces désorganisations de la roche sont liées aux déformations tectoniques (secousses, compressions, extensions) ayant affecté les terrains après dépôt du gypse.

Les fracturations affectent essentiellement la première masse du gypse mais sont le plus souvent fermées. En effet, de part et d'autre de la rupture, les parois s'appuient l'une contre l'autre et sont tenues par le jeu des pressions tectoniques. Cependant, chaque faille constitue un passage possible de l'eau.

Au contraire, les diaclases issues uniquement de déformation en extension ou décompression, sont des cassures ouvertes aux circulations d'eau.

C Zones soumises à l'altération du gypse

Illustration : Planche 2 – Situation schématique du gypse soumis à la dissolution

La situation géologique du gypse conditionne la possibilité de dissolution. Lorsque les masses du gypse se situent sous les couches imperméables des buttes témoins (Marnes à Huîtres, Marnes vertes, Glaises à Cyrènes, Marnes Supragypseuses) elles sont protégées des arrivées d'eau et ne sont pas soumises à la dissolution.

En revanche, en périphérie des buttes témoin, les masses de gypse sont exposées à la dissolution de deux manières :

- Le gypse est situé sur les versants des buttes et surmonté de formations colluvionnaires au sein desquelles circulent les nappes de versant issues du déversement des trop-pleins du réservoir aquifère constitué par les Sables de Fontainebleau. L'eau peut alors traverser toute l'épaisseur des colluvions perméables et dissoudre les masses du gypse. Cette configuration correspond à la majeure partie du gypse en présence sur la commune de SOISY SOUS MONTMORENCY.
- Le gypse affleure soit naturellement soit par suite de l'exploitation à ciel ouvert des gisements de gypse pour la fabrication de plâtre. Cette configuration correspond ici aux zones de carrières à ciel ouvert.

D Processus d'altération, effets et conséquences

La dissolution du gypse constitue le terme générique de plusieurs phénomènes au titre desquels on retient d'une part l'altération en masse et d'autre part la karstification.

Altération en masse

L'altération en masse désigne l'ensemble des processus d'érosion et d'échanges chimiques qui déterminent une dissolution lente et diffuse du gypse.

Un des principaux moteurs de la dissolution du gypse est l'eau dans des conditions physico-chimiques très particulières. Les études menées par le B.R.G.M. et le C.E.B.T.P. sur la solubilité du gypse ont montré que la vitesse de dissolution du gypse semble étroitement liée au régime hydraulique des nappes et à des concentrations importantes en chlorures ou en tensioactifs. Seules des infiltrations d'eau polluée sont susceptibles de présenter les concentrations requises. Il apparaît que la dissolution du gypse diffus généralement contenu dans les niveaux marneux apparaît sous l'effet de circulations verticales (drainance) alors que la dissolution du gypse massif suppose une circulation macrofissurale importante.

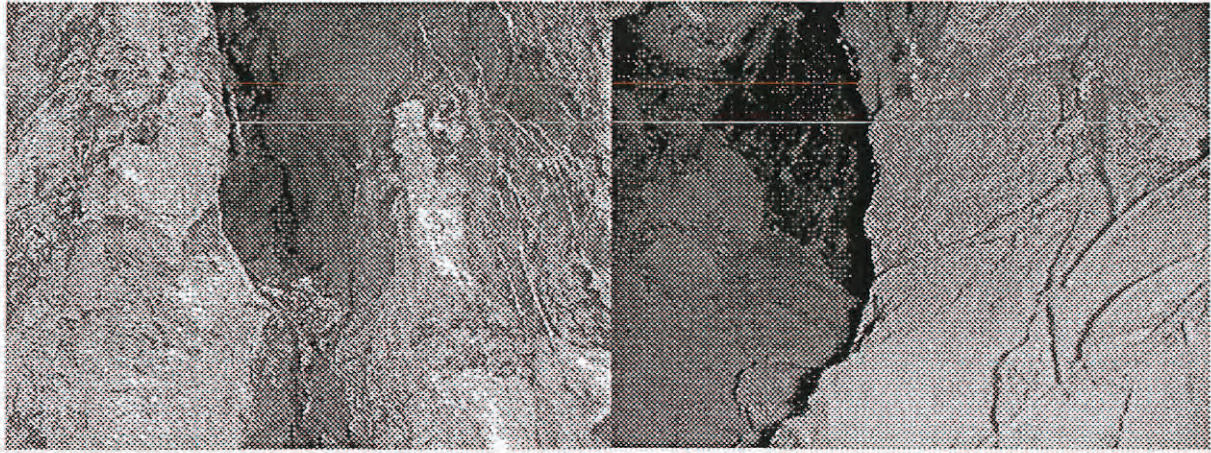
Sur la commune, les eaux souterraines naturelles sont constituées par le déversement des trop-pleins des aquifères sus-jacents vers le lac d'Enghien en aval. Ce phénomène affecte l'ensemble de la masse gypseuse qui s'affaisse lentement et aboutit, à très long terme, à une réduction importante de l'épaisseur des couches de gypse.

Cependant, la disparition du gypse par drainage total des sulfates implique l'existence d'un gradient hydraulique fort. Or, dans les conditions réelles du versant, les circulations d'eau se traduisent plus généralement par une substitution progressive des sulfates par des carbonates ou des silicates qui présentent une plus grande stabilité.

Ce phénomène est lent et donne l'impression d'une conservation de l'épaisseur des couches de gypse. Il correspond au mode d'évolution du gypse le plus commun et le plus répandu mais il n'est pas perceptible à l'échelle humaine et ne risque pas de gêner les diverses utilisations du sol.

Altération locale ou karstification

La karstification est une dissolution ponctuelle, totale et moins lente que l'altération en masse. Elle crée, selon des axes d'écoulement préférentiel de l'eau, un réseau de vides appelé réseau karstique ou karst. Les résultats de cette karstification peuvent être observés dans la carrière du Trou du Loup. Les cavités observables constituent des boyaux sub-verticaux dont le diamètre est inférieur au mètre.



Karstification des Masses et Marnes du Gypse

Une telle forme de dissolution implique une circulation des eaux capable de maintenir le pouvoir dissolvant et de favoriser une érosion mécanique..

En l'absence d'aménagements venant perturber les circulations d'eau, les conditions géologiques et hydrogéologiques actuelles ne semblent habituellement pas répondre aux circonstances permettant le développement de la karstification et les karsts observés aujourd'hui peuvent être appelés karsts fossiles (on parlera de karst en hydrogéologie et de vide en géotechnique).

Ces vides rendent précaire l'équilibre mécanique du massif. Le toit de la cavité supporte les couches supérieures. L'effet de voûte que constitue le toit de chaque cavité correspond à une charge limitée. Si le vide s'agrandit sous l'effet de la karstification, la portée du toit s'allonge alors que le poids des couches supérieures reste le même. La voûte naturelle devient fragile et peut entraîner des mouvements de terrain de type décompression des terrains, affaissement ou effondrement.

Dans le cas d'une décompression des terrains, les terrains de recouvrement des karsts sont suffisamment épais et foisonnants pour amortir le vide créé par la rupture. Il en résulte un décompactage des terrains avec augmentation de l'indice des vides. Cette décompression s'accompagne d'une perte importante de la capacité portante même si aucune modification topographique n'est perceptible en surface. Les caractéristiques mécaniques du sol sont modifiées.

L'affaissement correspond à l'apparition d'une dépression en surface dont la taille dépend des dimensions du karst à l'origine de sa formation. Elle est due à un fléchissement lent et progressif des terrains de couverture avec ou sans fractures ouvertes. La composante verticale du mouvement est prépondérante. Des efforts de flexion, de traction et de cisaillement et les tassements différentiels préjudiciables aux structures peuvent se manifester dans les zones de bordures.

L'effondrement correspond à une chute plus ou moins brutale des terrains dans la cavité. Il résulte de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine. Cette rupture initiale se propage verticalement jusqu'en surface en y déterminant l'ouverture d'une excavation dont les dimensions dépendent du volume du vide.

La caractérisation des aléas liés au risque de karstification nécessite une approche descriptive de ce phénomène afin de déterminer les facteurs de localisation, et une approche prédictive pour définir les incidences susceptibles d'apparaître en surface (affaissement, effondrement).

III.2 GLISSEMENT DE TERRAINS

Le glissement de terrain est un déplacement généralement lent (de quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) sur une pente, le long d'une surface de rupture ou surface de cisaillement identifiable, d'une masse de terrain cohérent, de volume et d'épaisseur variables. La surface de cisaillement est généralement courbe, mais elle peut également se développer à la faveur d'une discontinuité existante telle qu'un joint de stratification. Les profondeurs des terrains affectés par le glissement varient de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres.

A Conditions d'apparition

Les conditions d'apparitions sont essentiellement inhérentes au milieu (nature et structure des terrains, morphologie du site, pente topographique). Cependant, l'apparition de glissements de terrain implique l'existence de facteurs déclenchants qui peuvent être d'origine naturelle ou d'origine anthropique.

Au titre des facteurs naturels, on peut citer les conditions climatiques et notamment les pluies, les circulations d'eau qui entraînent une augmentation des pressions interstitielles et/ou l'effondrement de cavités sous-minant le versant.

Au titre des facteurs anthropiques, les surcharges en tête de talus ou de versants déjà instables, la suppression de la butée de pied, les rejets d'eau, les pratiques culturelles et les déboisements.

B Facteurs susceptibles d'entraîner des glissements

La pente est une condition prépondérante d'apparition de glissements de terrain. En partie inférieure du versant de la butte de Montmorency, le territoire au Nord de la commune présente un resserrement des lignes topographiques qui indique une augmentation des pentes. Les variations de niveau les plus fortes correspondent à des pentes comprises entre 5 et 10 °.

La présence des sables de Fontainebleau accentue le risque de glissement sur les plus importantes pentes de la commune. Les sables, de par leur nature pulvérulente, sont susceptibles de se mettre en mouvement sous le seul effet de la gravité et d'être à l'origine de glissement de terrain si aucune barrière ne gêne leur déplacement.

Sur le territoire de la commune de SOISY SOUS MONTMORENCY, les zones caractérisées à la fois par une pente comprise entre 5 et 10 ° et par la présence des Sables de Fontainebleau peuvent donc être exposées au risque de glissement.

Il est important de noter qu'au-delà des limites administratives de la commune de SOISY SOUS MONTMORENCY, la zone limitrophe au Nord Est présente des pentes importantes (supérieures à 10°) susceptibles de provoquer des glissements de terrain ayant des répercussions sur la commune de SOISY SOUS MONTMORENCY en contrebas du versant.

C Effets et conséquences

Du fait des déformations et des déplacements en masse, les glissements peuvent entraîner des dommages importants pour les constructions. En revanche, l'expérience montre que les accidents de personnes liés aux glissements sont peu fréquents.

III.3 LES CARRIERES DE GYPSE

A Exploitation du gypse – Éboulements d’abrupts rocheux

Le gypse est un sulfate de calcium hydraté dont la formule chimique est $\text{CaSO}_4, 2(\text{H}_2\text{O})$. Il est exploité pour être transformé en plâtre après une déshydratation. Le plâtre présente alors la formule chimique $\text{CaSO}_4, \frac{1}{2}(\text{H}_2\text{O})$.

L'extraction du gypse sur la commune de SOISY SOUS MONTMORENCY a été réalisée dans deux carrières délimitées depuis lors par arrêté préfectoral en application de l'ex article R 111.3 du code de l'urbanisme, délimitation qui a valeur de PPR. Ces carrières sont caractérisées par des entrées en cavages qui déterminent dans la topographie de petites falaises rocheuses dont l'instabilité a été prise en compte dans l'élaboration du Plan de Prévention des Risques

Elles figurent sur le plan d'aléas sous l'indice C et intègrent le risque d'éboulement de fronts de taille ou d'entrée en cavage.

Les carrières de gypse ont été exploitées tant en souterrain qu'à ciel ouvert sur la commune et sont réparties en 2 secteurs :

- la Fontaine Bourdonnais
- le Trou du Loup

B Localisation des zones d'exploitation du gypse

Partie Haute – La Fontaine Bourdonnais

Cette zone semble avoir été exploitée en plusieurs points dès le début du XIX^{ème} siècle. Un arrêté préfectoral de 1830 autorise une exploitation à ciel ouvert rue du pavé " Saint Pol " à un Monsieur Durand. Les établissements Vieujot occupent cette carrière à partir de 1947. Les matériaux ne sont pas extraits sur place mais proviennent de la carrière de Bessancourt.

Plusieurs accidents sont rapportés autour de l'année 1929, qui attestent de l'existence de carrières à ciel ouvert à l'aval de la sente des Aloyaux.

En 1964, le service des mines fait état d'un glissement dans la carrière de la sente des Aloyaux.

Partie Basse – Le Trou du Loup

Une autorisation est donnée en 1874 à un certain Hippolyte Lacour, de creuser une galerie sous le chemin du Chat, et de 2 galeries sous le chemin du Grand Chat pour un Monsieur Marchand.

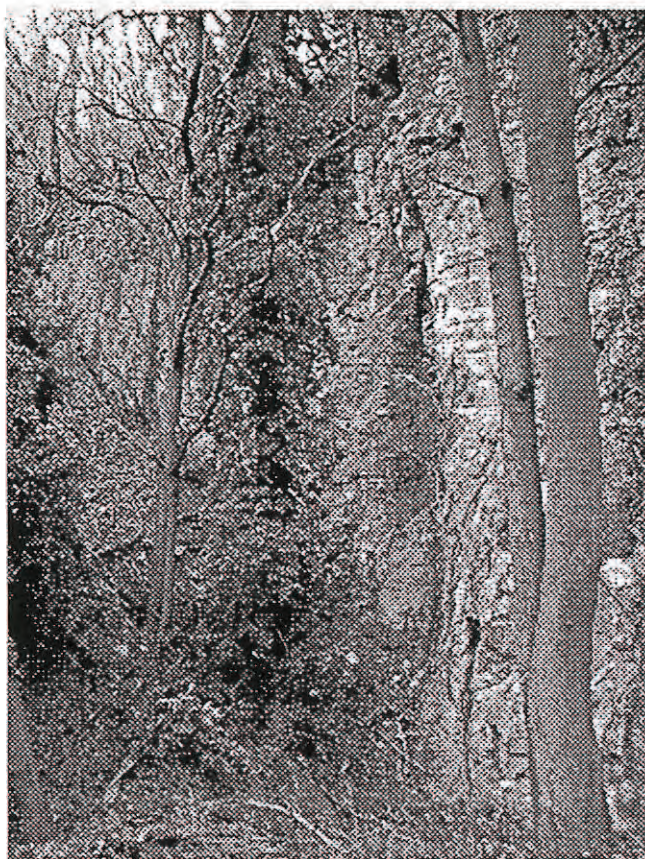
En 1875, Monsieur Rejot est autorisé à exploiter une carrière à ciel ouvert au lieu dit le Petit Chat.

En 1891, Monsieur Marchand obtient l'autorisation de procéder au creusement d'une exploitation souterraine de 3 mètres de large sous le chemin du Grand Chat.

La carrière du Trou du Loup, limitée par la rue des Molléons, la rue de Pontoise au Nord et la rue du Grand Chat à l'Est a été exploitée à ciel ouvert et en souterrain en limite de Montmorency.

Dans ce secteur, la topographie est marquée par un talus d'une quinzaine de mètres avec une crête placée vers 81 N.G.F. et un pied de talus vers 65 N.G.F. Les entrées en cavage sont actuellement comblées et les informations de l'Inspection Générale des Carrières font état d'un sol vers 56 N.G.F. et d'un ciel d'exploitation vers 60 N.G.F. Pour l'exploitation à ciel ouvert, la topographie montre l'existence d'une excavation en partie centrale.

Dans les deux carrières, les surfaces sont essentiellement occupées par un couvert végétal de type bois.



Front de taille de la carrière du Trou du Loup

C Effets et conséquences

Les risques liés à la présence des carrières sur la commune de SOISY SOUS MONTMORENCY regroupent les risques de mouvements de terrains liés à la présence de cavités issues de l'exploitation en souterrain et les risques de glissement de terrains provoqués par les fortes pentes créées artificiellement lors de l'exploitation à ciel ouvert (front de taille, entrée en cavage).

Les plans de l'Inspection Générale des Carrières permettent de connaître les emplacements et l'état des cavités d'exploitation. Les plans topographiques des carrières relèvent les zones de pentes importantes. Cependant des incertitudes subsistent quant à la localisation de certaines cavités et impliquent que la politique de prévention des risques d'effondrement et de glissement porte sur toute la zone de carrière.

III.4 RETRAIT GONFLEMENT DES SOLS

Les mouvements de terrain différentiels consécutifs aux deux épisodes de sécheresse dans les années 1990 ont provoqué, en France, la fissuration de nombreuses constructions résidentielles individuelles réparties sur plus de 60 départements. Compte tenu de l'importance et de la vulnérabilité du parc immobilier concerné et du coût particulièrement élevé des réparations des dommages (plus d'un milliard de F par an), il est nécessaire de prendre les mesures de prévention qui s'imposent.

La commune de Soisy sous Montmorency a fait l'objet, en 1991 et en 1997, de deux arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour ce risque, couvrant l'ensemble de la période allant de juin 1989 à novembre 1996.

La nature argileuse des formations de pente issues du démantèlement des assises supérieures sur l'ensemble du versant confère aux sols une sensibilité marquée aux phénomènes de retrait/gonflement.

Lors d'épisodes secs, les niveaux à dominante argileuse subissent une dessiccation qui provoque une diminution volumique des sols (retrait). Ce phénomène peut être accentué par la présence d'une végétation à proximité.

A l'inverse, et dans certaines conditions de réhumidification, sous l'effet de circulations hydrodynamiques ou d'une pluviométrie importante, les formations argileuses peuvent développer des efforts parasites sous dalle et sous fondations.

Ces mouvements oscillatoires contribuent à une fragilisation importante des ouvrages, notamment les constructions légères sans sous-sol.

IV QUALIFICATION DES ALEAS

L'aléa est qualifié en fonction de l'intensité du phénomène qu'il caractérise.

On s'attache à qualifier les aléas des risques de karstification susceptibles d'entraîner des affaissements ou effondrements et de glissement de terrain, ainsi que les aléas des risques provoqués par la présence de carrières sur le territoire de la commune de SOISY SOUS MONTMORENCY.

IV.1 ALEAS DE REFERENCE

Selon les directives officielles, la qualification des aléas se fait par comparaison à un aléa de référence.

En l'absence d'événement historique enregistré sur le périmètre d'étude, on s'appuie soit :

- sur le plus fort événement historique observé dans un secteur proche, présentant une configuration similaire au plan géologique, géomorphologique, hydrogéologique et structural
- sur le plus fort événement potentiel vraisemblable à échéance centennale ou plus en cas de danger humain.

Dans le cas présent, en l'absence d'événement historique concernant la karstification dans un secteur proche et de configuration similaire, la caractérisation de l'aléa de référence nécessite une approche non seulement descriptive de l'état des masses et marnes du gypse mais également une approche prédictive du phénomène de dissolution du gypse. Il est important de préciser que l'effondrement survenu en 1981 dans la rue Gaétan Pirou ne peut pas formellement être rattaché à la karstification du gypse.

En ce qui concerne les glissements de terrain, plusieurs événements ont été observés sur la commune dans le quartier des Sources. La caractérisation de cet aléa est donc réalisée à partir de l'examen du bâti couplée à la mise en place d'un système de surveillance par inclinométrie.

Les carrières, quant à elles, sont caractérisées à la fois par le risque de mouvements de terrains liés à la présence de cavité et par le risque d'éboulement des entrées en cavages. La caractérisation des aléas suit les procédures indiquées ci-dessus.

IV.2 ALEA DE KARSTIFICATION

La cartographie des risques correspondant au zonage actuel s'appuie d'une part sur l'analyse des études géologiques réalisées antérieurement à 1988 et sur l'approche théorique de l'évolution des vides.

L'examen des études a permis de mettre au point un modèle stratigraphique très complet. Le modèle stratigraphique et son degré d'altération du gypse résulteraient du pendage général des couches (2 à 3 %), de leur pendage local (8 à 10 %) et de la pente d'écoulement de la nappe (0,2 à 0,5 %). Cette ondulation sur un plan incliné caractériserait la structure des Masses du Gypse et expliquerait la présence de niveaux alternativement noyés et dénoyés.

A partir du modèle précédent, une formulation empirique permet d'évaluer la hauteur potentielle d'évolution verticale d'une cavité. Par application du principe de conservation des volumes (les effondrements se succèdent jusqu'à disparition du vide par foisonnement des éboulis), l'approche théorique envisage l'évolution verticale de cavité à partir de 4 paramètres : hauteur, rayon du vide, foisonnement et angle de talus naturel des recouvrements. Cette approche, limitée à un recouvrement homogène, isotrope et sans écoulements, permet de mettre en évidence des facteurs déterminants dans la vocation des cavités karstiques (effondrement ou affaissement).

En fait, la problématique de la karstification recouvre des approches très différentes selon que l'on s'intéresse à l'aspect purement descriptif du phénomène ou à l'aspect prédictif.

La démarche adoptée couvre ces 2 aspects et s'appuie donc d'une part sur le traitement statistique des données de sondages (études anciennes et nouvelles) afin de déterminer les facteurs de localisation des anomalies des masses et marnes du gypse et d'autre part sur l'examen des facteurs d'évolution au sens mécanique vers une incidence des karsts en surface.

L'appréciation du niveau de risque de mouvement en surface implique la connaissance de la répartition, de l'état des masses gypseuses et de la présence des cavités karstiques. Sur la commune de SOISY SOUS MONTMORENCY, cette connaissance est appréciée à partir :

- d'une modélisation du site, obtenue par un examen de la morphologie des buttes de MONTMORENCY et CORMEILLES combiné aux données géologiques (synthèse des études disponibles sur le site).
- de l'interprétation des sondages de reconnaissance.

Le zonage établi en 1989 fait référence à une zone blanche (sans risque ou risque acceptable) et une zone bleue à risque découpée selon 2 secteurs :

1. B1 Secteur exposé au risque d'effondrement (Aléa 1)
2. B2 Secteur exposé au risque d'affaissement (Aléa 2)

Le Plan d'exposition aux risques approuvé en 1989 édicte un certain nombre de règles d'urbanisme applicables aux zones concernées.

- La zone des Marcherues et Bois des Aulnes, classée en risque d'effondrement, s'inscrit sensiblement entre la ligne de niveau 76 et 95 N.G.F.
- La zone du Clos Giffier et du Bois Gazet classée en risque d'affaissement, s'établit entre les cotes 64 et 76 N.G.F.
- La zone située entre la carrière du Trou du Loup et approximativement les courbes de niveaux 55 à 60 N.G.F. est classée en risque d'affaissement 1B et en zone d'effondrement 1A.

IV.2.1 Acquisition des données

La karstification est rarement observable, on procède donc généralement à une collecte des données à partir de la surface par des méthodes directes ou indirectes.

A Méthodes directes

Au titre des méthodes directes, le sondage apparaît comme le moyen le plus simple de vérifier l'absence ou la présence de cavités. Lors des différentes campagnes de sondages effectuées sur la commune, les forages destructifs ont été couplés à des enregistrements de diagraphies instantanées, de diagraphies nucléaires et de sondages pressiométriques. Cependant, les méthodes directes par sondage n'appréhendent que la dimension hauteur du karst avec une probabilité très forte que la dimension observée ne soit pas maximale notamment dans le cas d'une cavité se développant horizontalement. La détection du karst résulte généralement de l'augmentation brutale d'un paramètre mesuré lors de la réalisation du sondage.

On rappellera pour mémoire quelques principes des diagraphies. D'une manière simplifiée, les diagraphies représentent l'ensemble des paramètres mesurables en cours du forage ou après réalisation. On parle alors de diagraphies instantanées ou de diagraphies différées.

Pour les diagraphies instantanées, les paramètres le plus souvent enregistrés concernent :

- La vitesse d'avancement de l'outil de forage
- La pression sur l'outil
- La pression d'injection du fluide de forage.

La vitesse d'avancement, qui dépend de la nature du sol, constitue sans doute le paramètre le plus couramment enregistré. En principe, la vitesse instantanée croît fortement en l'absence de toute résistance, mais elle dépend également des autres paramètres que sont la pression sur l'outil, le débit et la pression d'injection du fluide et le type d'outil (tricône, tri lame...)

Pour une interprétation lithologique, on est conduit à retenir les variations relatives suivantes :

Paramètre		Vide	Décompression	Cohérent	Pulvérulent	Rocheux
VIA	Vitesse	+++	++	+	-(1)	--
PI	Pression d'injection	--	-	+	-	+
PO	Pression sur l'outil	---	--	-	+	++
CR	Couple de rotation	-	-	-		++

(1) l'effet de lançage peut créer une augmentation artificielle de la vitesse d'avancement

C'est *a priori* avec l'enregistrement en continu de la vitesse que l'on peut détecter la présence de vides ou de cavités recoupés par le sondage et en déterminer la position et l'amplitude.

A titre indicatif, des vitesses moyennes pour la traversée des Masses et Marnes du Gypse en fonction de la pression appliquée sont données ci-après. Ces valeurs n'ont de sens que rapportées à la pression sur l'outil.

	PO en bars	VIA en m/h	
	moyenne	Min	Max
Marnes Supragypseuses	40	5	70
Première Masse G1	40	10	80
Intermasse G1a	40	10	60
Deuxième Masse G2	30	20	50
Intermasse G2a	30	30	75
Troisième Masse G3	30	60	100

D'une manière générale, les vitesses d'avancement sont peu différenciées en fonction du milieu, ce qui montre que ce paramètre ne peut à lui seul permettre une interprétation lithologique correcte.

Pour ce qui concerne les sondages du L.R.O.P., l'interprétation des diagraphies instantanées, reste délicate dans la mesure où la pression sur l'outil n'a pas été mesurée. On dispose néanmoins d'un étalonnage de l'enregistreur pour un vide d'une hauteur de 1,50 m, pour lequel la vitesse atteint 950 m/h. La qualification de karst peut donc être calée sur cet étalonnage. D'une manière générale, la mauvaise qualité des diagraphies instantanées rend difficile toute interprétation lithologique basée sur ces enregistrements.

Pour ce qui concerne les sondages de la société ACCIES, les diagraphies de type LIM utilisées fournissent en général des profils plus instructifs (VIA/PO/PI) et exploitables. Ces données ne concernent toutefois que 2 sondages réalisés en limite de la zone d'étude.

Pour ce qui concerne les sondages de la société GEOMEDIA, l'enregistreur GEOSCAN donne les mêmes paramètres que le LIM.

Les diagraphies différées constituent les enregistrements effectués après réalisation et équipement du forage. Dans le cas présent, les diagraphies dites nucléaires ont enregistré des profils appelés gamma-ray. Le principe repose sur le fait qu'à chaque type de roche ou de sol correspond une émission radioactive dont l'importance du flux dépend de la nature minéralogique. Les argiles en particulier présentent un flux très élevé relativement aux autres formations alors que le gypse massif ne montre aucune émission radioactive. La précision est cependant moindre dans les formations de faible