

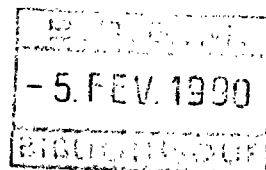


SIVOM DE L'AGGLOMERATION
BOULONNAISE (Pas-de-Calais)

Projet de création d'un Centre
d'enfouissement technique
de résidus urbains (Classe II)

Préétude de faisabilité relative au site
de la carrière du Grisot à FERQUES

décembre 1989



R 30236 NPC 4S 89

BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

établissement public
à caractère industriel
et commercial

Siège : Tour Mirabeau
39-43, quai André-Citroën
75739 Paris cedex 15, France
Tél.: (33) 1 40.58.89.00
Télax : BRGM 780258 F
Télécopieur : (33) 1 40.58.89.33
R.C. 58 B 5614 Paris
SIRET : 58205614900419

Service Géologique Régional
Nord - Pas-de-Calais
Fort de Lézennes - Lézennes
59260 Hellemmes-Lille, France
Tél.: (33) 20.91.38.19
Télécopieur : (33) 20.05.54.87

**SIVOM DE L'AGGLOMERATION
BOULONNAISE (Pas-de-Calais)**

**Projet de création d'un Centre d'enfouissement
technique de résidus urbains (Classe II)**

**Préétude de faisabilité relative au site
de la carrière du Griset à FERQUES**

R E S U M E

La présente étude a été commandée par le SIVOM de l'Agglomération Boulonnaise dans le cadre de la recherche de nouvelles voies d'élimination des déchets ménagers.

Elle traite à la fois des avantages de la mise en décharge contrôlée dans un Centre d'enfouissement technique de résidus urbains, après prétraitement par compactage (balles) et du choix de la carrière du Griset, à FERQUES, comme site de stockage, pour ses caractéristiques favorables, notamment sa grande capacité en volume, sa position litho-stratigraphique entre deux ensembles schisteux imperméables, la faible fissuration de la roche la rendant peu ou pas aquifère, la disponibilité en matériaux schisteux permettant l'étanchéification du fond et des parois aux normes fixées par la Réglementation, sa situation centrale par rapport au SIVOM et enfin, son accessibilité facile à maîtriser et à contrôler.

S O M M A I R E

Pages

RESUME

1 - INTRODUCTION - POSITION DU PROBLEME	1
2 - MOTIVATIONS DU CHOIX DE LA SOLUTION	2
2.1. - Prétraitement des déchets	3
2.2. - Choix du site à transformer en centre d'enfouissement technique	4
2.3. - Modalité de gestion du centre d'enfouissement technique	5
3 - CONTRAINTES TECHNIQUES ET AMENAGEMENTS PROPOSES DANS LE CADRE DE L'UTILISATION DE LA CARRIERE DU GRISET	5
3.1. - Caractéristiques du site	5
3.2. - Aménagements proposés	8

CONCLUSIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la carrière du Grisot à FERQUES

Figure 2 : Coupe géologique de la carrière du Grisot

Figure 3 : Schéma de principe des différents aménagements

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Plan général du site à 1/5.000^e avec situation des tests de perméabilité " in-situ " et des points de prélèvements.

Annexe II : Tests de perméabilité " in-situ "

Annexe III : Identification et essais de compactage des Schistes de Beaulieu ; tests de perméabilité en laboratoire.

Annexe IV : Bilan hydrique prévisionnel pour différentes hypothèses de perméabilité du substratum, de hauteur de déchets et de climat.

**SIVOM DE L'AGGLOMERATION
BOULONNAISE (Pas-de-Calais)**

**Projet de création d'un Centre d'enfouissement
technique de résidus urbains (Classe II)**

**Préétude de faisabilité relative au site
de la carrière du Grisot à FERQUES**

1 - INTRODUCTION - POSITION DU PROBLEME

Le SIVOM de BOULOGNE-SUR-MER se trouve confronté à une réflexion sur les modalités d'élimination des ordures ménagères des communes qui le composent, soit environ 54.000 tonnes/an. En effet, la filière actuelle de destruction s'appuie sur un compostage des déchets avec des impératifs à respecter peu satisfaisants et notamment :

- . L'importance des rebuts qui avoisinent 50 % des tonnages traités et qui nécessitent une mise en décharge répondant aux normes législatives en vigueur (classe II) ;

- . La qualité médiocre des composts produits qui, faute de tri préalable et faute de débouchés locaux (concurrence des composts produits à ARRAS), sont vendus à bas prix et nécessitent des transports conséquents.

Face à ces contraintes, le SIVOM mène une réflexion visant à définir une filière d'élimination pour les années à venir qui répondent aux deux critères suivants :

- . Satisfaire aux contraintes législatives existantes en matière d'environnement et, si possible, promouvoir des techniques innovantes et exemplaires ;
- . Etre compatible avec les moyens financiers de la collectivité et suffisamment souple pour s'adapter tant à l'évolution de la nature des déchets qu'aux nouvelles contraintes de protection du milieu naturel.

En regard de cette analyse, le SIVOM de BOULOGNE-SUR-MER, après étude et examen des différentes filières d'élimination des ordures ménagères a choisi de retenir la création d'un centre technique d'enfouissement de déchets de classe II avec traitement préalable des ordures comme solution répondant au problème posé.

Pour ce faire, le SIVOM de BOULOGNE-SUR-MER a chargé le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Service Géologique Régional Nord - Pas-de-Calais, dans le cadre d'une analyse du projet et d'une étude technique préliminaire de faisabilité, d'examiner les différentes contraintes à satisfaire pour répondre à l'attente des parties prenantes.

2 - MOTIVATIONS DU CHOIX DE LA SOLUTION

Le choix retenu relève d'une analyse approfondie qui permet d'aboutir, après réflexion, à une solution satisfaisante pour toutes les parties et qui préserve l'avenir par sa souplesse et son adaptabilité.

Le prétraitement des déchets de classe II avant enfouissement dans un centre technique offre divers avantages examinés ci-après.

2.1. - Prétraitement des déchets

Le prétraitement des déchets par mise en balles sous haute pression présente un attrait pour diverses raisons :

- . Accroissement de la densité finale des déchets en place (1.1 à 1.15) permettant une augmentation de la capacité de stockage de 15 à 20 % ;
- . Absence d'envols durant les transports et sur le site d'enfouissement ;
- . Souplesse d'emploi et utilisation complémentaire de l'investissement pour le conditionnement des produits de récupération (papiers, cartons, ferrailles, boîtes aluminium) en fonction de l'évolution de la nature des déchets ;
- . Investissement compatible avec les moyens financiers des collectivités et susceptible d'être complémentaire d'une politique :
 - de ramassage avec tri sélectif,
 - de mise en place de déchetteries ;
- . Procédure de traitement qui a comme conséquence de ralentir la production de biogaz et de permettre son utilisation sur une plus grande durée sur le centre d'enfouissement technique.

Le coût du prétraitement avoisine 8 à 10 millions de francs sur le plan des investissements, mais permet par ailleurs une qualité de service et des économies sur les conditions d'exploitation du centre situé à l'aval, notamment sur la capacité de stockage.

Ce prétraitement des ordures de classe II du SIVOM de BOULOGNE-SUR-MER suppose toutefois qu'il existe, dans un rayon d'action compatible avec les contraintes économiques, un site susceptible d'être aménagé en centre d'enfouissement technique.

2.2. - Choix du site à transformer en centre d'enfouissement technique

Après examen des nombreuses contraintes auxquelles doit satisfaire un centre d'enfouissement technique de déchets de classe II, le choix s'est porté sur la carrière du Grisot appartenant aux carrières de Stinkal, sur le territoire de la commune de FERQUES.

Ce site, **unique en son genre**, présente en effet des avantages certains au niveau géologie, hydrogéologie et environnement dont l'examen détaillé fait l'objet du chapitre suivant.

Certes, cette carrière, qui arrive en fin d'exploitation, pourrait être affectée à d'autres usages comme par exemple :

- . L'aménagement en site touristique ou de loisirs avec circuit de visite à caractère écologique (géologie essentiellement),

- . La constitution d'une réserve d'eau à l'exclusion de toute autre activité,

Mais dans l'un et l'autre cas, les gros travaux de mise en sécurité du site (fronts de taille, purges, assainissement, accès, protection de la qualité de l'eau, etc...) induiront des contraintes économiques telles qu'elles seront forcément disproportionnées en regard des objectifs.

2.3. - Modalité de gestion du centre d'enfouissement technique

Afin d'éviter toute ambiguïté sur la bonne gestion du centre d'enfouissement technique de déchets de classe II dans la carrière du Griset, celle-ci serait assurée par une collectivité locale, gérante de la qualité du service rendu et de la nature des déchets entreposés.

3 - CONTRAINTES TECHNIQUES ET AMENAGEMENTS PROPOSES DANS LE CADRE DE L'UTILISATION DE LA CARRIERE DU GRISET

3.1. - Caractéristiques du site

La localisation du site de la carrière du Griset à FERQUES fait l'objet de la figure 1 et de l'annexe I.

La carrière du Griset a été ouverte dans des formations calcaires à niveaux schisteux d'âge givétien, appartenant à l'unité autochtone de FERQUES.

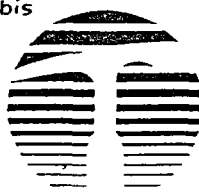
— BRGM —

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL
NORD — PAS-DE-CALAIS

Fort de Lezennes - Lezennes
59260 HELLEMES - LILLE

Tél (20) 91-38-19

5 bis



BRGM

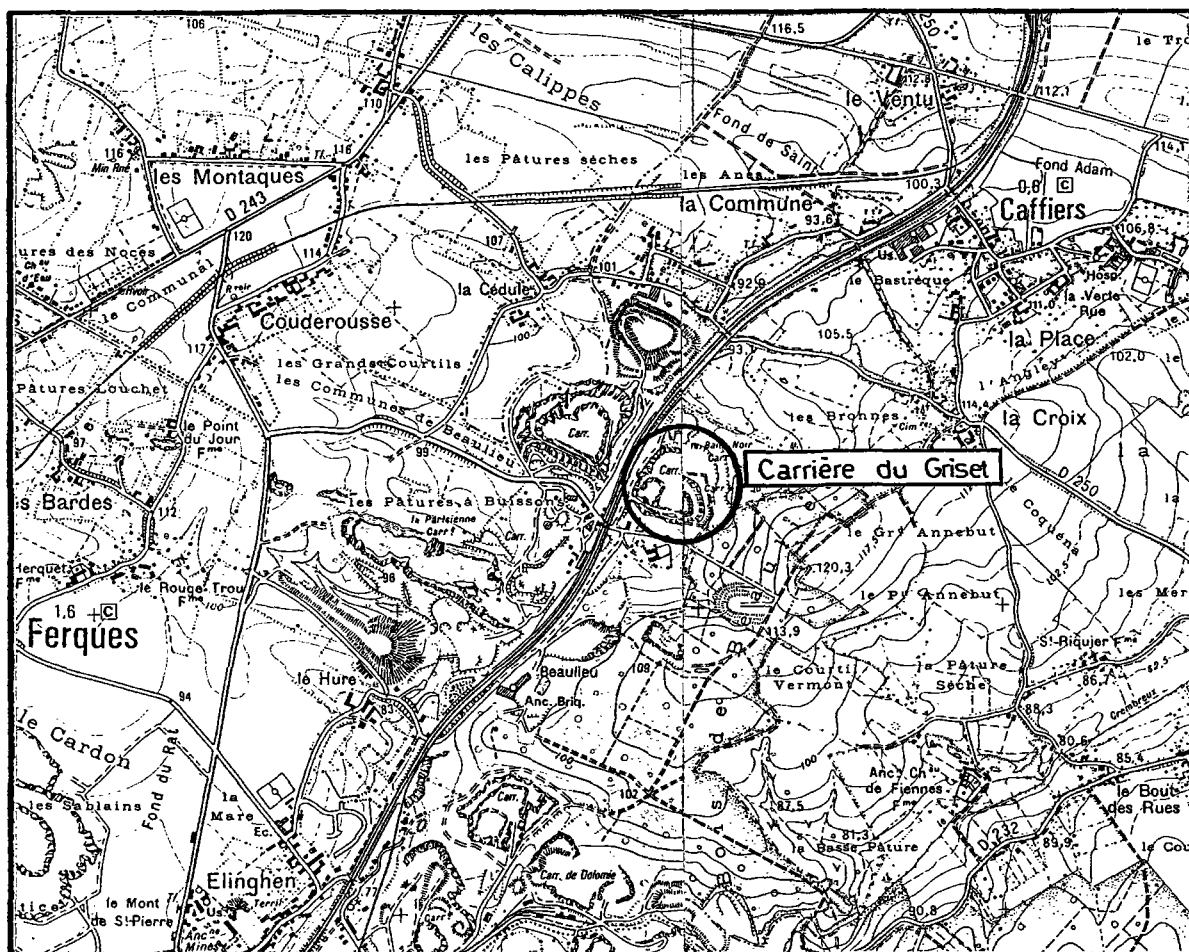
Figure 1

SIVOM DE L'AGGLOMERATION
BOULONNAISE (Pas-de-Calais)

Projet de création d'un Centre d'enfouissement
technique de résidus urbains (Classe II)

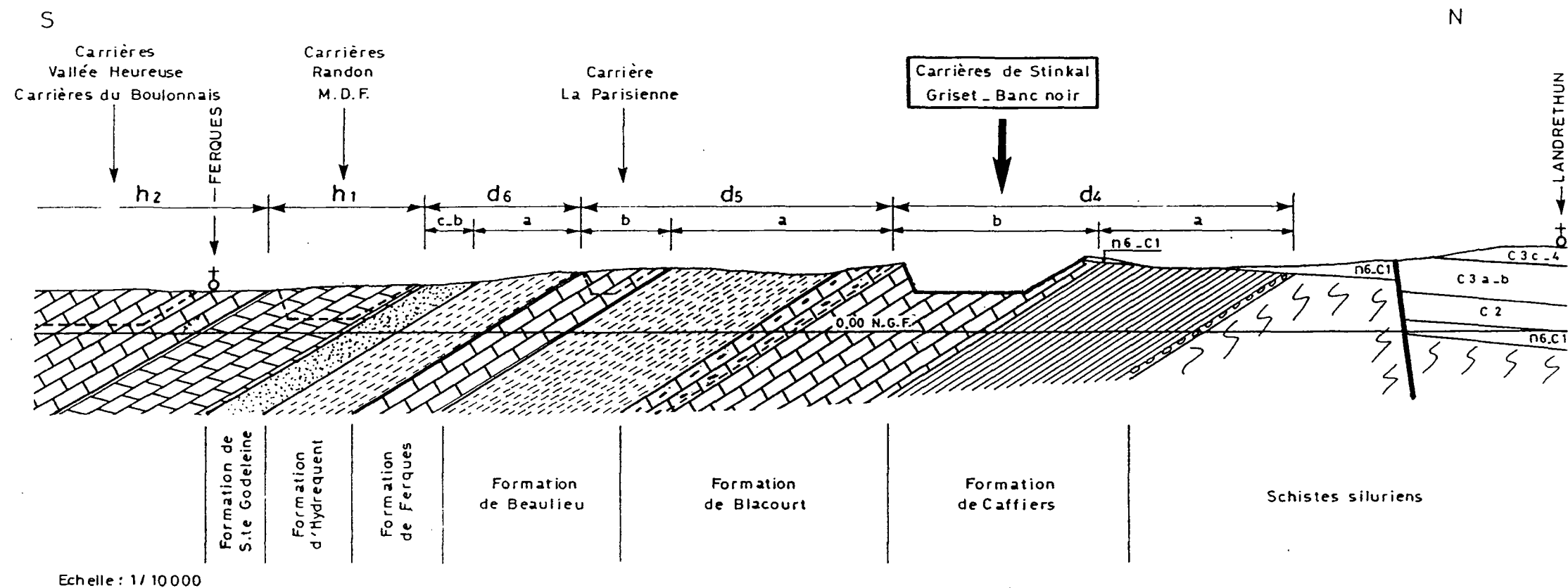
Préétude de faisabilité relative au site
de la carrière du Grisct à FERQUES

— PLAN DE SITUATION GÉNÉRALE —



Echelle: 1/25000

COUPE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE
A TRAVERS LE MASSIF PRIMAIRE DU BAS BOULONNAIS
DANS L'UNITE AUTOCHTONE DE FERQUES



LEGENDE

SECONDAIRE

C4-3c	Sénonien et Turonien supérieur Craie blanche à silex
C3b-a	Turonien moyen et inférieur Marnes et bancs crayeux - Craie noduleuse et marnes
C2	Cénomaniens "Craie marneuse"
C1 b	Albien supérieur "Argiles du Gault"
C1a n6	Albien inférieur et Aptien Sables glauconieux

PRIMAIRE

h_2	Viséen Calcaires et marbres
h_1	Tournaisien "Dolomie du Hure"
$d_6 \text{ c-b-a}$	Famennien c - Schistes rouges supérieurs b = Grès et psammites a = Schistes rouges inférieurs
$d_5 \text{ b}$	Frasnien supérieur "Calcaire de Ferques"
$d_5 \text{ a}$	Frasnien inférieur "Schistes de Beaulieu"
$d_4 \text{ b}$	Givétien supérieur "Calcaire noir de Blacourt"
$d_4 \text{ a}$	Givétien inférieur Grès et schistes gréseux
oooo	Poudingue de Caffiers
SSS	Schistes siluriens

Cette unité est caractérisée, dans le secteur concerné, par une disposition monoclinale, avec un pendage orienté vers le sud de 30 à 35°. Le massif calcaire givétien, très peu fissuré et sans aucune trace de karstification, est individualisé :

. Au toit,

par les Schistes de Beaulieu (d'âge Frasnien inférieur), épais d'une centaine de mètres, qui isolent totalement le Calcaire de Blacourt (Givétien), exploité dans la carrière du Griset, du Calcaire de Ferques d'âge Frasnien supérieur (autrefois exploité dans la carrière de la Parisienne).

. Au mur,

par les Grès et Schistes de Caffiers, reposant eux-mêmes sur les schistes argileux du Silurien.

La coupe géologique schématique de la figure 2 résume la localisation de la carrière du Griset par rapport à son environnement litho-stratigraphique.

Au point de vue hydrogéologique, la formation du Calcaire de Blacourt (Givétien) est très peu aquifère et sa faible ressource en eau souterraine est inexploitée. Cet ensemble ne présente en effet aucune trace de karstification, contrairement à ce que l'on observe dans les Calcaires Viséens et, de plus, il renferme de nombreuses intercalations schisteuses qui limitent sensiblement la circulation de l'eau.

Seuls les horizons superficiels des calcaires sont fissurés sous couverture et ont donné lieu à une exploitation d'eau par des puits particuliers peu profonds, aujourd'hui tous abandonnés.

Ces éléments sont confirmés par une visite du site qui permet de montrer que :

- les venues d'eau en parois sont faibles et pratiquement localisées à la seule rampe d'accès
- les débits journaliers d'exhaure de la carrière sont limités à quelques dizaines de mètres cubes ; ils sont plus importants en période hivernale du fait des eaux de pluie
- Enfin, d'après l'analyse dont les résultats sont donnés page suivante, la qualité de l'eau recueillie en carrière n'est pas conforme aux normes de potabilité C E E en vigueur, notamment du point de vue :
 - . des concentrations en sulfates (726 mg/l pour 250 mg/l recommandés)
 - . de la concentration en potassium (19,20 mg/l pour 12 mg/l recommandés).

Compte-tenu de ces données favorables, le site s'avère donc, a priori, acceptable pour la création d'un centre technique d'enfouissement de déchets de classe II. De plus, il offre, par ailleurs, divers autres avantages qui lui sont propres :

- faible visibilité et bonne intégration dans un secteur à vocation industrielle avec une bonne perspective de réhabilitation en vue d'une réintégration dans l'environnement, au bénéfice de la collectivité ;

INSTITUT PASTEUR DE LILLE

7 Bis

No : 23613

DÉPARTEMENT EAUX ET ENVIRONNEMENT

Laboratoire de référence agréé pour l'analyse des eaux

Page 1

No : 23613

Prelevée

Le : 62 FERQUES

B R G M

FORT DE LEZENNES

HELLEMES

59260 HELLEMES

Par : M. X

V/ref :

No UD/Lieu :

Type : FORAGE

Prelevée le : 13/10/89

Recue le : 13/10/89

Remarques : SIVOM BOULOGNE CARRIERE FERQUES - AFFAIRE SUIVIE PAR MR CAOUS

BON N. 160/76188

ANALYSE DE TYPE I

=====

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

			(mg/l)
Resistivite (Ohm×cm)	800	Oxydabilite au KMnO4	0,6
Temperature (C)		Residu sec	1200
pH	7,40	CO2 libre equilibre	10
Turbidite (NTU)	INF A 0,4	Couleur	INCOLORE
Odeur	NULLE	Oxygene dissous	
T.A.C (degrés F)	15,2	Silice (SiO2)	5,5
Durete (TH) (degrés F)	79,5	Hydrogene sulfure	ABSENCE

BALANCE IONIQUE : CATIONS

	(mg/l)	ANIONS	(mg/l)
Calcium	184	Chlorures	37
Magnesium	82	Nitrites	INF A 0,05
Ammonium	0,18	Nitrates	2,50
Sodium	53,8	Sulfates	726
Potassium	19,20	Phosphates	INF A 0,1
Fer	INF A 0,02	Carbonates	0
Manganese	INF A 0,05	Bicarbonates	185
Somme des cations (meq/l)	18,8	Somme des anions (meq/l)	19,2

ELEMENTS INDESIRABLES

	(mg/l)
Cuivre	INF A 0,05
Zinc	INF A 0,05
Fluorures	0,40
Aluminium	INF A 0,02

ELEMENTS TOXIQUES

	(ug/l)
Plomb	INF A 10
Arsenic	INF A 5
Chrome (VI)	INF A 5
Cyanures	INF A 10
Phenols	INF A 10

CONCLUSION

EAU TRES DURE, TRES FORTEMENT MINERALISEE
 CARACTERISEE PAR UNE TENEUR ELEVEE EN SULFATES
 BORE ... 0,57 MG/L HYDROCARBURES ... < 0,10 MG/L

Lille le 7 NOVEMBRE 1989

Le chef de SERVICE

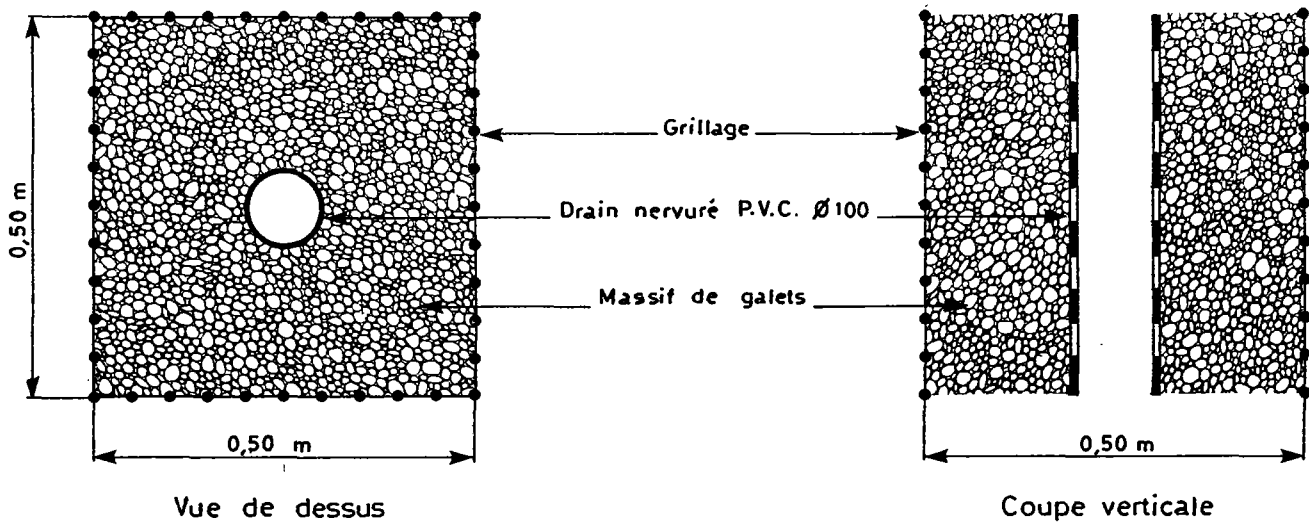
- accès difficile qui autorise une très bonne maîtrise des produits déposés ;
- bonne desserte routière et localisation à l'épicentre de la zone à desservir ;
- capacité de stockage importante, de 2,5 à 3 millions de mètres cubes ;
- disponibilité importante en matériaux de recouvrement ou d'étanchéification complémentaire, si besoin était. La valorisation de ces matériaux provenant de la carrière du Banc Noir permettrait, en outre, d'éviter de geler des zones agricoles ou des pelouses calcicoles pour leur mise en dépôt sous forme de stériles.
- faible valeur écologique actuelle du site qui ne peut que gagner à une reconquête susceptible de prendre valeur de démonstration.

3.2. - Aménagements proposés

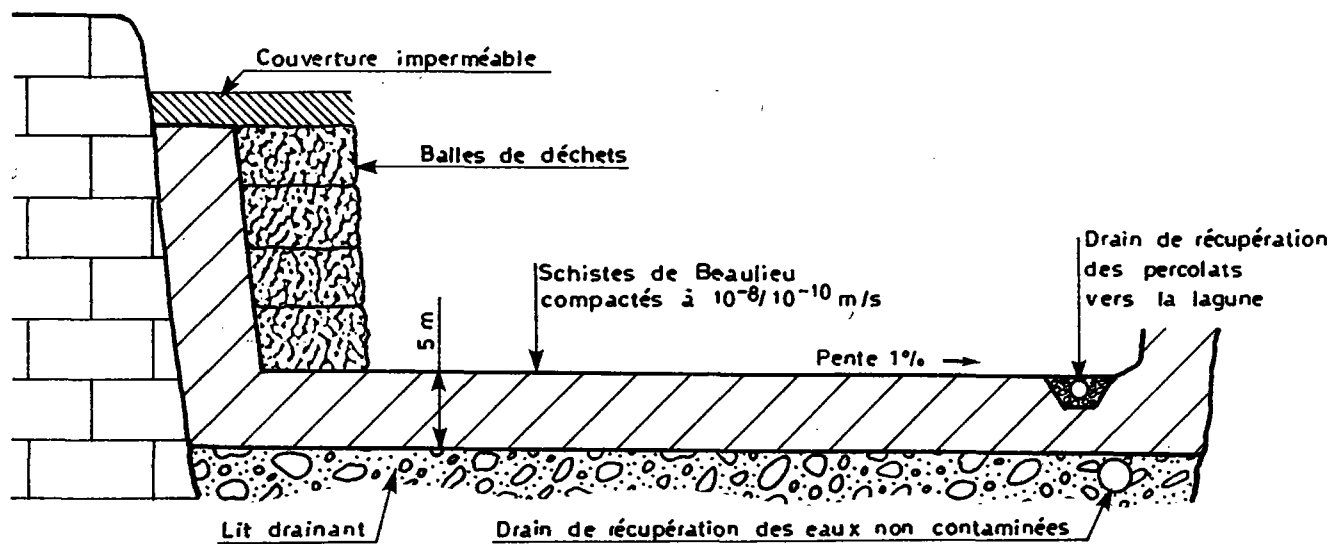
3.2.1. - Imperméabilisation du site

Compte-tenu des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques favorables du site, la faible perméabilité des calcaires ne nécessite que des aménagements marginaux pour la transformation de la carrière en centre d'enfouissement technique des déchets de classe II.

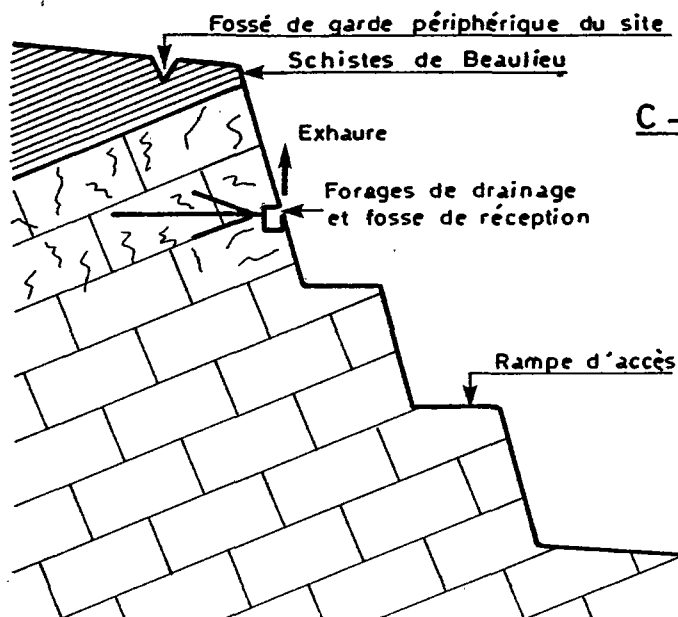
A - SCHEMA DE PRINCIPE DE COLONNE DE DRAINAGE DE BIOGAZ -



B - SCHEMA DE PRINCIPE D'EQUIPEMENT D'UNE ALVEOLE DE STOCKAGE



C - SCHEMA DE PRINCIPE DE RECUPERATION DES EAUX D'INFILTRATION ET DE RUISSELLEMENT



Toutefois, par souci de sécurité, pour satisfaire doublement à la législation et bien qu'aucune exploitation des eaux **non potables** circulant dans ces calcaires ne soit envisageable, on mettra en place des cellules ou alvéoles étanches dont le fond et les parois seront constitués de Schistes de Beaulieu du Banc Noir.

Les mesures de contrôle ⁽¹⁾ réalisées " in-situ " et en laboratoire (Cf. Annexe 2) confirment que ces matériaux compactés permettent d'obtenir une perméabilité 100 à 10.000 fois inférieure à la valeur recommandée (1×10^{-6} m/s sur 5 mètres d'épaisseur).

Aussi, la réalisation d'alvéoles de stockage étanches et régulièrement recouvertes permettra de répondre aux objectifs imposés par la législation.

3.2.2. - *Maîtrise des eaux de ruissellement*

La réalisation d'un fossé en tête de carrière permettra de recueillir les eaux de ruissellement extérieures au site et d'éviter leur contamination au contact des déchets. Leur rejet actuel dans un fossé busé passant sous la voie ferrée conduira à les évacuer hors du site sans dommages.

(1) La perméabilité in-situ des Schistes de Beaulieu a été mesurée au moyen d'un perméamètre double anneau (PANDA - brevet B.R.G.M.).

La perméabilité du matériau après mise en oeuvre a été évaluée grâce à un perméamètre à charge variable, sur des échantillons de Schistes de Beaulieu compactés en moule C B R à l'énergie du Proctor normal.

3.2.3. - Maîtrise des eaux provenant des calcaires

Les eaux d'exhaure de la carrière sont très limitées en volume et les zones fissurées sont localisées dans la carrière, au niveau de la rampe d'accès en fond.

Leur maîtrise permettra d'éviter leur contamination. Ces eaux pourront être valorisées, en cas de besoin, pour arroser les pistes (limitation des envols de poussières), laver les engins ou arroser les balles de déchets stockées si le taux d'humidité est périodiquement insuffisant pour la production du biogaz.

Le captage des eaux provenant des quelques fissures pourra être réalisé, soit par des forages horizontaux dans la paroi de la carrière, soit par un drainage en fond de fouille et rejet dans les bassins de pompage existants.

On rappellera encore que ces eaux ne sont pas conformes aux normes en vigueur du point de vue potabilité.

3.2.4. - Maîtrise des percolats

Les eaux qui transitent à travers les déchets (pluies, évapotranspiration liée à l'accroissement de température des déchets par fermentation anaérobie) doivent être traitées par lagunage avant rejet au milieu naturel.

Les volumes de percolats ont été évalués (Annexe 3) pour différentes hypothèses de perméabilité de substrat, de hauteur de déchets et de climat.

Ces différents paramètres seront figés au niveau de l'étude d'avant-projet détaillé et les surfaces de bassin de lagunage seront dimensionnées en conséquence.

Enfin, les eaux de percolation pourront être utilisées, si besoin est, pour arroser les déchets afin d'optimiser la production de biogaz qui reste fonction du taux d'humidité d'une part, de la quantité de matières organiques, d'autre part.

3.2.5. - Production et maîtrise du biogaz

La production du biogaz doit être envisagée à partir d'un tel processus d'élimination des ordures de classe II. Bien que ralenti de plusieurs mois par le prétraitement des déchets, la fermentation des produits stockés entraînera la formation de biogaz à raison de 40 à 50 m³/tonne stockés à 3.500 - 4.500 Kcal/m³ durant 10 à 15 ans.

La récupération de ce biogaz par des colonnes de drainage est une obligation législative, qui trouve, en outre, sa justification économique, comme l'ont montré différents sites équipés de moyens de drainage performants. Outre, la desserte de turbine à gaz, cette source d'énergie peut être valorisée sur le plan agricole pour la desserte de serres. La mise en place de couverture imperméable permet, en outre, le stockage temporaire de biogaz au sein du dépôt avec une surpression de quelques millibars par rapport à la pression atmosphérique.

Les colonnes de drainage seront constituées de massifs de galets emballés dans un grillage au milieu duquel sera placé un drain P.V.C. de type agricole avec vannes de tête pour réguler la production.

Compte-tenu de l'expérience acquise dans ce domaine, un espacement des colonnes de drainage de 35 à 40 m sera suffisant pour permettre une évacuation correcte du biogaz et sa bonne récupération.

3.2.6. - Sécurité - transport - odeurs - insectes

Du point de vue de la sécurité, l'ensemble du site est inaccessible ; seul l'accès principal sera clôturé et gardienné en permanence afin d'éviter tout dépôt de produits indésirables non prétraités.

Le transport sera assuré à raison d'environ 6 porteurs de 30 tonnes, soit 180 tonnes/jour, ce qui ne devrait pas accroître de façon significative le trafic routier sur les voies d'accès, compte-tenu des améliorations de la desserte de ce secteur.

Les envols de papiers, les odeurs, le développement des insectes et rongeurs seront totalement maîtrisés du fait du prétraitement des déchets en balles, tant au niveau du transport que de la mise en place sur le centre d'enfouissement.

En outre, la mise en place d'une couverture suffisamment épaisse en fin d'exploitation conduira à une reconquête du site qui permettra sa végétation et son boisement, autorisant ainsi l'extension du bois existant au nord de la carrière du Griset.

Enfin, dans la mesure où le besoin existe, les modalités de stockage et d'enfouissement des déchets pourront être valorisées sur le plan didactique et servir de démonstration auprès des scolaires.

CONCLUSIONS

Il ressort principalement de la présente étude que, sur les plans géologique et hydrogéologique, la carrière du " Griset " à FERQUES constitue un site exceptionnel, possédant toutes les caractéristiques voulues pour y créer un centre d'enfouissement technique de résidus urbains (déchets prétraités de classe II).

En effet, la position stratigraphique du Calcaire de Blacourt dans lequel elle est creusée, entre deux épaisses séries schisteuses pratiquement imperméables, l'isole des aquifères environnants situés au nord et au sud. En outre, la faible fissuration de la roche, l'absence de karstification et l'existence de nombreuses intercalations schisteuses font que ces calcaires sont très peu aquifères et seulement dans leur partie superficielle. De plus, des matériaux argileux (Schistes de Beaulieu) existent en quantité à proximité du site ; ils permettront de créer, en fond de carrière et le long des parois, le manteau étanche requis par la Réglementation en vigueur (coefficient de perméabilité inférieur à 1.10^{-6} m/s sur 5 mètres d'épaisseur). Une première approche du bilan hydrique prévisionnel montre que dans les hypothèses les plus pessimistes de climat et de conditions d'exploitation, le volume des percolats, à long terme, ne devrait pas dépasser 30 à 35.000 m³ par an, soit un débit horaire situé entre 3 et 4 m³ dont une partie pourra être recyclée sur la décharge afin de favoriser la production du biogaz, l'autre devant être évacuée après traitement.

Ce contexte géologique et hydrogéologique favorable allié à d'autres avantages tels que la faible visibilité de la carrière dans le paysage, la possibilité d'en contrôler aisément les accès et par conséquent de maîtriser les apports de déchets, sa situation géographique bien centrée avec une bonne desserte routière et enfin sa grosse capacité de stockage, fait donc, à priori, du site du " Griset " un site exceptionnellement favorable pour la création d'un centre d'enfouissement technique de résidus urbains. Parmi les différentes utilisations d'un tel site, c'est par ailleurs celle qui, de loin, induira le minimum de contraintes économiques.

Etude : J-Y. CAOUS

Ingénieur Hydrogéologue au B.R.G.M.

et J. LEPLAT

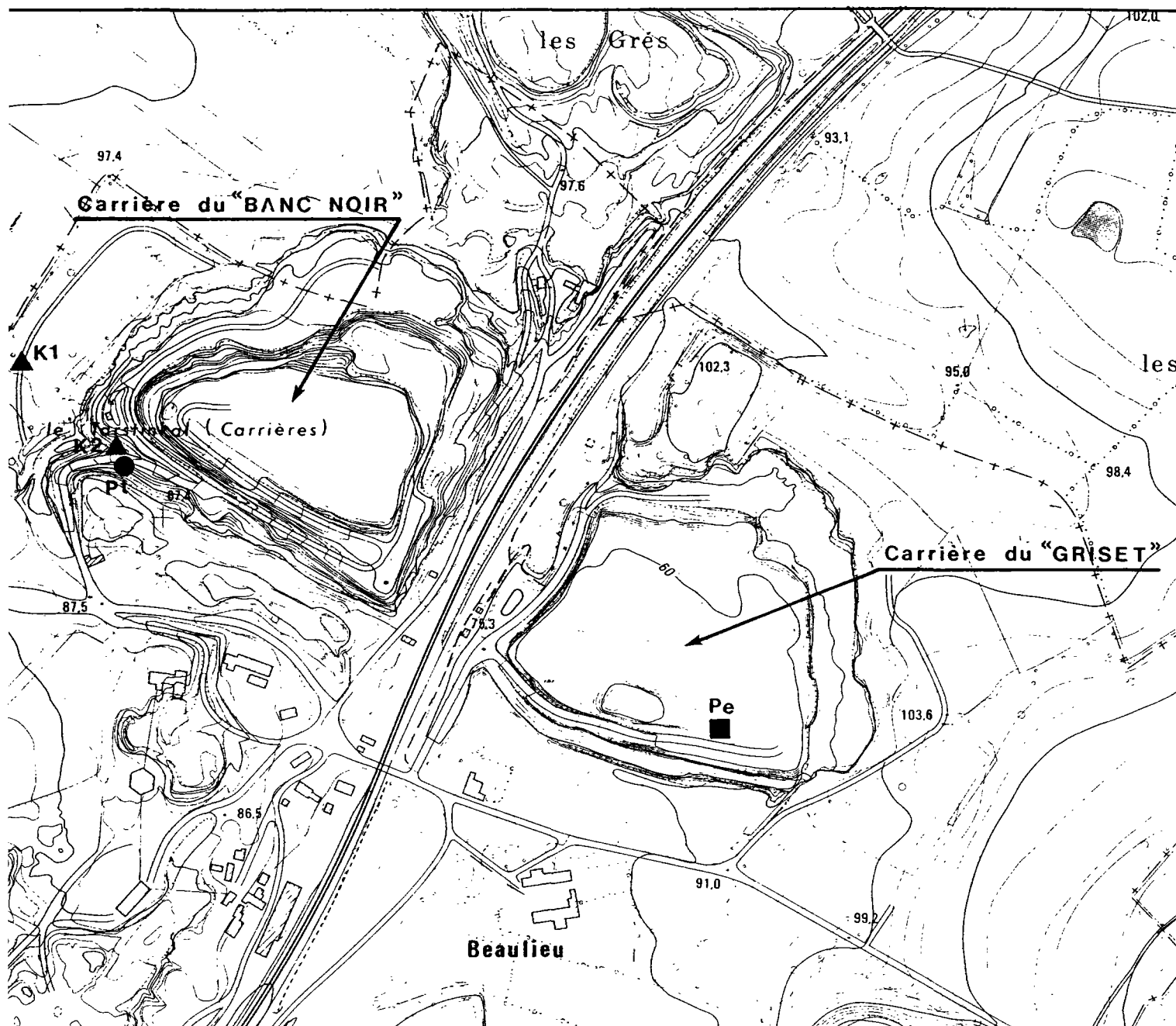
Ingénieur Hydrogéologue au B.R.G.M.

ANNEXES

A N N E X E 1

Plan général du site

à 1/5.000é

SITUATION DES TESTS DE PERMEABILITE "IN-SITU" ET
DES POINTS DE PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS DE ROCHE ET D'EAULEGENDE

- ▲ K1 Test de perméabilité "in-situ"
- Pt Point de prélèvement de Schistes de Beaulieu
- Pe Point de prélèvement d'eau pour analyse

A N N E X E I I

Tests de perméabilité

" in-situ " et en laboratoire

sur les Schistes de Beaulieu

**Test de perméabilité
" in-situ " par la méthode
du double anneau**

Principe du perméamètre PANDA

Le principe de l'appareil PANDA (Brevet B.R.G.M.) consiste à enregistrer la vitesse d'infiltration de l'eau contenue dans deux anneaux concentriques, enfoncés dans le sol, à travers le terrain à tester après saturation. Ces mesures se font grâce à un flotteur dont la position modifie la fréquence de résonnance d'un circuit oscillant très sensible, lue sur un fréquencemètre.

Lorsque les points de la courbe de variations de fréquence en fonction du temps s'alignent, la pente de la droite correspondante permet de calculer le coefficient de perméabilité du terrain, après une éventuelle correction de température et de viscosité de l'eau (Cf. les graphiques des deux feuillets suivants).

S.I.V.O.M. de l'agglomération boulonnaise

CARRIERE DE STINKAL A FERQUES

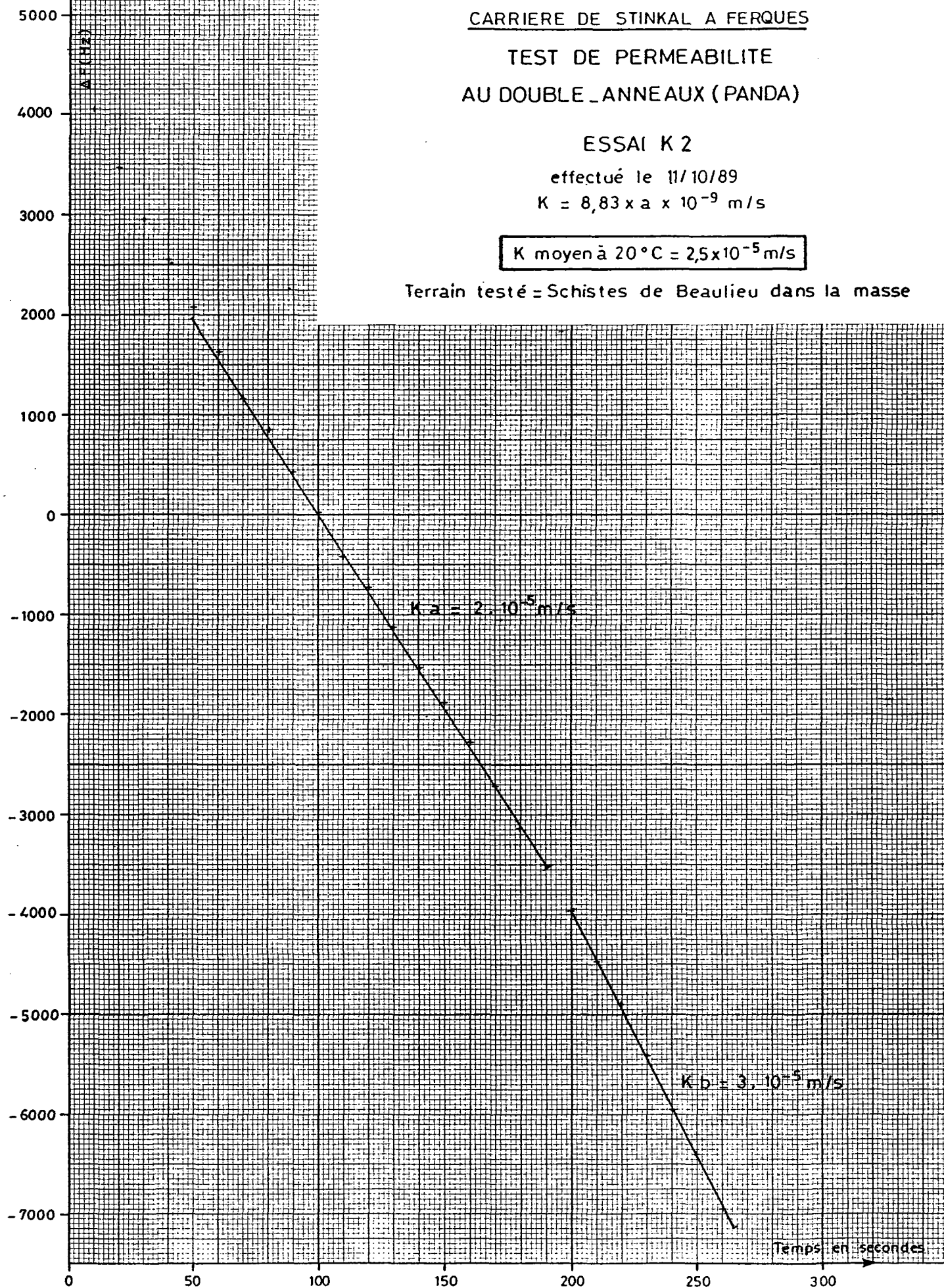
TEST DE PERMEABILITE
AU DOUBLE ANNEAUX (PANDA)

ESSAI K 2

effectué le 11/10/89

 $K = 8,83 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ $K \text{ moyen à } 20^\circ\text{C} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

Terrain testé = Schistes de Beaulieu dans la masse



S.I.V.O.M. de l'agglomération boudonnaise

CARRIERE DE STINKAL A FERQUES

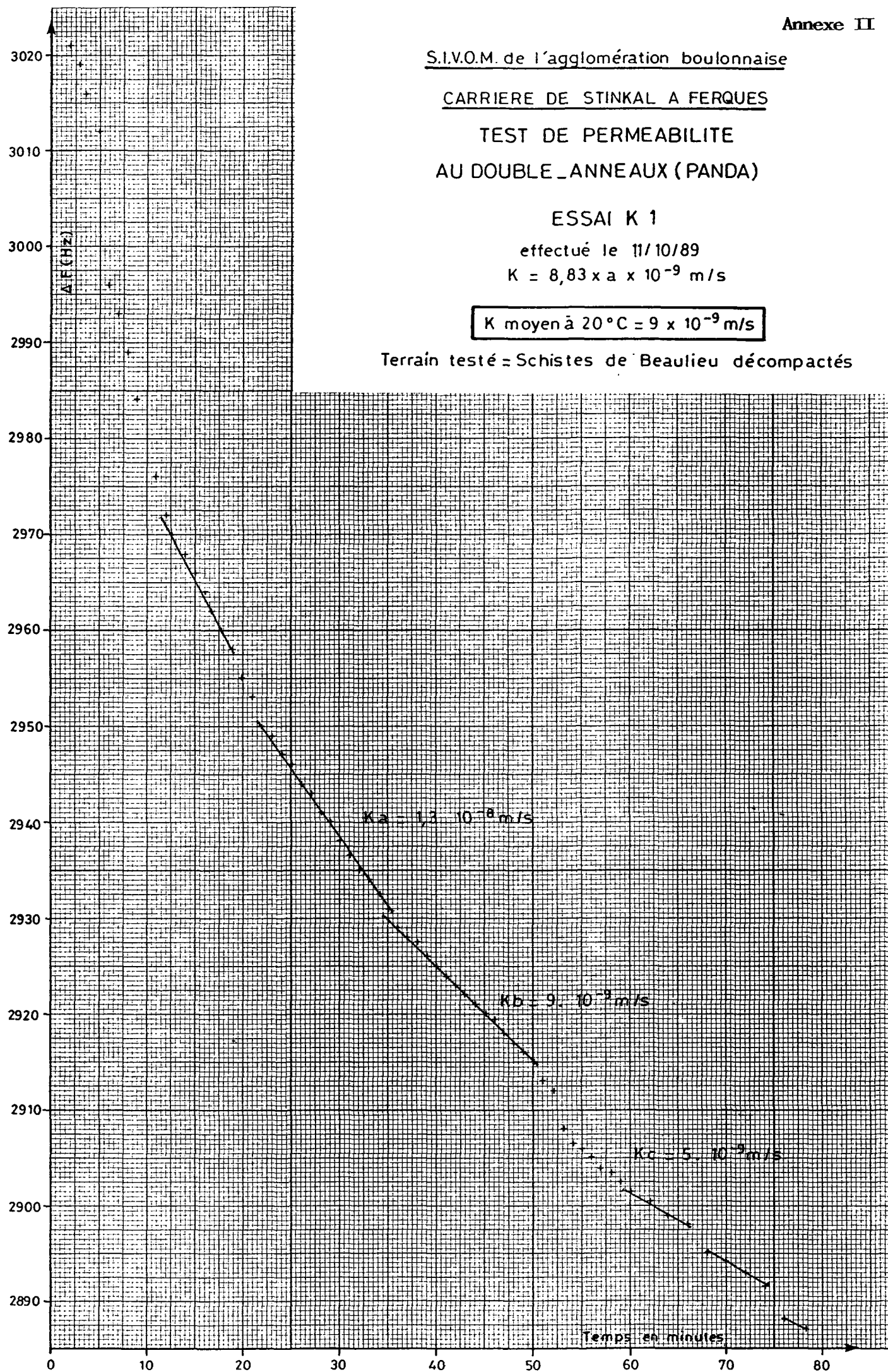
TEST DE PERMEABILITE
AU DOUBLE ANNEAUX (PANDA)

ESSAI K 1

effectué le 11/10/89

 $K = 8,83 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ $K \text{ moyen à } 20^\circ\text{C} = 9 \times 10^{-9} \text{ m/s}$

Terrain testé = Schistes de Beaulieu décompactés



A N N E X E I I I

Identification et essais de compactage des Schistes de Beaulieu

- Courbe granulométrique**
- Essai Proctor normal**

- B.R.G.M. -

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL
NORD - PAS-DE-CALAIS

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Dossier: FERQUES

N°: _____

Sondage: _____ Echantillon: _____

Caractéristiques de l'essai:

Date: _____

Description: _____ Profondeur: _____

● Analyse visuelle: Schistes de Beaulieu

● Voie sèche ☐

Poids sec: 5164 g

● Voie humide ☒

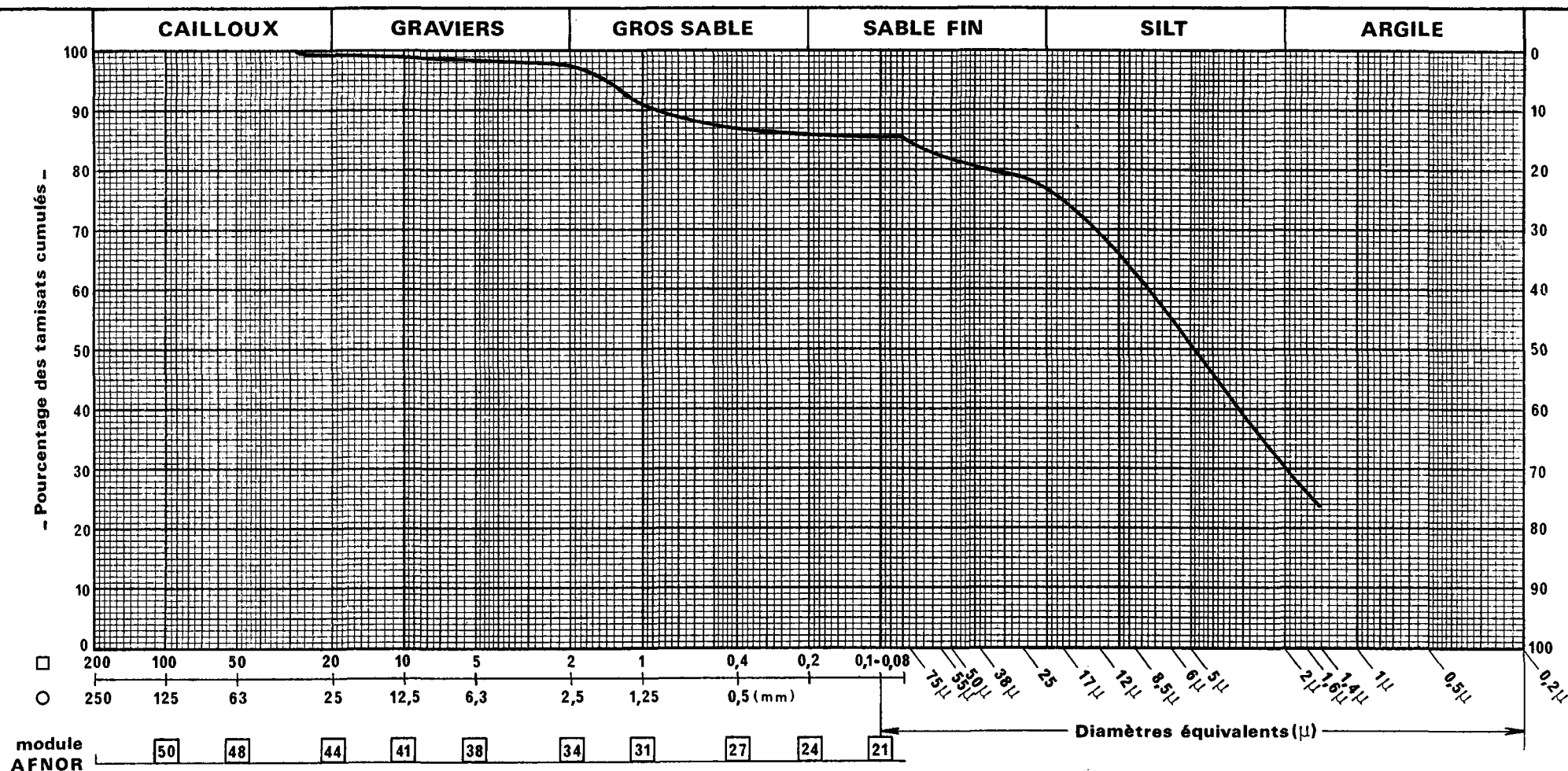
Remarques: _____

● Classification géotechnique (L.C.P.C): _____

● Sédimentométrie ☐

Durée de tamisage: 1 H

Eau de lavage trouble



SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

NORD - PAS-DE-CALAIS

B.R.G.M

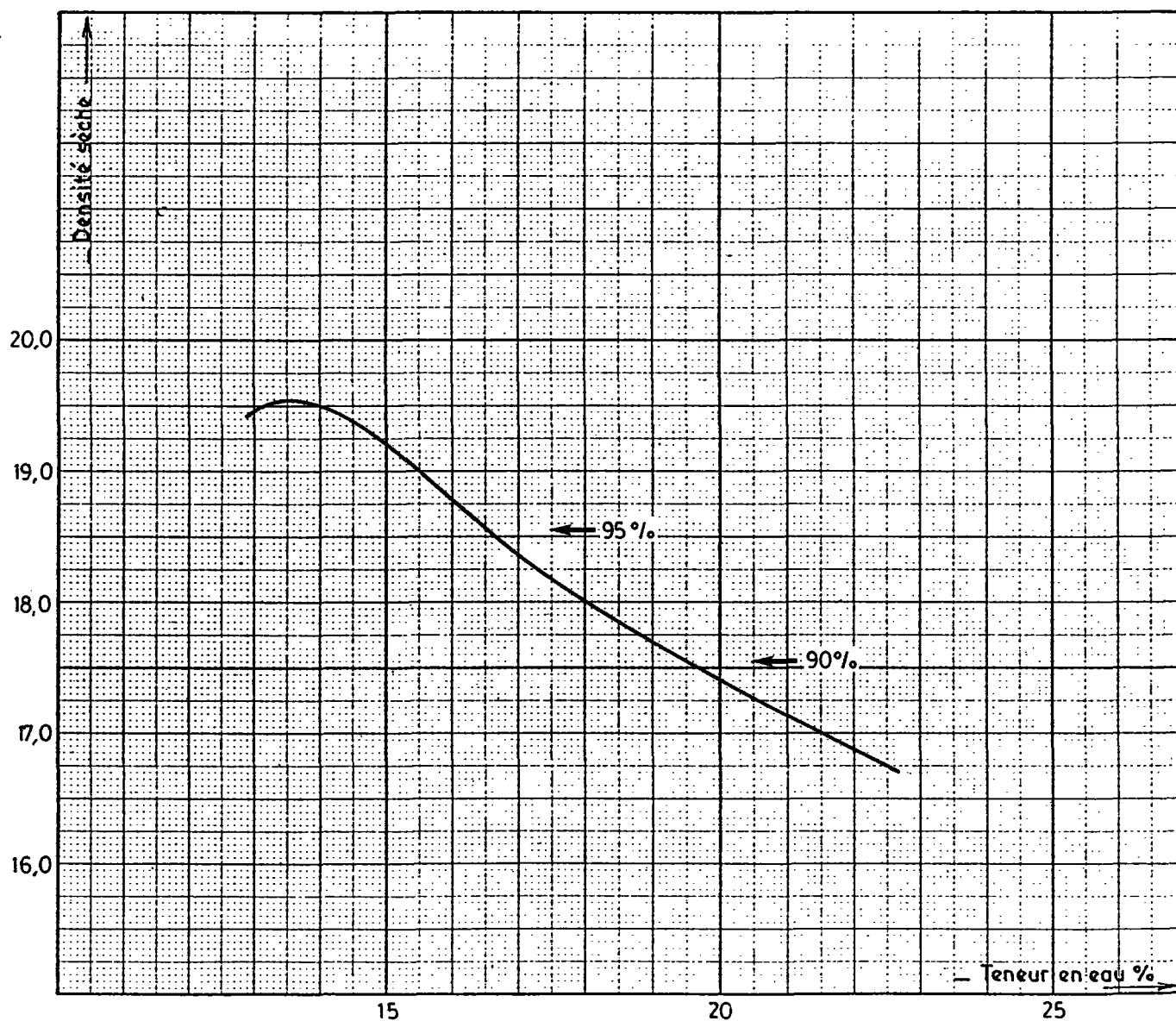
Fort de Lezennes - 59 - LEZENNES

Tél : (20) 91 - 38 - 19

Chantier : FERQUES

- ESSAI PROCTOR -

NORMAL

 ω optimale = 13,5 γ_d maximum = 19,5 KN/m³Matériau : Schistes de Beaulieu 0/5

A N N E X E IV

Bilan hydrique prévisionnel

**Résultats pour différentes hypothèses
de perméabilité du substratum,
de hauteur de déchets et de climat**

Logiciel BHYDEC
(Bilan hydrique prévisionnel de décharges)

PRINCIPE DES SIMULATIONS

Prenant à la fois en compte des paramètres climatiques (pluviométrie, température, insolation) au pas de temps mensuel et des paramètres relatifs à la future décharge (nombre d'alvéoles, surface d'une alvéole, hauteur des déchets, tonnage et densité, perméabilité du substratum et de la couverture finale, etc...) ce programme calcule le volume d'effluent total (mensuel et annuel) recueilli à la base de la décharge, ceci pendant un nombre d'années donné et en fonction d'un type de climat choisi.

Dans le cas présent, les paramètres concernant la future décharge et son mode d'exploitation sont les suivants :

- Nombre d'alvéoles : 8
- Surface d'une alvéole : 10.000 m^2
- Hauteur de déchets : 10 puis 40 mètres
- Tonnage mensuel de déchets : 4.200 puis 8.400 tonnes

- Densité des déchets : 1,1
- Perméabilité du substratum : 1.10^{-8} puis 1.10^{-10} m/s
- Perméabilité de la couverture : 1.10^{-7} m/s
- Surface de bassins de stockage : 100 m^2
- Nombre d'années de calcul : 15 puis 25

Les hypothèses climatiques ont été faites en utilisant les données climatologiques des stations suivantes :

- Pluviométrie à RETY
- Température à BOULOGNE-SUR-MER
- Insolation au TOUQUET

. période 1971-1985 pour le calcul à 15 ans

. Année moyenne 1977 pour le calcul à 25 ans.

Le tableau du feuillet suivant récapitule ces différentes hypothèses et fait apparaître pour chacune d'elles les volumes annuels maximaux d'effluents prévisibles.

8 alvéoles de 10.000 m²

Tonnage mensuel	4.200 tonnes		8.400 tonnes			
Perméabilité du substratum	K = 1.10 ⁻⁸ m/s	K = 1.10 ⁻¹⁰ m/s	K = 1.10 ⁻⁸ m/s		K = 1.10 ⁻¹⁰ m/s	
Durée de la prévision	15 ans		15 ans	25 ans	15 ans	25 ans
Données climato- logiques utilisée (Station de RETY)	1971/1985			1977	1971/1985	1977
=====						
Hauteur déchets	10 mètres					
N° de simulation	FERQ 10	FERQ 12	FERQ 14		FERQ 16	
Volume maximum des percolats	7290 m ³ /an	28334 m ³ /an	11210 m ³ /an		36720 m ³ /an	
=====						
Hauteur déchets	40 mètres					
N° simulation	FERQ 2	FERQ 3	FERQ 6	FERQ 18	FERQ 8	FERQ 19
Volume maximum des percolats	1384 m ³ /an	6465 m ³ /an	3061 m ³ /an	4297 m ³ /an	11990 m ³ /an	22736 m ³ /an

N.B. : Dans l'hypothèse haute de 8.400 tonnes/mois, les 8 alvéoles seraient comblées dès la 9^{ème} année pour une hauteur de 10 m de déchets et seulement au bout de la 29^{ème} année pour une hauteur de 40 mètres.