

Saint-Pierre-du-Perray, le 25 Janvier 2018

# ESIRIS INGÉNIERIE

Dossier : 18.3.1994



## ROC SOL

30 bis, rue d'Estienne d'Orves  
92 120 MONTRouGE

### TRAVAUX MISE EN SECURITE PAR LA MISE EN PLACE D'UNE GEOGRILLE PARC « LA COLLINE DES MATHURINS » BAGNEUX (92)



#### MISSION D'ASSISTANCE TECHNIQUE RAPPORT PHASE PROJET N°18.3.1994

B	25/01/18	S. SABLON	C. SCORIANZ	22	Page 4 : Plan-surface parc
A	22/01/18	S. SABLON	C. SCORIANZ	22	Page 8 : condition recouvrement géogrille
0	19/01/18	S. SABLON	C. SCORIANZ	22	Première diffusion
Indice	Date	Etabli par	Contrôlé par	Nb pages	Modifications - Observations

Raison sociale : I.C.I.  
Nom commercial : ESIRIS INGENIERIE  
T. : 01 69 13 80 20 - F. : 01 69 13 00 11  
contact.ingenierie@esiris.fr  
4, rue de Mare à Tissier - ZAC de Villepècle  
91280 SAINT-PIERRE DU PERRAY



SAS au capital de 60 979,61 € - RCS Evry B 414 962 506 - TVA intracommunautaire : FR06414962506 - APE 7112 B



OBJET :													PAGE												
ASSURANCE QUALITE																									
PAGE	Ind	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I		PAGE	Ind	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1		X											41												
2		X											42												
3		X											43												
4		X		X									44												
5		X											45												
6		X											46												
7		X											47												
8		X	X										48												
9		X											49												
10		X											50												
11		X											51												
12		X											52												
13		X											53												
14		X											54												
15		X											55												
16		X											56												
17		X											57												
18		X											58												
19		X											59												
20		X											60												
21		X											61												
22		X											62												
23													63												
24													64												
25													65												
26													66												
27													67												
28													68												
29													69												
30													70												
31													71												
32													72												
33													73												
34													74												
35													75												
36													76												
37													77												
38													78												
39													79												
40													80												

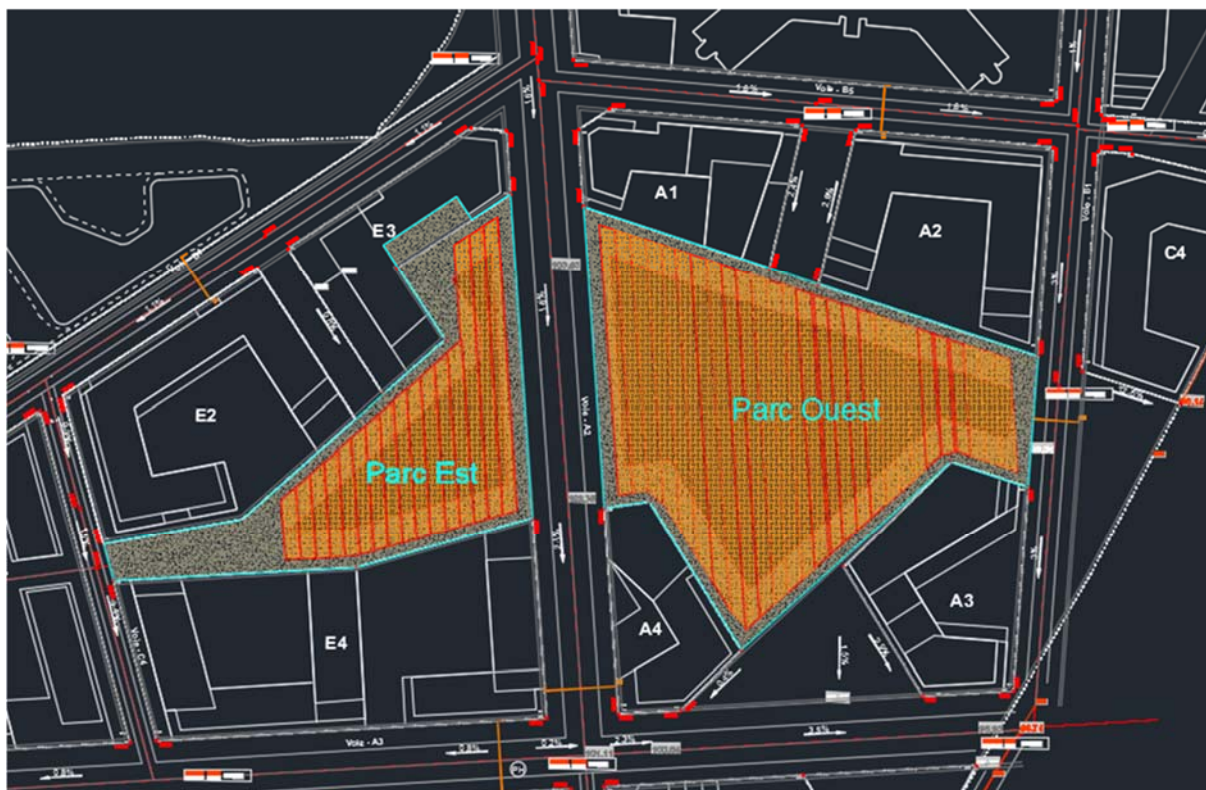
## SOMMAIRE

1	DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROGRAMME.....	4
1.1	CADRE GENERAL.....	4
1.2	CONTEXTE GEOLOGIQUE .....	4
1.3	CONDITIONS D'INTERVENTION .....	8
2	PRINCIPE DU RENFORCEMENT PAR GÉOGRILLE .....	9
2.1	PRINCIPE DE RENFORCEMENT.....	9
2.2	SCENARIO TYPE D'INTERVENTION.....	10
3	ÉTUDE DU RENFORCEMENT PAR GÉOGRILLE.....	11
3.1	PARAMETRES & REGLEMENTS DE DIMENSIONNEMENT .....	11
3.2	HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT .....	11
3.2.1	Caractéristiques géométriques.....	11
3.2.2	Caractéristique du remblai et des surcharges .....	12
3.2.3	Déflexion maximale de la géogridle .....	12
3.3	DIMENSIONNEMENT.....	13
3.3.1	Allongement maximum dans la géogridle .....	13
3.3.2	Choix et vérification la géogridle .....	13
3.3.3	Recouvrement longitudinal à l'ancrage.....	15
3.3.4	Recouvrement latéral des lés .....	16
4	DISPOSITIONS PARTICULIERES DE SURVEILLANCE .....	17
4.1	APPREHENSION DU RISQUE.....	17
4.2	SURVEILLANCE .....	17
4.3	PROCEDURE TYPE DE MISE EN SECURITE EN CAS DE REMONTEE DE FONTIS SOUS GEOGRILLE.....	18
4.3.1	Visite sur site.....	18
4.3.2	Balisage et signalisation .....	18
4.3.3	Dégagement de la géogridle.....	19
4.3.4	Protection de la cheminée .....	19
4.3.5	Traitement de la dépression .....	19
4.4	TRAITEMENT DU FONTIS A PARTIR DE LA SURFACE.....	20
4.4.1	Moyens humains .....	20
4.4.2	Moyens matériels .....	20
4.4.3	Méthodologie de traitement.....	20

## 1 DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROGRAMME

### 1.1 CADRE GENERAL

Le terrain du projet est situé à BAGNEUX (92), entre la rue des Mathurins, la rue des Pichets, la rue de la Fontaine et la rue de la Porte d'en Bas. Il est destiné à la construction d'un ensemble immobilier avec l'aménagement d'un parc paysager d'environ 16 500 m<sup>2</sup>.



Il sera scindé en zone dites Parc Est et Parc Ouest par la traversée d'une voirie publique, dont les surfaces respectives représentent environ 5900 et 10500 m<sup>2</sup>.

### 1.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

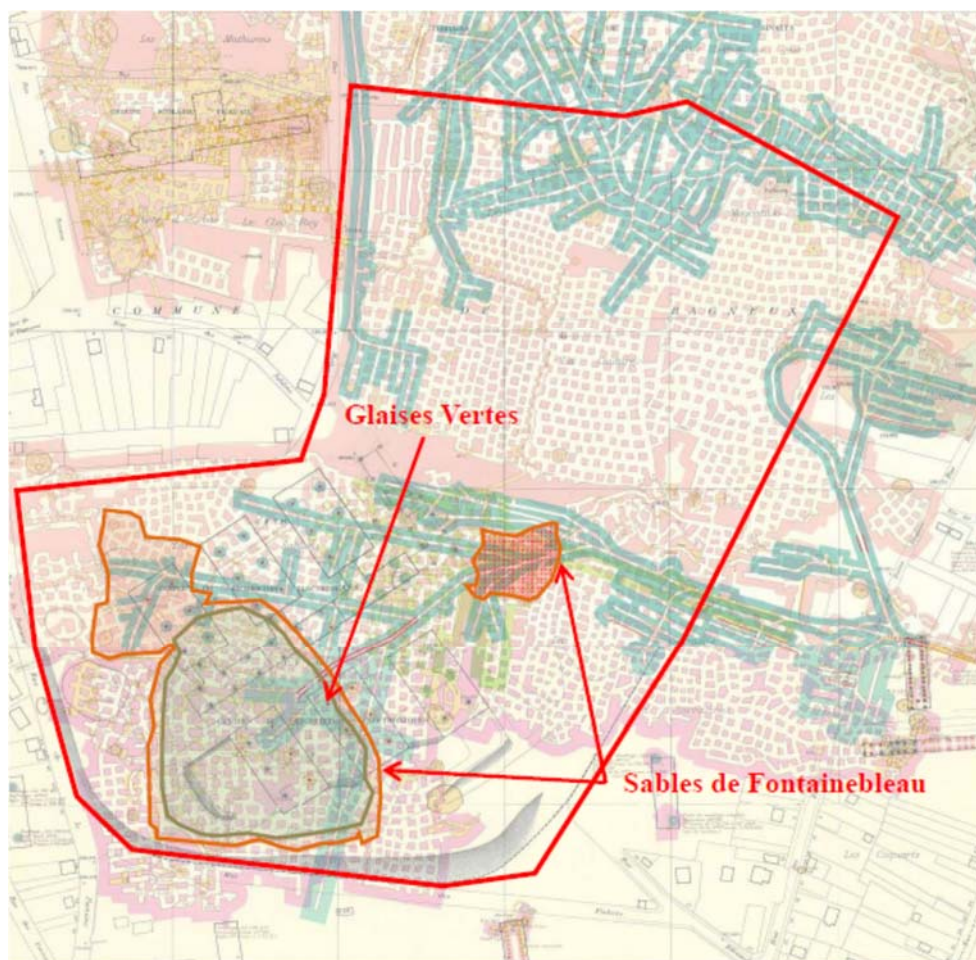
Il s'agit d'une butte témoin coiffée par les Sables de Fontainebleau culminant à la cote 129 NGF. Le terrain objet du projet est calé plus bas entre les cotes 98 et 105 NGF.

Sur la base des différentes reconnaissances effectuées par ROCSOL, la synthèse géotechnique à l'échelle du projet confirme la présence d'anciennes carrières à ciel ouvert des sables de Fontainebleau et des argiles vertes, et les présences d'anciennes carrières souterraines d'exploitation du gypse Ludien sur les 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> masse.

#### CARRIERES A CIEL OUVERT

Les Sables de Fontainebleau et les Argiles vertes ont été exploitées à ciel ouvert dans la moitié sud du site. Les épaisseurs de remblais varient de 10 m environ à 23 m. La carte ci-après précise leur localisation (document ROCSOL).





### **CARRIERES SOUTERRAINES**

Différentes masses de gypse ont été exploitées sur le site :

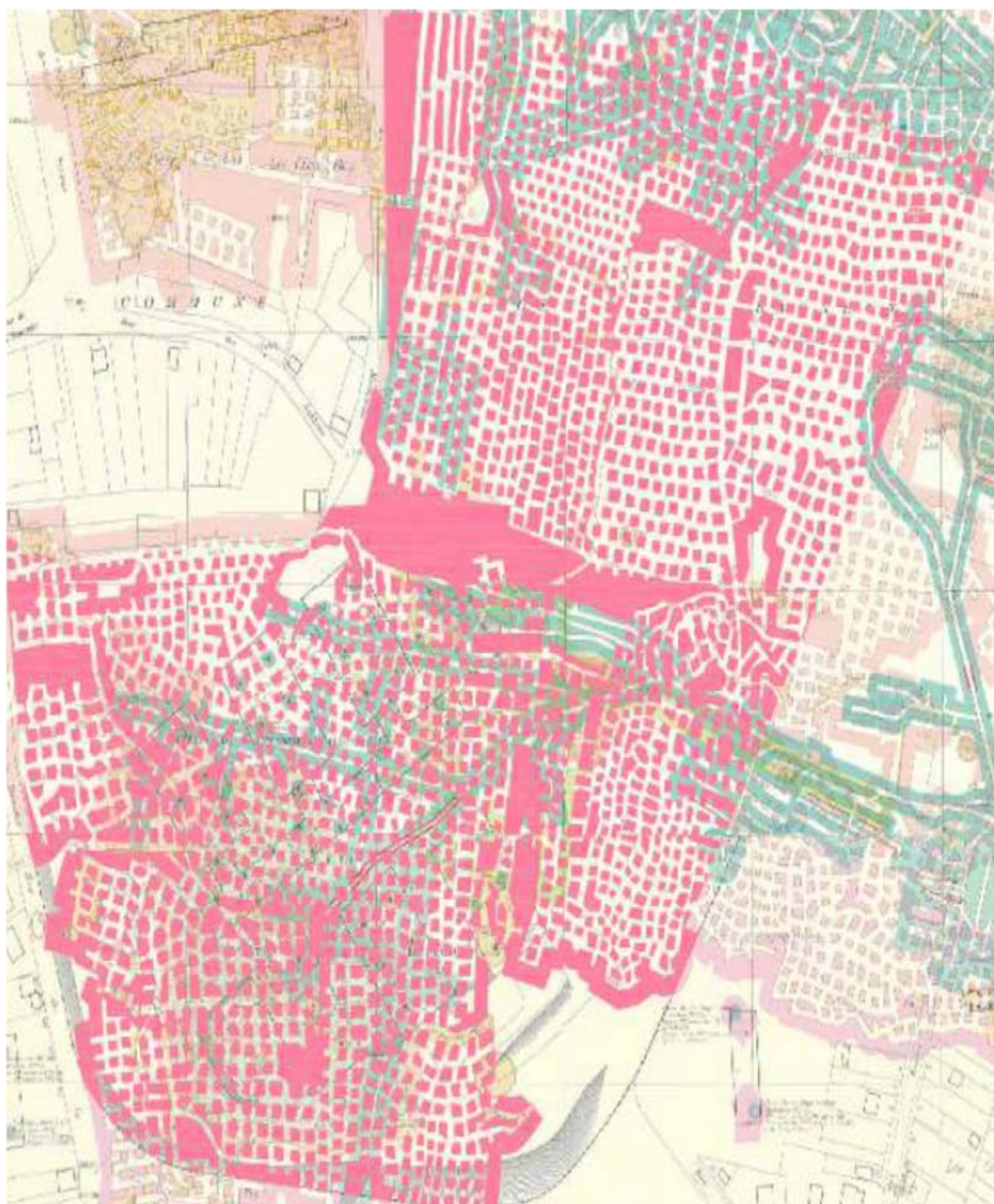
- ✓ Première masse sur une hauteur de 5 m pour un recouvrement de 25 m à 30 m environ ;
- ✓ Seconde masse sur une hauteur de 3 m pour un recouvrement de 30 m à 35 m environ ;
- ✓ Troisième Masse sur une hauteur de 3,5 m pour un recouvrement de 45 m.

Soit un sol de carrière vers 48 m de profondeur pour les zones exploitées les plus profondes. Ces exploitations sont partiellement remblayées mais d'après la cartographie de l'IGC, en majeure partie vides. Il est également noté de nombreux fontis, voire d'affaissement de grande ampleur.

Des fontis anciens répertoriés par l'IGC sont présents sur le site, et témoignent de l'évolution inexorable de ce type de carrière abandonnée.

#### **Carrière de première masse**

Cette exploitation est la plus proche de la surface et également la plus présente. Son exploitation couvre environ 137 000 m<sup>2</sup> soit environ 91 % de la surface totale du site. La cartographie IGC correspondante est reportée en page suivante.

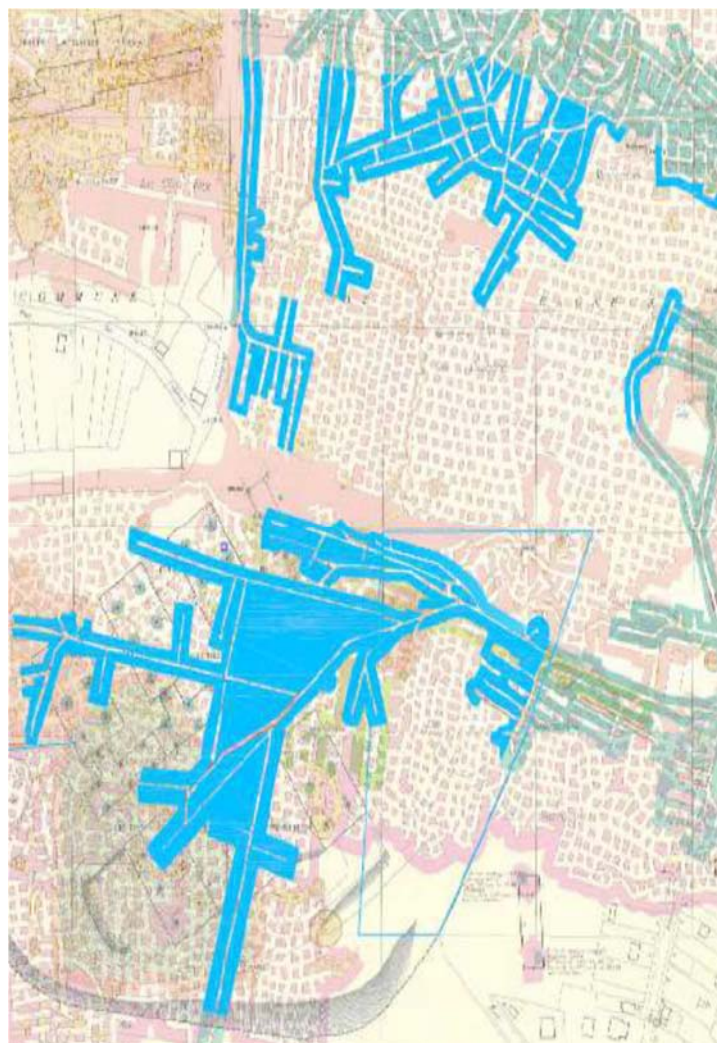


### **Carrière de Seconde Masse**

Cette exploitation n'est pas généralisée comme celle de première masse, elle se présente sous la forme d'un réseau de galeries de limites mal définies. Son exploitation couvre environ 12 800 m<sup>2</sup>.

La cartographie page suivante montre l'étendue de du réseau de galerie et plus en détail des galeries de limites incertaines.





### **Carrière de troisième Masse**

Exploitation la plus profonde avec un sol de carrière vers 48 m de profondeur, elle n'est présente que dans la moitié sud du site. Ses limites sud et ouest sont mal connues. Deux géométries se distinguent, une galerie principale à l'est et une exploitation sous forme de piliers à l'ouest.



Exploitation la plus profonde avec un sol de carrière vers 48 m de profondeur, elle n'est présente que dans la moitié sud du site. Ses limites sud et ouest sont mal connues. Deux géométries se distinguent, une galerie principale à l'est et une exploitation sous forme de piliers à l'ouest.

**En conclusion des reconnaissances**, les caractéristiques moyennes retenues des différents niveaux d'exploitation souterraine sont les suivantes :

- ✓ Hauteur exploitée de Première Masse : 5 m de bourrages yc effondrement – 30 cm de vide ;
- ✓ Hauteur exploitée de Seconde Masse : 1,5 m de bourrages yc effondrement – 90 cm de vide ;
- ✓ Hauteur exploitée de troisième Masse : 2,9 m de bourrages yc effondrement – 30 cm de vide.

### 1.3 CONDITIONS D'INTERVENTION

**Conformément aux recommandations de l'IGC :**

- Au droit des zones bâties, les carrières souterraines seront comblées par forages d'injection maille 5 m par 5 m, sans murage côté parc, et les bâtiments fondés sur pieux ;
- Au droit des voiries, les carrières seront également comblées par forages d'injection maille 7 m par 7 m sans murage en mitoyenneté avec le parc ;
- Les anciens fontis répertoriés par l'IGC seront traités par injection ;
- Le parc sera traité par sécurisation superficielle en géogrille en considérant des zones d'ancrage stabilisées en tréfond par les injections de comblement et clavage de mitoyenneté avec les zones bâties et de voiries.

Dans ces conditions et selon les données de ROC SOL, l'absence de murage des injections de zones traitées en limite du parc conduisent à un comblement des carrières sur des bandes de :

- 12 m de largeur en mitoyenneté des zones bâties ;
- 7 m de largeur en mitoyenneté des voiries ;

à l'intérieur du parc.

**Pour le dimensionnement de la mise en sécurité par géogrille**, les hypothèses suivantes sont à priori à considérer :

- ✓ Le risque de remontée de fontis à ce jour non recensés est acté sur un diamètre de 4 m ;
- ✓ Le risque vis-à-vis de l'effondrement généralisé n'est pas à considérer ;
- ✓ La hauteur de terre à considérer en recouvrement de la géogrille sera au maximum de 1,80 m ;
- ✓ Le relief de la hauteur de recouvrement sur la géogrille devra être limité à +/- 50 cm ;
- ✓ La surcharge d'exploitation en surface est fixée à 10 kN/m<sup>2</sup> ;
- ✓ La flèche maximum suite à la remontée de fontis en surface ne doit pas dépasser 10 % de son diamètre.



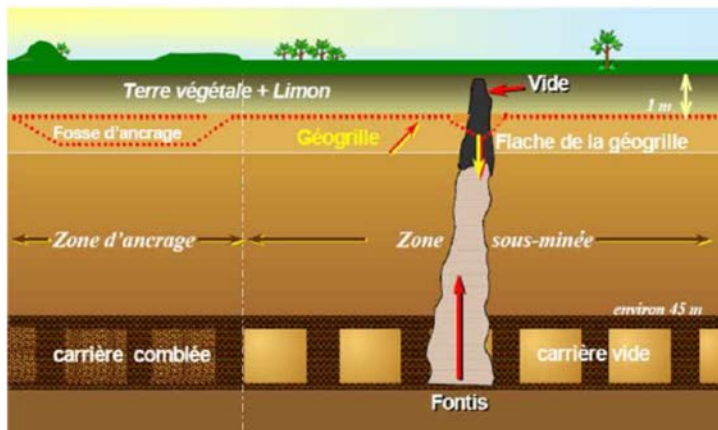
## 2 PRINCIPE DU RENFORCEMENT PAR GÉOGRILLE

### 2.1 PRINCIPE DE RENFORCEMENT

Dans cette utilisation, la géogridle a pour but d'éviter à des promeneurs de tomber dans un fontis, en jouant un rôle de « filet ». Cette géogridle doit donc pouvoir supporter le poids des terres et des surcharges d'exploitation.

Lors de l'apparition d'un fontis, celui-ci doit être comblé dans les plus brefs délais par un procédé d'injection défini à la note technique relative aux injections de comblement, clavage et traitement.

Pour permettre le bon fonctionnement de ce système « parachute », il s'avère indispensable d'assurer la stabilité des zones d'ancrage de la géogridle soit en les localisant astucieusement dans les zones non exploitées, soit lorsque ce n'est pas possible en procédant à un traitement de comblement des carrières par injection.



Action filet antichute  
de la géogridle en zone  
sous minée.



Zone courante



Zone d'ancrage

## 2.2 SCENARIO TYPE D'INTERVENTION

Une fois les extrémités du terrain, appelées plus couramment « ancrages », sécurisées par le biais des injections, la phase de travaux de pose géogridde peut débuter par les terrassements zones d'ancrage et courantes.

Il s'agit de terrasser l'ensemble de la parcelle afin d'y dérouler une géogridde

Ce géotextile va jouer le rôle d'un filet antichute, en cas d'effondrement généralisé ou de fontis.

Il n'empêche pas les effondrements de carrières mais retiendrait les usagers du parc dans son filet en cas d'incident.

### PHASE 1

- 1) Découpage de la terre végétale
- 2) Terrassement du lit n°1 sur une bande de 8 m à 1,25 m / TN et stockage de la terre sur la parcelle ZONE Sud-Est
- 3) Terrassement des zones d'ancrage à -1,25 m / TN



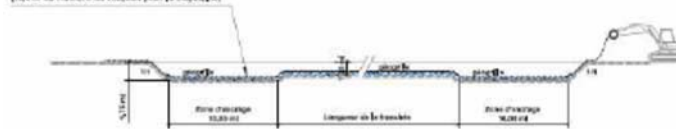
### PHASE 2

- 4) Mise en œuvre du lit n°1 de pose de sable (10,00 m)



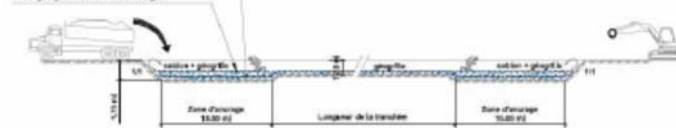
### PHASE 3

- 5) Mise en place de la géogridde (longueur 10,00 m)



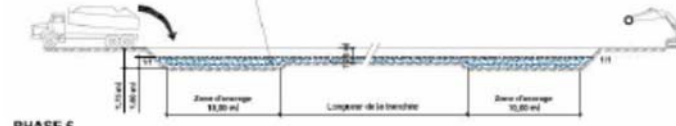
### PHASE 4

- 6) Remblaiement de 50 cm de sable en dessous de la géogridde en zone d'ancrage
- 7) Retournement de la coupe de géogridde en zone d'ancrage



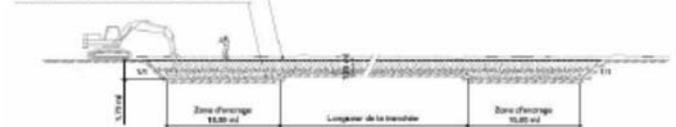
### PHASE 5

- 8) Mise en œuvre de 2ème lit de sable (10,00 m)



### PHASE 6

- 10) Terrassement du lit n°2 sur une bande de 4,50 m et remblaiement du lit n°2 jusqu'à -1,25 m / TN
- 11) Terrassement des zones d'ancrage à -1,25 m / TN



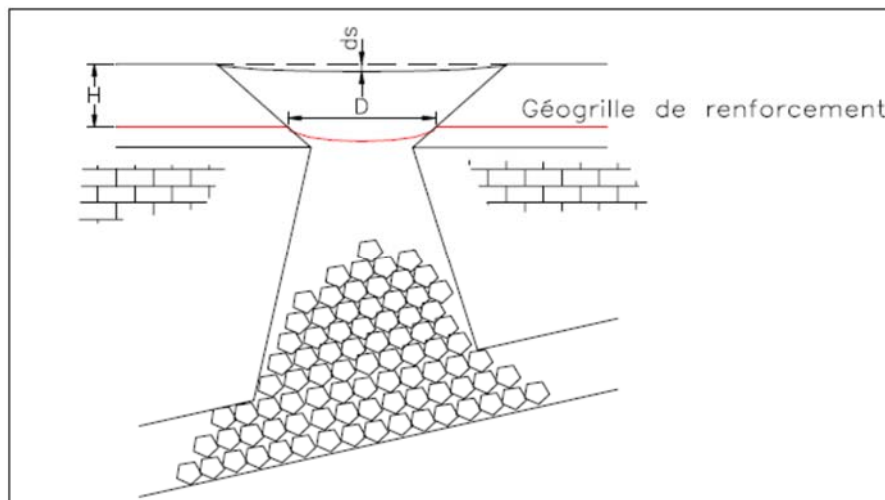
La « géogridde » est un moyen sûr et efficace permettant de sécuriser l'ensemble du site avant sa réhabilitation en Parc public.

### 3 ÉTUDE DU RENFORCEMENT PAR GÉOGRILLE

#### 3.1 PARAMETRES & REGLEMENTS DE DIMENSIONNEMENT

Les paramètres entrants en jeu pour le dimensionnement du renforcement sont :

- Le diamètre de la cavité, (D)
- La déflexion admissible en surface, (s)
- L'épaisseur H de matériau au-dessus du géosynthétique de renforcement
- La nature du matériau avec son coefficient de défoisonnement  $C_{def}$ , sa masse volumique  $\gamma$  et son angle de frottement interne  $\varphi$



La géogridle doit être dimensionnée selon la méthode RAFAEL.

La géogridle est dimensionnée à la durée de service de l'ouvrage, c'est-à-dire que la déflexion admissible est celle qui pourrait être observée à long terme en tenant des facteurs de fluage, d'endommagement à la mise en œuvre et de vieillissement de la géogridle.

Ces facteurs sont quantifiés par des coefficients réducteurs au sens de la norme de renforcement XP G 38-064 et de l'Eurocode 7.

Ils doivent être pris soit selon les valeurs par défaut de la norme, soit selon un avis technique indépendant reconnu qui doit être fourni par le producteur.

#### 3.2 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

##### 3.2.1 Caractéristiques géométriques

En fonction de l'étude géotechnique menée par ROCSOL, le diamètre en surface de la cavité à prendre en compte est :

$$D = 4 \text{ m} \quad \text{Diamètre de fontis en surface}$$



### 3.2.2 Caractéristique du remblai et des surcharges

Le remblai à mettre au-dessus de la géogridde, est constitué d'un sablon dans les caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Couche	Caractéristiques	Valeurs
Recouvrement de la géogridde	Épaisseur recouvrement géogridde $H$ (m)	1,8
	Coefficient de défoisonnement $C_{e_{sable}}$	1,00
	Poids volumique $\gamma_{sable}$ (kN/m <sup>3</sup> )	20
	Angle de frottement interne $\phi_{sable}$ (°)	30
	Cohésion (kN/m <sup>2</sup> ) au contact géogridde	0

En plus de la charge due au remblai, une surcharge  $Q_s$  d'exploitation simulant un mini-tracteur et le public est à prendre en compte pour le dimensionnement :

$$Q_s = 10 \text{ kN/m}^2$$

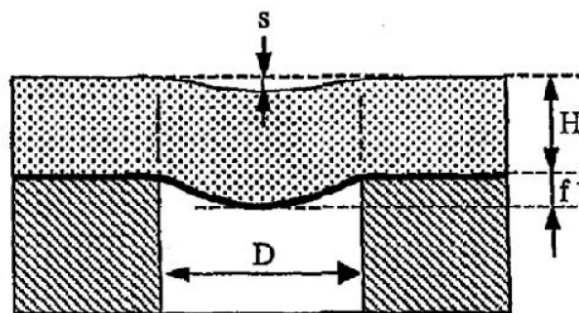
### 3.2.3 Déflexion maximale de la géogridde

La déflexion  $s$  maximale admissible pour ce projet est de 10% du diamètre de la cavité  $D$ , soit :

$$s = 0,1 \times 4 \text{ (m)} = 0,4 \text{ m}$$

Les charges agissantes sur la géogridde résultent de l'effondrement du cylindre du sol au-dessus de la cavité.

Cette méthode est une méthode analytique basée sur un fonctionnement du géosynthétique en membrane. Lors de la survenance d'un vide supposé circulaire, la géogridde se déforme et les efforts verticaux sont repris par la géogridde de renforcement en efforts horizontaux.



La loi de conservation de volume :  $f = s + (2 \times H) * (C_e - 1)$ ,

Par conséquent la flèche maximum autorisée dans la géogridde est  $f_{max} = 0,4 \text{ m}$ .

### 3.3 DIMENSIONNEMENT

#### 3.3.1 Allongement maximum dans la géogridle

L'allongement maximum admissible dans la géogridle pour la durée indicative de service de 120 ans en fonction de la géométrie retenue :

$$\varepsilon_{max}(D) = \frac{8}{3} \times \left(\frac{f_{max}}{D}\right)^2$$

$$\varepsilon_{max}(D) = 2,66 \%$$

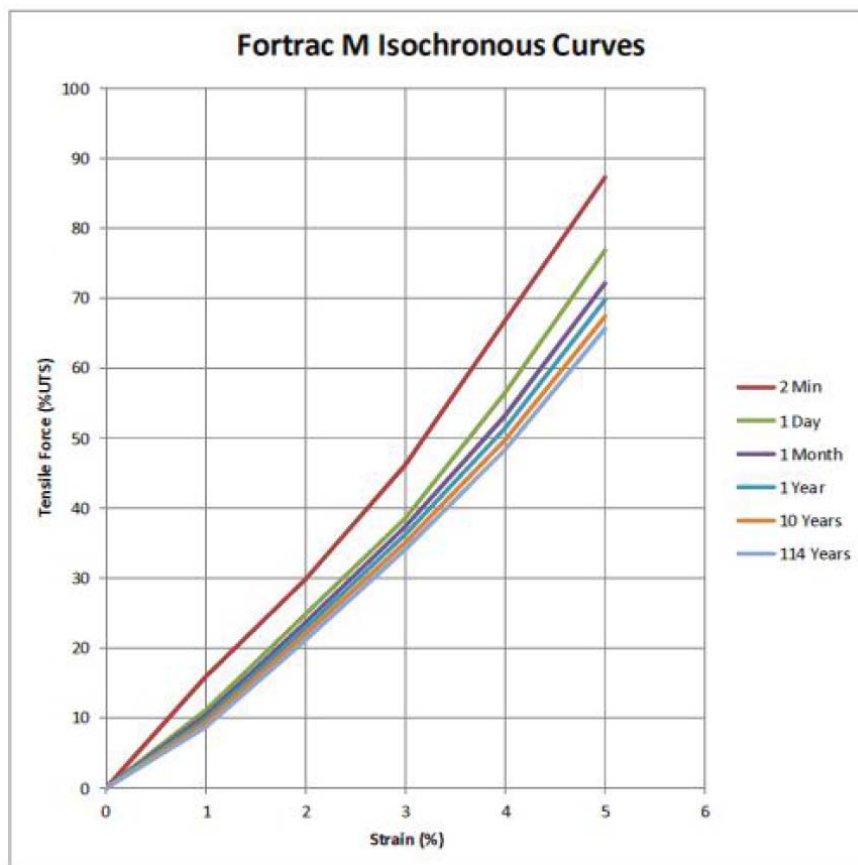
#### 3.3.2 Choix et vérification la géogridle

La géogridle choisie pour le renforcement des cavités du parc Mathurins est un géosynthétique type FORTRAC ou équivalent.

Les résistances à la traction de cette dernière dépendent de la durée d'utilisation de l'ouvrage, de la température de dimensionnement, de l'agressivité du matériau du remblai et de l'environnement.

Ces paramètres sont à déterminés conformément au guide ISO/TR 20432 :2007 et des coefficients réducteurs établis dans l'avis technique BBA N° 05/4266

La figure ci-dessous, présente l'allongement global dans le temps en fonction du taux de chargement :



### 3.3.2.1 Calcul de la contrainte sur le géosynthétique

La charge appliquée au-dessus de la zone d'affaissement est :

$$\sigma_{vg} = \frac{D \left( \gamma - \frac{4c'}{D} \right)}{2K_a \tan \varphi'} \left[ 1 - e^{-K_a \tan \varphi' \left( \frac{4H}{D} \right)} \right] + p \left[ e^{-K_a \tan \varphi' \left( \frac{4H}{D} \right)} \right] + q \left[ e^{-K_a \tan \varphi' \left( \frac{4H}{D} \right)} \right]$$

Avec :

- $D = 4 \text{ m}$
- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^2$
- $c' = 0 \text{ kPa}$
- $\varphi' = 30^\circ$
- $K_a = 0.5$
- $H = 1,8 \text{ m}$
- $P = 0 \text{ kN/m}^2$
- $q = 10 \text{ kN/m}^2$

**Par conséquent,  $\sigma_{vg} \approx 0,04 \text{ MN/m}^2$**

### 3.3.2.2 Calcul de la traction maximale dans la géogridde

La traction maximale dans la géogridde a été déterminée par la méthode RAFAEL.

$$T_{max} = \frac{\sigma_{vg} \times D}{2} \times \sqrt{1 + \frac{1}{6 \times \varepsilon_{max}}} \approx 0,22 \text{ MN/m}$$

**Il faut rechercher un produit de traction admissible supérieure à 220 kN/m.**

A titre indicatif, une géogridde FORTRAC type R625/100-20/100 P, peut convenir dans le cadre du projet, avec une tension admissible de 250 kN/m calculée dans les conditions suivantes :

$$T_{admis} = \frac{T_{geo}}{\gamma_{flu} * \gamma_{comp} * \gamma_{env}} = \frac{T_{ct}}{\gamma_{flu} * \gamma_{comp} * \gamma_{env} * F_{120ans}}$$

$T_{admis}$	Tension de service admise pour une durée de vie de 120 ans
$T_{ct} = 625 \text{ (kN/m)}$	Fortrac R 625/50-20/100 P polyester haute ténacité, résistance à la traction mesurée à court terme d'après la norme NF EN ISO 10319
$F_{120ans} = 1.67$	Coefficient réducteur définie par le B.B.A. pour le fluage (estimation pour 120 ans)
$\gamma_{env} = 1.00$	Coefficient de sécurité vis à vis des modifications de résistance en traction liées à l'environnement
$\gamma_{comp} = 1.15$	Coefficient correcteur vis à vis de l'endommagement dû à la mise en œuvre et compactage du matériau de remblai issue à partir d'essais (définie par le B.B.A.)



$\gamma_{geo} = 1.30$

Coefficient de sécurité sur la géogridde

Soit :

$$T_{adm} := \frac{T_{ct}}{\gamma_{env} \cdot \gamma_{comp} \cdot \gamma_{geo} \cdot F_{120ans}}$$

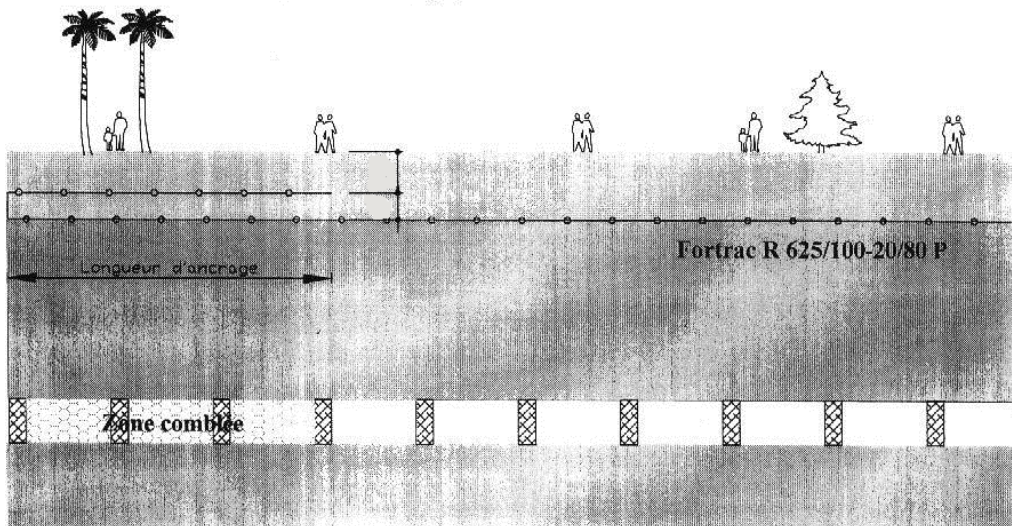
$$T_{adm} = 250,3 \text{ kN/m} \gg T_{requis}$$

$$\varepsilon_{max}(D) = 2,66 \%$$

### 3.3.3 Recouvrement longitudinal à l'ancrage

Pour assurer l'ancrage des lés de géogridde au droit des zones stabilisées par injection des carrières, la solution consiste à venir mettre en protection la zone d'ancrage de la géogridde par un comblement, mais en mettant la géogridde à une profondeur plus importante (cf. croquis) ci-après.

#### Comblement sous la zone d'ancrage et retour de nappe



La tension à reprendre dans la géogridde est de 220 kN/m.

Dans ce cas, la hauteur au-dessus de la géogridde vaut  $H1 = 1,8 \text{ m}$  puis  $H2 = 0,5 \text{ m}$ .

La force de frottement mobilisable par mètre linéaire de géogridde vaut :

$$F1 = 2 \cdot \gamma \cdot H1 \cdot 0,9 \cdot \tan(\varphi) \quad \text{soit } F1 = 0,035 \text{ MN/m}$$

$$F2 = 2 \cdot \gamma \cdot H2 \cdot 0,9 \cdot \tan(\varphi) \quad \text{soit } F2 = 0,010 \text{ MN/m}$$

En considérant un coefficient de sécurité  $\eta = 1.5$ , on obtient dans cette configuration une longueur d'ancrage nécessaire :

$$L = 0,22 \cdot \eta / (F1 + F2) \text{ soit une longueur de } 7,5 \text{ m}$$

### 3.3.4 Recouvrement latéral des lés

Un recouvrement uni-axial entre les deux rouleaux est nécessaire pour assurer la stabilité du système.

La longueur de recouvrement uni-axial est déterminé de la manière suivante :

$$L_{r\_u} = \text{Max} (0,5 \text{ m} ; 0,1 \times B ; 2 \times \varepsilon_{\text{max}}(D) \times D)$$

Avec :

- $B = 5 \text{ m}$  Largeur de rouleau de la géogridle
- $\varepsilon_{\text{max}}(D) = 0,0266$  Allongement maximal de la géogridle
- $D = 4 \text{ m}$  Diamètre en surface du fontis

**La largeur de recouvrement minimum pour une utilisation uniaxiale de rouleaux de géogridles de 5 m de largeur est :  $L_{r\_u} = 0,5 \text{ m}$**

## 4 DISPOSITIONS PARTICULIERES DE SURVEILLANCE

### 4.1 APPREHENSION DU RISQUE

Si la qualification ou la quantification du risque est suffisamment bien appréhendée, la maîtrise du risque peut se concevoir comme la représentation de trois concepts de prévention :

- ☞ L'information des populations par la prise en compte du risque dans l'aménagement,
- ☞ La surveillance (au sens large) comme méthode de suivi de l'évolution du phénomène et d'alerte pour les populations menacées,
- ☞ Le traitement du risque proprement dit par des techniques de prévention actives (au niveau des cavités) et passives (au niveau de la surface)

L'information du public par la prise en compte du risque dans l'aménagement a pour objectif de maîtriser l'occupation du sol de façon à réduire la vulnérabilité des populations exposées. Il s'agit d'une politique à long terme menée par le biais d'une réglementation spécifique qui s'appuie sur des documents cartographiques particuliers représentant les espaces sous-minés ou un zonage des aléas identifiés.

### 4.2 SURVEILLANCE

Cette mesure de prévention a pour but d'avertir ou d'alerter du danger sans s'opposer au phénomène proprement dit. Elle fait appel à des techniques de surveillance dont le principe est de suivre l'évolution des mouvements de terrain et de prendre les mesures de sécurité conservatoires qui s'imposent en cas d'instabilité avérée.

Elle représente le plus souvent une stratégie d'attente en reportant ou en fragmentant dans le temps les travaux pour mieux en répartir le coût. En tant que solution palliative, la prévention par surveillance se limite aux objectifs suivants :

- ☞ Prévoir au mieux, avec les moyens d'information dont on dispose, le processus d'évolution des conditions de stabilité de la cavité avant que les premières manifestations de sa rupture ne se produisent,
- ☞ Fournir une alarme dans l'objectif d'alerter sur l'imminence d'une intervention de traitement et de permettre de prendre les dispositions de sauvegarde qui s'imposent.

Les techniques de surveillance sont adaptées aux configurations du site et comportent plusieurs niveaux d'investigation et d'alarme :

- ☞ L'inspection visuelle avec analyse de l'évolution des désordres,
- ☞ La mesure des déformations et des tassements par moyens topographiques.

Pour la surveillance du site, il pourra être prévu une surveillance continue visuelle et un contrôle annuel topographique sur la base d'un semi 70 à 100 points sur l'ensemble de la parcelle sécurisée. Cela suppose l'aménagement d'une base fixe qui peut être localisée dans une partie d'ancrage de géogrille non sous-minée et protégée du public sur la base du plan de récolement des zones sécurisées après travaux.



Les mesures doivent être assurées par un Géomètre Expert agréé, comprenant pour chaque intervention la remise :

- ☞ Des données brutes avec indication des incertitudes sur les relevés,
- ☞ Des graphiques d'évolution des déplacements au cours du temps pour chaque point de mesure avec report de la barre d'erreur sur les mesures,
- ☞ Sur plan du Parc, de l'implantation des points et de la base de référence, ainsi que les points de mesure avec tendance avérée au déplacement.

En cas de déplacement confirmé et avéré au-delà de l'incertitude sur les mesures, il sera engagé une mission de diagnostic géotechnique de type G5 en référence à la norme NF P 94-500, comprenant :

- ☞ Une visite d'inspection visuelle d'un géotechnicien confirmé,
- ☞ L'analyse des données Géomètre,
- ☞ La définition de dispositions constructives éventuelles, telles que suivi renforcé de certaines zones, conduite d'une inspection détaillée avec sondages & essais sur site.

### **4.3 PROCEDURE TYPE DE MISE EN SECURITE EN CAS DE REMONTEE DE FONTIS SOUS GEOGRILLE**

La démarche proposée pour la mise en sécurité d'une zone affectée d'un fontis dans un site ouvert au public est la suivante :

- ☞ Déplacement sur site pour en déterminer sa cause et son extension,
- ☞ Balisage et signalisation,
- ☞ Protection de la cheminée
- ☞ Traitement du fontis.

#### **4.3.1 Visite sur site**

Avant toute chose, une visite sur site est organisée, au plus tard 24 heures après le signalement du fontis, pour se rendre compte des particularités du site (conditions d'accès, topographie, présence de circulations routières ou piétonnes, ...) et de la taille du fontis. Elle a pour objectif de déterminer l'étendue de la zone à protéger et les éventuelles déviations de circulations à mettre en place.

#### **4.3.2 Balisage et signalisation**

La deuxième étape consiste à baliser le site, pour en interdire l'accès aux personnes. Dans un premier temps, le balisage peut être constitué de rubalise et de grillage orange (mis en place lors de la visite), puis de barrières grillagées de 2 mètres de hauteur mises en place au plus tard 24 heures après la visite.

Selon la configuration du site, deux zones pourront être définies :

- ☞ La proximité immédiate du fontis où l'accès doit être interdit physiquement par des barrières de type "Ville de Paris" ou des ganivelles,
- ☞ Une zone plus large pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres, clôturée par du grillage orange par exemple.

Sur les deux enceintes, des panneaux signalant le danger et le risque d'effondrement seront mis en place. A cela, pourront s'ajouter, le cas échéant, des panneaux de déviation des circulations piétonnes.

#### **4.3.3 Dégagement de la géogrille**

La géogrille reposant à 1,80 mètres de profondeur, en zone courante, et si la géogrille n'est pas visible, le plus grand soin sera apporté lors de son dégagement.

Son dégagement devra être fait manuellement, avec le plus grand soin à l'approche de la couche supérieure de sablon (si celle-ci subsiste en cas d'affaissement).

Quoi qu'il en soit, le plan de récolement de la géogrille au DOE des travaux permet d'appréhender la cote de la géogrille selon la zone d'intervention.

Une fois la zone de désordre dégagée et selon la configuration des désordres, les moyens de protections seront mis en œuvre dans le cadre des futurs travaux de réparations.

Conjointement avec l'aval du fournisseur de géogrille, les modalités d'intervention et de réparation, au droit de la géogrille, seront dès lors définis.

#### **4.3.4 Protection de la cheminée**

Selon la configuration du fontis et si sa taille n'est pas trop importante, une protection sera mise en place sur la cheminée.

Elle peut être constituée d'un platelage en bastaings, d'une plaque métallique ou de tout autre moyen permettant de limiter tout risque de chute avant le début du traitement. Lors de la mise en place de cette protection (en même temps que la pose des barrières), un système de déviation des eaux de ruissellement pourra être réalisé si besoin est.

#### **4.3.5 Traitement de la dépression**

Au principe de traitement du fontis décrit dans le paragraphe suivant, doivent s'ajouter des mesures de sécurité particulières du fait qu'il est situé dans un espace ouvert au public. Une attention particulière sera portée lors des entrées et sorties de camions (matériaux ou engins de chantier).

Si curage il y a à faire, c'est juste pour découvrir la géogrille dans l'empreinte de déflexion du fontis, et laisser sous protection du Public pour le traitement par forages.

Dans tous les cas en fonction de la configuration de l'affaissement et de sa situation sur le site, une méthodologie d'intervention sera établie regroupant les modalités d'intervention, les précautions à prendre vis-à-vis des travaux au droit et à proximité de la géogrille et des moyens à mettre en œuvre.

## **4.4 TRAITEMENT DU FONTIS A PARTIR DE LA SURFACE**

### **4.4.1 Moyens humains**

Généralement pour ce type d'intervention de maintenance, les personnels amenés à intervenir pour traiter un fontis au niveau du suivi et de l'exécution des travaux, se composent d'une équipe type suivante :

- ✓ Un ingénieur travaux, responsable de l'opération,
- ✓ Un chef de chantier,
- ✓ Un pelleur pour le curage du fontis,
- ✓ Un foreur et aide-foreur,
- ✓ Un centraliste – pupitreux,
- ✓ Des aides injecteurs.

### **4.4.2 Moyens matériels**

La liste des moyens matériels de l'entreprise est fournie dans le mémoire technique. Le choix des matériels sera adapté en fonction de la configuration du site et du fontis. Le matériel prévu pour une telle opération est composé de :

- ✓ Une foreuse de poids et gabarit adaptés au site (et éventuellement à tête déportée si les contraintes l'exigent), équipée d'un enregistreur de paramètres de forage,
- ✓ Une pelle mécanique en location extérieure,
- ✓ Une centrale de fabrication de mortier sur site si nous n'utilisons pas de mortier prêt à l'emploi livré en camion-toupie,
- ✓ Des pompes et presses d'injection équipées d'un enregistreur de paramètres d'injection,
- ✓ Des flexibles et du matériel permettant l'injection.

Pour le balisage du site, l'entreprise dispose de ses propres barrières et d'un stock de rubalise, grillage orange et piquets.

### **4.4.3 Méthodologie de traitement**

Le traitement d'un fontis s'organise en 4 étapes :

#### **1 - La mise en sécurité du site et la définition du fontis.**

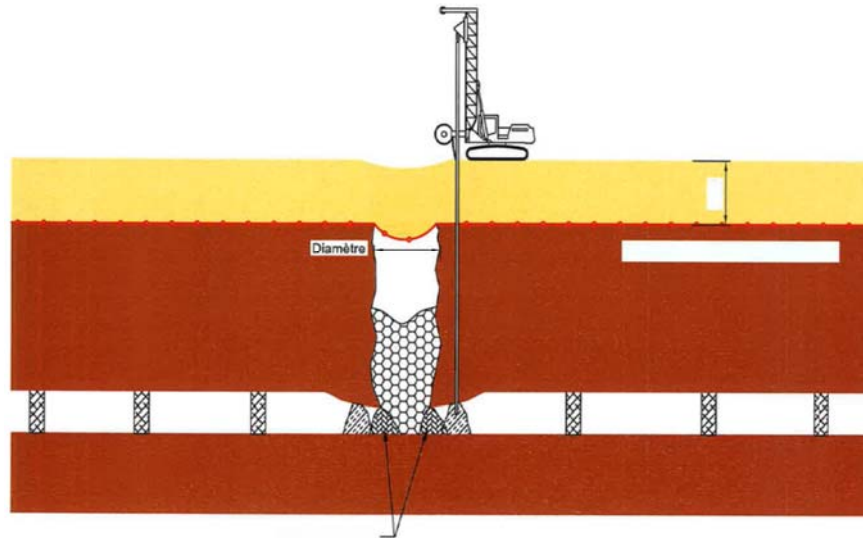
Cette phase comprend la protection du site telle qu'elle est décrite au paragraphe 4.3 et le curage des terres de recouvrement à la pelle mécanique jusqu'au sablon de protection de la géogrille, puis découverte manuelle de la géogrille afin de fixer au mieux l'implantation des forages de traitement.

Cette étape doit permettre de disposer des tubages provisoires de réservations des forages de manière à conserver au mieux la continuité de la géogrille. La maille de géogrille pourra être écartée afin d'éviter au maximum tout sectionnement de l'armature constituant le produit manufacturé.

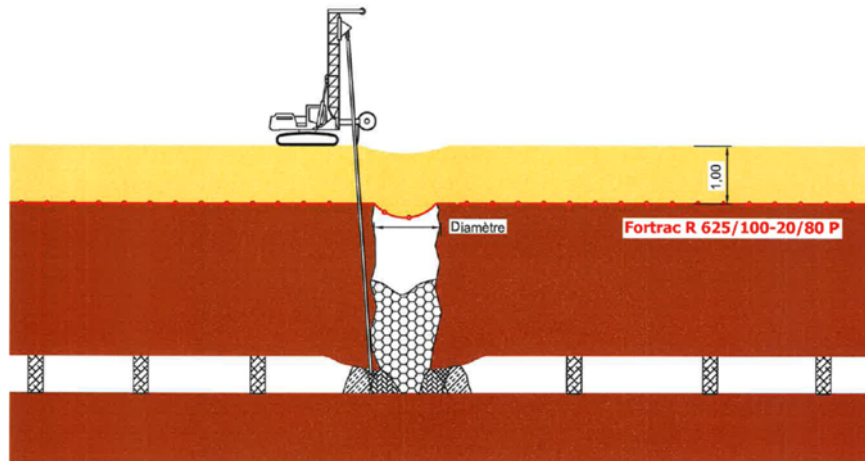
## **2 – La réalisation de forages de ceinturage et de comblement.**

Cette étape de fait en 3 temps :

1) Tout d'abord, des forages destructifs avec enregistrements des paramètres de forages sont réalisés, « en zone saine », en périphérie du fontis (espacés de 2 à 3 mètres). Ces forages sont ancrés d'au moins un mètre dans le sol de carrière et équipés d'un tube PVC crépine et d'un tube à manchettes. L'objectif de ces forages étant de créer un anneau d'injection



2) Selon le diamètre du fontis, des forages, selon le même principe de mise en œuvre, seront réalisés entre l'anneau d'injection et la périphérie de la zone effondrée.

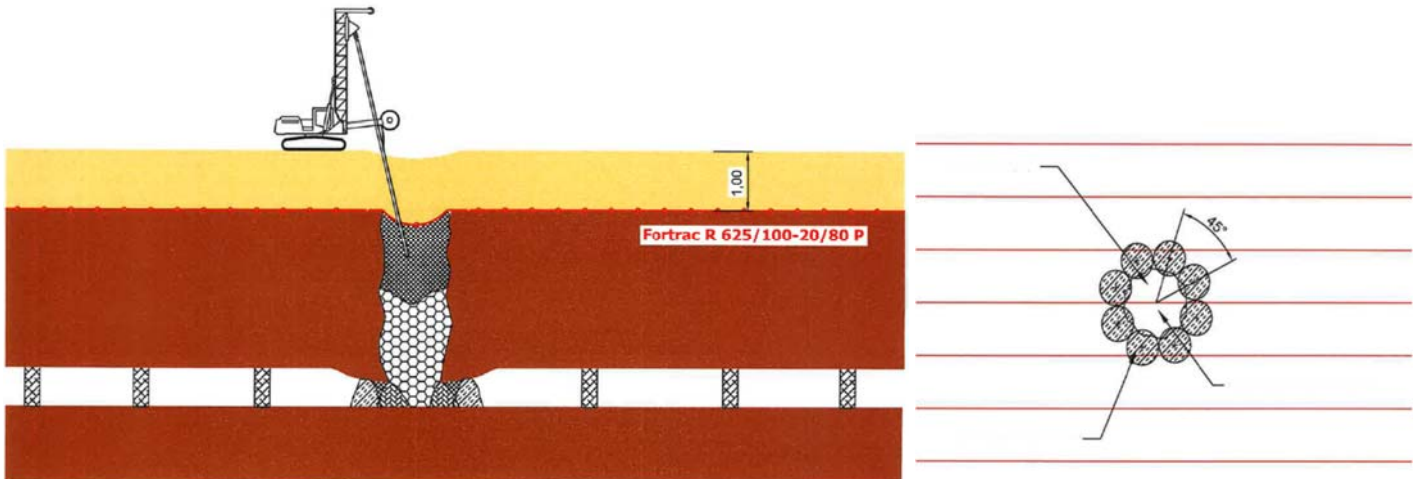


3) Dans un 3ème temps, le centre de l'effondrement sera équipé pour être injecté.

Dans le cas où un vide franc important est rencontré lors du forage, ce forage pourra être équipé avec un tube permettant de réaliser une inspection vidéo et d'injecter un mortier de barrage à la base du fontis (si le vide correspond à la carrière).

Ces forages doivent mettre en évidence les niveaux de terrains décomprimés qui seront injectés sous pression.





### **3 – L'injection de mortiers de comblement et de coulis d'injection.**

L'analyse des diagraphies de forage permet de déterminer le type de mortier à mettre en œuvre, en fonction des vides rencontrés. Si les volumes sont faibles, que le site est exigu et que les accès sont contraignants, un mortier prêt à l'emploi sera utilisé. Ce mortier sera essentiellement composé de sable, dosé à 100 ou 150 kg de ciment et pourra être rigidifié si des forages débouchent dans la carrière vide qu'il n'est pas prévu de combler. Les forages sont remplis gravitairement, jusqu'à résurgence.

Ensuite, les terrains décomprimés sont traités avec un coulis de bentonite – ciment dosé à 325 Kg de ciment et injecté à partir des tubes à manchettes, à l'obturateur double, par passes remontantes. Cette opération est répétée jusqu'à obtention du critère de pression (de l'ordre de 5 à 7 bars), en respectant le critère de volume de chaque phase.

### **4 – La remise en état du site**

Si des forages de contrôle de la qualité des injections sont prévus, ils seront réalisés avant la remise en état définitive du site.

Selon que le fontis est situé en site urbain ou dans un parc, la remise en état comprend la réfection des enrobés, la remise en place de terre végétale sur une épaisseur suffisante, la dépose des barrières et de la signalisation et le nettoyage de la zone de travaux.

Fait à Saint-Pierre-du-Perray  
Le 25 janvier 2018

  
**Sidney SABLON**  
Chargé d'affaires

  
**Charlotte SCORIANZ**  
Responsable géotechnique