



Etude d'impact
Exploitation souterraine de gypse par la méthode
d'affaissement dirigé
Carrière de Villiers-Adam

François BLANCHARD

Mars 1992

R 34 621

AVANT-PROPOS

La présente étude d'impact s'inscrit dans le cadre d'un projet de mise en exploitation de carrières souterraines par affaissements dirigés, réalisé par la Société des Plâtres LAFARGE (carrières Nord, Le Pin) et situé sur le territoire de Béthemont-la-Forêt dans le département du Val d'Oise.

Le rapport développé ci-après traite les chapitres d'une étude d'impact réglementaire ; il décrit et analyse :

- l'état initial du site et de ses abords ;
- la nature des travaux envisagés ;
- les impacts du futur projet et les raisons du choix du site ;
- les mesures envisagées pour supprimer, réduire ou compenser les impacts dommageables du projet sur l'environnement.

Table des matières

	<u>Page</u>
1 - ANALYSE DE L'ETAT INITIAL	1
1.1. Situation géographique et accès	1
1.2. Paysage - topographie	1
1.2.1. Environnement paysager	1
1.2.2. Description du site des carrières	2
1.3. Géologie	2
1.3.1. Contexte géologique	2
1.3.2. Description du gisement	6
1.4. Hydrogéologie	7
1.5. Hydrologie	8
1.6. Le milieu naturel	10
1.6.1. La flore	10
1.6.2. La faune	18
1.7. Le milieu humain	18
1.7.1. Population	18
1.7.2. Economie	19
1.7.3. Loisirs - tourisme	20
1.7.4. Environnement humain	20
1.8. Contraintes et servitudes	21
1.8.1. Document d'urbanisme	21
1.8.2. Code forestier	21
1.8.3. Sites et monuments historiques	21
1.8.4. Autres servitudes	21
2 - ANALYSE DES EFFETS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT ...	22
2.1. Introduction	22
2.2. Les méthodes d'exploitation	22
2.2.1. Méthode traditionnelle	22
2.2.2. Méthode par affaissement dirigé	23
2.2.3. Reprise et évacuation des matériaux	24
2.2.4. Le personnel et les horaires	24
2.3. Impact sur les eaux	24
2.3.1. Eaux de surface	24
2.3.2. Les eaux souterraines	24

	<u>Page</u>
2.4. Impact sur le milieu naturel	26
2.5. Effets sur le milieu humain	27
2.5.1. <i>Les vibrations</i>	27
2.5.2. <i>Les bruits</i>	32
2.5.3. <i>Les poussières</i>	33
2.5.4. <i>Les déchets</i>	33
2.6. Impact social et économique	33
3 - MOTIVATIONS DU CHOIX DU MODE D'EXPLOITATION	34
4 - MESURES PREVUES POUR PREVENIR, SUPPRIMER, REDUIRE ET SI POSSIBLE COMPENSER LES CONSEQUENCES DOMMAGEABLES DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT	36
4.1. Protection des eaux de surface et des eaux souterraines	36
4.2. Protection du milieu naturel	36
4.3. Protection du milieu humain	38
4.3.1. <i>Lutte contre les vibrations</i>	38
4.3.2. <i>Mesures de sécurité</i>	39

Etude d'impact
Exploitation souterraine de gypse par la méthode
d'affaissement dirigé
Carrière de Villiers-Adam

1 - ANALYSE DE L'ETAT INITIAL

1.1. Situation géographique et accès

Les carrières souterraines sont situées sur le territoire de la commune de Béthemont-la-Forêt, à environ 25 km de Paris et à 12 km de Pontoise, dans le département du Val d'Oise.

Les carrières se trouvent sous la forêt domaniale de Montmorency qui forme un plateau dont les pentes sont occupées par les villages de Béthemont et Chauvry au Nord.

Les exploitations actuelles se situent au Sud du territoire communal. Ce dernier est limité :

- à l'Est, par la commune de Chauvry ;
- à l'Ouest, par la commune de Villiers-Adam ;
- au Sud, par la commune de Saint-Leu-la-Forêt.

Depuis Béthemont, on accède aux carrières en empruntant la CD44 (direction Villiers-Adam). L'accès à l'exploitation se situe du côté gauche de la route en descendant vers Chauvry. L'entrée des galeries étant à une distance de 400 m de l'intersection, en zone forestière.

1.2. Paysage - topographie

1.2.1. Environnement paysager

Le département du Val d'Oise peut être découpé en deux régions naturelles distinctes, séparées par la vallée de l'Oise, le Vexin et à l'Est la Plaine de France.

Le Vexin se présente comme un plateau de 100 à 150 m d'altitude, limité à l'Ouest, au Sud et à l'Est, respectivement par les vallées de l'Epte, de la Seine et de l'Oise.

La Plaine de France, quant à elle, peut être divisée en deux zones :

- le Parisien et le Pays de France à l'Est et au Nord, dont l'altitude moyenne est à la cote + 100 m ;
- au Sud, une série de buttes ayant à peu près une centaine de mètres de hauteur, pour la plupart occupées par des forêts, telle la forêt de Montmorency (figure 1).

1.2.2. Description du site des carrières

Le plateau de Montmorency est occupé par la forêt de 130 m à 190 m d'altitude (point culminant de la butte). Les carrières actuellement en exploitation qui sont entre 40 et 70 m de profondeur environ sous la surface du plateau, sont à une distance allant de 300 à 1000 m des premières habitations des bourgs de Béthemont-la-Forêt et de Chauvry. La zone de carrières d'environ 40 ha, qui fait actuellement l'objet d'affaissement dirigé, est située au Sud de ces deux bourgs.

Le gisement de gypse recélé par la butte de Montmorency est connu et exploité depuis de nombreuses années.

1.3. Géologie (figure 2)

1.3.1. Contexte géologique

Géologiquement, la colline couverte par la forêt de Montmorency constitue une "butte témoin" où les formations gypsifères sont recouvertes par l'épaisse série oligocène et ne sont visibles que sur le pourtour du massif (exploitations de Taverny, Frépillon, Villiers-Adam, Saint-Brice, Soisy-Montmorency).

Schématiquement, on observe la série stratigraphique suivante (à partir des terrains les plus récents) :

- **Les limons des plateaux**, très développés sur l'ensemble du Vexin et surtout représentés au Nord-Est et sur la butte de Montmorency dans la Plaine de France. Ils sont généralement très argileux, de couleur jaune, rouge et ocre. Ces formations constituent une couche de protection superficielle.
- **Les formations du Tertiaire supérieur (Oligocène)**, localisées au niveau de certaines buttes, on y distingue :
 - . les meulières de Beauce ou de Montmorency : blocs siliceux enrobés d'argiles ;
 - . les sables et grès de Fontainebleau fins, jaunâtres ou blancs, qui constituent l'assise principale des buttes ;

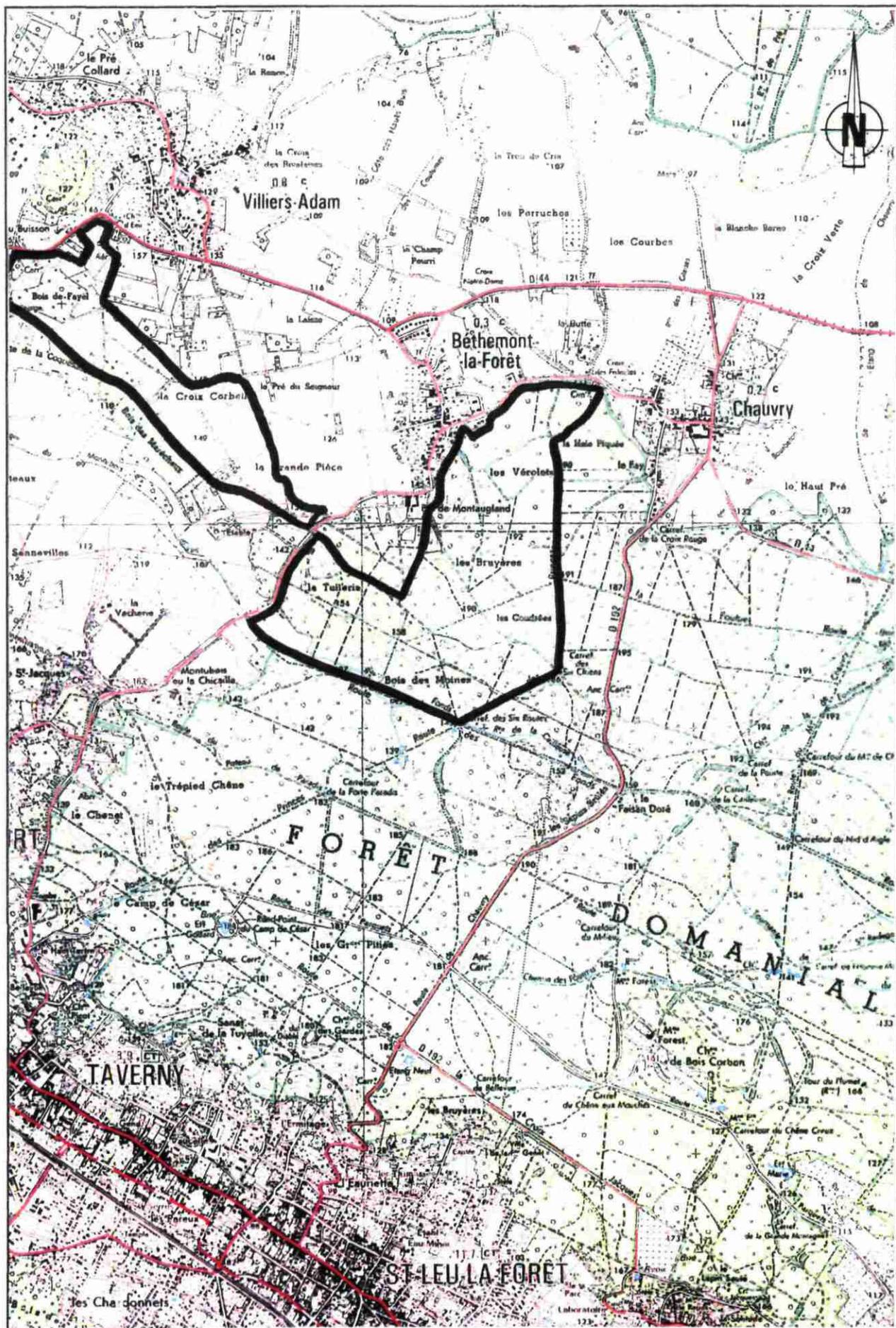
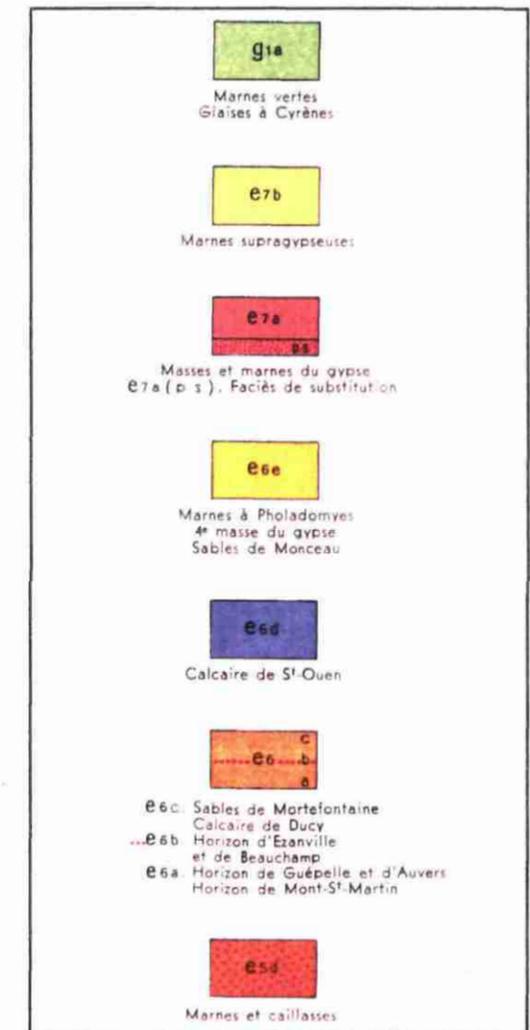
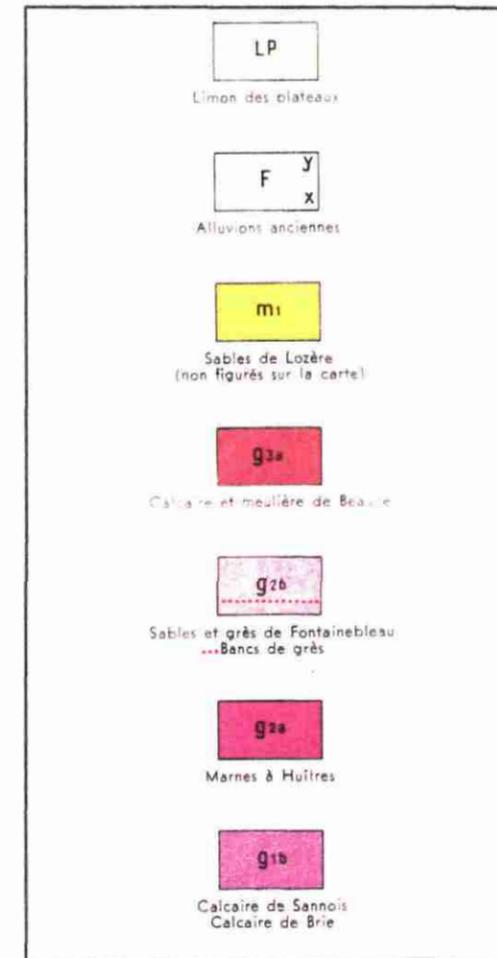
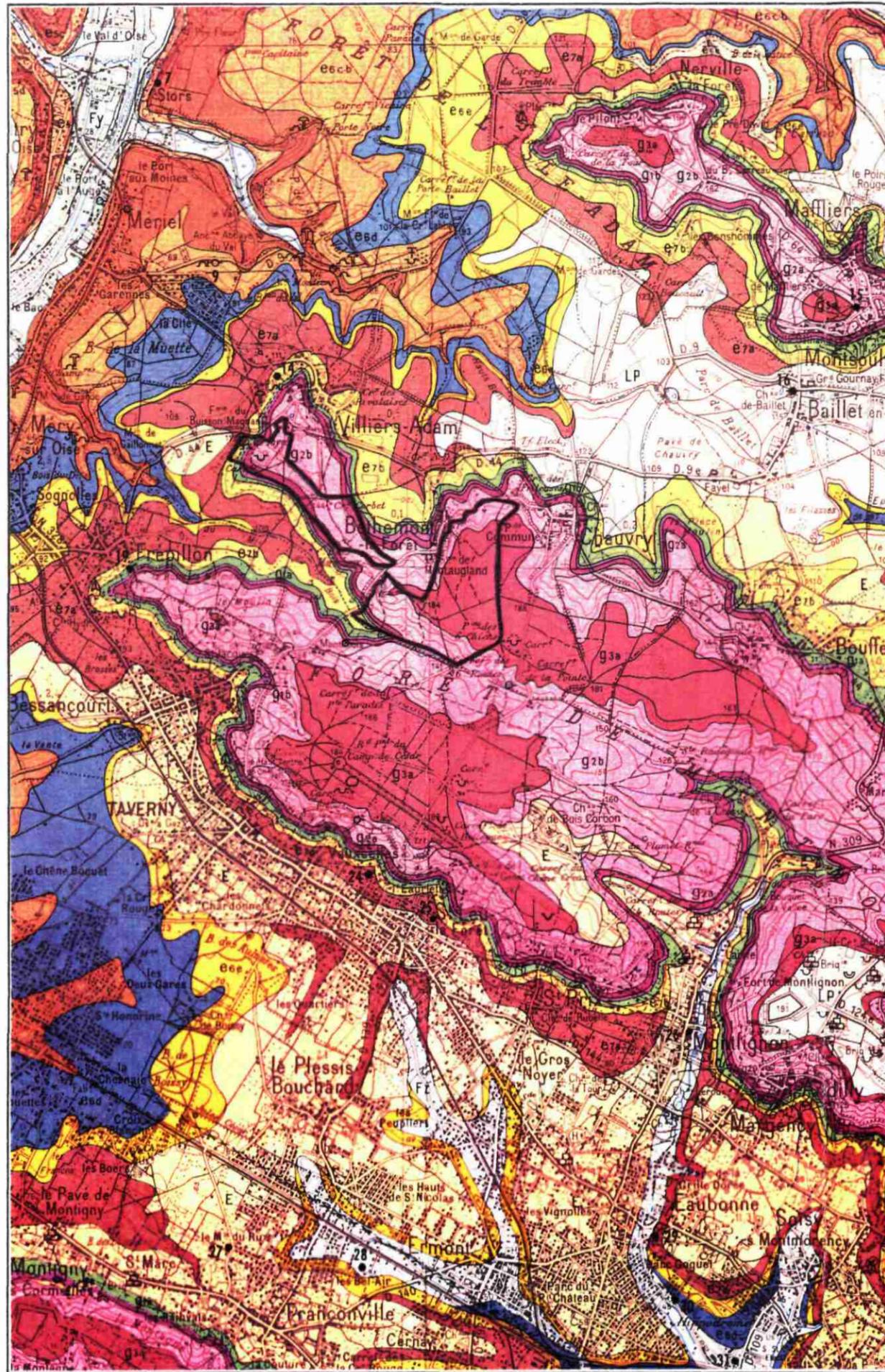


FIG. -1- LOCALISATION DU PROJET



ECHELLE
0 500 1000m

FIG. -2- CARTE GEOLOGIQUE

- . les marnes blanches et vertes du Sannoisien : les faciès sont variables mais la base est toujours représentée par les marnes vertes qui constituent une protection pour les réservoirs aquifères sous-jacents (3 à 6 m).
- Les formations du Tertiaire moyen (Eocène) : elles constituent la majorité des terrains affleurants, formant les assises suivantes :
 - . marnes et masses du gypse (Ludien) : les niveaux marneux prédominent et par endroit le gypse a été exploité sur 6 à 12 m de puissance ;
 - . sables de marines et de Cresnes (Marinésien) : fins, plus ou moins argileux avec des passées gréseuses ;
 - . calcaires de Saint-Ouen (Marinésien) : calcaire blanc rosé avec intercalations argileuses ;
 - . sables de Beauchamp (Auversien) : blanc jaunâtre avec des intercalations gréseuses et des bancs de sable argileux rubéfié ;
 - . Lutétien : marnes et caillasses formées d'alternance de marnes et de calcaires siliceux ou marneux, calcaire grossier : alternance de bancs calcaires souvent fissurés ;
 - . les sables de Cuise (Cuisien) : fins, gris jaune, quartzeux, micacés et argileux ;
 - . sables et argiles du Sparnacien avec des niveaux de sables fins au sommet et un niveau argilo-sableux avec des argiles plastiques à la base.
- Les formations du Crétacé, constituées par la craie du Campanien qui affleure dans certaines vallées et dont le sommet peut être fissuré.

Régionalement, la série gypsifère proprement dite (Ludien, Eocène supérieur) comprend trois niveaux de gypses, de haut en bas :

- la haute masse ou première masse (10 m environ) ;
- les marnes d'entre-deux-masses (3 à 4 m) ;
- la masse de basse-oeuvre ou deuxième masse (5 m environ) ;
- les marnes à Lucines (3 à 4 m) ;
- la troisième masse (3 m) ;
- les marnes à pholodomyes.

A l'Eocène, le centre du Bassin de Paris a été marqué par une suite de transgressions et de régressions marines d'inégale importance qui ont engendré dans cette région le dépôt successif ou simultané de sédiments d'origine marine, lagunaire ou continentale.

Le gypse s'est déposé au cours de l'épisode ludien qui marque la fin de l'Eocène en France.

Le recouvrement marneux (marnes supra-gypseuses) et les formations imperméables de l'Oligocène ont protégé efficacement les masses gypseuses de la dissolution.

Par contre, l'érosion intense du Quaternaire a modelé le relief actuel, découpant les plateaux, faisant apparaître les collines et laissant subsister des buttes témoins.

C'est dans ces buttes, derniers vestiges de la lagune ludienne, que sont exploités les gisements de gypse du Bassin de Paris.

1.3.2. Description du gisement

Régionalement, le massif de Montmorency est situé sur le flanc nord du synclinal de la Seine dont l'axe WNW-ESE passe par les localités du Pierrelaye, Beauchamp, Ermont et Enghien.

La série est affectée, dans son ensemble, par un léger pendage vers le SSW.

Le gypse est un sulfate de calcium hydraté $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dans les proportions d'oxyde suivantes :

- CaO : 32,6 %
- SO₃ : 46,5 %
- H₂O : 20,9 %

C'est un minéral tendre (dureté moyenne : 2 dans l'échelle de MOHS), de densité 2,3 ; le gypse est soluble dans l'eau (1,2 g/l).

La quantité du gypse de la première masse du massif de Montmorency est bien connue, régionalement, par les exploitations actuelles de Taverny, Villiers-Adam, etc.

Le tout-venant est généralement homogène et constitué de gypse saccharoïde compact avec rares filets marneux, de couleur gris foncé à la base ("plâtres durs"), gris-ocre au centre ("plâtres demi-durs"), jaunes et blancs au sommet ("plâtres tendres").

La première masse présente de fines intercalations marneuses dont la hauteur cumulée ne dépasse pas 0,20 m.

La deuxième masse montre généralement 2 ou 3 niveaux de marnes blanches interstratifiées dont la hauteur cumulée varie entre 0,40 et 0,70 m.

Sa couleur est également variable, le minéral peut être translucide, d'un blanc très pur ou être diversement teinté (présence d'oxydes).

La variété de gypse la plus utilisée pour la fabrication du plâtre est une pierre compacte et mal cristallisée (à grains grossiers ou au contraire très fins), se trouvant en masse quelquefois considérable d'où son intérêt. Ce n'est que par endroit qu'il est possible de distinguer des cristaux, parfois de grande taille, englobés dans la masse.

1.4. Hydrogéologie

L'existence et les caractéristiques des ressources aquifères sont conditionnées par la lithologie des formations géologiques.

Compte tenu de la stratigraphie définie précédemment, on peut distinguer quatre réservoirs comportant chacun une nappe :

- nappe de l'Oligocène,
- nappe de l'Eocène supérieur,
- nappe de l'Eocène moyen et inférieur,
- nappe de la Craie.

Nappe de l'Oligocène :

C'est la nappe des sables de Fontainableau dont l'extension est limitée aux buttes témoins. Le substratum de cette nappe est constitué par les marnes vertes. La nappe libre alimente une série de sources réparties à la périphérie du massif de Montmorency, au contact des marnes à huîtres. Il n'existe pas de captage exploitant cette nappe dans la zone.

Nappe de l'Eocène supérieur :

Les sables de Beauchamp constituent le premier réservoir aquifère théoriquement utilisable en Plaine de France. La dernière carte piézométrique de cette nappe montrait un écoulement vers la fosse de Saint-Denis avec des axes de drainage privilégiés : les vallées de l'Oise et du Crould.

Nappe de l'Eocène moyen et inférieur :

Ces nappes correspondent à un aquifère complexe dont le magasin est formé par les calcaires lutétiens et sables yprésiens.

Localement, par suite de l'existence d'un niveau argileux intermédiaire, les deux nappes Lutétien et Cuisien, sont nettement individualisées.

Nappe de la Craie :

Cette nappe n'est sollicitée que dans les vallées où la craie est sub-affleurante. C'est la raison pour laquelle on y associe souvent les alluvions sus-jacentes.

Les conditions hydrogéologiques locales sont les suivantes :

L'aquifère principal est constitué en profondeur par les sables de Fontainebleau. Les marnes supragypseuses épaisses de 20 à 35 m en forment le substratum imperméable. La puissance maximale de la nappe des sables est de l'ordre de 12 m dans la région du Faisan Doré et sur la zone de Béthemont.

La profondeur, par rapport au sol, du niveau piézométrique atteint 45 m aux points culminants de la topographie.

L'allure de la carte piézométrique de la nappe des sables de Fontainebleau, déterminée d'après les observations de 26 piézomètres réalisés pour les besoins de l'étude depuis 1981, est représentée sur la figure 3, en même temps que l'emprise de la carrière souterraine qui doit faire l'objet des affaissements. L'amplitude annuelle de variation des niveaux de la nappe est de l'ordre du mètre.

Un second niveau aquifère superficiel est constitué de nappes perchées vraisemblablement discontinues situées sur l'argile à meulière qui occupe la partie supérieure des plateaux.

Compte tenu du couvert forestier, l'alimentation du système est relativement faible, de l'ordre de 50 à 60 mm en moyenne annuelle, ce qui représente moins de 10 % des précipitations.

Le découpage par nappes ne constitue pas une structure rigide sans échange entre les différents aquifères. En effet, compte tenu de l'hétérogénéité des terrains et des variations latérales de faciès, par endroit certaines nappes communiquent entre elles, constituant un seul et même système aquifère.

1.5. Hydrologie

La nappe des sables est drainée par deux types d'exutoires naturels coulant en toute saison, et présentant un débit bien régularisé :

- les ruisseaux qui constituent le réseau hydrographique principal, essentiellement le ru de Montubois à l'Ouest, s'écoulant vers l'Oise et les rus du Corbon, de Sainte-Radegonde et du Petit Moulin à l'Est drainé vers le lac d'Enghien ;
- les lignes de sources marquant l'affleurement des marnes supragypseuses, en général dissimulé sous des colluvions. Ces sources sont parfois utilisées par des captages anciens dont le débit n'excède pas 1 à 2 l/s.

Du point de vue hydrogéologique, les marnes et le gypse se comportent globalement comme une formation imperméable.

La position topographique du gisement au coeur d'une butte empêche toute venue d'eau souterraine latéralement depuis un massif voisin.

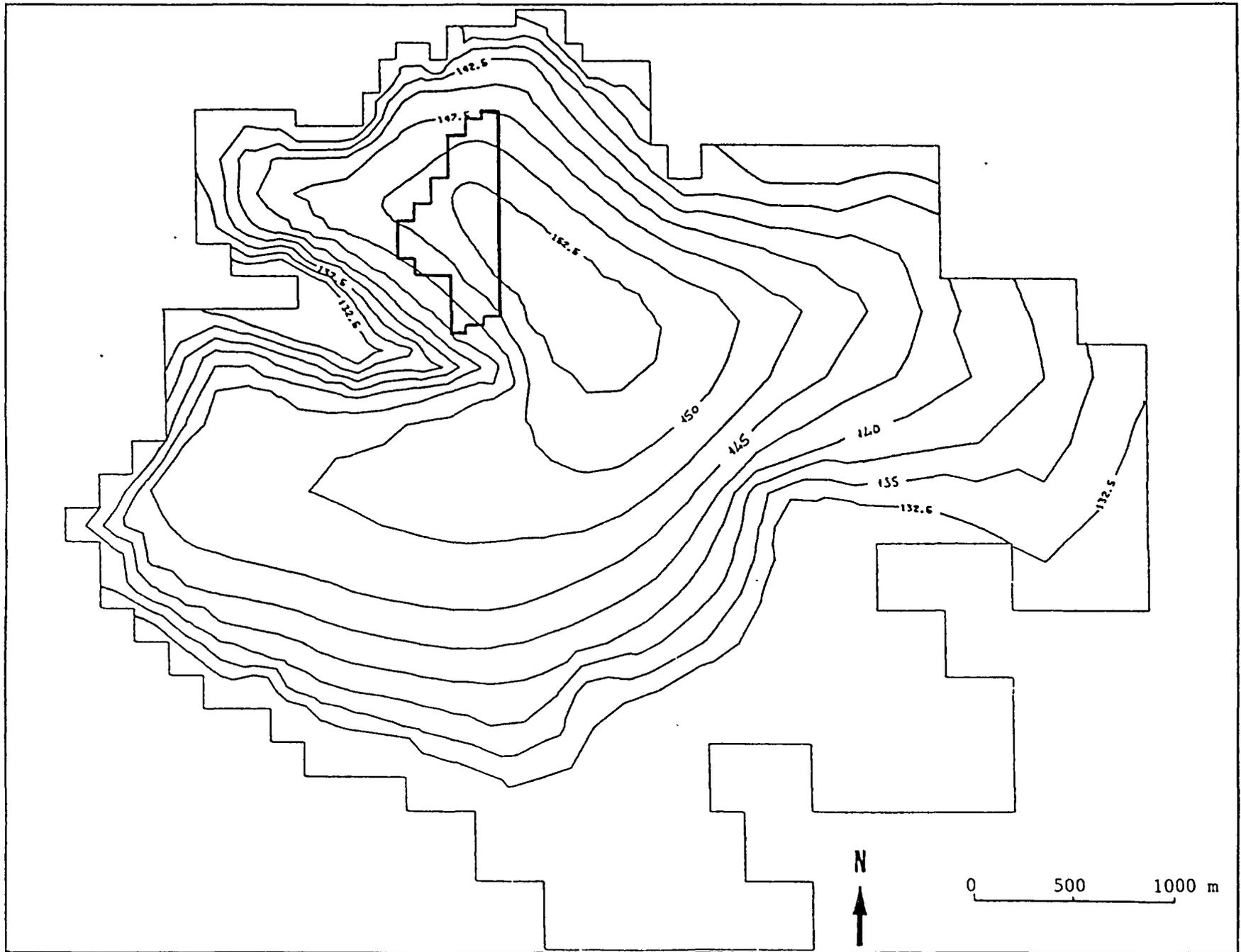


FIG. -3- CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE DES SABLES - EMPRISE DES AFFAISSEMENTS DIRIGES

1.6. Le milieu naturel

1.6.1. La flore

Dans le cadre de l'expérience d'exploitation par affaissement dirigé, il a été demandé au Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien de prendre en charge le thème "végétation". En effet, à la verticale des carrières à effondrer, se trouve la forêt domaniale de Montmorency, gérée par l'Office National des Forêts.

a) La végétation forestière du plateau (figure 4) :

En concertation avec l'Office National des Forêts et le Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien, plusieurs zones d'étude ont été définies.

- Zone I : située dans un secteur où il n'existe pas de concession d'exploitation de gypse, cette zone ne devrait pas subir de modification. Il s'agit d'une forêt adulte composée d'un taillis sous futaie qui servira de témoin "définitif". Rappelons que cette zone a déjà fait l'objet des données relatives à l'état "zéro" en 1985 (dans le cadre d'une autre expérimentation d'effondrement dirigé).
- Zone II : elle correspond à la totalité de la parcelle ONF n° 9 située sur le secteur des affaissements. C'est également une forêt adulte traitée en taillis sous futaie.
- Zone III : cette zone située sur le secteur des affaissements, correspond à une partie de la parcelle ONF n° 12, plantée en 1974 sous la forme de "blocs". Chaque bloc comprend environ une centaine de jeunes sujets de l'une des espèces suivantes : *Quercus pedunculata*, *Prunus avium*, *Fagus silvatica*, *Sorbus aucuparia*. La répartition des espèces est telle qu'aucune même espèce n'est mitoyenne (effet de "damier").

Les groupements végétaux (zones 1 et 2) : l'ensemble du secteur étudié est occupé par une châtaigneraie à ronce, le châtaignier et la ronce sont largement dominants.

Les espèces accompagnant le châtaignier et la ronce permettent de distinguer deux formes principales, subdivisées elles-mêmes en faciès :

- . forme acidiphile : elle se situe sur les côtés est et ouest de la zone étudiée, la diversité floristique est très faible, de 3 à 6 espèces par relevé (moyenne 4, 5). Outre les deux espèces principales, on ne trouve que des espèces acidiphiles (bouleau pubescent, bouleau verruqueux, fougère aigle, houlque molle, néflier), ainsi que ponctuellement le chêne pédonculé.

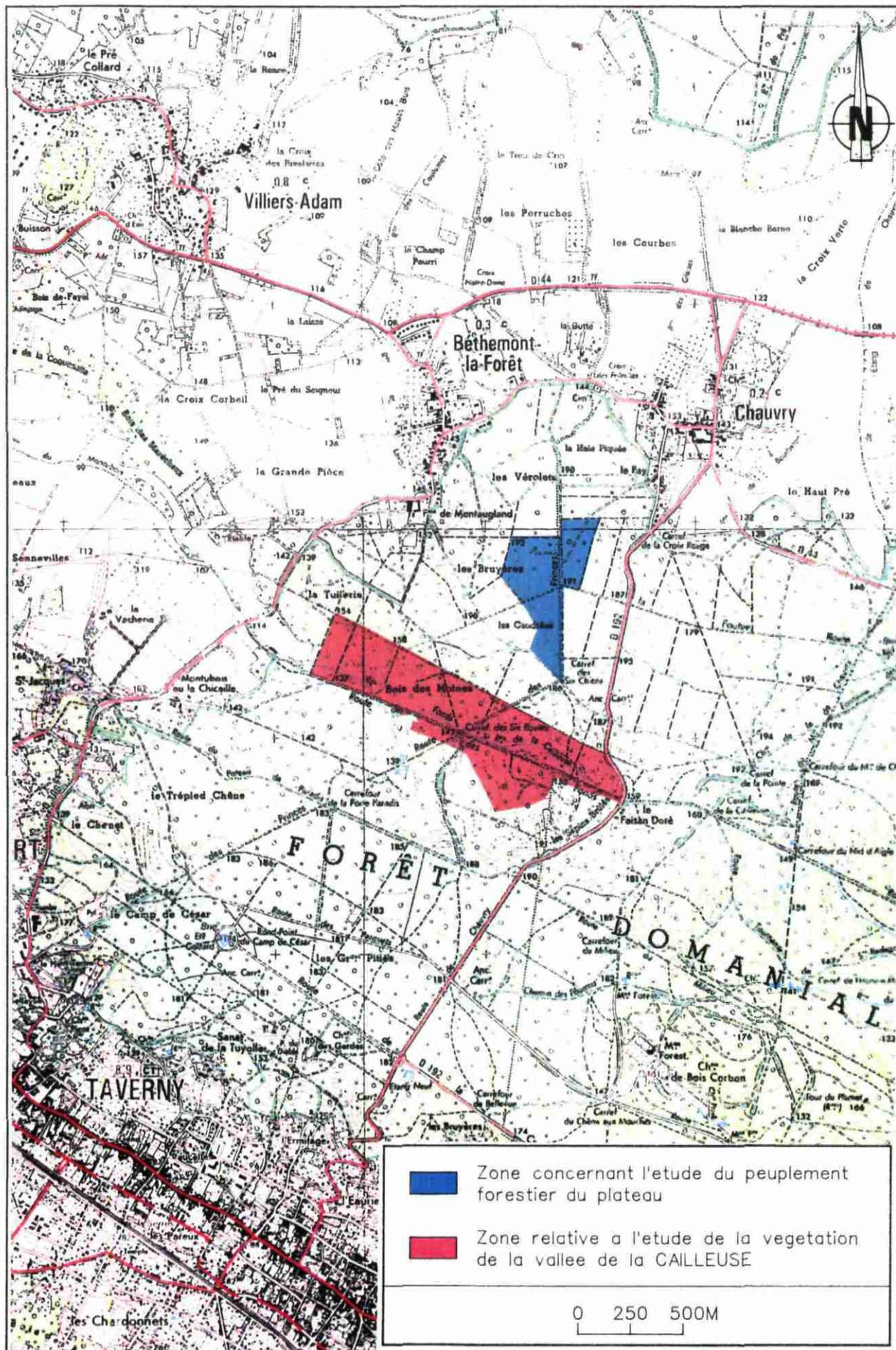


FIG. -4- CARTE DE LOCALISATION GENERALE DES ZONES D'ETUDE

On peut distinguer deux faciès : un faciès type où la ronce à un fort recouvrement et un faciès où la ronce à un faible recouvrement.

- forme plus mésophile : elle se situe dans la partie centrale de la zone étudiée. La richesse floristique est plus élevée que précédemment : de 6 à 13 espèces par relevé. Les espèces de la forme acidiphile précédente se maintiennent, mais il s'y ajoute un cortège d'espèces des sols moins acides (anémone sylvie, noisetier, jacinthe des bois, charme, etc.).

On peut y distinguer trois faciès : un faciès à muguet, un faciès type où le charme est assez régulier dans la strate arborescente, et un faciès à fougère mâle.

- Les peuplements forestiers :

Zone I : sur cette zone, la circonférence des arbres de futaie a été mesurée en 1985 et 1987. Les résultats ont permis de faire le point sur l'évolution de la parcelle et d'évaluer la croissance des arbres sur deux saisons de réjection.

On constate, d'après les résultats récapitulés sur le tableau 1, que la croissance moyenne, toutes espèces confondues, n'a été que de 2 cm en 2 ans, soit 1 cm par an. Compte tenu de la précision de la mesure (+ 1 cm), ceci montre qu'il faudra attendre plusieurs années pour obtenir des résultats utilisables sur le plan statistique.

Zone II : sur cette zone, 482 arbres ont été recensés, ils se répartissent de la façon suivante :

chêne sessile	1
chêne pédonculé	6
châtaignier	411
bouleau verruqueux	40
bouleau pubescent	11
hêtre	2
frêne	3
charme	1
peuplier tremble	4
robinier	3
	<hr/>
total :	482

- Placeau n° I - placeau témoin (parcelle ONF n° 8) : la seule espèce représentée dans le taillis du placeau témoin est le châtaignier. Les mesures et dénombrements effectués en 1985 ont été réactualisés en 1987. Le pourcentage des brins vivants et morts de ce placeau, ainsi que la circonférence moyenne calculée pour 1985 et 1987 sont récapitulés dans le tableau ci-après et suscitent les commentaires suivants :

	Recencés en 1985	Abattus en 1985	Abattus en 1987	Pas retrouvés en 1987	Problèmes de mesure en 1987	Utilisables pour les calculs	ACCROISSEMENT DE LA CIRCONFERENCE DU TRONC ENTRE 1985 et 1987 (en cm)							ACCROISSEMENT MOYEN DE LA CIRCONFERENCE ENTRE 1985 et 1987 (en cm)
							0	1	2	3	4	5	6	
CHATAIGNIER (<i>Castanea sativa</i>)	155	3		1	3	148	16	44	40	28	13	3	4	2,0
CHENE PEDONCULE (<i>Quercus pedunculata</i>)	19	1				18	7	7	3	1				0,9
BOULEAU VERRUQUEUX (<i>Betula verrucosa</i>)	11		1			10	2		3		4		1	2,8
BOULEAU PUBESCENT (<i>Betula pubescens</i>)	9				1	8	1	3	1		2		1	2,4
CHARME (<i>Carpinus betulus</i>)	7	2				5	1	2	1	1				1,4
FRENE (<i>Fraxinus excelsior</i>)	1					1						1		Non significatif
CHENE SESSILE (<i>Quercus sessiliflora</i>)	1					1		1						Non significatif
TOTAL	203	6	1	1	4	191	27	57	48	30	19	4	6	Moyenne : 2,0 cm

Tableau -1- ZONE TEMOIN (parcelle O.N.F. -8-): EVOLUTION 1985/1987

- . le nombre de brins vivants en 1987 n'a guère changé,
- . le nombre de brins morts a diminué, ce qui correspond probablement à la chute de certains d'entre eux, suite à leur pourrissement,
- . la croissance moyenne est de 1,6 cm en 2 ans ; comme pour futaie, on constate que pour le taillis, il faudra également attendre plusieurs années pour pouvoir utiliser les résultats.

P L A C E A U I							
ANNEES	TOTAL DES BRINS	BRINS VIVANTS		BRINS MORTS		CIRCONFERENCE MOYENNE DES BRINS VIVANTS	
		NOMBRE	%	NOMERE	%		
1985	354	158	44,5	197	55,5	41,7 cm	
1987	328	156	47,6	172	52,4	43,3 cm	

Tableau 2 : Résultats globaux des mesures 1985 et 1987 concernant le taillis du placeau I (châtaigniers)

- Placeau n° II : la seule espèce dans ce taillis est également le châtaignier. Les résultats montrent que la circonférence moyenne des brins vivants est quasiment identique à celle du placeau I.

Les jeunes plants de reboisement (zone 3) : un inventaire floristique a été effectué de façon sommaire sur les quatre échantillons de jeunes plants. Ces relevés succincts font apparaître un seul groupement végétal sur l'ensemble de cette zone. Il s'agit de la châtaigneraie à ronces rencontrée sur les autres zones étudiées, les formes acidiphiles et mésophiles étant peut être moins distinctes ici.

- Conclusions : les investigations menées en mai et juin 1987 ont permis une bonne caractérisation de l'état initial du site avant foudroyage.

La densité des investigations de l'année 1987 (14 relevés floristiques, 482 arbres de futaie, 204 jeunes sujets de chêne, 205 jeunes hêtres et 138 brins vivants du taillis de châtaignier) sur environ 13 hectares et la réactualisation des mesures des 191 arbres de futaie de la parcelle témoin (parcelle ONF n° 8), ainsi que celles des 156 brins vivants du placeau I, devraient permettre le suivi de l'évolution consécutive à l'expérience d'affaissement dirigé dans de bonnes conditions.

b) La végétation de la vallée de la Cailleuse (figure 4) :

Les trois facteurs qui déterminent la nature de la végétation sont l'abondance de l'eau, l'acidité du substrat et la topographie, ces trois éléments n'étant d'ailleurs pas indépendants.

- au-dessus de 150 m d'altitude, le substrat est sableux, acide et non engorgé : c'est de domaine de la châtaigneraie, traitée en taillis simple, où la végétation s'apparente à celle du plateau ;
- en-dessous de la cote 150, la situation se complique en fonction de la nature du substrat ainsi que de la pente du terrain :
 - . en amont, sur substrat sableux et plat ou peu pentu, c'est la tourbière acide à sphaignes qui occupe le terrain. Entre cette tourbière et la châtaigneraie, un liseré à bouleau pubescent marque la transition ;
 - . en aval de la vallée, quelques taches de tourbières existent en milieu de pente, juste à l'affleurement de la nappe. Un talus les séparent directement de la châtaigneraie ;
 - . sous ces tourbières acides se développent des marais à hautes herbes (*Carex acutiformis*, *Carex pendula*, *Equisetum maximum*) en relation avec des colluvions sableuses imprégnées d'eau chargée en calcium au contact des marnes sous-jacentes ;
 - . en aval, sur les marnes où l'écoulement superficiel se fait par des fossés, c'est la végétation des chênaies-charmaies humides qui se développe, et qui présente diverses variantes selon le sylvofaciès, l'épaisseur des dépôts colluviaux ou la proximité des ruisseaux.

- Description des grands types de végétation :

La châtaigneraie : elle est traitée en taillis simple. De rares réserves de chêne sessile ou pédonculé y sont parsemées. On peut y distinguer plusieurs variantes qui se manifestent par une physionomie différente :

- . un faciès nu, le plus pauvre, où ne figurent que quelques pieds dispersés des espèces les plus acidiphiles : fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), Canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*), *Carex* à pilule (*Carex pilulifera*) et des coussinets de la mousse *Leucobryum glaucum*. Ce faciès occupe les croupes les plus sèches ;
- . un faciès à muguet (*Convallaria maialis*), à chèvrefeuille (*Lonicera periclymenum*) se manifeste sur les parties les plus basses en relation sans doute avec une meilleure humidité. La fougère aigle est toujours présente, en compagnie de la germandrée et de quelques rares néfliers (*Mespilus germanica*) ;

- . un faciès à ronces (*Rubus fruticosus*) peu accueillant mais installé sur les sols les moins pauvres, sur des colluvions sableuses influencées par les marnes sous-jacentes. A part quelques espèces des faciès précédents, on y voit apparaître des plantes des chênaies, charmaies : l'anémone sylvie (*Anémone némorosa*) et la jacinthe (*Endymion nutans*) ;
- . un faciès à bouleau verruqueux où d'ailleurs le châtaignier n'existe pas, occupe quelques espèces sur les versants secs. La fougère aigle et parfois la Callune (*Calluna vulgaris*) constituent l'essentiel du sous-étage. Ces espèces résultent de la recolonisation d'anciens fragments de landes.

La flore qu'on y rencontre est de la plus grande banalité dans le cadre de l'île de France. Seul le néflier présente un intérêt par sa relative rareté.

La bétulaie pubescente fraîche : bien que le bouleau pubescent (*Betula pubescens*) s'étende aussi dans les milieux mouillés, il représente l'essence dominante d'une bande de végétation qui sépare la châtaigneraie des tourbières, surtout dans la partie amont de la vallée. Ce liseré est d'une largeur inversement proportionnelle à la pente. Il se situe dans les deux mètres environ au-dessus de l'affleurement de la nappe.

Son cortège floristique se résume à la fougère aigle et à la molinie (*Molinia coerulea*), quelquefois mélangées de chèvrefeuille et de muguet.

Les tourbières acides à sphaignes : elles occupent les affleurements de la nappe, en pente modérée et sont disposées en plusieurs îlots. Leur existence est due à l'apport d'eaux acides et peu minéralisées. Ce sont les sphaignes, grandes mousses en tapis denses qui en constituent l'élément caractéristique. La décomposition très incomplète de ces végétaux permet l'accumulation de la tourbe. Les conditions du milieu (acidité, forte humidité capillaire) permettent l'installation d'une végétation spécialisée dont beaucoup d'espèces sont rares.

Les tourbières acides, devenues rares dans la région, existent encore dans la vallée de la Cailleuse. Cependant leur situation est fragile pour une cause inéluctable : leur surélévation continue par suite de la formation de tourbe, mais aussi par le boisement, notamment en saules et en bouleaux pubescents. Il semble aussi qu'une légère eutrophisation marquée par un envahissement par le roseau ou le carex acutiformis les menace. La raison vient sans doute de la modification légère de la pureté des eaux de l'impluvium.

Les bois marécageux à hautes herbes : contigus aux tourbières acides, ils occupent l'aval de ces dernières, l'influence du calcaire sous-jacent se faisant sentir sur la qualité de l'eau (minéralisation en calcium, élévation du pH). Les sphaignes disparaissent, d'autres espèces les relaient. Un humus plus minéral, de type anmoor plus ou moins tourbeux, se développe en relation avec une meilleure décomposition de la matière organique morte.

L'aulne (*Alnus glutinosa*), le frêne (*Fraxinus excelsior*), le bouleau pubescent et le saule marsault (*Salix caprea*) y sont constants dans la strate arborescente. La strate herbacée, disposée en mosaïque, révèle diverses variations du degré d'engorgement ou d'acidité.

Les coupes d'éclaircies (comme à l'extrême Ouest) favorisent l'apparition d'un important cortège d'espèces héliophiles (18) des marais, voire des prairies humides. Celles-ci régresseront lors de la fermeture du couvert arboré.

Au contraire des tourbières acides, les forêts mouilleuses tirent leur originalité et leur intérêt botanique du fait qu'elles sont boisées.

Les forêts fraîches (chênaies, charmaies) : elles occupent tout le centre de la partie aval de la vallée. Le sol y est sain, l'écoulement s'y fait par des ruisselets et non dans la masse du sol comme dans les cas précédents. Ces bois possèdent la végétation de diverses variantes des chênaies-charmaies (bien que le chêne et le charme soient fort peu représentés).

Frêne, bouleau, aulne, y occupent une place prépondérante dans le peuplement forestier, alors que le noisetier (*Corylus avellana*) abonde dans la strate arbustive et que la Mercuriale vivace (*Mercurialis perennis*) est l'espèce la plus constante de la strate herbacée.

Un important lot d'espèces caractérise ce type de forêt, et trahit un milieu à la fois riche, frais et fortement calcifié, parmi lesquelles :

la Circée de Paris	(<i>Circea lutetiana</i>)
le Lamier jaune	(<i>Lamium falcatifolium</i>)
le Carex des bois	(<i>Polygonatum multiflorum</i>)
la Primevère élevée	(<i>Primula elatior</i>)
la Ficaire	(<i>Ficaria verna</i>)
l'Arum tacheté	(<i>Arum maculatum</i>)
le Grosciller	(<i>Ribes rubrum</i>)

et bien d'autres..

Plusieurs variantes peuvent être reconnues, en fonction des variations de la qualité du substrat ou de la densité et de la qualité du boisement.

Les chemins humides : bien que faible, la circulation des chevaux, de quelques motos ou 4x4 et des tracteurs de débardage, provoque la formation d'ornières ou stoppe le drainage, créant ainsi des biotopes favorables au développement d'une végétation spécialisée. Plusieurs sites ont retenu notre attention :

- . au bord de la route des Princes (7) à 60 m du carrefour des Six Routes, une fondrière est envahie par un peuplement de hautes herbes (22 espèces sur une quinzaine de m²) où domine le scirpe des bois (*Scirpus silvaticus*). Un autre scirpe (*Scirpus setaceus*), le satellitaire des marais (*Stellaria uliginosa*) et une Glycérie (*Glyceria fluitans* ssp. *plicata*) attirent l'attention ;
- . la route des Fonds, au niveau de la tourbière enclose (6) présente une végétation de prairie humide acide où figurent notamment la succise (*Succisa praemorsa*), la stellaire des marais et en lisière la myrtille (*Vaccinium myrtillus*), pas rare dans les forêts nord-parisiennes mais presque inexistante plus au Sud ;
- . enfin le parcours du bas de la route des Fonds (11), parsemé de larges flaques et bordé de lisières parfois ensoleillées, permet de repérer (entre autres) *Veronica beccabunga*, *Bidens tripartitus*, le millepertuis à quatre ailes (*Hypericum acutum*), la Fétuque géante (*Festuca gigantea*), le Chenopode à plusieurs graines (*Chenopodium polyspermum*), le houblon (*Humulus lupulus*) ou encore le framboisier (*Rubus idaeus*).

En somme, la détérioration des chemins puis leur abandon induisent une amélioration de la richesse floristique.

c) Conclusions :

L'estimation de la valeur de la flore et de la végétation prend en compte plusieurs critères, dont les deux suivants sont les plus importants :

- la richesse : c'est le nombre d'espèces ou de groupements de végétaux qui existent sur un territoire. 157 espèces de plantes supérieures ont été recensées sur environ 45 hectares, ce qui est honorable compte tenu du caractère boisé de la vallée. Par ailleurs, il n'a pas été tenu compte d'un certain nombre de "banalités" des bords de chemins ou de lisières, ni des cryptogames (mousses, hépatiques, champignons), qui pourtant sont signalés dans les publications des naturalistes locaux. C'est donc 10 % des espèces de la flore de la région Ile de France qui sont présents sur ce petit territoire;
- la rareté : difficile à chiffrer tant qu'une échelle uniformément admise n'existe pas, elle peut cependant se mesurer par la consultation des flores régionales ou par l'appréciation subjective du prospecteur. C'est ainsi que nous avons relevé une

trentaine d'espèces rares, ou pas très communes, ou que nous n'avons pas l'habitude de voir souvent. Parmi celles-ci, la bruyère à quatre angles (*Erica tetralix*) et l'osmonde royale, semblent les plus remarquables. Parmi d'autres raretés signalées dans la vallée, le célèbre *Drosera rotundifolia* (plante carnivore des tourbières acides) et le *Calamagrostis lanceolata* (grande graminée des marais) n'ont pas été retrouvées. Peut-être sont-elles disparues ? Du point de vue des groupements des végétaux, ce sont incontestablement les tourbières à sphaignes qui représentent l'élément le plus intéressant, malgré une relative pauvreté en espèces. Ces biotopes ont fortement régressé dans la région au point que toute tourbière de ce type est devenue un élément précieux de la végétation régionale.

La vallée de la Cailleuse, dans l'ensemble, représente donc un site de grande qualité botanique, conforme à sa notoriété régionale. Cette vallée est en effet citée dans "l'Inventaire des richesses à protéger dans le Val d'Oise" (1974), dans "l'Inventaire des tourbières de France" et dans "l'Inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique" de l'Ile de France (1986).

1.6.2. La faune

La faune présente dans la zone est représentée principalement par le chevreuil, qui est en forte expansion comme dans l'ensemble de l'Ile de France. Le sanglier est peu présent et le renard, dont la population avait été décimée par les épidémies successives de rage, est en expansion. On retrouve la diversité habituelle au niveau des oiseaux (martin-pêcheur, sitelle, pic, etc.). Une explosion de la population des batraciens a été notée ces dernières années. Il apparaît que la faune de la région est beaucoup moins caractéristique que la flore.

1.7. Le milieu humain

La commune, d'une superficie de 379 hectares, est intéressée par le SDAU de Domont-Montsault.

L'objectif du SDAU est d'organiser l'essentiel des populations nouvelles autour des centres urbains en développement ou en formation (Domont, Bouffemont, Montsault), la Plaine de France et la vallée de Chauvry conservant leur caractère rural. Cette dernière assurant la liaison entre la forêt de Montmorency et la forêt de l'Isle-Adam, traversée par des itinéraires reliant divers points d'intérêt (l'Abbaye du Val est située au pied du promontoire de Villiers-Adam) est considérée comme "secteur d'intérêt touristique".

1.7.1. Population

On constate une augmentation récente de la population, Béthemont comptait en 1982, 329 habitants.

1954	1962	1968	1975	1982
117	148	143	275	329

En 1968, pour 143 habitants, on comptait 60 actifs, dont :

- 15 % agriculteurs,
- 20 % patrons, professions libérales, cadres moyens,
- 32 % employés, personnels de services divers,
- 33 % ouvriers.

On pouvait déjà considérer à cette époque que la population de Bêthemont était, de par sa profession et son mode de vie, une population citadine.

Ce caractère s'est affirmé depuis :

- baisse du nombre d'exploitations agricoles ;
- nouveaux lotissements constitués par des pavillons parfois cossus, situés sur des parcelles de dimensions supérieures à la moyenne (1.100 m² environ à la terre Marin).

1.7.2. Economie

- **Artisanat** : 4 artisans sont actuellement installés dans la commune :

- . 2 entrepreneurs de maçonnerie,
- . 1 menuisier,
- . 1 serrurier.

Il s'agit d'entreprises familiales qui n'emploient pratiquement pas de salariés.

- **Agriculture** : le nombre d'exploitations agricoles diminue :

- . 1968 = 6,
- . 1971 = 5,
- . 1976 = 4.

Néanmoins, l'essentiel du territoire communal est consacré à l'agriculture :

. landes	4,84 ha
. terres cultivées	147,22 ha
. près	54,77 ha
. forêts	153,21 ha
. jardins	6,72 ha
	<hr/>
environ	367 ha

Les exploitants de Béthemont cultivent des terres parfois situées sur d'autres communes. Leurs exploitations sont tournées essentiellement vers les céréales, les betteraves :

- . 177 ha utilisés,
- . 156 ha de terres labourables,
- . 122 ha en céréales,
- . 7 ha en cultures fourragères.

L'élevage occupe une place secondaire :

- . 17 bovins,
- . 200 poules pondeuses,
- . quelques porcs,
- . quelques moutons.

1.7.3. Loisirs - tourisme

La région possède de nombreux témoignages intéressants du passé, châteaux, églises, abbaye, etc. Béthemont, petit village, possède une église, un bâtiment de la ferme de Monaugland (route de Bessancourt), qui est vraisemblablement du XVIIème siècle.

La forêt de Montmorency est un secteur d'intérêt touristique, traversée par des itinéraires pédestres dont une branche de sentiers de grande randonnée GR1.

Des aires de pique-nique ont été installées le long de la D192, reliant Chauvry à Saint-Leu-la-Forêt.

Parmi les infrastructures de loisirs, notons la présence de clubs hippiques à proximité de "La Tuilerie" à l'Ouest du massif forestier, plusieurs installations sont d'autre part implantées au Sud de la forêt à proximité de Saint-Leu-la-Forêt.

1.7.4. Environnement humain

Dans un rayon de 500 m autour des carrières, on note les pôles de fréquentation humaine suivants :

- la CD192, qui traverse la forêt de Montmorency au Nord et au Sud, elle est distante de 300 m du carrefour des Six Chiens (point le plus à l'Est de l'emprise souterraine des carrières) ;

- les différents chemins formant la limite est et la limite sud de la zone sont des chemins pédestres fréquentés le week-end ;
- les agglomérations de Béthemont et Chauvry, dont les premières maisons sont situées à 300 m de l'extrémité nord de la zone concernée par les affaissements dirigés.

1.8. Contraintes et servitudes

1.8.1. Document d'urbanisme

Le POS de la commune de Béthemont-la-Forêt a été approuvé le 2 septembre 1981 et modifié le 26 avril 1985.

Le secteur des carrières est classé en zone ND, qui correspond à une "zone constituant un espace naturel qu'il convient de protéger en raison de la qualité du paysage et du caractère des éléments naturels qui le composent".

Le règlement du POS précise les risques et nuisances de ces zones : "ce secteur présente des risques d'effondrement liés à la présence de carrières souterraines. Toutes mesures seront prises pour assurer la stabilité des constructions, installations, des autres formes d'utilisation du sol. L'Inspecteur Général des Carrières devra être consulté".

1.8.2. Code forestier

Toute la zone des carrières est couverte par des espèces classées qui sont donc soumises à l'article L130.1 du code de l'Urbanisme. Les demandes d'autorisation du défrichement prévues par l'article 157 du Code Forestier sont rejetées de plein droit.

1.8.3. Sites et monuments historiques

Il n'existe pas de monuments historiques sur le territoire de la commune de Béthemont et de Chauvry.

Cependant, le territoire communal est protégé au titre des sites et paysages (site inscrit des trois Forêts, décret du 10/05/1976).

1.8.4. Autres servitudes

Il n'existe pas de servitudes liées à l'existence de canalisation de transport de gaz (passage au Nord de la commune) ou aux lignes électriques (passage au Sud de la commune).

2 - ANALYSE DES EFFETS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

2.1. Introduction

Ce chapitre comprend deux parties.

La première a pour objet d'exposer les conditions techniques d'exploitation de la carrière et en particulier la technique par affaissement dirigé.

La seconde est destinée à définir les impacts prévisibles générés par cette technique d'exploitation.

Conformément à la réglementation sur les études d'impact, les mesures adoptées par la société pétitionnaire pour réduire ou supprimer les nuisances liées au projet, feront l'objet du chapitre 4 (décret du 12 octobre 1977, pris pour application de la loi du 10 juillet 1976, relative à la protection de la nature).

2.2. Les méthodes d'exploitation

2.2.1. Méthode traditionnelle

Le gisement de gypse qui se présente en couches subhorizontales est situé à 70-80 m de profondeur. Le gypse est donc recouvert par 20 à 30 m de marnes surmontées de 50 m de sable.

L'épaisseur de ce recouvrement, appelé morts terrains, implique une exploitation souterraine.

Cette dernière a été et est conduite par la méthode traditionnelle des chambres et piliers (cf. photos).

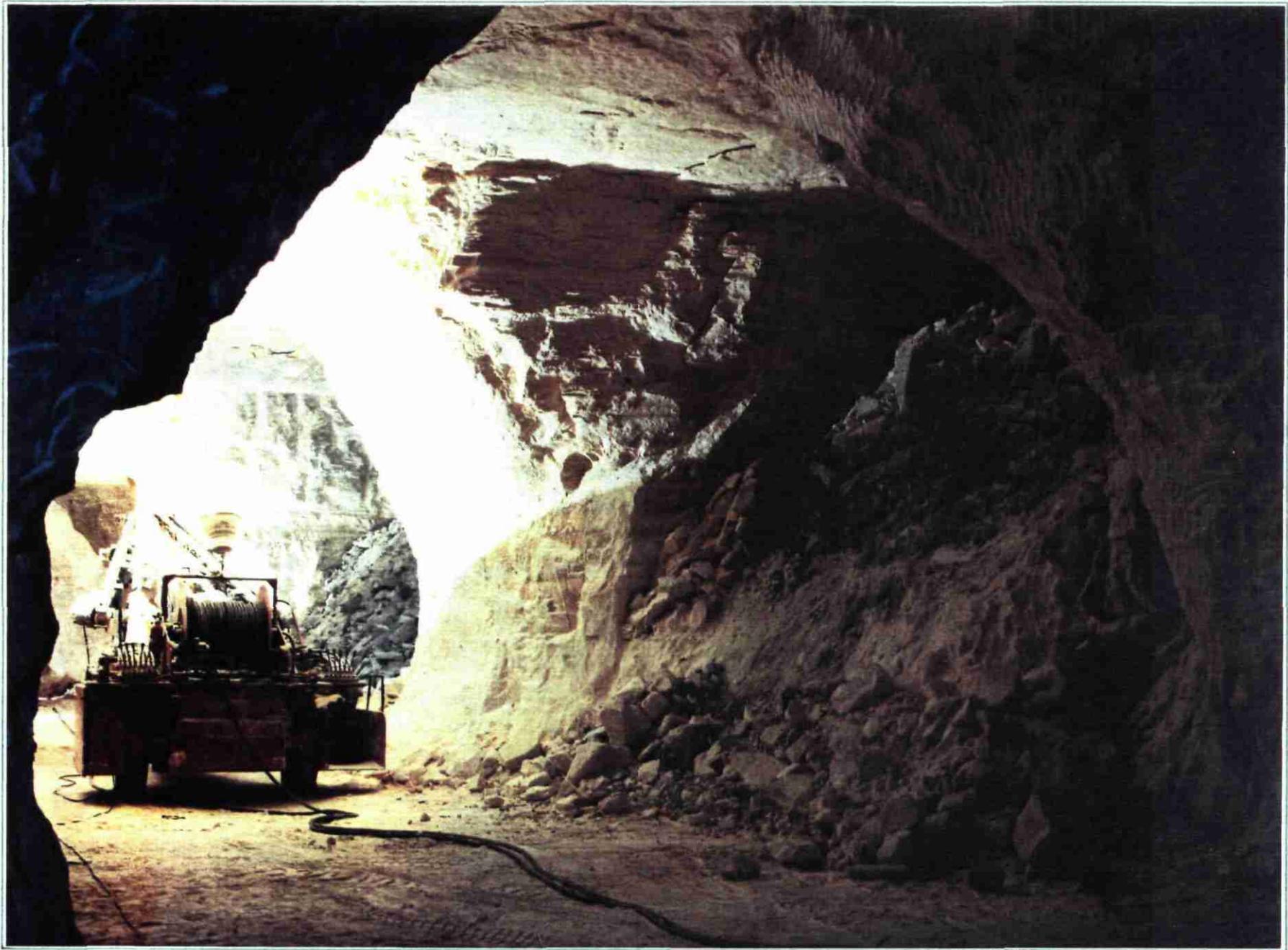
Les chambres ayant des hauteurs définies par la puissance de la couche exploitable. Dans le cas présent, l'épaisseur de la masse de gypse est de 8 m mais l'excavation ne se fait que sur une hauteur de 4-5 m. Deux mètres de gypse formant le toit de la chambre et un plancher d'une épaisseur de 1 m est également laissé en place. Les piliers ont des dimensions calculées en fonction de la qualité du matériau et de la hauteur du recouvrement, ici les piliers ont une section originelle de forme carrée de 14 m de côté. Ces piliers jouent le rôle de soutènement lors de la période d'exploitation.

Depuis des décennies d'activité, la région parisienne (60 % de la production française de gypse) a donc été sous-cavée par plusieurs milliers de kilomètres de galeries.

Les carrières souterraines, une fois exploitées, sont généralement laissées sous cette forme de chambres et piliers. Ces vides souterrains ont une évolution dans le temps qui est malheureusement bien connue. Les carrières se dégradent à long terme, les toits des grandes excavations



VUE GENERALE DE LA CARRIERE SOUTERRAINE



VUE DE LA CARRIERE SOUTERRAINE ET DU MATERIEL D'EXPLOITATION

pouvant se lézarder et induire des effondrements en surface : "les fontis". Ces effondrements brutaux créent des excavations en forme de cratère pouvant atteindre quelques dizaines de mètres de diamètre et profondeur.

Suivant les conditions locales, ces phénomènes peuvent se produire au bout de 5-10 ou 50 ans. Ces zones sont alors classées comme dangereuses et interdites au public.

2.2.2. Méthode par affaissement dirigé

Les tentatives de stabilisation de ces carrières se sont révélées extrêmement coûteuses et ont amené les autorités administratives à obliger les exploitants à proposer et mettre en oeuvre un mode de stabilisation en supprimant les vides souterrains générateurs de fontis. La technique de l'affaissement dirigé répond à cette préoccupation.

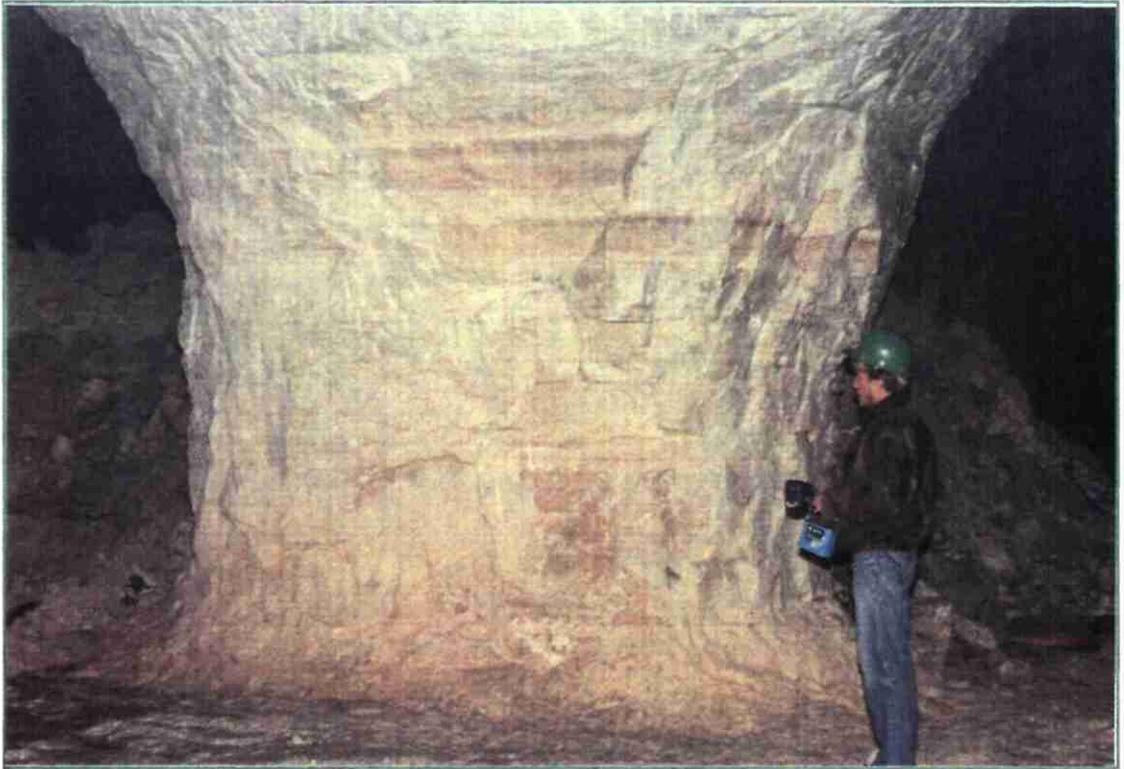
La méthode consiste à supprimer systématiquement les vides par suppression des piles de soutènement du toit et des terres de recouvrement, donc affaissement de ceux-ci sur le sol de la carrière. C'est la méthode de l'affaissement dirigé, qui constitue un remblaiement par les terrains sus-jacents.

Comme dans la méthode traditionnelle, on trace des galeries à distances plus espacées, en laissant subsister provisoirement des piliers beaucoup plus gros. C'est la phase traçage. Dès qu'un quartier de la carrière est fini d'être tracé, on entreprend la seconde phase, dite de recoupe ou refente des piliers, en retraçant des galeries à travers les gros piliers restants, et en ne laissant que de petites piles qui tiendront le toit pendant un temps réduit, 48 heures à une semaine.

Une fois cette opération réalisée sur une surface prédéterminée de 2.000 à 5.000 m², on passe à la phase du foudroyage des petites piles par explosif pour obtenir leur suppression ; les terrains sus-jacents s'affaissent provoquant au sol une dénivellation, fonction de la hauteur des vides souterrains, de la hauteur et de la nature des terrains de recouvrement. Pour un vide de 5 mètres de hauteur, avec le recouvrement présent, on obtient un affaissement du sol de 3,5 mètres environ.

Dans ce cas précis, chaque affaissement concerne une zone de 4 ou 8 gros piliers de 14 mètres réduits à l'état de 16 ou 32 piles de 3,5 m de côté. Chaque pile est torpillée grâce à 25 kg d'explosif. Un schéma de tir étudié et l'utilisation d'un explosif séquentiel permet de faire exploser les 400 kg d'explosif en moins d'une seconde et la masse totale des terrains de couverture s'affaisse en bloc de 1,5 seconde. Deux cent mille m³ de produits descendent ainsi de 1,5 m à 2 m en une seule fois. Les affaissements suivants accentuent ensuite le tassement pour atteindre les 3 ou 4 m nécessaires à la suppression totale des vides.

Un affaissement dirigé est pratiqué en règle générale toutes les quatre semaines.



**LA CARRIERE :
VUE DES PILIERS AVANT AFFAISSEMENT**



**DETAIL D'UN PILIER ET DU POSITIONNEMENT
DES CHARGES EXPLOSIVES**

2.2.3. Reprise et évacuation des matériaux

Lors de la phase d'exploitation proprement dite, le gypse est concassé, préparé dans des ateliers situés sous terre dans la carrière. Les matériaux sont ensuite chargés dans des camions de 25 tonnes qui acheminent le gypse à Meriel. La production totale est de 600 t/j, soit 150.000 t/an.

2.2.4. Le personnel et les horaires

Le personnel assurant le fonctionnement de la carrière est de 11 personnes, dont 6 affectées à l'exploitation sensu stricto.

Les périodes de fonctionnement sont les suivantes : 6 heures à 16 heures, 5 jours par semaine.

2.3. Impact sur les eaux

2.3.1. Eaux de surface

Les terrains concernés par l'exploitation ne sont traversés par aucun cours d'eau. En effet, au-dessus de 150 m d'altitude, le sol est sableux, l'eau de pluie s'infiltrerait rapidement.

Sur la bordure sud du site (c'est-à-dire au Sud de la ligne électrique haute tension implantée Est-Ouest), et en dessous de la cote 150 m, la nature du sol et la pente induisent la formation de zones humides : bois marécageux, tourbières et marais, situés en bordure du ruisseau de la Cailleuse, qui coule au fond de la vallée sur les terrains marneux.

La vallée de la Cailleuse est un site de grande qualité botanique, mais fragile, qui requiert un suivi régulier.

2.3.2. Les eaux souterraines

La seule nappe importante concernée par l'exploitation est située dans les sables de Fontainebleau, et est séparée de la masse de gypse sous-jacente par 20 à 25 m de marnes.

Etant donné l'épaisseur de terrains imperméables, les infiltrations d'eau sont faibles à nulles en période d'exploitation conventionnelle.

L'exploitation par affaissement dirigé peut être à l'origine d'infiltration des eaux vers la profondeur, si la couche de marnes faisant office d'écran imperméable est fracturée. Cependant, les marnes sont des roches tendres (composées d'argiles et de calcaires), plastiques sous l'action de l'humidité (elles peuvent donc se déformer sans rupture).

cette propriété des marnes a été observée lors des affaissements dirigés réalisés de façon régulière en 1988 et 1989. Ainsi, chaque foudroyage induit des venues d'eau dans la carrière, de l'ordre de $5 \text{ m}^3/\text{h}$, qui diminuent à $1 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant 2 à 3 jours. Ce laps de temps correspond à celui mis par les marnes pour se réajuster aux nouvelles conditions et combler les vides. Au bout de cette période de quelques jours, la carrière au voisinage de la zone d'affaissement est absolument sèche.

L'évaluation de l'impact hydrogéologique des affaissements dirigés confiée au Centre d'Informatique Géologique de l'Ecole des Mines de Paris (ARMINES), a compris trois phases aboutissant à l'utilisation d'un modèle mathématique de la nappe des sables de Fontainebleau.

Cette étude marque l'aboutissement de travaux de reconnaissance hydrologique entrepris sur le site. Les données ainsi recueillies concernant la pluviométrie, la piézométrie, les débits aux exutoires et les paramètres hydrodynamique de l'aquifère ont servi à l'élaboration d'un modèle mathématique de simulation des écoulements qui a pu être validé sur une période d'observation s'étendant de 1982 à 1987.

Ce modèle a ensuite été utilisé pour réaliser des simulations prévisionnelles des affaissements sur la base des résultats d'essais de foudroyage sur le site conduits par la Société des Plâtres LAFARGE.

Les simulations ont apporté des informations sur l'évolution prévisible de la piézométrie, du débit des sources de bordure et du débit du ru de Montubois, exutoire principal de la nappe des sables dans le secteur concerné.

Deux types de conséquences ont été envisagés pour les calculs :

- Dans le premier cas, il a été admis que le programme d'affaissement s'effectuerait sans provoquer de venues d'eau permanentes en carrière. La perturbation imposée à l'aquifère se limite alors à la création d'une dépression piézométrique temporaire accompagnant les zones foudroyées, dont le comblement va s'effectuer progressivement au détriment possible des exutoires naturels. Globalement, dans la mesure où les affaissements n'atteignent jamais les limites de l'aquifère, le niveau piézométrique se trouvera à l'état final remonté par rapport au sol d'une valeur moyenne de 5 m, ce qui ne présente aucun inconvénient, étant donné la profondeur actuelle de la nappe qui se situe entre 30 et 40 m.

Les calculs montrent que le retour à l'équilibre piézométrique s'effectue très lentement. Il subsistera encore une dépression de 1 m dans la nappe de 15 ans après la fin du programme d'affaissement et, à cette date, seulement 40 % du stock en eau contenu dans la dépression initiale sera reconstitué. Les conséquences sur les débits des exutoires naturels, pendant ce laps de temps, sont minimales et devraient être inobservables compte tenu de la variabilité naturelle.

- Les premiers essais de foudroyage réels ont montré que le risque de provoquer des venues d'eau pérennes n'était pas nul, bien que vraisemblablement très réduit si l'on prévient tout fluage des marnes du toit et du sable sus-jacent en carrière.

La simulation sur 10 ans de l'impact de la venue d'eau apparue après l'essai de 1985 montre que l'on doit attendre un rabattement important de la nappe de près de 10 m à l'aplomb du point de prélèvement, mais que ce rabattement décroît très vite lorsque l'on s'en éloigne. Le piézomètre le plus proche, situé à 200 m, ne devra être affecté que de 1 m au bout de 10 ans.

Le déroulement actuel du programme de foudroyage montre qu'il est possible de ne pas multiplier les venues d'eau. Une simulation dans une hypothèse maximaliste, qui considère l'existence de huit points d'arrivée d'eau répartis au sein des zones affaissées, a cependant été tentée. Remarquons que les foudroyages doivent se dérouler sur une période de 7 à 8 ans ; notre hypothèse revient donc à rencontrer une moyenne d'une difficulté par an lors de la réalisation des affaissements.

A terme, le foudroyage des carrières ne peut, en cas de venues d'eau, qu'augmenter la quantité d'eau souterraine drainée par le massif de la forêt de Montmorency. La proportion d'eau saturée en sulfate de calcium devrait cependant s'accroître et devra être surveillée.

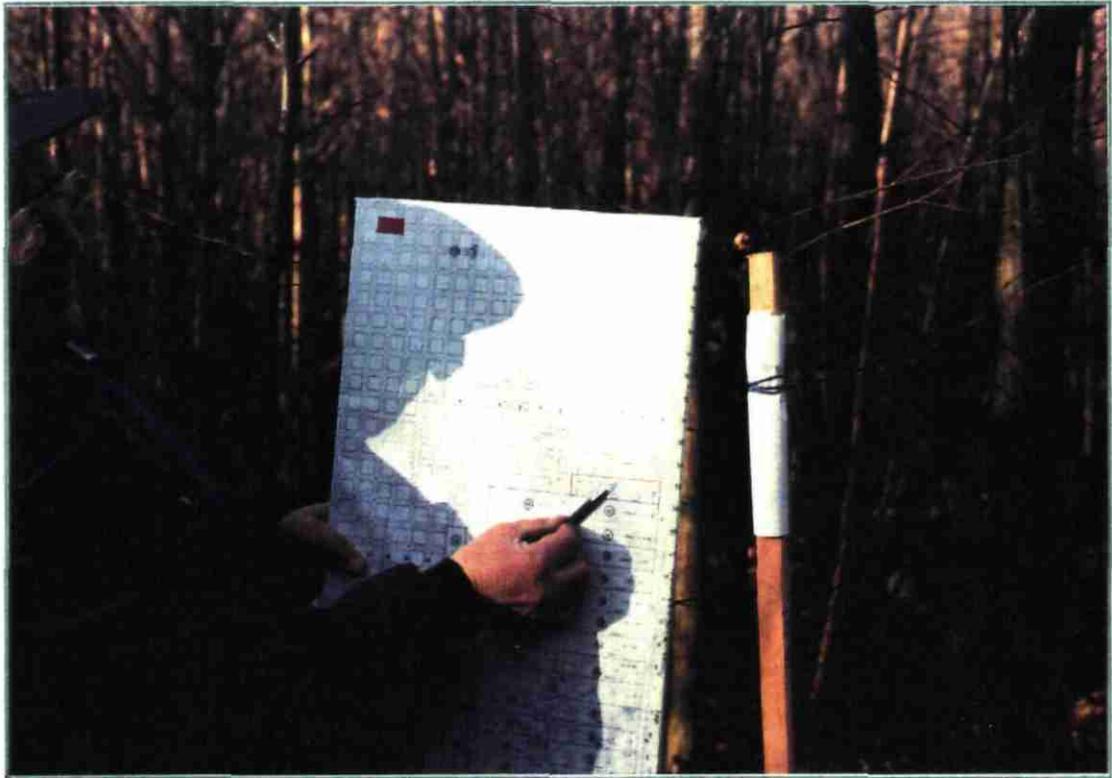
Etant donné la présence de niveaux peu perméables sous les masses de gypse, l'alimentation des nappes profondes sises dans le calcaire de Saint-Ouen, les sables de Beauchamps et le calcaire grossier ne sera pas modifiée, tout au plus pourrait-elle s'accroître si le substratum imperméable présentait des discontinuités.

La simulation sur 10 ans montre que le débit global devrait se stabiliser à terme aux alentours de 1 l/s, et qu'environ 80 % de ce débit sera prélevé au détriment du débit de base du ruisseau de Montubois et du débit des sources de bordure nord, ce qui représente une variation n'excédant pas 15 % des valeurs actuelles.

2.4. Impact sur le milieu naturel (photos)

L'impact écologique de l'exploitation des carrières concerne principalement les conséquences des affaissements dirigés sur la végétation du site. Faisant suite au foudroyage des piliers, l'affaissement d'une zone de 2.000 m² et de 80 m d'épaisseur, peut entraîner la destruction de certains arbres ou modifier les équilibres phytosociologiques relatifs au peuplement végétal de la forêt.

La zone d'affaissement affecte le plateau, mais aussi le flanc nord de la vallée de la Cailleuse, dont le fond présente une végétation connue pour sa richesse dans toute la région. De nombreuses références attestent cette notoriété depuis le siècle dernier. Actuellement encore, la vallée, et notamment ses tourbières, retiennent l'attention des botanistes.



**PLAN DE LOCALISATION ET CHRONOLOGIE DES AFFAISSEMENTS
AFFAISSEMENT NUMERO 44**



**ZONE CONCERNEE PAR L'AFFAISSEMENT NUMERO 44
PHOTO PRISE JUSTE APRES L'AFFAISSEMENT - LES PERSONNAGES
SONT SITUES SUR LA PARCELLE VOISINE NUMERO 45**



VUE SUR LA PARCELLE AFFAISSEE EN DIRECTION DU
CARREFOUR DES SIX ROUTES



VUE DU CARREFOUR DES SIX ROUTES (ZONE HORS AFFAISSEMENT)
EN DIRECTION DU CHEMIN DE PARIS (ZONE AFFAISSEE)
LE PASSAGE D'UNE ZONE A L'AUTRE SE FAISANT
PAR UNE DEFORMATION SOUPLE

Les types de végétation les plus remarquables sont très dépendants de l'alimentation en eau (tourbières, marais, forêts humides), en particulier par les nappes des versants sableux. On conçoit alors que les affaissements prévus peuvent avoir une incidence sur les écosystèmes actuels, par l'intermédiaire de modifications quantitatives (abaissement, débit) ou qualitatives (minéralisation) de ces nappes.

Les résultats des études et modélisations hydrogéologiques décrites dans le paragraphe précédent permettent de prévoir une influence peu marquée des effondrements. Toutefois, un suivi régulier des différents paramètres de végétation et hydrogéologiques, rendra compte de l'influence précise de l'exploitation.

A ce jour, après 40 opérations, une dizaine d'hectares ont été traités avec succès, les terrains sont descendus de façon régulière de 3 à 4 mètres sans dommage pour la végétation.

Les bords de la zone affaissée présentent une déclivité qui disparaîtra avec l'affaissement de la zone voisine, de sorte que les bords de l'ensemble de la carrière affaissée présenteront une pente de jonction avec les terrains non exploités. La forêt est conservée dans cette opération.

Chaque affaissement concerne une surface de 2.000 m², rectangle de 20 m de large et 100 m de longueur. En surface et à la bordure de la zone apparaissent fréquemment des fissures de faible importance (10 à 50 cm). Celles-ci sont rebouchées aisément mais pour limiter le phénomène, un remblaiement en sifflet des galeries en limites de concession est réalisé avant chaque affaissement.

2.5. Effets sur le milieu humain

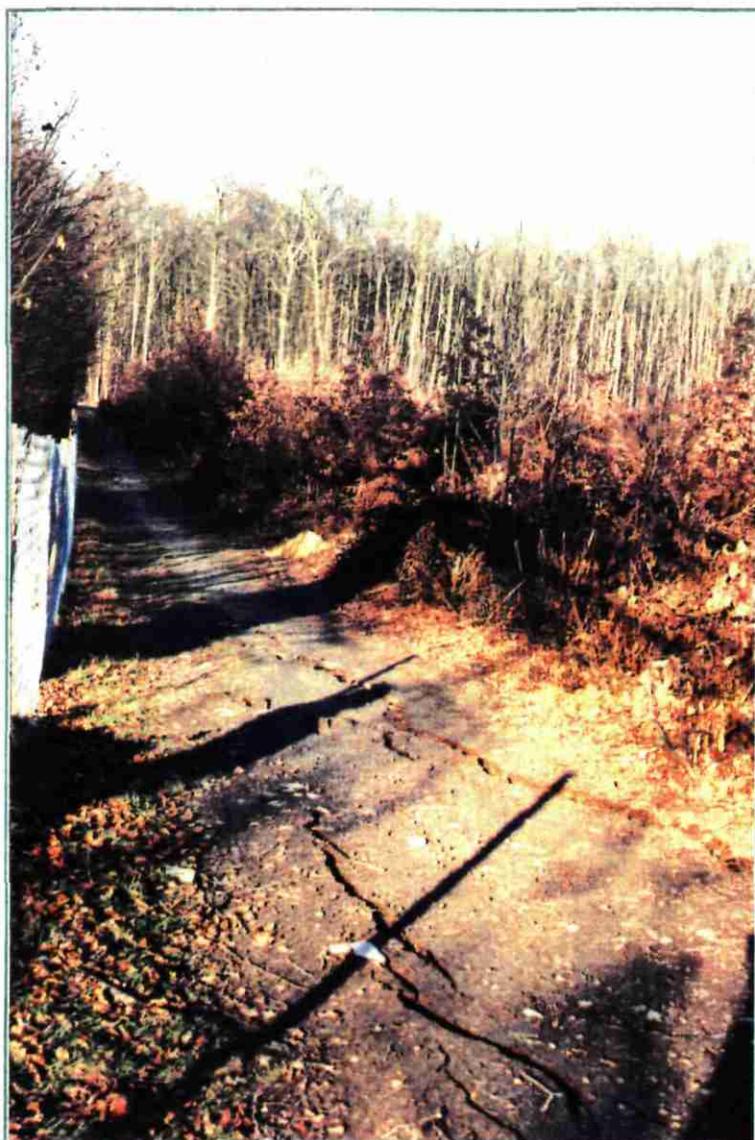
La carrière se situe en zone forestière à proximité d'agglomérations (Béthemont et Chauvry) implantées sur le pourtour du massif. Les personnes les plus exposées aux impacts sur le voisinage sont le personnel de l'exploitation et les riverains immédiats. Dans le cas d'une opération d'affaissement dirigé, l'impact majeur concerne le phénomène des vibrations.

2.5.1. Les vibrations

- a) **Généralités** : l'explosion d'une charge induit dans les terrains environnants une onde de choc qui s'atténue rapidement et se transforme en ondes élastiques. Ces ondes provoquent en un point du sol un ébranlement caractérisé par son amplitude, sa vitesse et son accélération en fonction du temps suivant les trois composantes, radiale, transversale et verticale, d'après la direction du tir. Le niveau des vibrations induites en un point est fonction de la charge d'explosifs, de la distance du tir, de la nature et de l'état des terrains traversés.



LIMITE DE L'EMPRISE DE LA ZONE CONCERNEE PAR LES
AFFAISSEMENTS DIRIGES (PLUS BASSE). LE PERSONNAGE SE TROUVE
SUR LA ZONE NON AFFAISSEE



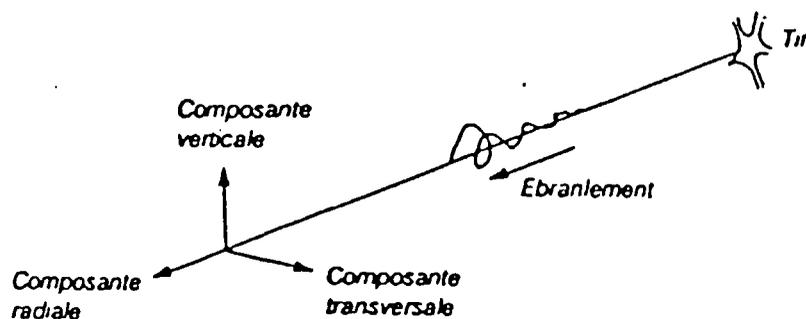
FISSURES PROVISOIRES
INDUITES SUR LE CHEMIN
PERIPHERIQUE PAR
L'AFFAISSEMENT NUMERO 42



FISSURE OUVERTE DANS LE SOL APRES
L'AFFAISSEMENT NUMERO 42



LA MEME FISSURE SE REFERMANT APRES L'AFFAISSEMENT
NUMERO 43 MONTRANT LE REAJUSTEMENT PROGRESSIF AU
FUR ET A MESURE DE LA PROGRESSION DES L'AFFAISSEMENTS

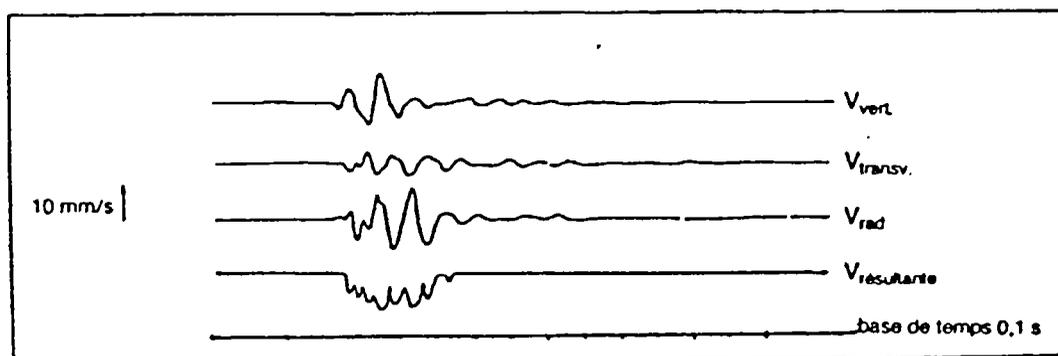


Décomposition de la vibration particulaire

Le critère le plus généralement retenu pour apprécier les risques de dégâts est la valeur maximale de la vitesse particulaire résultante de l'ébranlement au point considéré, du moins dans la gamme des fréquences habituellement mesurées dans les tirs.

$$V \text{ résultant} = \sqrt{V^2 \text{ radiale} + V^2 \text{ transversale} + V^2 \text{ verticale}}$$

La figure ci-après donne l'exemple de l'enregistrement des vibrations lors d'un tir en carrière. On y voit la valeur de la vitesse suivant les trois composantes, ainsi que la valeur de la vitesse résultante donnée par un calculateur analogique, calculée à partir des trois composantes en phase.



Exemple d'enregistrement des vibrations d'un tir en carrière avec vitesse résultante

b) **Seuils de nuisance** : ces tirs provoquent des ébranlements qui se propagent à partir du point d'explosion. Ces ébranlements peuvent causer des dommages aux constructions environnantes, à partir de seuils indiqués dans le tableau ci-joint.

Il n'existe pas de réglementation française précise dans ce domaine. Les recommandations de l'AFTES (Association Française pour les Travaux en Souterrain) sont le plus souvent utilisées comme référence ; celles-ci sont regroupées dans le tableau ci-après :

Vitesse de propagation dans le gypse	Vitesse particulière admissible en vibrations répétées en mm/s en fonction de la qualité de la construction		
	A - Qualité médiocre	B - Qualité moyenne	C - Bonne qualité
V = 3.000 m/s	5,0	15,0	50,0

Le type de construction A correspond à une construction légère ou de mauvaise qualité. Les monuments historiques et les édifices classés sont rangés dans ce groupe.

Le type de construction B correspond à une construction classique conforme aux règles de l'art. C'est le cas général des maisons individuelles et des constructions urbaines.

Le type de construction C correspond à des immeubles lourds en béton armé sur fondations profondes et les ouvrages d'art, tels que ponts, tunnels, murs de soutènement, etc.

Les gypses exploités dans la carrière concernée peuvent être considérés comme de type élasto-plastique. On peut les classer dans une gamme de vitesses sismiques comprises entre 2.000 et 3.000 m/s.

Les constructions environnantes étant pour la plupart du type B, on peut considérer par conséquent que la vitesse particulière de vibration à ne pas dépasser est de l'ordre de 10 à 15 mm/s.

Au-dessous du seuil de 10 mm/s, la probabilité de provoquer des dégâts, mêmes mineurs, est très faible.

Rappelons que le tir lui-même n'a pas d'incidence ; il ne provoque qu'un train d'onde de hautes fréquences, supérieures à 20 hertz, donc sans effet sur les constructions. Par contre, l'affaissement provoque des basses fréquences de 2 à 8 hertz, qui pourraient être néfastes si leur intensité mesurée par la vitesse particulière dépassait les 10 mm/s.

A partir de mesures effectuées par l'intermédiaire de capteurs, il devient possible d'établir les lois de variation de la vibration propre au site, loi qui est du type :

$$V_p = K \left(\frac{Q}{D^2} \right)^a$$

où : Q est la charge,
D la distance au tir,
K et a des coefficients caractéristiques du site,

et par là, définir la charge maximale admissible pour rester en-deçà d'un niveau de vitesse particulière en un lieu donné.

Cette formule montre que l'intensité des vibrations augmente lorsque la distance par rapport au point de tir diminue, mais qu'il est possible de limiter cette augmentation en diminuant les charges unitaires par détonateur.

c) Instrumentation :

Mairie de Béthemont : il s'agit d'une installation fixe constituée d'un géophone 1 Hz et d'un enregistreur à déclenchement automatique.

Ces appareils ont été achetés spécialement pour ce suivi par la Société LAFARGE. L'étalonnage a été confié à un laboratoire agréé par le Ministère de l'Environnement.

Mesure sur le réservoir d'eau : pour ce type de structure, il n'existe pas de seuil de référence, aussi les capteurs utilisés ont été :

- des accéléromètres, évaluation des forces extérieures,
- des sismomètres, évaluation des déplacements relatifs.

Autres mesures : pour toutes les autres mesures, il s'agissait du matériel du Laboratoire Régional de l'Est Parisien, c'est-à-dire un géophone 1 Hz avec enregistreur numérique et/ou enregistreur papier sensible.

d) Mesures : des mesures de vibrations sont effectuées à chaque tir et leur interprétation réalisée par le Laboratoire régional de l'Est Parisien.

Deux types d'affaissements ont été effectués, avec enregistrement sur des bâtiments de Béthemont et Chauvry.

Le premier enregistrement avait été effectué le 30 septembre 1985 dans la seule commune de Béthemont. Les vibrations avaient été relevées en 5 emplacements distincts, mais les résultats étaient suffisamment homogènes pour que, par la suite, il ait été décidé qu'un seul point de mesure suffisait pour la commune de Béthemont.

Pour ce qui concerne la commune de Chauvry, cette vérification n'ayant pas été effectuée, le premier tir de la série avait été particulièrement instrumenté ; ainsi, le 26/03/1987, des appareils étaient installés aux endroits suivants :

- sur un réservoir d'eau situé à 340 m de la zone d'affaissement ;
- à Chauvry, à environ 1.000 m ;
- dans une zone plus éloignée, mais située en contrebas dans la partie ancienne de Chauvry.

Pour les tirs effectués les années 1987, 1988, 1989, l'instrumentation était la suivante :

- la mairie de Béthemont,
- un pavillon à Chauvry situé à environ 1.000 m du site de l'affaissement (chez M.SUD, rue des Petites Communes).

e) Résultats :

En ce qui concerne le premier affaissement le 26/3/1987 les caractéristiques étaient les suivantes :

- au réservoir d'eau : les accélérations subies étaient de l'ordre de 0,015 g^(*) à 0,025 g, mais si l'on ne s'intéresse qu'aux basses fréquences (de 1 à 5 Hz) cette valeur ne dépassait pas 0,01 g.

Bien que pour cette structure on ne puisse utiliser les critères habituels, la vitesse particulière calculée en cet endroit était d'environ 6 mm/s.

Les déplacements d'ensemble sont inférieurs à 0,5 mm. On relève une flexion du toit entre piliers de l'ordre de 0,25 mm ;

- dans le cas des autres bâtiments de Béthemont et Chauvry : on observe, quelle que soit la zone de mesure, la présence de deux phases :

- . une première de 2 à 4 secondes, avec des fréquences de vibrations comprises entre 10 et 30 Hz ;
- . une seconde d'environ 6 à 10 secondes, avec des fréquences plus basses, proches de 2 Hz.

De plus, on remarque que les niveaux diminuent avec la distance :

- . 6 mm/s au réservoir situé à 430 m (calculé) ;
- . 5 mm/s à Chauvry à 1.040 m ;
- . 3 mm/s à Chauvry à 1.250 m (et inférieur au-delà).

(*) : g = accélération de pesanteur, soit 0,81 mm/s²

Les affaissements du 6/04, 23/04, 13/05, 4/06/1987 : les caractéristiques de ces affaissements sont différentes avec surface plus petite et face déjà cisailée ; les niveaux de vibration étaient nettement plus faibles.

Pour ce qui concerne Chauvry situé à environ 1.000 m de la zone, les niveaux de vibration étaient les suivants :

- inférieurs à 2 mm/s le 6/04,
- inférieurs à 1,2 mm/s le 23/04,
- inférieurs à 0,5 mm/s le 13/05,
- inférieurs à 1 mm/s le 4/06/1987.

Pour ce qui concerne la mairie de Béthemont, située également à environ 1.000 m, seuls les tirs du 6/04 et du 4/06/1987 ont pu être enregistrés et on y a obtenu des vibrations inférieures à 1,2 m/s. Pour les deux autres cas, le seuil avait été réglé trop haut (1 mm/s sur la voie verticale et 3 mm/s sur les voies horizontales). On peut donc affirmer que les vibrations sont restées inférieures à 3 mm/s.

De façon générale, les vibrations durent environ le même temps que précédemment, soit 10 secondes. De même, les vibrations hautes fréquences dues au tir ne changent pas, elles restent de l'ordre de 1 mm/s pour les deux types d'affaissements. En revanche ce qui diminue vraiment, ce sont les composantes basses fréquences, qui pour le tir du 26/03 déterminent le niveau maximum et après sont équivalentes aux vibrations dues au tir lui-même et restent donc de l'ordre de 1 mm/s.

A distances égales, et compte tenu des lois de propagation, les vibrations émises par l'affaissement du 26/03/1987 sont du même ordre de grandeur, voire un peu plus faibles que pour l'affaissement du 30/09/1986.

Pour ce qui est des affaissements suivants (surfaces plus faibles et faces déjà cisailées), les vibrations sont nettement plus faibles, de 1 à 3 mm/s à 1.000 m.

Les affaissements successifs qui se sont déroulés par la suite en 1987, 1988 et 1989, présentent des vitesses de vibrations de l'ordre de 1 mm/s, grâce à l'utilisation de plans de tir adaptés, les 43 affaissements pratiqués à ce jour se sont déroulés dans de bonnes conditions.

2.5.2. Les bruits

La perception auditive du bruit assourdi des explosions est faible, et cela pour plusieurs raisons : les explosions se produisent à 80 m sous la surface du sol et sont limitées dans le temps à quelques secondes. D'autre part, elles sont effectuées de jour et seulement toutes les 3 à 4 semaines.

2.5.3. Les poussières

Tous les travaux d'exploitation se produisent sous terre. Il n'y a donc pas de poussières parvenant à l'air libre et susceptibles de se redéposer aux alentours.

2.5.4. Les déchets

La carrière et ses exploitations ne produisent pas de déchets autres que les huiles usagées et les pièces d'usure du matériel.

Les huiles de vidange sont cédées à un récupérateur agréé.

2.6. Impact social et économique

L'exploitation par affaissement dirigé de la carrière aura un impact bénéfique sur l'occupation des sols et la sécurité. En effet, la stabilisation des carrières souterraines par suppression des vides souterrains annule les risques d'effondrement habituellement présents suite à l'exploitation souterraine.

Les répercussions économiques de l'exploitation ne sont pas négligeables ; on soulignera en particulier :

- les emplois directement liés à la carrière ;
- les emplois des transporteurs et entreprises locaux ;
- les impôts, charges sociales et taxes versés par la société à l'Etat et à la commune.

3 - MOTIVATIONS DU CHOIX DU MODE D'EXPLOITATION

La décision concernant l'exploitation d'un gisement se fait en fonction de divers paramètres, qu'il s'agisse du potentiel naturel du terrain, et de motifs d'ordre économique ou pratique, les arguments avancés doivent également et surtout minimiser les nuisances sur l'environnement et la possibilité de réintégrer en fin d'exploitation le site dans le paysage local.

La méthode d'exploitation par affaissement dirigé est une méthode éprouvée déjà ancienne et utilisée traditionnellement dans les mines de fer, de potasse ou d'autres minéraux et concerne 80 % des exploitations souterraines. Elle permet en outre d'extraire 55 à 60 % du gisement au lieu de 40 % dans la méthode par chambres et piliers.

L'utilisation de cette méthode dans la carrière de Villiers-Adam permettra de stabiliser une zone boisée de 40 à 50 hectares déjà affectée à l'exploitation souterraine.

En effet, les carrières se dégradent rapidement et leur ruine est toujours à l'échelle des temps historiques et non géologiques. Il faut compter de 5 à 10 ou 50 ans, très rarement plus, pour qu'apparaissent les "fontis", effondrements locaux créant des excavations en forme de cratère pouvant atteindre et même dépasser 50 m de diamètre sur une profondeur de plus de 30 m.

La venue à jour d'un fontis est un phénomène brutal qui ne prévient pas en surface, donc extrêmement dangereux pour les personnes.

A 30 km de Paris, il existe donc de nombreux vides, couvrant plusieurs dizaines d'hectares, affectés par d'anciennes exploitations, classés comme dangereux et interdits au public.

C'est toujours à grands frais (les dépenses se comptent en dizaines de millions de francs) que l'on tente de les stabiliser par remblayage mécanique ou hydraulique quand il n'y a plus d'accès en souterrain.

Cette situation a fait réagir les autorités de tutelle. Un décret datant de 1979, avec effet rétroactif à 1971, oblige les exploitants à proposer et mettre en oeuvre un mode de stabilisation en supprimant les vides souterrains générateurs de fontis.

Un de ces procédés est l'affaissement dirigé.

Le choix de ce procédé n'a été effectué que suite à une série d'études de faisabilité techniques et environnementales :

- le Centre d'Etudes de Mécanique des Roches a étudié la stabilité de la carrière dans la phase traçage et dépilage, et défini la maille de creusement : dimension initiale des gros piliers, des traçages et engin de petites piles ;
- l'ARMINES a été chargée de l'étude de l'impact hydrogéologique sur la zone concernée. Des piézomètres ont été installés pour contrôler le niveau de la nappe. Un modèle mathématique maillé de l'aquifère des sables a été construit et ajusté sur les observations piézométriques et hydrométriques recueillies depuis 1981 ;

- le Laboratoire de l'Ouest Parisien a été chargé de l'étude préalable de la végétation et de son suivi jusqu'en 1997.

L'exploitation par ce procédé a également des raisons économiques, car elle permet d'extraire des carrières souterraines une quantité de gypse supplémentaire de grande qualité (pur à 94 %) pour alimenter les entreprises du plâtre. Cette meilleure utilisation des ressources existantes est importante dans le cadre d'une industrie phare de l'Ile de France (20.000 salariés vivent de l'industrie du plâtre dans la région) où le matériau de base est relativement rare et coûteux.

4 - MESURES PREVUES POUR PREVENIR, SUPPRIMER, REDUIRE ET SI POSSIBLE COMPENSER LES CONSEQUENCES DOMMAGEABLES DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

4.1. Protection des eaux de surface et des eaux souterraines

D'après les résultats des affaissements effectués et de la modélisation mathématique on constate que les perturbations hydrologiques escomptées sont minimes. Afin d'éviter des venues d'eau importantes, aboutissant par fluage des marnes et sables à des fontis, toutes les charnières fixes sont calées jusqu'au toit. Seule la charnière mobile dans le sens de la progression des affaissements reste libre, les opérations se poursuivant régulièrement en des périodes rapprochées ne dépassant pas un mois permettent également de prévenir les problèmes.

Ceci tient à la grande inertie de la nappe des sables de Fontainebleau, qui possède une faible transmissivité et un fort coefficient d'emménagement. L'essentiel des conclusions repose donc sur l'appréciation de ces paramètres hydrodynamiques qui s'est dégagée des observations du comportement de l'aquifère de 1982 à 1987. Il s'ensuit qu'il est cependant important de poursuivre les investigations sur le terrain en maintenant la surveillance du réseau piézométrique, de la pluviométrie, du débit du ru de Montubois ainsi que le débit des venues d'eau qui existent actuellement ou qui pourraient survenir ultérieurement en carrière.

Dès sa découverte, toute venue d'eau nouvellement constatée en carrière sera signalée au Directeur Régional de l'Industrie et de la Recherche.

L'étude hydrogéologique menée sur ce secteur par le laboratoire de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines à Fontainebleau sera poursuivie au-delà de l'achèvement des affaissements pour constater l'évolution des caractéristiques de la nappe.

4.2. Protection du milieu naturel

Les études effectuées dans le cadre de l'état initial du site ont montré l'intérêt botanique du site et particulièrement de la vallée de la Cailleuse.

Des dispositions ont donc été prises pour procéder à l'inventaire et au suivi de la végétation et de la flore du site, ceci en conformité avec les principes énoncés dans la note du 15 décembre 1982 adressée par Monsieur le Préfet du département du Val d'Oise et qui sont les suivants :

"L'analyse des conséquences sur la végétation de l'opération expérimentale d'affaissement dirigé se fera par comparaison des comportements ultérieurs à l'affaissement de la population végétale

d'une zone affaissée et d'une zone "témoin" non affectée par l'affaissement. Cette analyse comparative permettra de s'affranchir des modifications dues aux seules variations climatiques, sous réserve bien entendu que le gestionnaire du massif forestier n'intervienne pas pour exploiter ces zones ou intervienne de façon homogène sur les deux. La durée de l'observation est prévue pour cinq ans, mais il n'est pas exclu, au cas où les premiers résultats seraient très favorables ou très défavorables, que l'administration puisse se prononcer dans un délai plus court (deux ou trois ans).

Dans un premier temps, à une saison se prêtant particulièrement à l'analyse (printemps ou été), chacune des deux zones fera l'objet d'un échantillonnage de parcelles où seront effectués des relevés phytosociologiques (c'est-à-dire relatifs au nombre d'espèces herbacées et ligneuses et à leur abondance sur le terrain donné), des analyses de sol à la tarière à main, ainsi que des observations et mesures sur le peuplement forestier. Les paramètres relevés seront en particulier l'espèce, les valeurs de circonférence de brins vivants (dans le cas des taillis) ou des troncs (dans le cas des arbres de futaie) à 1,30 m du sol, la hauteur, le nombre de brins morts des taillis, l'inclinaison du tronc et l'état sanitaire général des arbres de futaie. Cette analyse du "point zéro" permettra, en particulier, de confirmer la bonne représentativité de la zone témoin.

Immédiatement après les opérations d'affaissement et dans les zones ayant acquis leur profil topographique définitif, il sera noté l'inclinaison des arbres de futaie et l'existence d'éventuelles fissures dans le sol (position, largeur, profondeur). Par la suite, chaque année, à la même saison que pour l'état initial, il sera procédé aux mêmes endroits à de nouveaux relevés phytosociologiques et aux mêmes mesures et observations sur les sujets analysés initialement.

En ce qui concerne les arbres de futaie et les taillis, le taux de mortalité supplémentaire par rapport à celui qui sera constaté dans la zone témoin ne devra pas dépasser 10 % au total, partagés en 5 % maximum pour la mortalité des sujets directement détruits par les conséquences mécaniques des affaissements ou dont l'abattage s'avérera nécessaire du fait des conséquences directes, et 5 % maximum pour la mortalité due aux éventuels effets à long terme des affaissements.

L'inclinaison supplémentaire moyenne induite sur les arbres de futaie par l'opération d'affaissement ne devra pas dépasser 5° dans les zones ayant acquis leur profil définitif.

L'estimation de la production de bois, calculée à partir de l'augmentation de la "surface terrière" (c'est-à-dire de la section totale des troncs à 1,30 m du sol) ne devra pas être inférieure de plus de 20 % par rapport à celle qui sera constatée dans la zone témoin".

L'objet de l'étude est donc de faire une carte et de prévoir des placettes très précisément repérées, afin d'en suivre l'évolution à moyen terme, suite aux foudroyages expérimentaux des carrières.

Par exemple dans le cas du peuplement forestier, les investigations suivantes ont été menées : tous les arbres de futaie véritables, de circonférence supérieure ou égale à 80 cm pour les bouleaux et 95 cm pour les chênes et châtaigniers, ont fait l'objet des investigations suivantes :

- repérage provisoire avec des punaises plastiques de couleur et numérotées ;
- espèce ;
- circonférence du tronc mesurée à environ 1,30 m de hauteur. Une encoche horizontale est faite sur l'écorce, toujours du côté sud du tronc et la mesure est effectuée juste en-dessous de cette dernière. Ceci permettra un suivi rigoureux de la mesure. La valeur en centimètres est arrondie au chiffre entier le plus proche ;
- inclinaison du tronc mesurée grâce à un clinomètre de poche, plaqué contre l'écorce. Deux mesures ont été effectuées sur chaque arbre :
 - . une première juste au-dessus de l'encoche horizontale située au Sud ;
 - . la seconde à la même hauteur côté ouest.

Il n'est bien sûr pas question pour le taillis de faire un inventaire quasi-exhaustif comme celui évoqué précédemment pour la futaie. On a donc procédé par échantillonnage. Pour cela, des "placeaux échantillon" ont été délimités par marquage.

Le placeau a la forme d'un cercle de 30 m de diamètre (soit environ 700 m² de surface). Sur ce placeau, les investigations suivantes ont été effectuées :

- nom d'espèce de chaque cèpée ou de chaque individu isolé vivant ;
- mesure de la circonférence à environ 1,30 m du sol, après avoir fait une encoche dans l'écorce de chaque brin de cèpée vivant (mesure en centimètres, arrondie au chiffre entier ou au demi-centimètre le plus proche) ;
- dénombrement des brins morts pour chaque cèpée.

La surface totale d'étude et de suivi est d'environ 13 hectares, y compris la partie de la parcelle ONF n° 12, seule la superficie correspondant à la surface inventoriée a été prise en compte.

4.3. Protection du milieu humain

4.3.1. Lutte contre les vibrations

L'impact des tirs dépend de nombreux facteurs : la charge des tirs, la méthode de mise à feu, la géologie, etc.

Pour ces raisons, afin de limiter les vibrations, l'entreprise utilise des détonateurs à micro-retard.

Rappelons que lors d'un tir de mines, la charge d'explosifs est répartie dans plusieurs trous précédemment forés et recevant chacun une charge unitaire, fraction de la charge totale. Le détonateur à micro-retard permet d'échelonner l'explosion de chacun des trous à des intervalles réguliers de quelques milli-secondes. Cette technique permet donc de fractionner l'effet global de la charge en une série d'effets unitaires de faible puissance.

Pratiquement cette méthode se traduit par la perception d'une seule explosion et d'un ébranlement.

Les mesures réalisées ont montré que les plus fortes intensités de vibrations enregistrées étaient nettement inférieures aux seuils admis.

Des stations permanentes de mesure ont été mises en place dans les deux villages les plus proches. Les capteurs sont gérés par le Laboratoire de l'Est Parisien, qui à chaque affaissement, est chargé de transmettre à la DRIR, préfecture, mairie et comités de défense, les résultats. Jusqu'à présent et pour des distances allant de 900 à 600 m, les vitesses particulières sont de l'ordre de 2 mm/s, souvent moins, donc à un niveau très acceptable. Compte tenu de ces résultats, il a été tenté par deux fois, afin de limiter les effets de bordure et d'améliorer la régularité du profil de surface, de procéder à l'affaissement de 4.000 m² au lieu de 2.000 m². Dans chaque cas les vitesses particulières ont dépassé les 3,5 mm/s, vitesse faible mais suffisante pour que les vibrations soient ressenties de façon notable par les habitants.

Une zone tampon de 300 m a été définie entre les premières habitations de Béthemont et les zones d'affaissement dirigé.

Enfin, afin de démontrer de façon objective l'absence d'impact des vibrations sur l'habitat, une expertise des habitations des deux villages de Chauvry et Béthemont a été entreprise avant le début des opérations.

Un expert a été nommé par le tribunal de grande instance de Pontoise. Il est chargé de la surveillance de quelques 80 témoins mis en place sur les habitations et après chaque série de 5 tirs, il rend compte de ses constatations.

4.3.2. Mesures de sécurité

Diverses mesures concernant la sécurité sont mises en place :

- clôture et panneau de signalisation : avant tout affaissement et avant le début des travaux de refente des piliers en carrière, une clôture délimitant le secteur de la surface susceptible d'être concerné par les affaissement est installée. Des panneaux bien visibles indiquent l'interdiction de pénétrer dans l'enclos et mentionnent la présence d'un danger. Ils sont disposés de manière à

ce qu'au moins l'un d'entre eux soit normalement lisible de tout point immédiatement extérieur à l'enclos ;

- tir en des périodes bien déterminées. Le jeudi 15 heures a été choisi ; il laisse en cas d'incident, deux journées de fin de semaine pour intervenir.

Aussitôt après chaque affaissement, les fissures apparues en surface et non susceptibles de se refermer à l'occasion de l'affaissement suivant seront remblayées pour éviter tout accident de personne. Les matériaux de remblais seront inertes et mis en place avec diligence à l'aide de matériels et méthodes dérangeant le moins possible le sol ou les arbres et plantations forestières.

En cas d'apparition d'amorce de fontis en fond de carrière, toute mesure préventive sera prise par l'exploitant pour éviter sa venue à jour. En cas de fontis venu à jour ou dont la venue à jour est inévitable, l'exploitant procédera immédiatement à la clôture du secteur de surface dangereux et à sa signalisation, rapidement, à son remblaiement par des matériaux inertes, après avis de l'Office National des Forêts, en forêt domaniale et des maires des communes concernées dans tous les cas.

Enfin, Plâtres LAFARGE a la charge du suivi topographique du secteur. Avant et après chaque tir, le nivellement de chaque point central est effectué.