



CARRIÈRE DE MARNES ET DE CALCAIRES



EXPERTISE GEOTECHNIQUE

Lieu-dit «La Grave de Peille»

Communes de Blausasc et de Peillon (Alpes-Maritimes)

Août 2015
n°15-075

Siège : Route de Saint-Pons – Coparc Phoros – 34600 BEDARIEUX
Tél / (Fax) : 04 67 23 33 66 (60) – siege.herault@mica-environnement.com

Agence Lyon : 582, allée de la Sauvegarde – 69009 LYON
Tél : 04 78 64 84 75 – E-mail : agence.lyon@mica-environnement.com

MICA Environnement NC : 204, route des deux communes, Yahoué – 98809 MONT-DORE
Tél / Fax : (+687) 44 18 20 – E-mail : contact@mica.nc



SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION	4
2 - MOYENS MIS EN ŒUVRE ET CONDITIONS	5
3 - LOCALISATION GENERALE DU SITE	6
4 - BASE DE DONNEES.....	9
4.1 - SUPPORTS TOPOGRAPHIQUES	9
4.1.1 - Dénomination des secteurs.....	9
4.1.2 - Topographie actuelle	9
4.1.3 - Phasage d'exploitation prévu et méthode d'exploitation	12
4.2 - CADRE GEOLOGIQUE	17
4.2.1 - Cadre géologique général.....	17
4.2.2 - Stratigraphie et faciès (données du BRGM).....	20
4.2.3 - Contexte tectonique.....	22
5 - CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	25
5.1 - AQUIFERES CONCERNES.....	25
5.2 - NIVEAUX D'EAU.....	29
6 - DONNEES DE LA CARTE ALEAS RETRAITS GONFLEMENTS- DONNEES SUR LES CARACTERISTIQUES MECANIQUES DES MARNES.....	32
7 - RELEVES GEOLOGIQUES ET STRUCTURAUX DANS LA CARRIERE	33
7.1 - STRATIFICATION.....	34
7.2 - STRUCTURES	38
7.2.1 - Structures orientées N120 à N140 pendage de 45° à 70° vers Nord.....	38
7.2.2 - Structures orientées N90 pendage 45 à 75° vers le Nord.....	41
7.2.3 - Remblayage de la carrière	41
7.2.4 - Gestion des eaux sur la carrière à l'état actuel.....	43
8 - ANALYSE GEOTECHNIQUE.....	49
8.1 - CALCUL DE LA STABILITE PAR RAPPORT A UN GLISSEMENT PLAN SUR LES JOINTS DE STRATIFICATION : FRONT SUD DE LA CARRIERE	49
8.1.1 - Méthode de calcul et définition des caractéristiques mécaniques	49
8.1.2 - Recherche des caractéristiques mécaniques par rétro-analyse.....	50
8.1.3 - Stabilité aux glissements banc sur banc dans la carrière à l'échelle d'un front.....	53
8.1.4 - Stabilité aux glissements banc sur banc dans la carrière sur toute la hauteur du projet : fronts Sud-Ouest de direction N60	54
8.1.5 - Stabilité aux glissements banc sur banc dans la carrière sur toute la hauteur du projet : fronts Sud de direction N100 à N 140.....	63
8.2 - CALCUL DE LA STABILITE DES DIEDRES ROCHEUX.....	70
8.2.1 - Rupture en dièdre front Sud.....	72

LISTE DES DOCUMENTS

Situation géographique sur fond IGN au 1 : 10 000	Document n°15.075/ 1	Dans le texte
Situation géographique sur orthophotographie au 1 : 10 000	Document n°15.075/ 2	Dans le texte
Dénomination des secteurs au 1 : 5 000	Document n°15.075/ 3	Dans le texte
Topographie actuelle au 1 : 5 000	Document n°15.075/ 4	Dans le texte
Coupe historique de l'exploitation du front Sud	Document n°15.075/ 5	Dans le texte
Topographie à 15 ans au 1 : 5 000	Document n°15.075/ 6	Dans le texte
Topographie à 30 ans au 1 : 5 000	Document n°15.075/ 7	Dans le texte
Carte géologique (BRGM) au 1 : 50 000	Document n°15.075/ 8	Dans le texte
Carte géologique (BRGM) au 1 : 10 000	Document n°15.075/ 9	Dans le texte
Coupe géologique schématique (ANTEA)	Document n°15.075/ 10	Dans le texte
Coupe schématique Antéa n°4	Document n°15.075/ 11	Dans le texte
Coupe schématique Antéa n°3	Document n°15.075/ 12	Dans le texte
Plan des relevés géologiques et structuraux à 1 : 1 000	Document n°15.075/ 13	En annexe
Panoramique photographique front Ouest	Document n°15.075/ 14	Dans le texte
Panoramique photographique front Sud	Document n°15.075/ 15	Dans le texte
Fiches des relevés structuraux	Document n°15.075/ 16	En annexe
Localisation des coupes géologiques	Document n°15.075/ 17	Dans le texte
Coupe géologique S-N ou coupe 1	Document n°15.075/ 18	Dans le texte
Coupe géologique SE-NO ou coupe 2	Document n°15.075/ 19	Dans le texte
Rétro analyse pour glissement superficiel	Document n°15.075/ 20	Dans le texte
Rétro analyse pour glissement profond	Document n°15.075/ 21	Dans le texte
Résultats calculs de stabilité dièdre – Glissement banc sur banc	Document n°15.075/ 22	En annexe
Calcul front Nord-Ouest pente de 38°	Document n°15.075/ 23	Dans le texte
Calcul front Nord-Ouest pente de 35°	Document n°15.075/ 24	Dans le texte
Calcul front Nord-Ouest pente de 25°	Document n°15.075/ 25	Dans le texte
Calcul front Nord-Ouest pente de 25° avec rabattement de nappe et surface de rupture de 40 m de haut	Document n°15.075/ 26	Dans le texte
Calcul front Nord-Ouest pente de 25° avec rabattement de nappe et surface de rupture sur l'ensemble du massif	Document n°15.075/ 27	Dans le texte
Calcul front Nord-Ouest pente de 25° avec confortement de pied	Document n°15.075/ 28	Dans le texte

Calcul front N110 à N140 pente à 38°	Document n°15.075/ 29	Dans le texte
Calcul front N110 à N140 pente à 38° avec rabattement de nappe	Document n°15.075/ 30	Dans le texte
Calcul front N110 à N140 pente à 38° avec rabattement de nappe et butée	Document n°15.075/ 31	Dans le texte
Résultats calculs de stabilité dièdre	Document n°15.075/ 32	En annexe
Résultats calculs de stabilité dièdre	Document n°15.075/ 33	En annexe
Plan des secteurs	Document n°15.075/ 34	En annexe

1 - INTRODUCTION

La société VICAT exploite la carrière de marnes dite « Les Marnes » située à cheval sur les communes de Blausasc et Peillon (06) pour alimenter sa cimenterie.

La société VICAT souhaite approfondir cette carrière, tout en optimisant la pente intégratrice de l'exploitation et du réaménagement. Elle souhaite disposer d'une étude de stabilité des fronts Sud afin d'estimer la pente intégratrice optimale.

Le projet d'exploitation va consister à créer un front de 600 m de long sur une hauteur totale de 165 m de haut. D'après les documents de SATMA, la stratification est de 40° à 31° vers le Nord-Ouest, plutôt en position d'aval pendage.

Les fronts sont de 7,5 mètres de hauteur, et sont dans le cadre du réaménagement remblayés par des stériles et végétalisés.

Le présent rapport concerne :

- 1-Le rassemblement de données pour les besoins de l'étude ;
- 2-Des relevés géologiques et structuraux de la carrière à l'état actuel ;
- 3- L'analyse de la stabilité du projet d'exploitation de la carrière, au niveau du front Sud ;
- 4- La proposition de solutions de stabilisation.

2 - MOYENS MIS EN ŒUVRE ET CONDITIONS

Une expertise de terrain s'est déroulée du 28 avril au 30 Avril 2015 par deux géotechniciens : A. Vincent, Q. Hanns.

La méthodologie mise en œuvre dans cette expertise géotechnique, suit les étapes suivantes :

- Rassemblement d'une base de données nécessaire à l'élaboration de l'étude (Données géologiques, hydrogéologiques, topographiques avant et après exploitation, futur profil d'exploitation) ;
- Reconnaissance de terrain : relevés géologiques et structuraux sur tous les fronts de la carrière. Les structures, les indices d'instabilité, la circulation des eaux, ont été cartographiés sur un plan à l'échelle 1/1000, ainsi qu'en élévation sur un panoramique ;
- Calcul de stabilité, recherche d'un profil stable ;
- Proposition de mesures pour la mise en sécurité des zones à risques (Méthode d'exploitation, remblayage...) ;
- Recommandation d'investigations complémentaires.

3 - LOCALISATION GENERALE DU SITE

<i>Situation géographique sur fond IGN au 1 : 10 000</i>	<i>Document n°15.075 / 1</i>	<i>Dans le texte</i>
<i>Situation géographique sur orthophotographie au 1 : 10 000</i>	<i>Document n°15.075 / 2</i>	<i>Dans le texte</i>

La carrière «Les Marnes » est située à cheval sur les communes de Blausasc et Peillon, dans les Alpes Maritimes, à environ 6 km au Nord-Ouest de Monaco et 8 km au Nord-Est de Nice. Elle est desservie par la D21 reliant l'Escarène, au Nord, à la D2204 à l'Ouest. La carrière est située 3,4 km au Sud-Ouest du chef-lieu.

La carrière fournit des matériaux marno-calcaires pour la cimenterie.

La cimenterie et les installations de concassage sont situées au Nord-Est de la carrière.

La carrière Sud exploite une crête de marnes. Elle est orientée NE-SW. Cette crête correspond à la limite communale entre les bourgades de Blausasc et Peillon. Le point haut de cette crête se situe au SW à 405 m NGF environ, le point bas est situé côté NE à l'altitude 310-320 m NGF.

Dans ses dimensions actuelles, le front d'exploitation Sud mesure 300 m de longueur pour 85 m de hauteur.

Le point bas du carreau actuel est à 320 m NGF. L'exploitation future descendra à la cote 240 mètres. Le front Sud cumulera alors une hauteur de 165 m sur une longueur de 600 m.

Plusieurs thalwegs prennent naissance sur les flancs de la crête :

- A l'Est, plusieurs thalwegs rejoignent le Paillon de l'Escarène en rive droite.
- La partie Nord de la crête est délimitée par un thalweg regagnant à l'Ouest le Paillon de Contes.
- D'autres thalwegs prennent naissance dans les parties Ouest (rejoignant le thalweg Nord en rive gauche) et Sud de la butte (regagnant le vallon du Brausch, puis le Paillon de l'Escarène au niveau de Borghéas).

A l'exception du thalweg Nord, tous les autres thalwegs prennent naissance dans l'emprise de la limite de la demande d'autorisation.

Le réaménagement de la carrière s'effectue à l'avancement.

Des travaux de remise en état ont déjà eu lieu. Des remblais de stérile ont été disposés sur certaines banquettes des fronts Nord, Sud et Ouest où des herbacées ont été semées. Certains secteurs instables ont fait l'objet d'un traitement par mise en place de remblais d'enrochements.

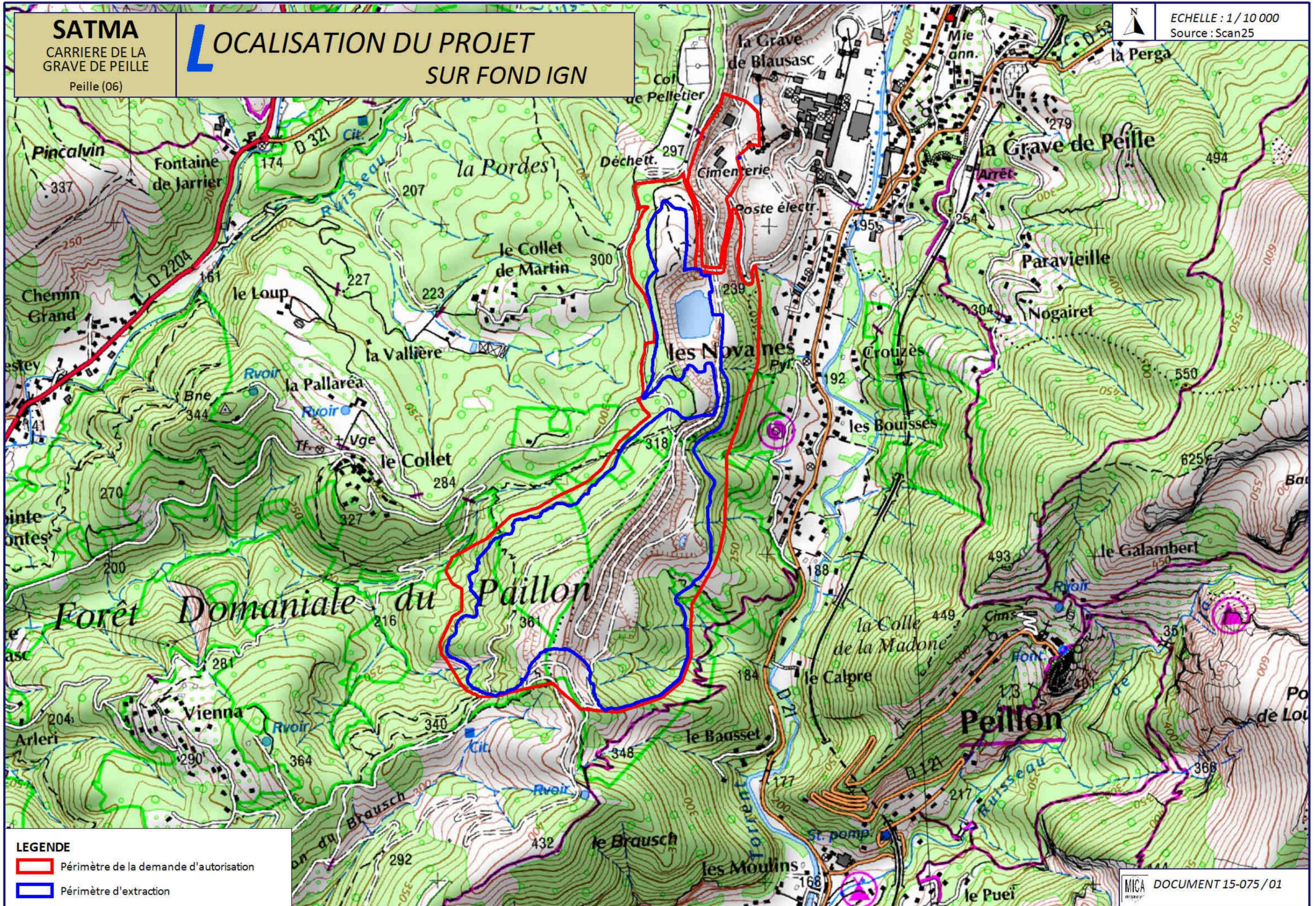
SATMA

CARRIÈRE DE LA
GRAVE DE PEILLE

Peille (06)

LOCALISATION DU PROJET SUR FOND IGN

ECHELLE : 1 / 10 000
Source : Scan25



LEGENDE

-  Périmètre de la demande d'autorisation
-  Périmètre d'extraction

SATMA

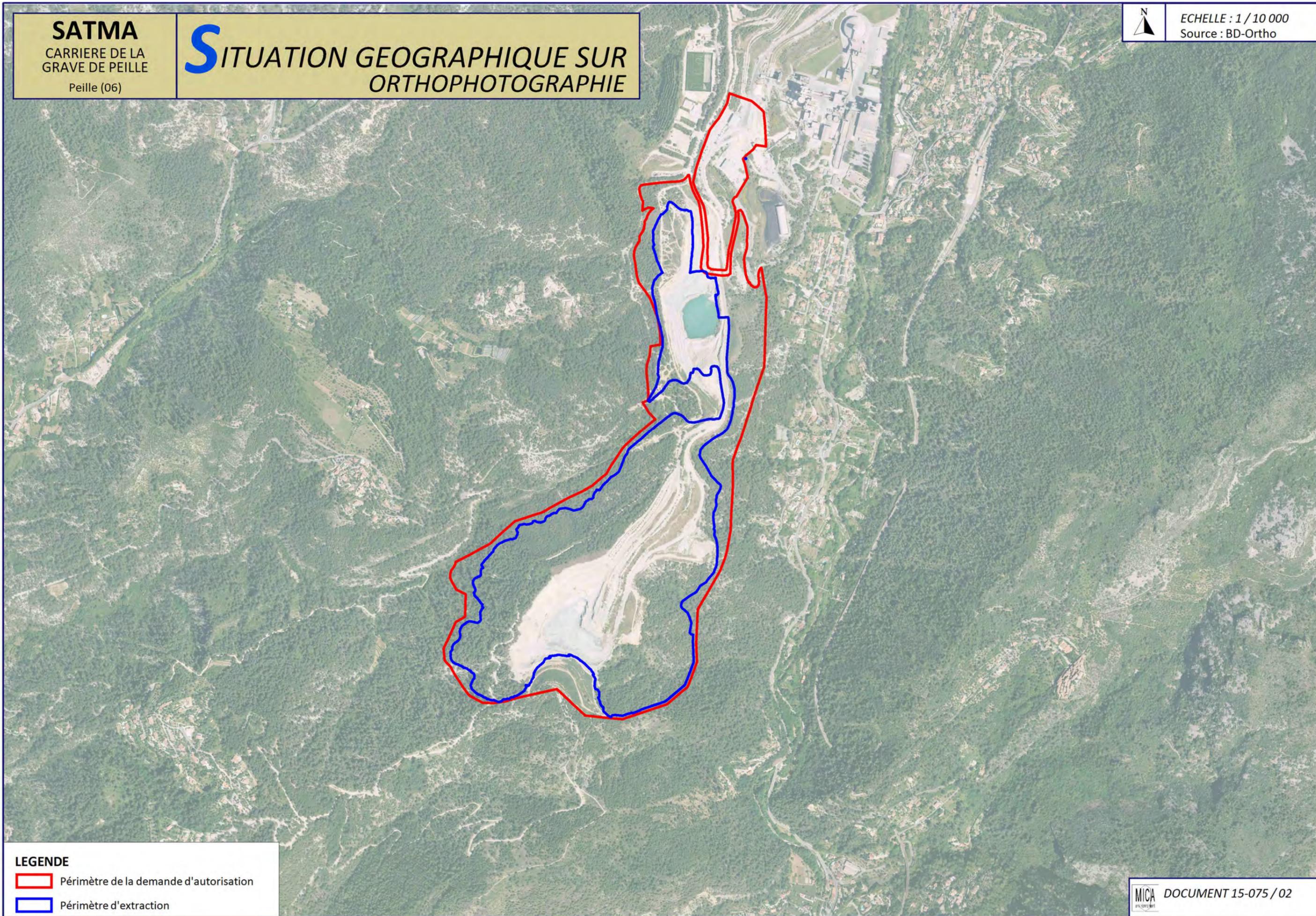
CARRIERE DE LA
GRAVE DE PEILLE

Peille (06)

SITUATION GEOGRAPHIQUE SUR
ORTHOPHOTOGRAPHIE



ECHELLE : 1 / 10 000
Source : BD-Ortho



LEGENDE

 Périmètre de la demande d'autorisation

 Périmètre d'extraction



DOCUMENT 15-075 / 02

4 - BASE DE DONNEES

4.1 - SUPPORTS TOPOGRAPHIQUES

4.1.1 - Dénomination des secteurs

Dénomination des secteurs au 1 : 5 000

Document n°15.075 / 3

Dans le texte

Le plan suivant présente la localisation des différents secteurs de la carrière sur fond de topographie du projet d'exploitation.

L'étude de stabilité se consacre essentiellement au front Sud.

4.1.2 - Topographie actuelle

Topographie actuelle au 1 : 5 000

Document n°15.075 / 4

Dans le texte

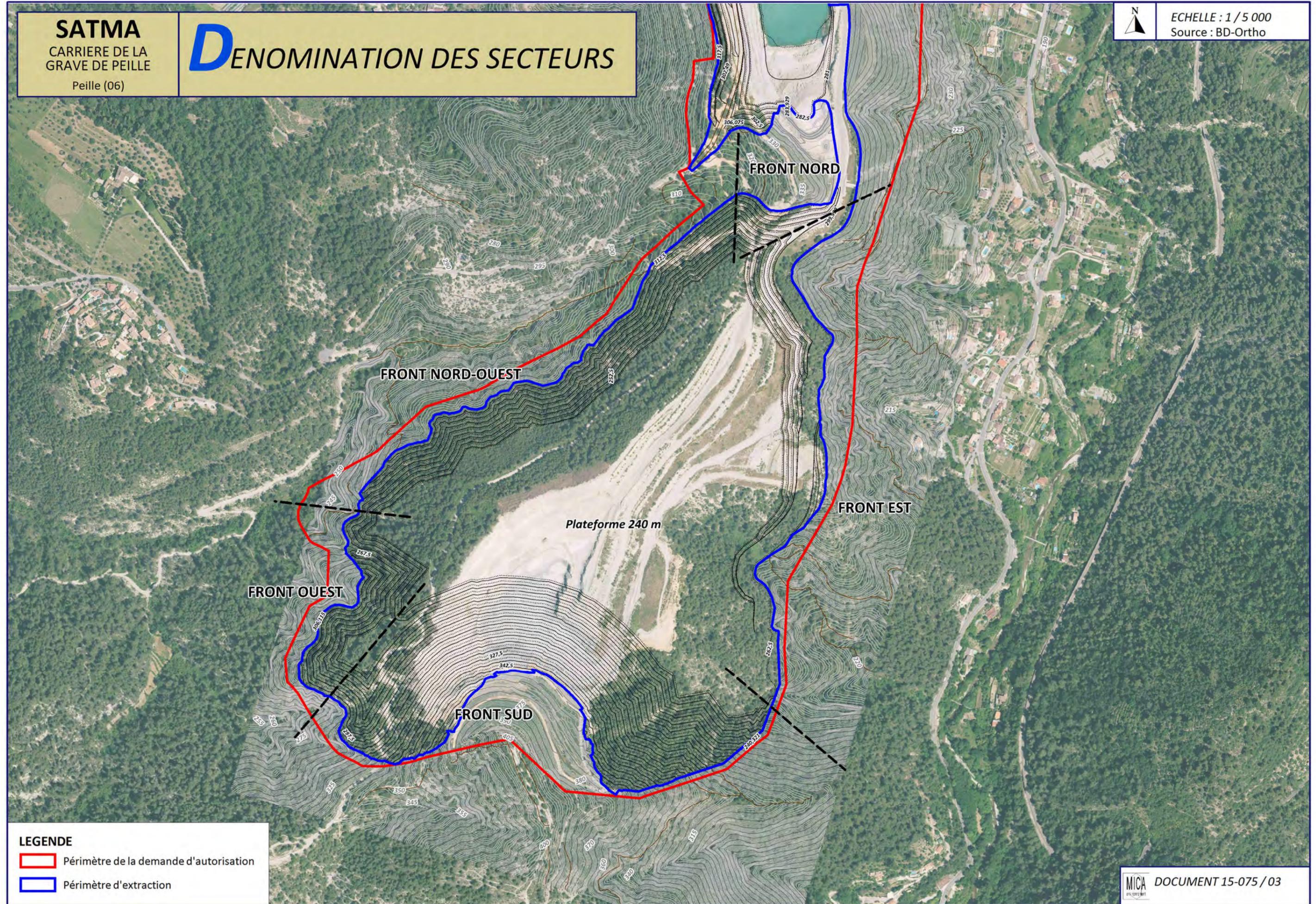
Les données topographiques fournies par VICAT pour l'expertise sont les suivantes :

- Une topographie de la zone des fronts d'exploitation datée de décembre 2014 avec les courbes de niveau espacées d'un mètre et donnant également le positionnement des hauts et des bas de talus.

Cette topographie a servi de document de base pour les relevés structuraux.

Enfin, les données périphériques au site ont été extraites de la carte IGN à 1 : 25 000.

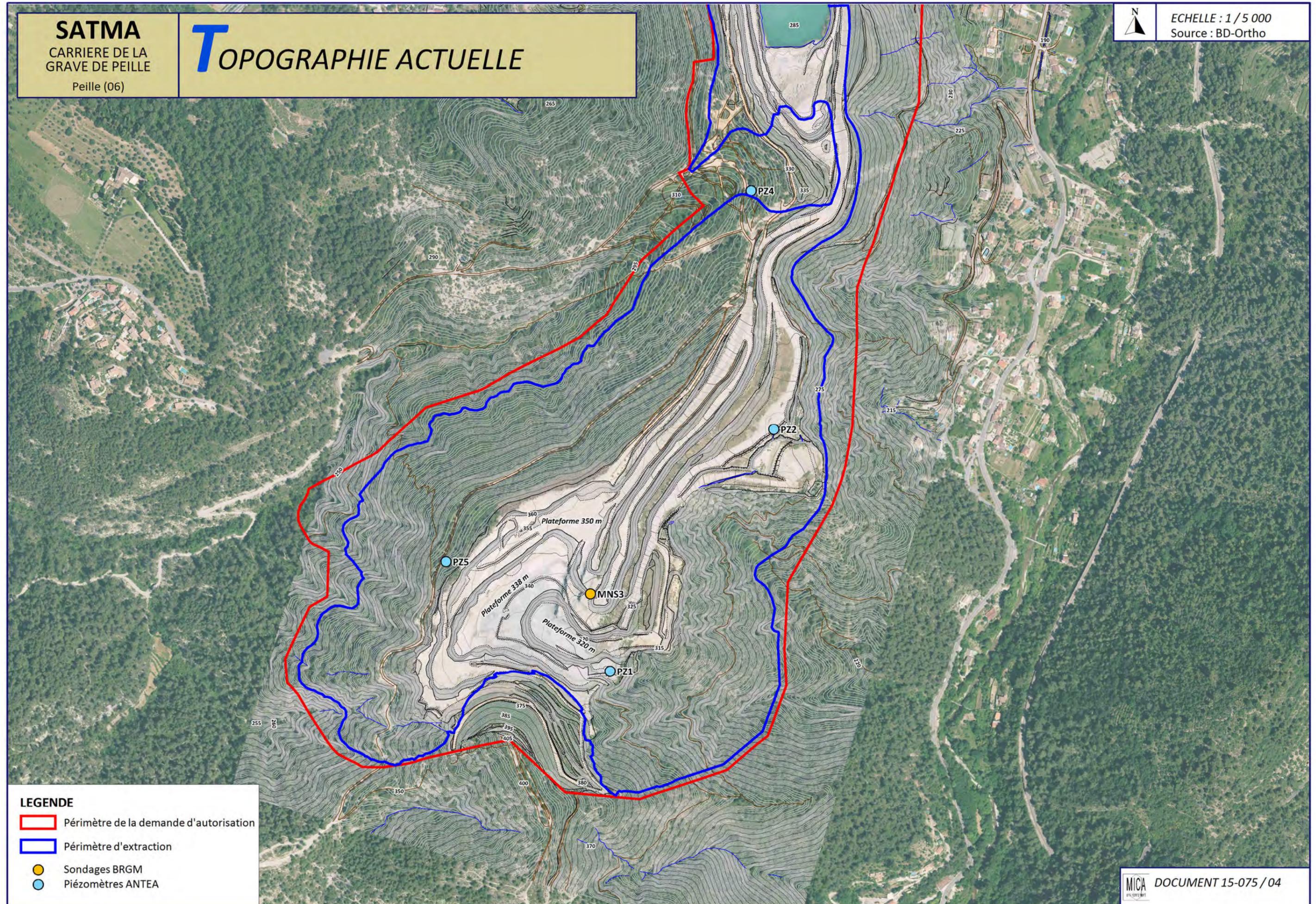
Les plans sont tous rattachés graphiquement au système Lambert 3 Sud et nivellement en cote NGF (IGN69). L'information topographique est restituée en 3 dimensions au format numérique CORALIS ou DXF 3D ou DWG.



LEGENDE

-  Périmètre de la demande d'autorisation
-  Périmètre d'extraction





LEGENDE

-  Périmètre de la demande d'autorisation
-  Périmètre d'extraction
-  Sondages BRGM
-  Piézomètres ANTEA

4.1.3 - Phasage d'exploitation prévu et méthode d'exploitation

Coupe historique de l'exploitation du front Sud	Document n°15.075 / 5	Dans le texte
Topographie à 15 ans au 1 : 5 000	Document n°15.075 / 6	Dans le texte
Topographie à 30 ans au 1 : 5 000	Document n°15.075 / 7	Dans le texte

- Méthode d'exploitation et de réaménagement actuelle :

Jusqu'à aujourd'hui, l'exploitation du front Sud a été réalisée de haut en bas par niveaux de 5 à 10m de hauteur (voir coupe de l'exploitation actuelle).

La largeur des banquettes varie entre 4m à 10 m.

Tous les 30 m de hauteur de gradins cumulée est laissée une banquette de 20 à 30 m de large.

Après exploitation, les niveaux sont remblayés par des matériaux stériles. Cette large banquette sert d'assise de base au remblai.

Le remblai est constitué de matériaux argilo sableux avec quelques blocs parsemés.

L'objectif du remblayage est double :

- Assurer la stabilité à long terme des gradins,
- Permettre le réaménagement et la végétalisation du site.

Sur la coupe historique de l'exploitation actuelle, la pente intégratrice de l'exploitation (angle du talus général/horizontal) est de :

- 36° sur 30 m de hauteur (entre deux grandes banquettes) avant remblayage,
- 30° sur 30 m de hauteur après remblayage (entre deux grandes banquettes).

Sur le terrain, nous avons mesuré au clisimètre des pentes après remblayage de 35° localement dans les talus remblayés.

La pente intégratrice générale depuis le sommet et jusqu'à la cote 360 est actuellement entre 26° et 28°

Localement sur 30m de hauteur de front avec une pente intégratrice de 36° sont observés des glissements superficiels dans les talus de marnes remblayés très superficiellement.

L'exploitation est réalisée par les opérations suivantes :

- Tir sur 15 m de hauteur,
- Puis recoupe du front en deux parties de 7,5 m de hauteur,
- Puis chargement à la pelle.

Le phasage d'exploitation envisagé :

Les phases d'exploitation fournies par VICAT sont :

- Phase à 15 ans,
- Phase à 30 ans.

Phase d'exploitation jusqu'à 15 ans : l'exploitant souhaite descendre du niveau 350 mNGF au niveau 275 m NGF avec des gradins de 7,5 m.

De 15 ans à 30 ans : l'exploitation continue à descendre selon la même géométrie jusqu'à la cote 240 m NGF.

La pente intégratrice souhaitée par VICAT est idéalement de 38°.

Après discussion avec VICAT, la partie Est située actuellement dans les bois ne sera pas exploitée contrairement aux plans fournis étant donné la très faible épaisseur de gisement exploitable.

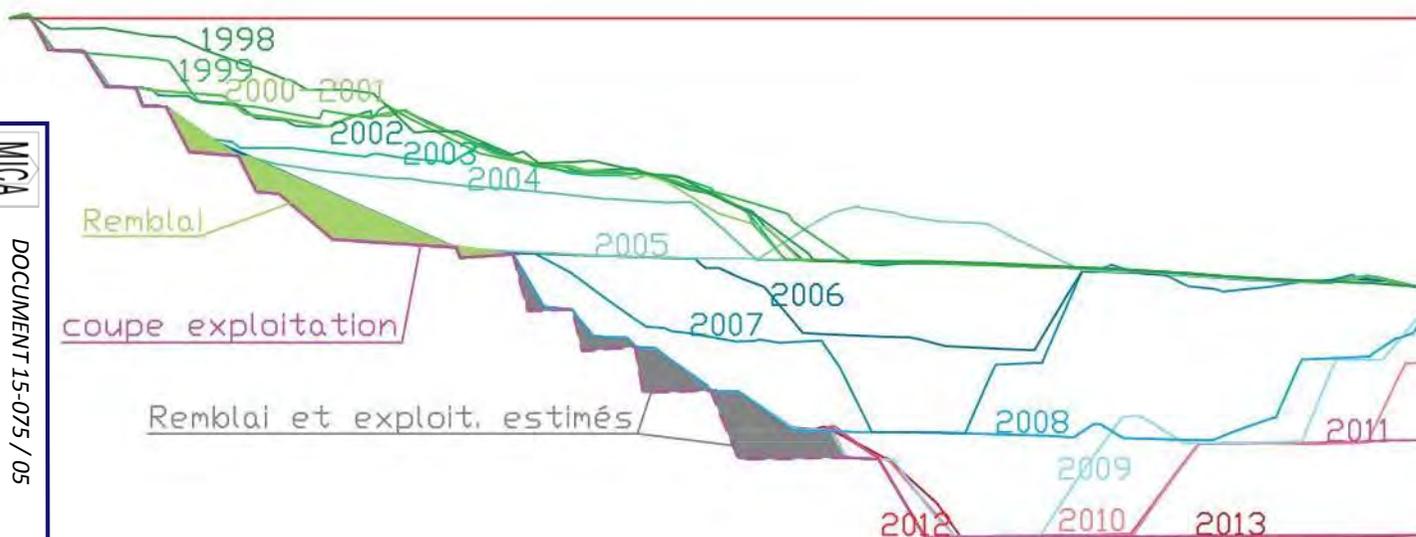
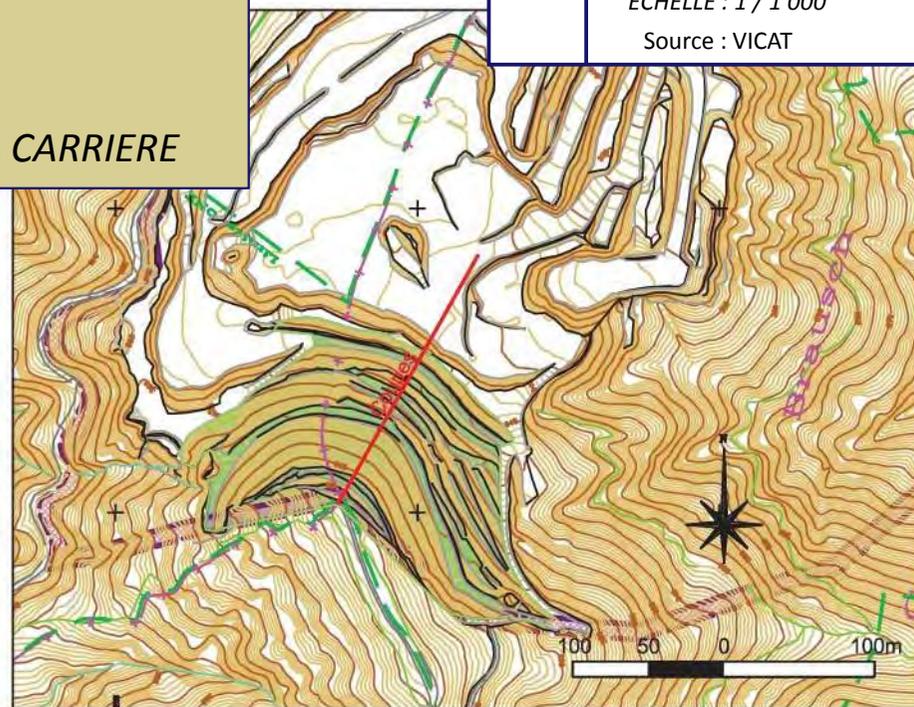
Pour les deux phases d'exploitation, l'eau récoltée au niveau du carreau peut être évacuée par gravité dans le ou les talwegs qui descendent de la butte exploitée. De ce fait, il n'y aura pas de formation de lac en pied de front.

Afin d'éviter le risque de saturation en pied de front, il est recommandé de positionner les bassins de gestion des eaux au-delà de 20 m de distance par rapport aux pieds.

En parallèle à cette étude, VICAT a lancé une étude sur la gestion des eaux de surface qui est en cours de réalisation.

Marnes Sud

Coupes Exploitation et Réaménagement (de 1998 à 2013)



SATMA

CARRIÈRE DE LA
GRAVE DE PEILLE

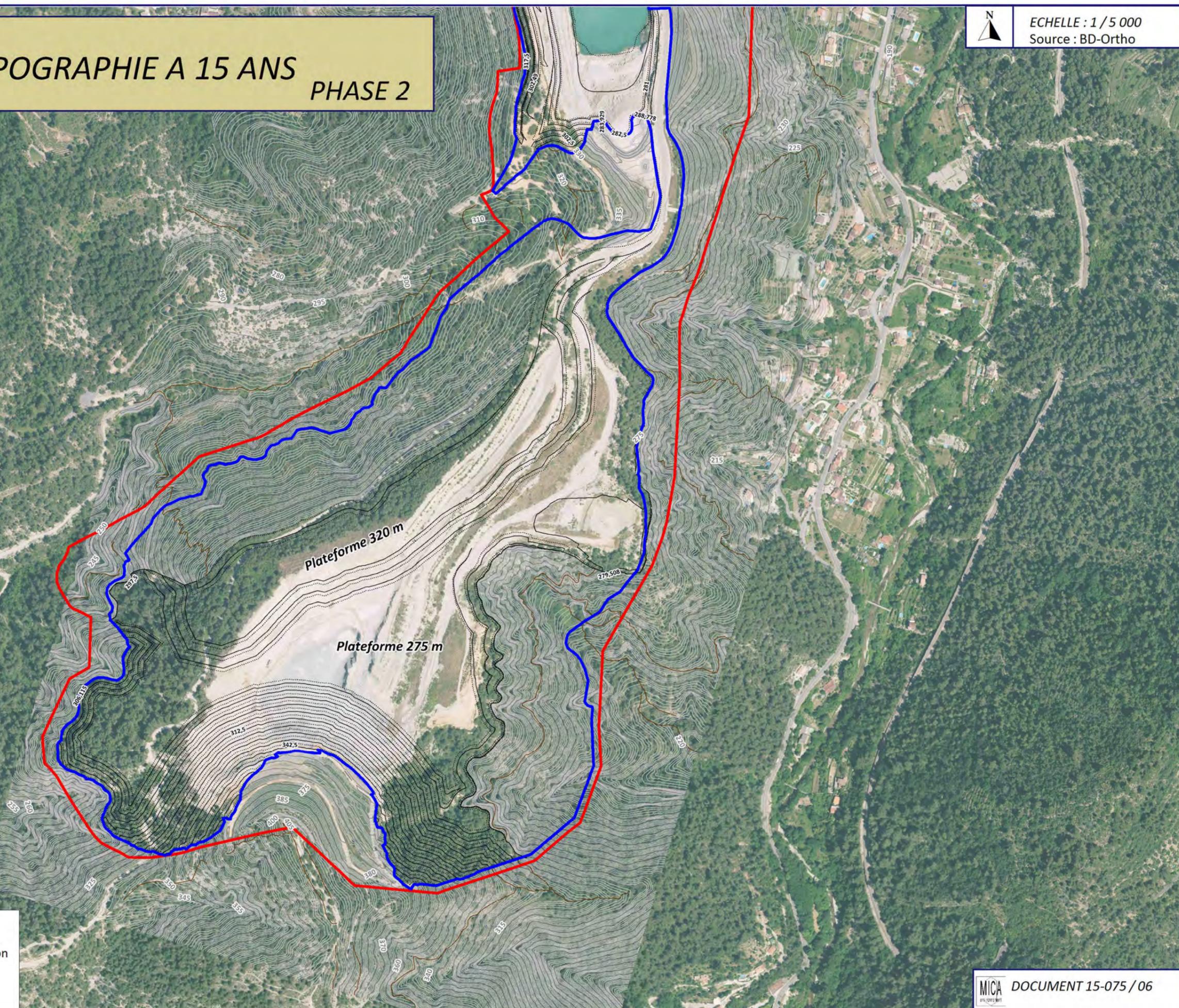
Peille (06)

T TOPOGRAPHIE A 15 ANS

PHASE 2



ECHELLE : 1 / 5 000
Source : BD-Ortho



LEGENDE

-  Périmètre de la demande d'autorisation
-  Périmètre d'extraction



DOCUMENT 15-075 / 06

SATMA

CARRIÈRE DE LA
GRAVE DE PEILLE

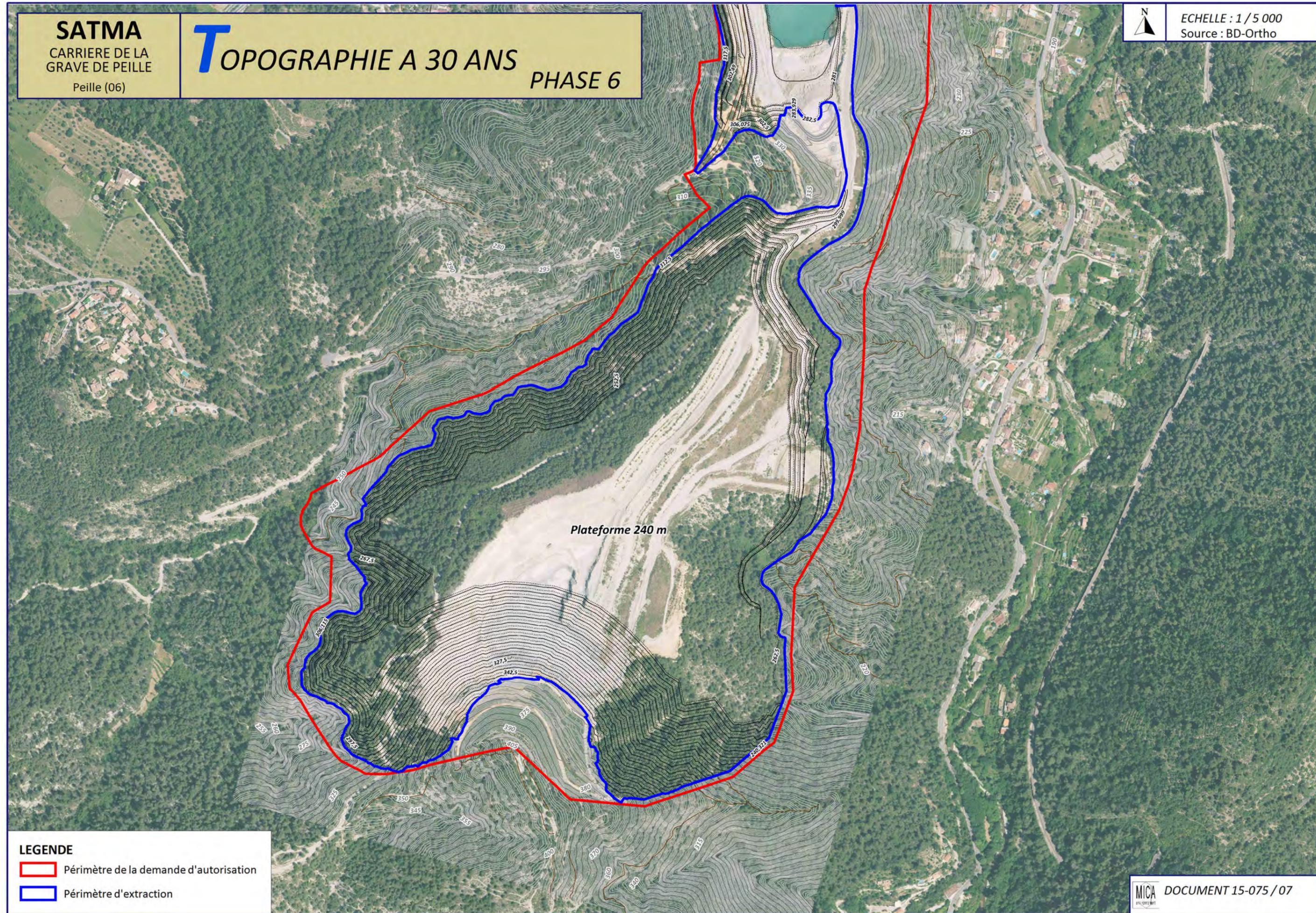
Peille (06)

T TOPOGRAPHIE A 30 ANS

PHASE 6



ECHELLE : 1 / 5 000
Source : BD-Ortho



LEGENDE

-  Périmètre de la demande d'autorisation
-  Périmètre d'extraction



DOCUMENT 15-075 / 07

4.2 - CADRE GEOLOGIQUE

Carte géologique (BRGM) au 1 : 50 000	Document n°15.075 / 8	Dans le texte
Carte géologique (BRGM) au 1 : 10 000	Document n°15.075 / 9	Dans le texte
Coupe géologique schématique (ANTEA)	Document n°15.075 / 10	Dans le texte

4.2.1 - Cadre géologique général

D'après la carte géologique du BRGM, la région de Nice-Menton comprend plusieurs entités géologiques : les chaînes subalpines méridionales dessinant une suite de festons (Arcs de Castellane, de Nice et de la Roya), des vestiges de l'édifice pyrénéo-provençal (cap Ferrat, zone de Menton...), les golfes plio-quadernaires de Nice et miocène de Roquebrune. **La zone d'étude s'inscrit dans l'Arc de Nice.**

La série stratigraphique débute avec le Trias. Elle présente des variations de faciès accusées, notamment entre les types "provençaux", "sub-dauphinois" et "sub-alpins" pour presque tous les étages des terrains secondaires, mais également entre des types continentaux, ou marins plus ou moins transgressifs, pendant le Tertiaire.

Il semble que la première phase tectonique alpine nette soit anté-burdigalienne. Elle se traduit par des gauchissements de direction N-S à NW-SE, expliquant le dessin des synclinaux majeurs inclus dans l'arc de Nice, dont le synclinal de Contes, et où l'érosion qui s'est poursuivie tout au long du Miocène n'a pu enlever les sédiments paléogènes. Le dessin général de l'arc de Nice est à attribuer à la phase majeure pontienne.

L'arc de Nice correspond à un "refoulement" vers le Sud de toutes les couches post-triasiques au-dessus des niveaux plastiques du Trias supérieur, leur glissement avec rabotage basal très accusé pouvant être de l'ordre d'une vingtaine de km vers le Nord, tandis que leur front, extraordinairement écrasé, se raccorde en continuité avec l'autochtone de la zone côtière.

La zone d'étude se situe au niveau la partie orientale de l'Arc de Nice, dans la partie Sud-Est du synclinal de Contes.

SATMA

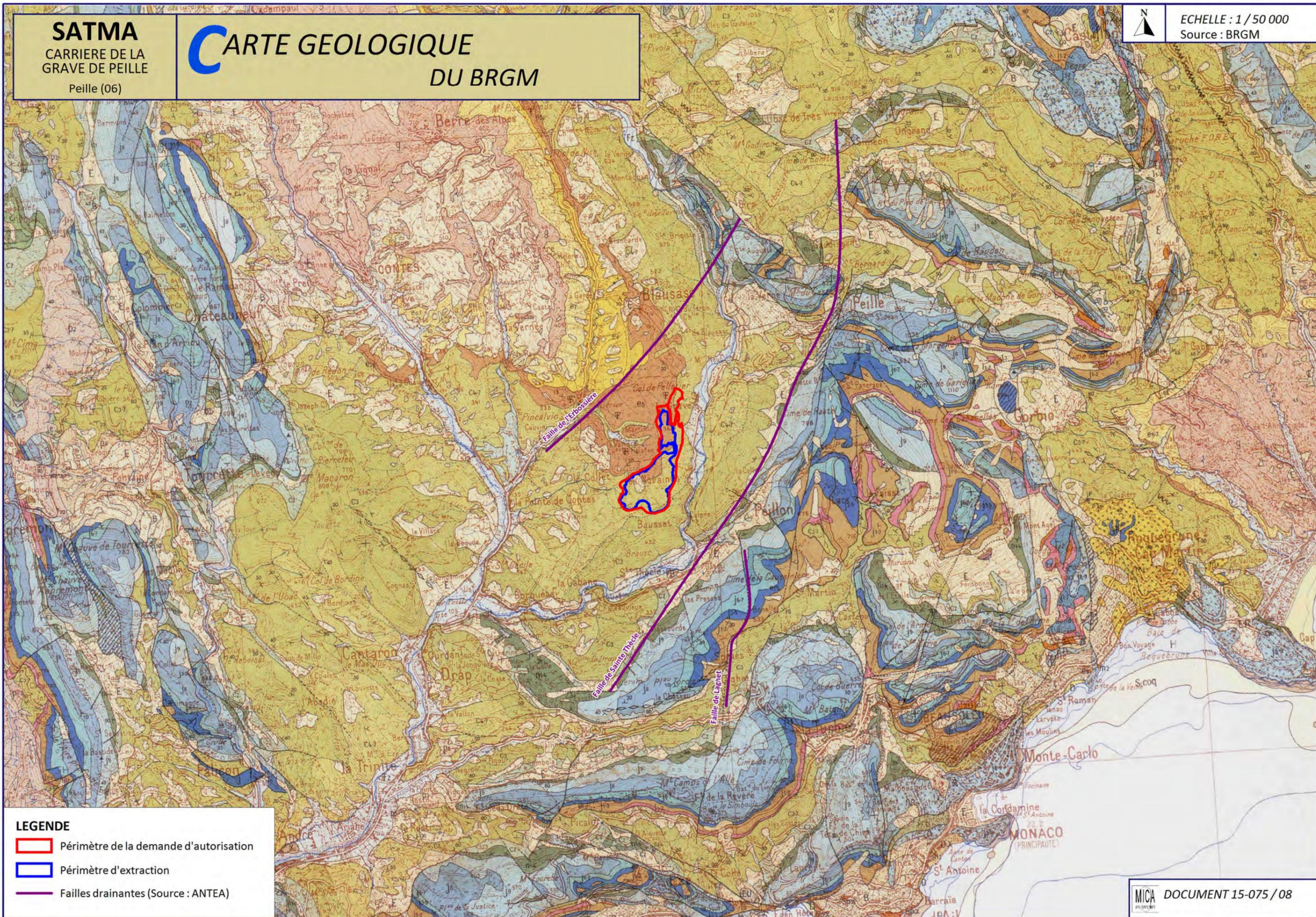
CARRIERE DE LA
GRAVE DE PEILLE

Peille (06)

**CARTE GEOLOGIQUE
DU BRGM**



ECHELLE : 1 / 50 000
Source : BRGM



LEGENDE

- Périimètre de la demande d'autorisation
- Périimètre d'extraction
- Failles drainantes (Source : ANTEA)



DOCUMENT 15-075 / 08

SATMA

CARRIÈRE DE LA
GRAVE DE PEILLE

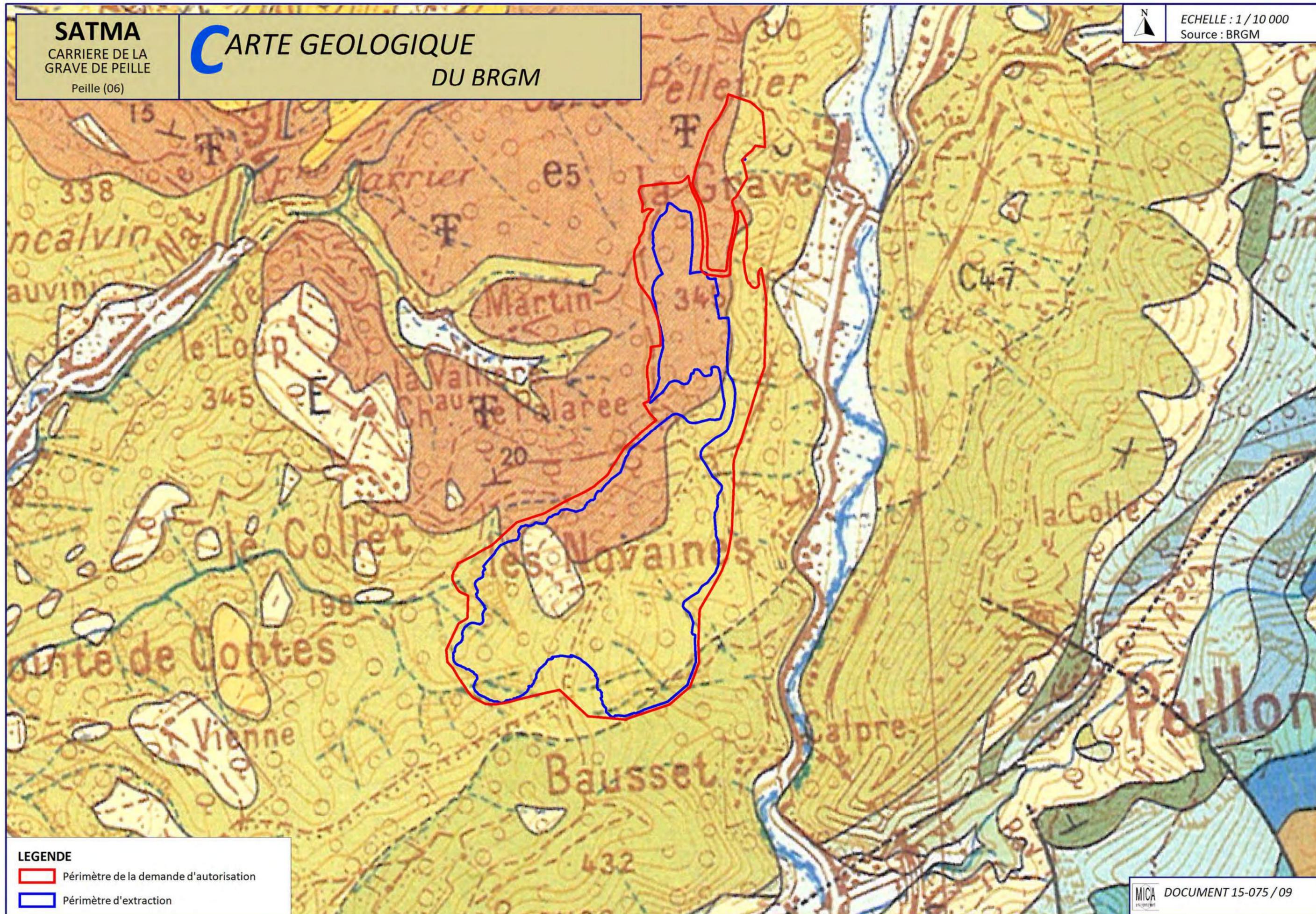
Peille (06)

CARTE GEOLOGIQUE

DU BRGM



ECHELLE : 1 / 10 000
Source : BRGM



LEGENDE

-  Périmètre de la demande d'autorisation
-  Périmètre d'extraction



DOCUMENT 15-075 / 09

4.2.2 - Stratigraphie et faciès (données du BRGM)

D'après la carte et la notice du BRGM, la carrière est ouverte dans les formations géologiques suivantes (de Haut en bas):

- **Des éboulis de pierrailles** sont présents, avec parfois quelques blocs plus importants, généralement non cimentés. Leur abondance est particulièrement grande au pied des reliefs calcaires. Le gel pendant les périodes froides du Quaternaire et les intenses variations thermiques diurnes, toujours actuelles, ont assuré et continuent souvent à assurer leur fragmentation poussée. Une petite zone d'éboulis est présente au sommet du front Nord.
- **L'Eocène moyen (c4-7)** (Lutétien-Auversien) notés e5. Il s'agit d'un ensemble à dominance de calcaires compacts, gris bleu à la cassure, parfois gréseux ou marneux. Leur base peut être constituée par quelques mètres de conglomérat grossier à galets de calcaires et de silex du Crétacé avec glauconie. Au-dessus, 15 à 70 mètres de calcaires, d'abord compacts, puis plus marneux et passant insensiblement aux marno-calcaires notés e6 renferment une faune abondante et classique.
Ces calcaires concernent le front Nord.
- **Le Sénonien notés c4-7 (Crétacé)= concerne essentiellement le front Sud**
 - o D'après la notice du BRGM, ces terrains calcaires marneux et marno-calcaires, parfois même très marneux, sont souvent très plissotés et donnent fréquemment des grands paquets glissés sur les pentes. Leur épaisseur est estimée entre 100 et 300 mètres. Vers la base, des bancs plus calcaires renferment quelques silex. Ces marno-calcaires concernent tout le front Sud et les fronts Est et Ouest.
 - o D'après le rapport de sondages réalisés en 1990 dans la carrière par le BRGM (n°R31647 PAC4S90), les marnes du Sénonien sont décrites comme suit dans le sondage MNS3 (ou MSS3) réalisé dans la carrière Sud (coordonnées X= 1004476 Y= 176835 Z= 375)
 - De la cote 375 mNGF à 269 mNGF : Marnes grises homogènes, présence de joints millimétriques calcitiques. Pendage de 45°.
 - De 269 mNGF à 238 mNGF : le faciès devient progressivement moins argileux et plus silteux. Intensification du broyage et de la fracturation, nombreux joints argileux décimétriques avec éléments bréchiques calcaires. Le BRGM interprète ce faciès comme étant le passage progressif entre Sénonien et Turonien.
Pour rappel la base de l'exploitation est réglée à la cote 240m.

- Dans le sondage MSS1 réalisé au Nord de MNS3 (coordonnées X= 1001005,06 Y= 173179,72 Z= 490).
 - De la cote 490 à 477 mNGF : Alternances de marnes grises et noires.
 - De la cote 477 à 464 mNGF : Marnes grises litées.
 - De la cote 464 à 454 mNGF : Alternances de marnes grises et noires avec quelques joints argileux noirs pluricentimétriques.
 - De la cote 454 à 403 mNGF: Marnes grises ; fissuration importante parfois cimentée avec de la calcite.
 - De la cote 403 à 354 mNGF: Alternance de marnes grises et de marnes noires avec un pendage de 20° à 25° environ. Ces marnes souvent rubanées présentent des failles ouvertes pentées à 80° et recristallisées en calcite.
 - De la cote 354 mNGF à 333 mNGF : Marnes gris clair localement bréchiques alternées avec quelques petits bancs décimétriques d'argilites noires.
 - De la cote 333 à 309 mNGF : Alternances de marnes grises avec des marnes noires mylonitisées.
 - De la cote 309 m NGF à la cote 290 mNGF : marnes gris –clair fissurées ; joint calcitiques millimétriques. Pendage 45°.

D'après le BRGM, l'épaisseur du Sénonien serait supérieure en sondage qu'en surface. Il donne comme explication la présence de glissement syn-sédimentaires, ou de phénomènes de chevauchements intra-crétacés.

La description du BRGM fait apparaître la présence de brèches et secteur mylonitisés, signe de zone de cisaillement.

- **Le Turonien (c3)= Sous le carreau et Derrière le front Sud** (le projet d'exploitation ne vient pas les recouper) :
 - D'après la notice du BRGM : Il s'agit de calcaires en petits bancs, durs, très bien lités, souvent riches en silex, alternant avec des lits plus marneux, des horizons très glauconieux, des lumachelles de petites Huîtres, puissants de 100 à 200 mètres. Sa limite avec le Sénonien, définie par une nuance dans le faciès, est encore très imprécise (figurée en trait discontinu sur la carte géologique).
En surface, le BRGM évoque un niveau repère de couleur rouille permettant de délimiter la transition Sénonien-Turonien. En sondage, ce niveau repère est moins visible.
 - D'après le rapport de sondages réalisés en 1990 dans la carrière par le BRGM (n°R31647 PAC4S90), le Turonien est décrit comme suit dans le sondage MNS3 (ou MSS3) réalisé dans la carrière Sud (coordonnées X= 1004476Y= 176835 Z= 375).

- De 238 à 132 mNGF : argilite silteuse, nombreux joints stylolithiques. Passage mylonitisés vers la cote 221 m NGF et zones de broyage avec calcite en amas à la base du faciès.
- De 132 mNGF à 65 mNGF : argile silteuse rubanée ; alternance irrégulière de niveaux décimétriques claires silteux et foncés marneux. De nombreuses fissures à cimentation calcitique blanches affectant l'ensemble.
- De 65 m NGF à 55 mNGF : argile silteuse litée ; passées silteuses pluridécimétriques claires dans un ensemble foncé plus argileux et fissuré.

4.2.3 - Contexte tectonique

D'un point de vue régional, on n'observe pas de déformations importantes depuis le Trias jusqu'à l'Oligocène compris. Aucun plissement ne peut être rattaché aux phases « pyrénéo-provençales » pourtant sensibles à faible distance dans l'Ouest.

Au niveau de l'arc de Nice, la tectonique cassante s'est manifestée en plusieurs étapes au cours du Crétacé :

- Episode fini-Jurassique/Valanginien, fossilisé pour l'essentiel dès l'Hautérvien,
- Structuration barrémo-bédoulienne scellée par les dépôts gargasiens-albiens,
- Jeux de faille affectant l'Albien et scellés au Cénomaniens,
- Derniers jeux de failles contemporains du Cénomaniens.

En théorie, ces épisodes ne concernent pas la carrière située dans des terrains plus récents (Sénonien et Eocène moyen).

Il semble que **la première phase tectonique alpine nette soit anté-burdigalienne. Elle se traduit par des gauchissements de direction N-S à NW-SE (direction N140 à N120°)**, expliquant le dessin des synclinaux majeurs inclus dans l'arc de Nice.

L'arc de Nice correspond à un "refoulement" vers le Sud de toutes les couches post-triasiques au-dessus des niveaux plastiques du Trias supérieur, leur glissement avec rabotage basal très accusé pouvant être de l'ordre d'une vingtaine de km dans le Nord, tandis que leur front, extraordinairement écrasé, se raccorde en continuité avec l'autochtone de la zone côtière. Les masses dures du Jurassique, alignées en vastes festons, se chevauchent fréquemment lorsqu'elles sont entièrement dégagées, mais présentent par contre un style extrusif au milieu des couches plus souples du Crétacé. Elles donnent aussi souvent des écaillés « intercutanées », franchement chevauchantes vers leur base tandis qu'il y a amortissement en ondulations plus souples dans le Crétacé qui les recouvre. Enfin, leur « forçage » vers le Sud a entraîné la genèse de décrochements et courbures sigmoïdes importantes.

Le secteur de Peille est caractérisé par des plis chevauchants d'axe E-W à ENE- WSW, à vergence sud, encadrés par de grands accidents décrochants sénestres sub-méridiens.

La partie Sud de la carrière est située dans un contexte d'écailles chevauchantes, dans le front de glissement général de l'arc de Nice.

D'après l'étude hydrogéologique réalisée par ANTEA, " **la carrière de la Grave de Peille se situe en bordure Sud-Est du synclinal de Contes entre le décrochement de l'Erbossière et la faille de Sainte Thècle. La faille décrochante de l'Erbossière, orientée N50°, décale de 300 mètres le front jurassique chevauchant du Castellet. La faille aquifère de Peille-Sainte Thècle : avec une extension longitudinale de 18 kilomètres environ et orientée N35°.**"

Une coupe géologique schématique transversale passant par la Grave de Peille réalisée par ANTEA, est fournie ci-après. Nous avons modifié l'échelle de cette coupe (échelle horizontale = échelle verticale).

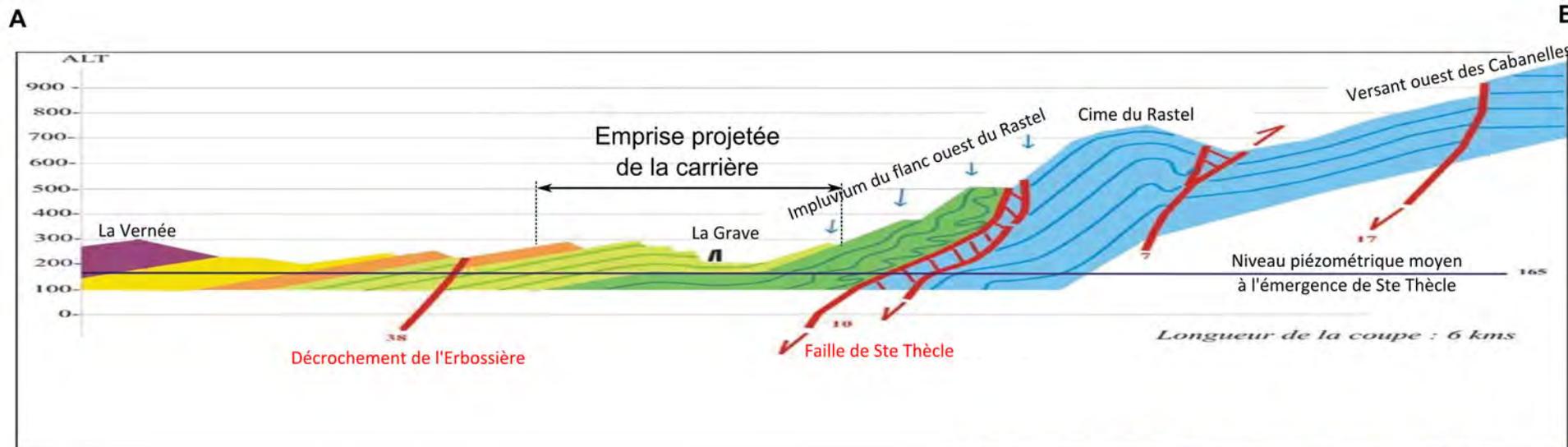
SATMA

CARRIÈRE DE LA
GRAVE DE PEILLE
Peille (06)

COUPE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE PASSANT PAR LA GRAVE DE PEILLE

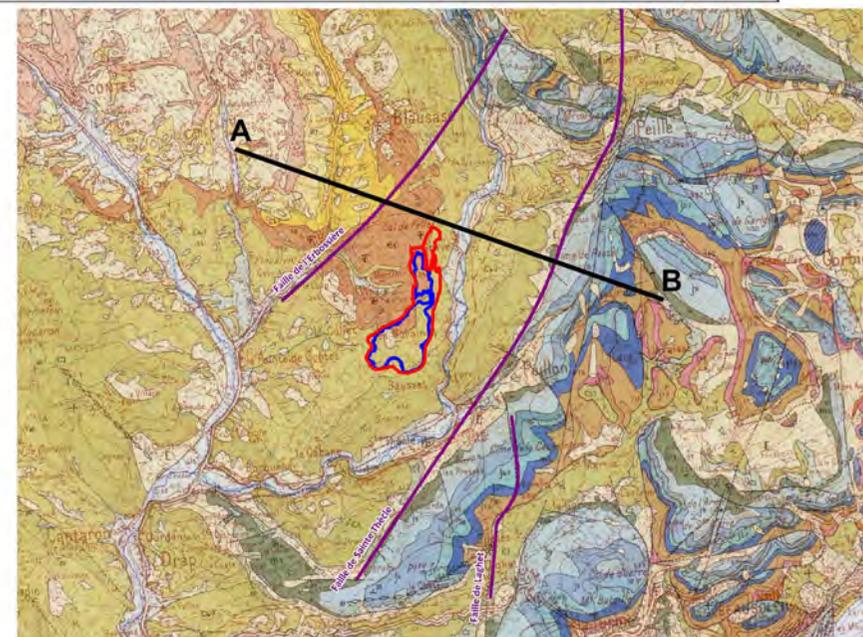
ECHELLE : 1 / 25 000

Source : ANTEA



-  Grès d'Annot
-  Marnes priaboniennes
-  Calcaire lutétien
-  Marnes sénoniennes
-  Marno-calcaires turoniens
-  Calcaires jurassiques

-  Décrochement de l'Erbossière
-  Faille de Ste Thècle
-  Chevauchement du Rastel
-  Effondrement des Cabanelles
-  Brèches de faille



MICA

DOCUMENT 15-075 / 10

5 - CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

Les descriptions hydrogéologiques ci-après sont extraites de l'étude hydrogéologique préliminaire de la carrière de la Grave de Peille, réalisée par ANTEA (Rapport n° A62329/C de Mai 2013).

5.1 - AQUIFERES CONCERNES

<i>Coupe schématique Antéa n°4</i>	<i>Document n°15.075 / 11</i>	<i>Dans le texte</i>
<i>Coupe schématique Antéa n°3</i>	<i>Document n°15.075 / 12</i>	<i>Dans le texte</i>

Les aquifères potentiellement concernés par l'exploitation, et pouvant être source d'arrivées d'eau au niveau des fronts et du carreau de la carrière sont (voir coupe n°4 de Antéa):

- **Aquifère du jurassique de type Karstique.** Cet aquifère est surmonté par les marnes étanches du Cénomaniens. Antéa n'évoque pas de possible remontée d'eau dans la carrière à la faveur d'accidents depuis cet aquifère.
- **Aquifère du Turonien :** Il est situé derrière le front Sud et sous le carreau de la carrière. Les circulations souterraines sont de type fissural, les écoulements sont compartimentés, mal hiérarchisés avec exutoires disséminés à débits limités. Il peut être connecté à l'aquifère du Sénonien.
- **L'aquifère du Sénonien : concerne directement les fronts de la carrière.**

L'aquifère sénonien est constitué d'alternance de bancs de marnes et de calcaires marneux, les circulations souterraines au sein de cet aquifère peu productif sont distribuées de façon très variable à la faveur d'intercalations calcaires perméables et surtout en fonction de la répartition spatiale de la fracturation.

La recharge de cet aquifère s'effectue essentiellement par son impluvium mais aussi par infiltration au niveau des cours d'eau (pertes) et des vallons. En particulier, les vallons situés en arrière du front Sud favorisent cette alimentation. Les écoulements au sein de cette structure sont de type fissural avec un système hydrogéologique très compartimenté. L'aquifère a un temps de réponse très court aux événements pluviométriques, de même il est très sensible à la sécheresse.

Les écoulements sont fortement influencés par la topographie locale qui conditionne notamment leur drainage par les vallons.

Le drainage se fait également en direction de la carrière : arrivées d'eau localisées au niveau du front Sud et au niveau du carreau.

Nous avons observé sur le terrain un écoulement dans la partie ouest, au niveau 328. Les discontinuités étaient humides.

- **Le réservoir calcaire d'âge Eocène** repose sur les assises semi-perméables du Sénonien. Les écoulements souterrains au sein de cette assise calcaire sont de type fissural à karstique. Cette nappe continue alimentée essentiellement par la pluviométrie donne naissance à de nombreuses sources ou suintement de débit faible au contact Eocène/Sénonien.

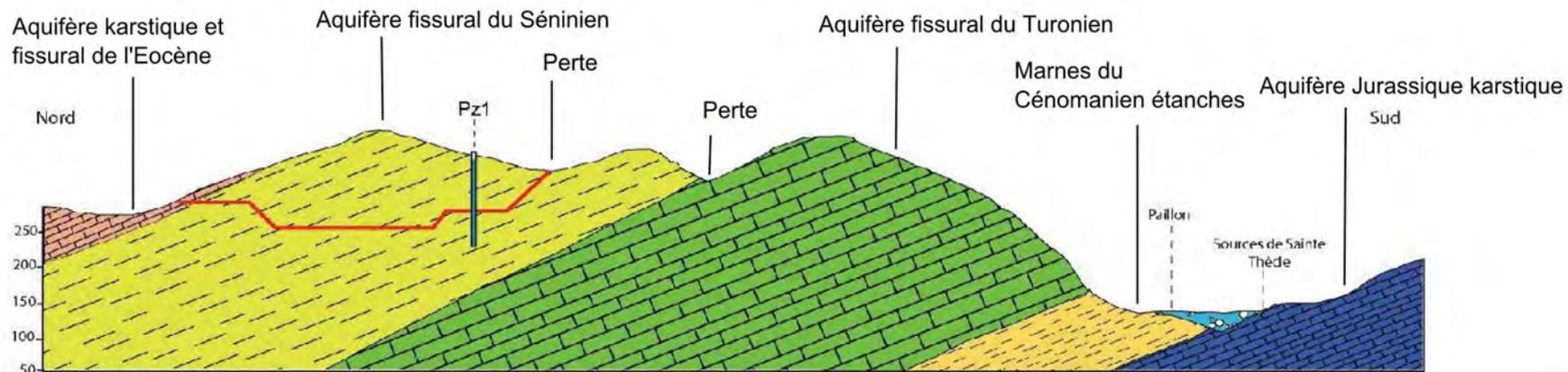
SATMA

CARRIÈRE DE LA
GRAVE DE PEILLE
Peille (06)

C OUPE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE N°4 (ANTEA)

ECHELLE : 1 / 10 000

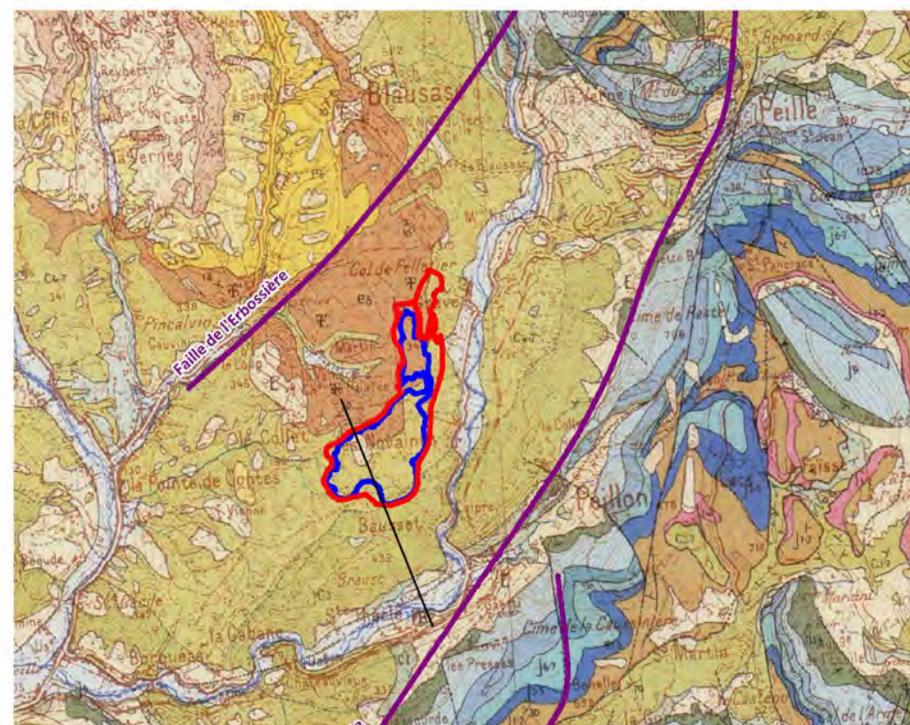
Source : ANTEA



100 m

Légende

- Alluvions actuelles
- Calcaires nummulitiques - Eocène
- Calcaires marneux et marno-calcaires - Sénonien
- Calcaire en petits bancs - Turonien
- Marnes - Cénomanien
- Calcaires - Jurassique
- Extension de la carrière



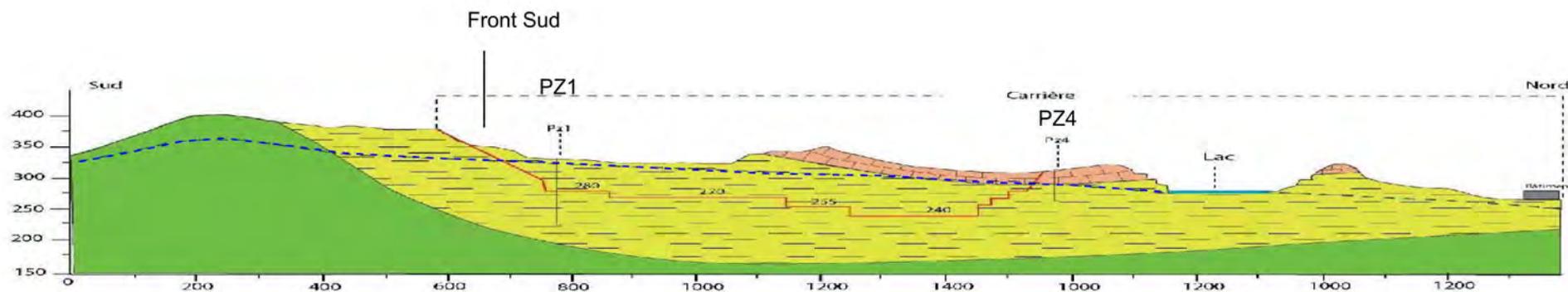
SATMA

CARRIÈRE DE LA
GRAVE DE PEILLE
Peille (06)

C OUPE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE N°3 (ANTEA)

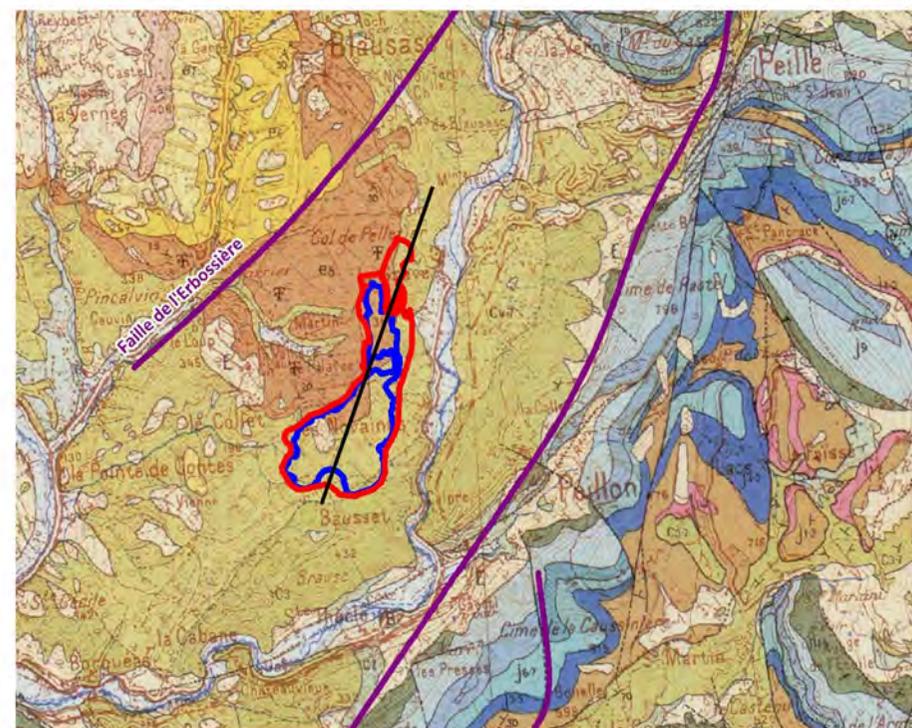
ECHELLE : 1 / 10 000

Source : ANTEA



Légende

-  Calcaires nummulitiques - Eocène
-  Calcaires marneux et marno-calcaires - Sénonien
-  Calcaire en petits bancs - Turonien
-  Niveau piézométrique moyen (du 11/10 au 05/11)
-  Extension de la carrière



5.2 - NIVEAUX D'EAU

Cinq piézomètres ont été réalisés en 2010 par la société Vicat sur l'emprise de la carrière (voir position sur la carte de la topographie actuelle). Ces ouvrages permettent de connaître le niveau des plus hautes eaux à l'état actuel.

L'exploitation va s'approfondir en dessous du niveau piézométrique de la nappe du Sénonien. Cela va entraîner un rabattement de la nappe et l'apparition d'arrivées d'eau localisées au niveau des fronts et en particulier du front Sud.

Les principales caractéristiques des ouvrages réalisés sont détaillées dans le tableau ci-dessous. Au mois de novembre 2010, chacun des cinq piézomètres représentatifs de l'aquifère Sénonien a été équipé d'un capteur mesurant et enregistrant le niveau chaque heure. Le niveau d'eau de ces ouvrages a été ainsi suivi sur une période d'une année, de novembre 2010 à novembre 2011.

Piézomètre	Profondeur de l'ouvrage (m)	Aquifère capté	Niveau d'eau en période de basses eaux (m NGF)	Niveau d'eau en période de hautes eaux (m NGF)	Amplitude du battement de la nappe (m)	Niveau d'eau moyen (m NGF)
PZ1	106.5	Sénonien	323.9	327.4	3.5	324.6
PZ2	71.3	Sénonien	288.3	296.4	8.1	292.4
PZ3	51.1	Sénonien	271.9	278	6.1	274.4
PZ4	49.2	Eocène / Sénonien	289.4	299.6	10.2	294.5
PZ5	101	Sénonien	300.2	304.9	4.7	301.6

Le piézomètre PZ1 présente le niveau le plus élevé, compris entre 323,9 et 327,4 m NGF. Cet ouvrage situé en bordure Sud de la zone au plus haut du massif semble profiter d'apports d'eau en provenance du massif de Brausch (aquifère Turonien).

Les niveaux de hautes eaux sont observés à la fin du mois de mars après une large période pluvieuse sur tous les ouvrages excepté Pz3 où ce niveau est atteint au mois de novembre, suite à des évènements pluvieux de forte intensité survenant après la période d'étiage.

A partir du mois de mars, on observe une décroissance des niveaux sur tous les ouvrages jusqu'à la fin du mois d'octobre (début des pluies d'automne).

Au cours de la foration de ces piézomètres, des venues d'eau ont été rencontrées :

- PZ1 : trois arrivées d'eau ont été rencontrées à -35 m de profondeur (cote 298 m NGF) avec un débit estimé par soufflage à 2.5 m³/h ; une venue à -65 m (cote 268 m NGF) avec un débit de 2.5 m³/h ; une venue à -105 m (cote 228 m NGF) avec un débit de 2m³/h.
- PZ2 : deux venues d'eau : une à -10 m de profondeur (cote 288 m NGF) avec un débit de 0.01 m³/h ; une venue à -15 m (cote 283 m NGF) avec un débit de 1 m³/h.
- PZ3 : absence d'eau à la foration.
- PZ4 : non estimé.
- PZ5 : une venue d'eau à -65 m de profondeur (cote 289 m NGF) avec un débit de 0.3m³/h.

On constate que les productivités au soufflage de ces sondages sont plutôt faibles (0,3 à 2,5m³/h). Les ouvrages se révèlent plus ou moins productifs selon qu'ils recoupent ou non des bancs calcaires et/ou des zones fracturées.

Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère Sénonien ont été appréciées à partir de deux essais d'infiltration (essais de type Slug test en forage ouvert), réalisés par ANTEA au printemps 2011 et dont les résultats sont fournis dans le tableau ci-dessous :

Piézomètre	Perméabilité (m/s)	Aquifère capté
PZ3	2×10^{-6}	Sénonien
PZ5	2×10^{-7}	Sénonien

Ces résultats traduisent une très faible perméabilité de l'aquifère Sénonien liée à la lithologie marneuse de cette formation et confirment en l'absence de fracturation sa semi-imperméabilité.

Au regard des relevés piézométriques effectués, il semblerait que les écoulements au droit de la zone d'exploitation soient fortement contrôlés par la topographie et par la carrière.

Ils s'effectuent de façon rayonnante depuis le haut de la zone sud (cotes topographiques les plus importantes du massif) en direction :

- du Paillon de l'Escarène pour le versant Est,
- du vallon de Iscla pour le versant Ouest,
- de la cimenterie sur le haut du massif le long de la ligne de partage des eaux.

Malgré un fort gradient, les niveaux restent hauts dans les piézomètres du fait de la faible perméabilité de la formation sénonienne qui entraîne la saturation probable de la totalité du massif.

Le comportement observé au niveau des 5 piézomètres indique une certaine continuité des écoulements (le même événement pluvieux est visible sur les 5 forages en période de moyennes à hautes eaux).

D'après les relevés piézométriques effectués, il apparaît que l'exploitation se situera sous le niveau piézométrique actuel. En effet, la cote du carreau inférieur de la carrière est envisagée à 240 m NGF ; le niveau piézométrique dans cette zone est supérieur d'au moins 70 mètres.

Le niveau du lac actuel (situé au Nord) est bien représentatif du niveau de la nappe sénonienne reconnue sur tous les ouvrages de reconnaissance réalisés. L'exploitation en zone Sud au-delà de la cote +330 m NGF se fera sous le niveau de cette nappe.

Les conséquences prévisibles de l'excavation sous le niveau de la nappe du Sénonien sont :

- **Le risque d'apparition de venues d'eau le long des fronts de taille au niveau des zones fracturées au fur et à mesure de l'exploitation et ce notamment lors de fortes pluies.**
- **Ces venues d'eau qui devraient être plus importantes sur le front Sud (alimentation par l'aquifère Turonien) s'écouleront le long des terrassements pour rejoindre le carreau inférieur où elles seront évacuées par gravité, impliquant par la même un rabattement du niveau piézométrique au voisinage de l'excavation (drainage).**

Ce drainage engendrera un rabattement de nappe et donc, de fait, un abaissement de la piézométrie autour de l'excavation.

- **Antéa n'a pas pu réaliser de modèle de rabattement de la nappe au cours de l'excavation (nécessiterait un pompage d'essais).**

D'après les informations d'Antéa, le niveau piézométrique se situera donc proche de la surface topographique du projet d'exploitation. Ce niveau sera considéré dans les calculs de stabilité comme pression hydrostatique dans les joints de discontinuité (joint de stratification et plans de failles).

6 - DONNEES DE LA CARTE ALEAS RETRAITS GONFLEMENTS- DONNEES SUR LES CARACTERISTIQUES MECANIQUES DES MARNES

Le rapport du BRGM sur les Aléas retraits et gonflements (BRGM/RP-57979-FR de Janvier 2010) donne certaines caractéristiques minéralogiques pour les marnes du Crétacé

Analyse BRGM (ST29) donne :

- Présence de minéraux gonflants smectite et interstratifié smectite-illite=teneur 89%,
- dont illite 6%,
- chlorite 2%,
- kaolinite 1%.

Cela classe les marnes du crétacé en très gonflantes.

Le BRGM a récolté plusieurs résultats d'essais de laboratoire sur les marnes du crétacé.

La valeur au bleu de Méthylène varie entre 1,40 à 6,70 pour 7 échantillons

L'indice de plasticité varie entre 10,61 à 29 soit une plasticité faible à forte.

Peillon a été classée commune sinistrée au titre des phénomènes de retrait gonflement.

Dans un bulletin de liaison du LCPC concernant le retour d'expérience des travaux autoroutier Roquebrune-Menton, les paramètres géotechniques retenus pour les marnes ont été déterminés par des essais géotechniques. Les paramètres retenus par le LCPC sont :

- **Poids volumique : 21 kN/m³,**
- **Cohésion : 14 kPa,**
- **Angle de frottement résiduel: 20°.**

(Remarque : après discussion avec la société VICAT, les calculs de stabilité pourront être affinés suite à des mesures de densité des marnes)

D'après G.Pilot- « Relations entre la composition minéralogique et les caractéristiques mécaniques de quelques sols argileux français », il existe une bonne corrélation entre la composition minéralogique et l'angle de frottement résiduel. Pour une argile composée de smectite illite, il donne un angle de frottement entre 25° et 30°.

A la suite de ce rapport a été réalisée une rétro-analyse afin d'estimer plus finement les paramètres géotechniques. Ces paramètres influencent directement les résultats sur la stabilité des fronts.

En l'absence de sondages carottés avec analyse des caractéristiques mécaniques de la carrière, la pente d'exploitation à adopter pour assurer la stabilité des fronts n'est pas optimisée.

7 - RELEVES GEOLOGIQUES ET STRUCTURAUX DANS LA CARRIERE

<i>Plan des relevés géologiques et structuraux à 1 : 1 000</i>	<i>Document n°15.075 / 13</i>	<i>En annexe</i>
<i>Panoramique photographique front Ouest</i>	<i>Document n°15.075 / 14</i>	<i>Dans le texte</i>
<i>Panoramique photographique front Sud</i>	<i>Document n°15.075 / 15</i>	<i>Dans le texte</i>
<i>Fiches des relevés structuraux</i>	<i>Document n°15.075 / 16</i>	<i>En annexe</i>
<i>Localisation des coupes géologiques</i>	<i>Document n°15.075 / 17</i>	<i>Dans le texte</i>
<i>Coupe géologique S-N ou coupe 1</i>	<i>Document n°15.075 / 18</i>	<i>Dans le texte</i>
<i>Coupe géologique SE-NO ou coupe 2</i>	<i>Document n°15.075 / 19</i>	<i>Dans le texte</i>

Les relevés structuraux détaillés se sont portés sur le secteur Sud de la carrière.

Les détails ont été reportés :

- en plan à l'échelle 1 : 1 000 (carte des relevés géologiques et structuraux) sur fond de la topographie actuelle,
- sur plusieurs panoramiques photographiques en élévation,
- les relevés structuraux sont également rassemblés sur des fiches détaillées où la nature des épontes, les remplissages et circulations d'eau sont décrits. Les documents sont visibles en annexe.

Enfin, 2 coupes géologiques ont été réalisées afin de visualiser les structures de la carrière.

La coupe SE-NO est positionnée dans le sens de la stratification, parallèle aux pendages des couches. La coupe N-S est située perpendiculairement aux plans de failles mylonitisés qui traversent la carrière. Les deux coupes sont dans le sens de plus grande pente et permettent la réalisation des calculs de stabilité.

L'ensemble de ces documents permet de comprendre l'organisation structurale de la carrière en trois dimensions, de manière globale mais également détaillée.

Des relevés structuraux détaillés ont été réalisés sur l'ensemble des fronts en parcourant le secteur Sud de la carrière à pied aux cotes 320, 338, 352 et 365. Les discontinuités ont fait l'objet d'un relevé minutieux sans exclusion (failles, fractures, diaclases, venues d'eau en fronts, circulations des eaux de surfaces, observation de la tenue des fronts etc...).

Pour chaque discontinuité ont été observés et mesurés :

- Direction et pendage,
- l'espacement entre même famille discontinuité,
- l'extension,
- la nature des épontes ouverture, ondulation, remplissage, circulations d'eau,
- la nature du remplissage.

Ces données permettent dans la suite de définir les mécanismes d'instabilité possible.

7.1 - STRATIFICATION

La carrière présente une stratification régulière. L'orientation des couches est constante N60 et le pendage varie entre 30° et 45°N.

La carrière présente néanmoins deux types de stratifications chimiquement différentes.

Alternance de bancs marneux tendres et indurés :

La partie basse de la formation est constituée d'une alternance de bancs marneux indurés de 30 à 50 cm d'épaisseur et de bancs marneux tendres de 20 à 30 cm d'épaisseur. Les joints de stratification entre bancs sont plus argileux, de quelques centimètres d'épaisseur présentant une certaine plasticité au contact de l'eau.

Les fronts orientés selon la même direction des couches se découpent naturellement selon le pendage à une pente de 35°. Les fronts qui sont découpés selon une pente plus raide que le pendage des couches présentent des phénomènes de glissements bancs sur bancs



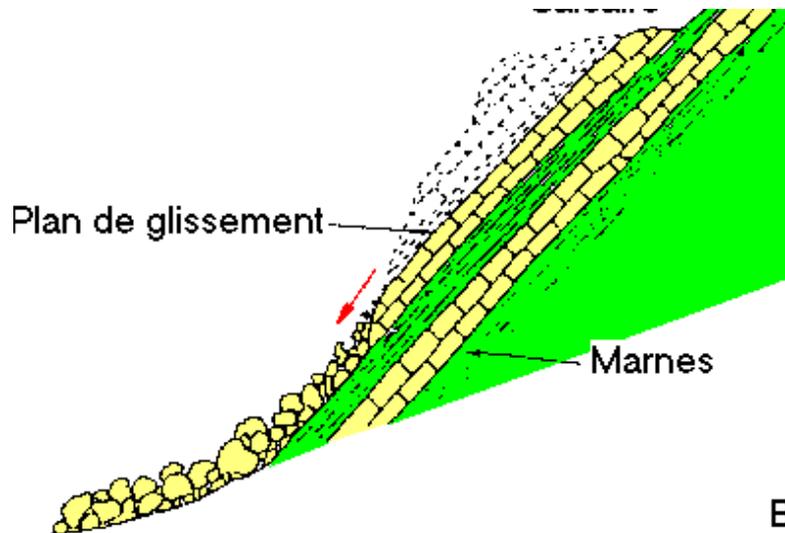
Alternances de bancs marneux indurés (0,5m) et de bancs plus altérés présentant des traces d'humidités (0,3m).



Alternance de bancs tendres (en noir) et plus indurés



Découpage des fronts selon les plans de stratification à 35°. En rouge, la stratification est recoupée au pied. La pente de découpage est supérieure au pendage des couches. Le sommet du front va glisser à terme.



Phénomènes de glissements bancs sur bancs

Bancs marneux riches en calcaires :

Vers le sommet de la formation les bancs marneux deviennent de plus en plus riches en calcaire, les bancs sont plus compacts et plus réguliers avec une épaisseur comprise entre 20 et 50cm. Les joints de stratification sont lisses et réguliers. L'argile inter-banc disparaît.

Les joints de stratification sont humides avec parfois la présence de suintements.



*Alternances de bancs marno-calcaires de 0,1 à 0,2m d'épaisseur.
La partie supérieure de la formation est plus riche en calcaire.*

7.2 - STRUCTURES

7.2.1 - Structures orientées N120 à N140 pendage de 45° à 70° vers Nord.

Ces structures sont très présentes sur l'ensemble du front Sud (cf. coupes 1 et 2, structures en rouge). Elles forment un réseau dense qui a pour effet de fracturer (broyer) les couches de marnes (mylonite). Ce réseau s'étend depuis l'extrémité Sud des talus réaménagés jusqu'au front en cour d'exploitation sur la plateforme 320.

Les épaisseurs broyées peuvent atteindre 10 mètre de large. Elles se présentent sous la forme d'une « pâte », plastique avec présence d'eau et de blocs de marnes.

Ces failles ont un pendage variant de 45 à 70° en direction du Nord. Ces structures qui recoupent les talus lors de l'exploitation sont bien souvent à l'origine de masses glissées de faible envergure (un à deux fronts).

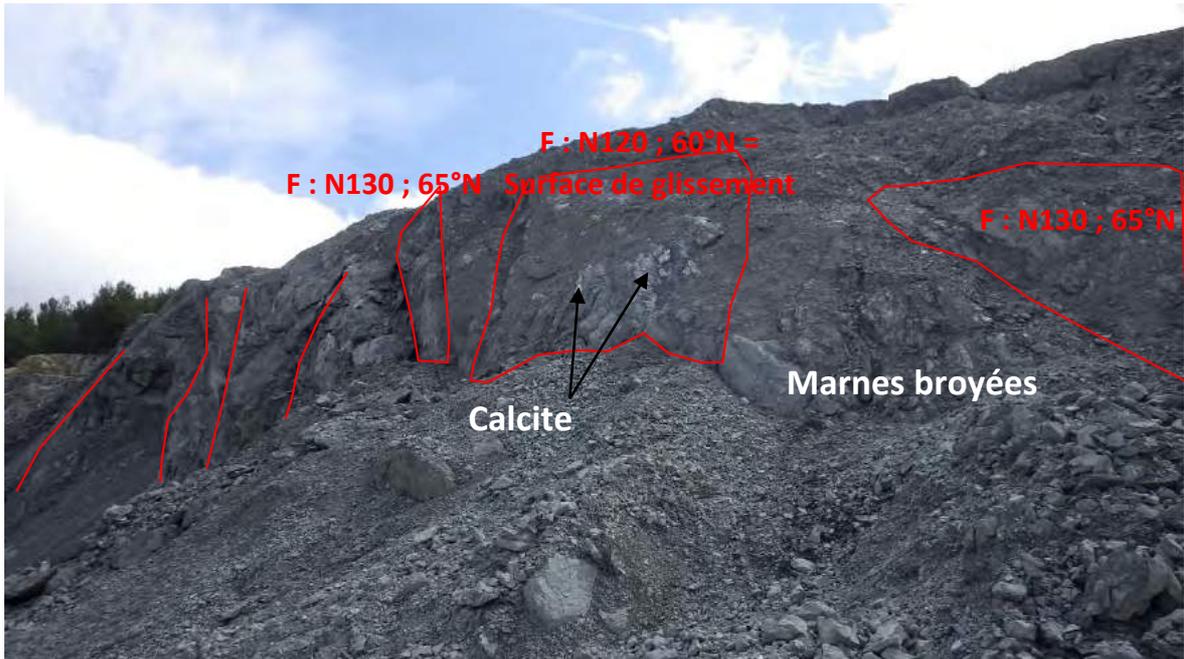
Il s'agit d'un réseau de failles majeures qui affecte les fronts Sud de la carrière et sont à l'origine des glissements des terrains qui apparaissent dans les talus réaménagés.

Par endroit, ces structures drainent de petite quantité d'eau d'origine météoritique.

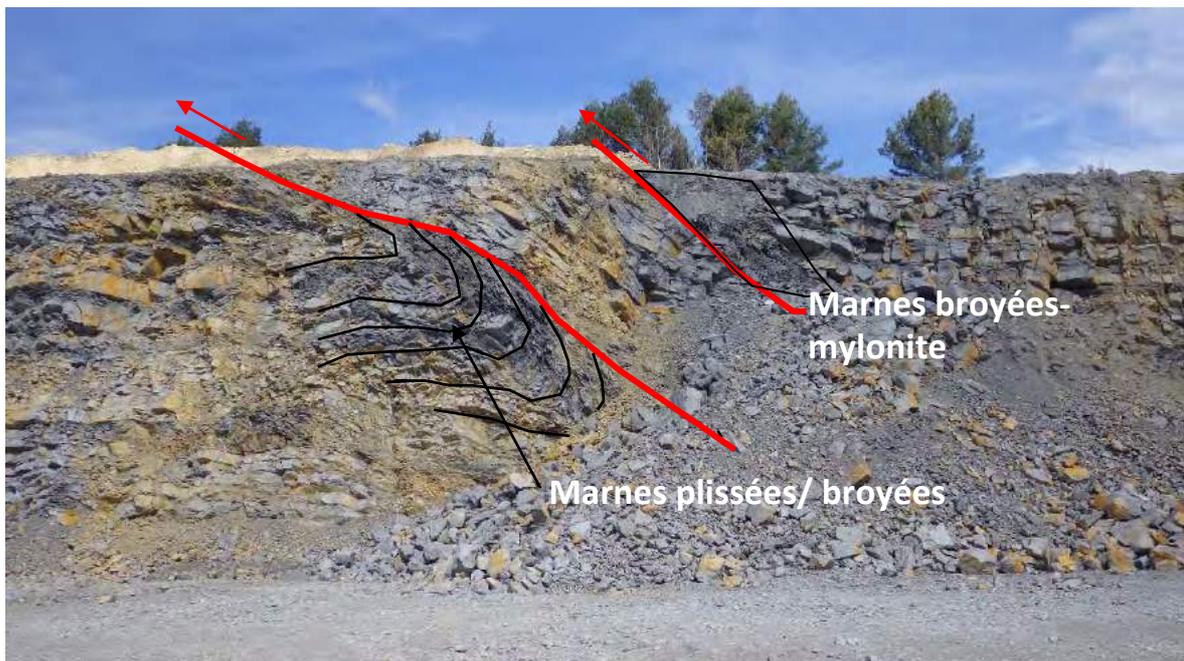
Certaines de ces structures montrent une tectonique syn-sédimentaire.

Structure N130 sur le front Ouest du gradin 353. Zone mylonitisée au contact.





Front déstabilisé (mylonite) par le passage d'un réseau de structures N120 à N140 à aval pendage



Failles inverses syn-sédimentaire : Front Ouest de la plateforme 340



Marne broyée = Mylonite



Front recoupant les plans de failles broyées en direction N120-N140. Le front n'a pas de cohésion. Il se dégrade et glisse avec l'eau. Les glissements superficiels situés dans les gradins 351 à 374 sont situés dans ce type de faciès.

7.2.2 - Structures orientées N90 pendage 45 à 75° vers le Nord

Cette série de failles est visible sur l'extrémité Sud Est des fronts 335 et 325mNGF. A cet endroit l'orientation des fronts passe de N120 à N90.

Les structures sont alors parallèles aux fronts d'exploitation, cela se traduit sur le terrain par la présence de zones fracturées favorisant le démantèlement de ces fronts par chutes de petites de masses rocheuses.



Fronts Sud Est du gradin 335 affecté par le passage de faille N90.

7.2.3 - Remblayage de la carrière

Les fronts supérieurs ont été remblayés avec des matériaux sablo argileux. Ces matériaux sont sensibles à l'eau.

Il a été observé :

- Le remblai est mis en place à une pente de 35°.
- Le remblai est stable lorsqu'il est drainé,
- Des glissements circulaires, de la hauteur d'un front apparaissent lorsque le remblai est saturé d'eau. C'est le cas du gradin 352-360. Ce gradin reçoit une grosse quantité d'eau de surface depuis les talus supérieurs.



Glissement du remblai lorsque celui-ci n'est pas drainé



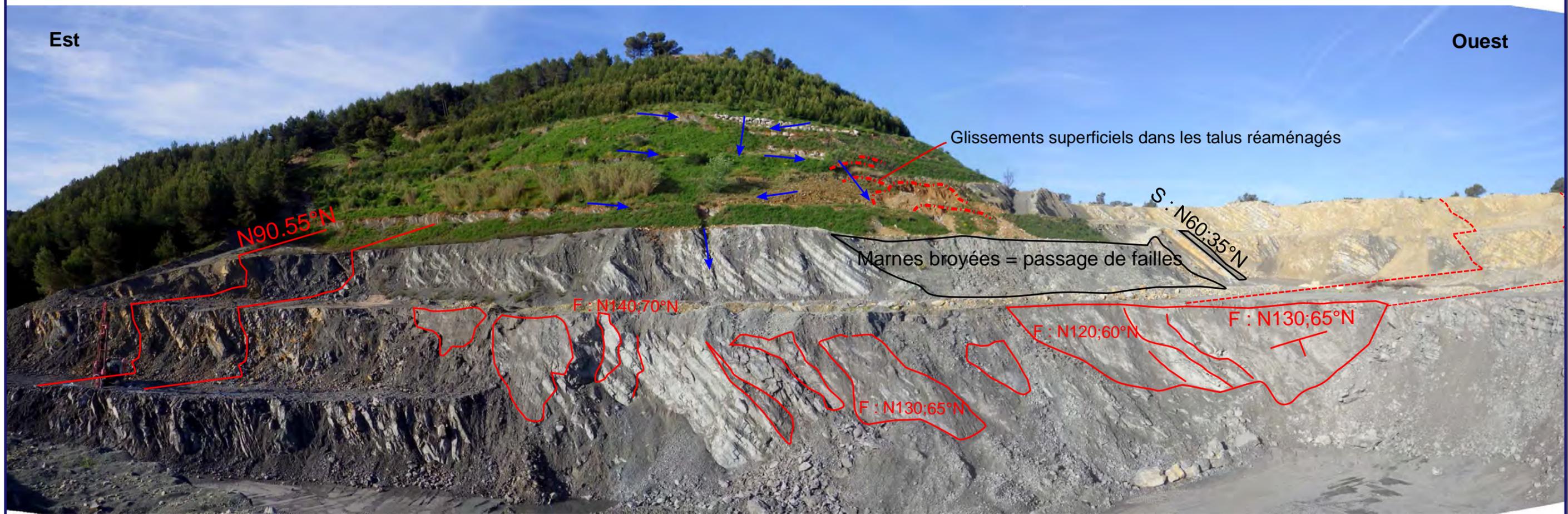
Le remblai est stable à une pente de 35° lorsque celui-ci est bien drainé. Il permet de plus de conforter (stabiliser) les fronts marneux.

7.2.4 - Gestion des eaux sur la carrière à l'état actuel

Actuellement, les eaux de la carrière sont drainées sur les gradins en direction du centre du front Sud (voir plan des relevés de terrain). Les eaux ruissellent de front en front et viennent saturer les zones de remblais, les secteurs faillés avec présence de mylonite, ainsi que les secteurs anciennement glissés. Cela participe à la déstabilisation des terrains. Les instabilités observées sont toutefois superficielles, et concernent un gradin. Nous n'avons pas observé de signes précurseurs de glissements profonds.



Glissements superficiels dans les marnes (passage de faille- mylonite). Le confortement actuel est très superficiel (quelques blocs qui descendent avec les marnes instables)



Est

Ouest

Glissements superficiels dans les talus réaménagés

Marnes broyées = passage de failles

N90.55°N

S : N60;35°N

F : N140;70°N

F : N120;60°N

F : N130;65°N

F : N130;65°N

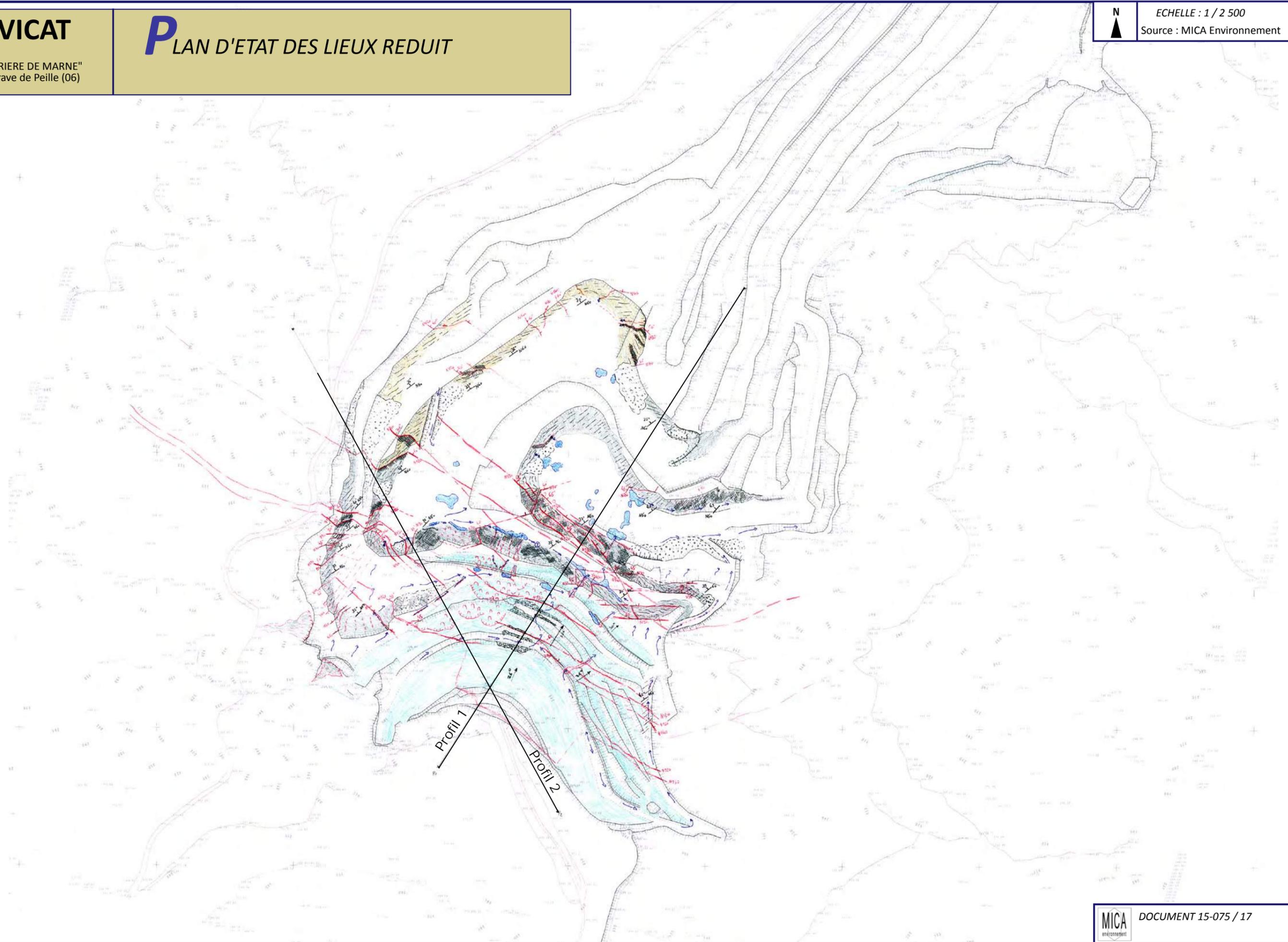
VICAT

"CARRIERE DE MARNE"
La Grave de Peille (06)

P LAN D'ETAT DES LIEUX REDUIT

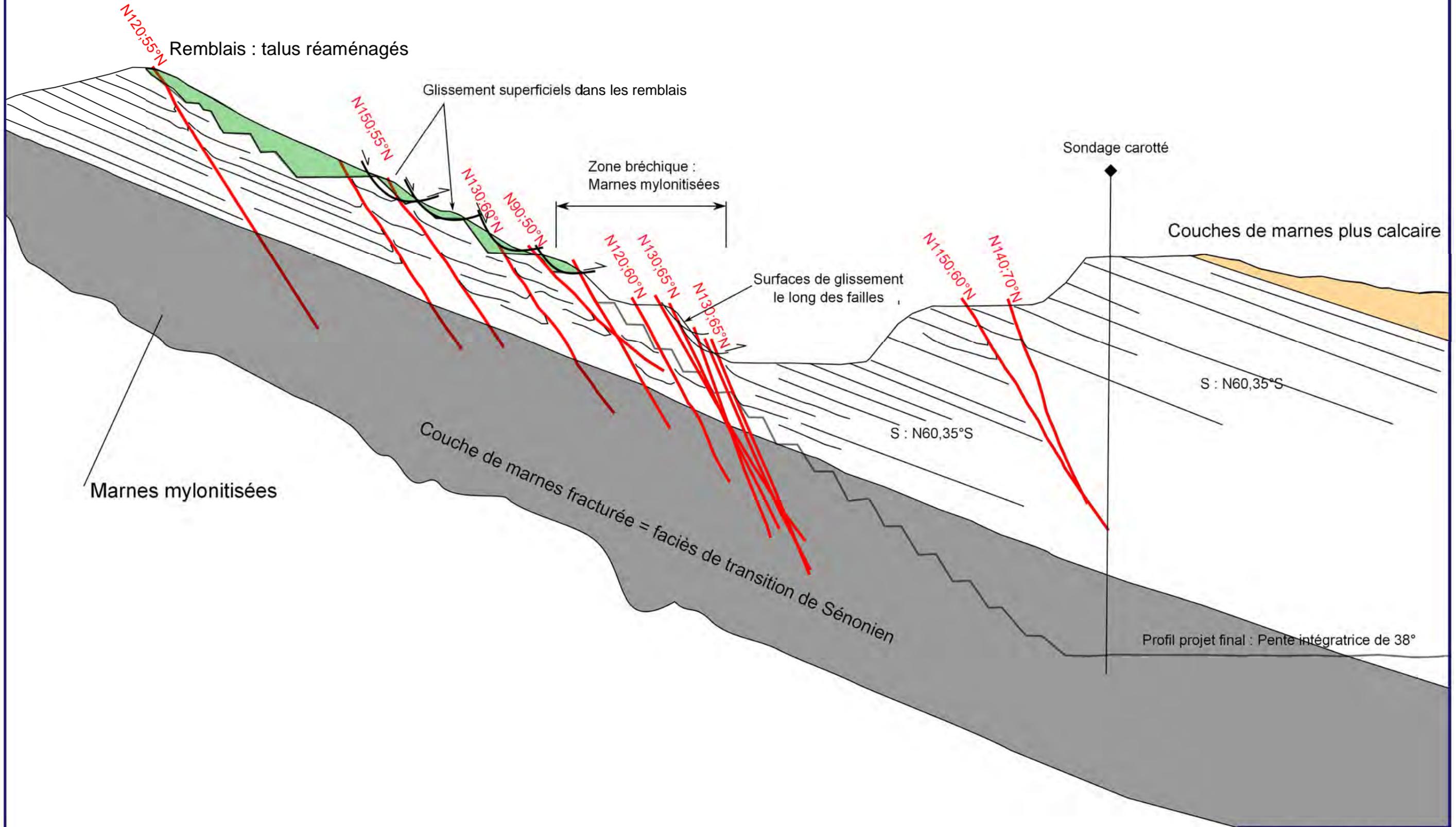


ECHELLE : 1 / 2 500
Source : MICA Environnement



Sud

Nord



Sud Est

Nord Ouest

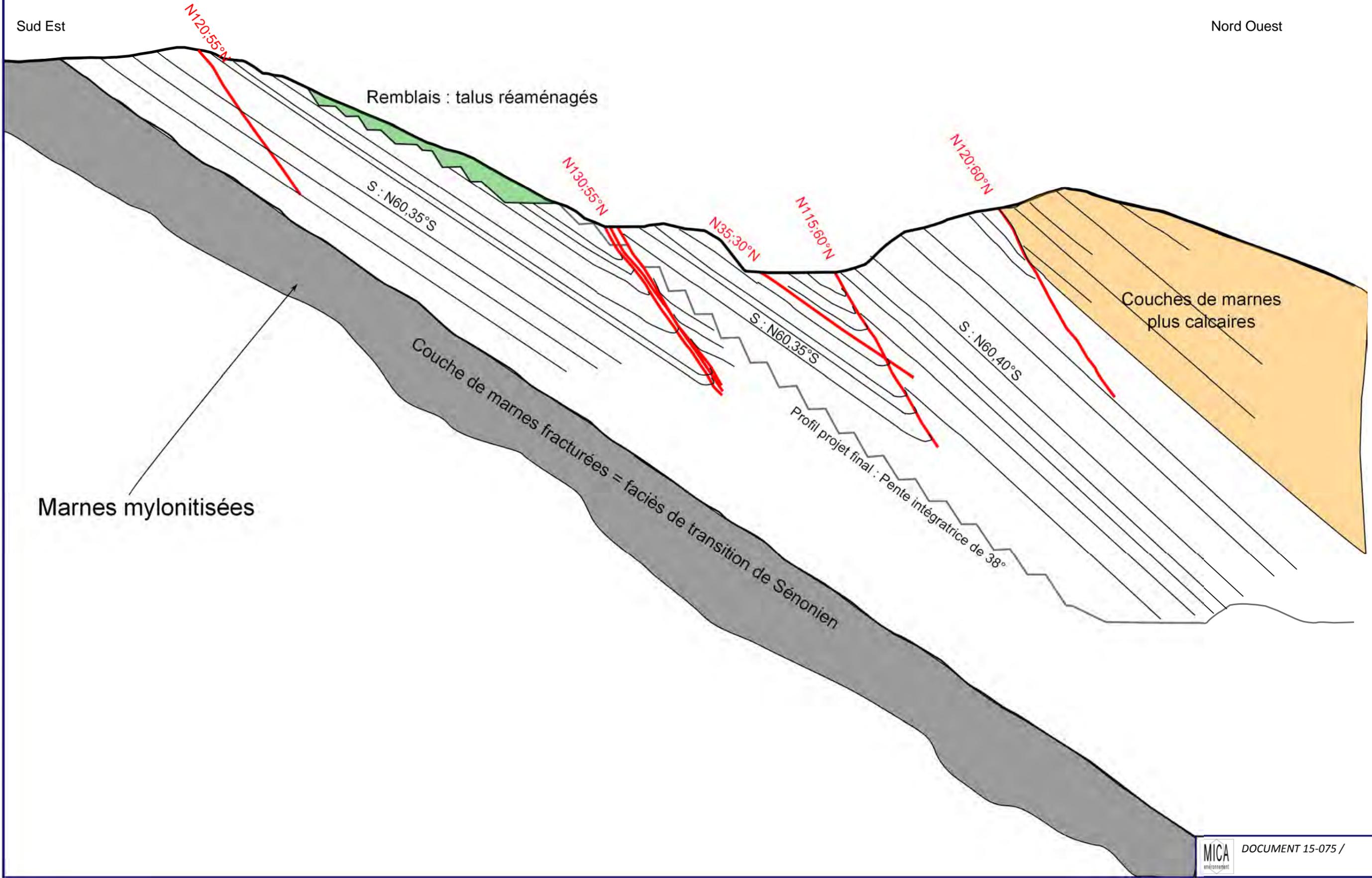
Remblais : talus réaménagés

Couches de marnes plus calcaires

Marnes mylonitisées

Couche de marnes fracturées = faciès de transition de Sénonien

Profil projet final : Pente intégratrice de 38°



8 - ANALYSE GEOTECHNIQUE

8.1 - CALCUL DE LA STABILITE PAR RAPPORT A UN GLISSEMENT PLAN SUR LES JOINTS DE STRATIFICATION : FRONT SUD DE LA CARRIERE

8.1.1 - Méthode de calcul et définition des caractéristiques mécaniques

La carrière présente plusieurs orientations de front qui varient entre N60 et N140 par rapport au Nord.

Selon l'orientation des fronts les mécanismes d'instabilités à étudier sont différents.

- Front orienté N60 : Coupe 2 = front parallèle à la stratification = glissement plan,
- Fronts orientés N110, N140 = fronts parallèles aux plans de failles mylonitisées = glissement plan,
- Autre orientation = système de dièdre.

Les joints de stratification sont argileux, parfois humides et les épontes sont souvent lisses à moyennement rugueuses. Des calculs ont donc été réalisés afin de déterminer la stabilité des différents fronts vis-à-vis d'un glissement plan banc sur banc sur joint de stratification en considérant un découpage en blocs par les différentes familles de fractures relevées.

Les capacités de résistance du joint lorsqu'il est soumis à un effort de cisaillement sont décrites par le critère de Coulomb soit :

$$\tau = C + \sigma n \operatorname{tg} \phi$$

- τ = Contrainte de cisaillement au niveau du joint de discontinuité
- C = Cohésion au niveau du joint
- σn = Contrainte normale au niveau du joint
- ϕ = Angle de frottement au niveau du joint

Plusieurs logiciels ont été utilisés :

- RocPlane : pour les glissements bancs sur bancs,
- Talren : glissement sur des surfaces planes avec la méthode des perturbations,
- Swedge : rupture en dièdre.

Dans le cadre de la rétro analyse, aucun séisme n'a été pris en compte. Il est considéré que le talus actuellement en équilibre limite a subi de nombreuses vibrations générées par les tirs de mines. Les effets des vibrations sont supérieurs aux effets des accélérations sismiques de la région de Nice.

Les conditions hydrauliques du massif ont été prises en compte pour les calculs Talren. Le logiciel calcule un facteur de sécurité pour le bloc délimité par la stratification et les structures. Ce facteur de sécurité est défini comme le rapport des forces « résistantes » (en adoptant le critère de rupture de Mohr Coulomb) et des forces motrices. Comme précisé ci-dessus, les contraintes verticales et tangentielles sont calculées par le logiciel en prenant en compte le critère de Coulomb le long de la discontinuité et les hypothèses décrites ci-dessus. Si ce facteur est inférieur à 1, le bloc est instable.

On considère que la stabilité des fronts sera acceptable pour un coefficient de sécurité de 1,3.

8.1.2 - Recherche des caractéristiques mécaniques par rétro-analyse

Rétro analyse pour glissement superficiel	Document n°15.075 / 20	Dans le texte
Rétro analyse pour glissement profond	Document n°15.075 / 21	Dans le texte

Un calcul par rétro analyse a été réalisé avec le logiciel Talren sur les fronts 360 et 374 mNGF.

L'angle de frottement fictif a été fixé à 25° pour les joints marneux et marne mylonitisées.

Pour un coefficient de sécurité égal à 1 la cohésion au niveau des joints est de 2 kPa.

Aucun glissement profond n'a été observé sur le terrain. En positionnant une surface de rupture à 10 m de profondeur et un coefficient de sécurité de 1,25 la cohésion dans la formation monte à 25 kPa.

Les caractéristiques géotechniques retenues dans le cadre des glissements plans et des dièdres sont :

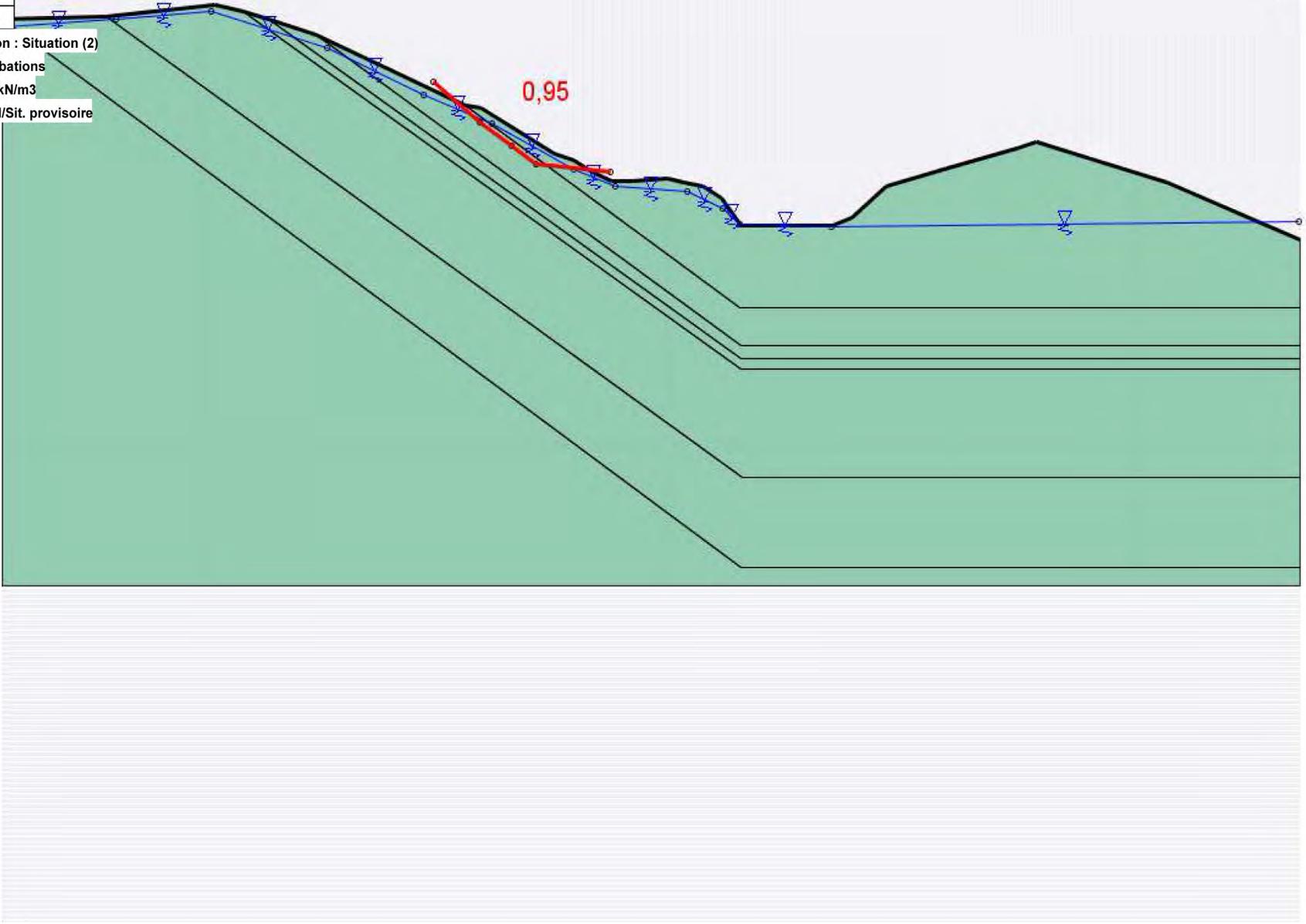
- **Poids volumique : 21kN/m³,**
- **Cohésion : 2 kPa en surface, elle augment de 20kPa tous les dix mètres de profondeur. Pour les fronts qui ne sont pas parallèles aux bancs la cohésion dans les marnes est considérée à 100 kPa,**
- **Angle de frottement : 25°.**

Remarque : un sondage carotté avec essais mécaniques permettrait d'affiner les paramètres géotechniques ci-dessus.

Soil n°	1
γ (kN/m ³)	21.00
ϕ (°)	25.00
c(kPa)	2.00
Δc (kPa/m)	2.00

$F_{min} = 0.95$

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (2)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m³
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire



1 Marne

TALREN 4 v2.0.3



15_075 / Rétro analyse

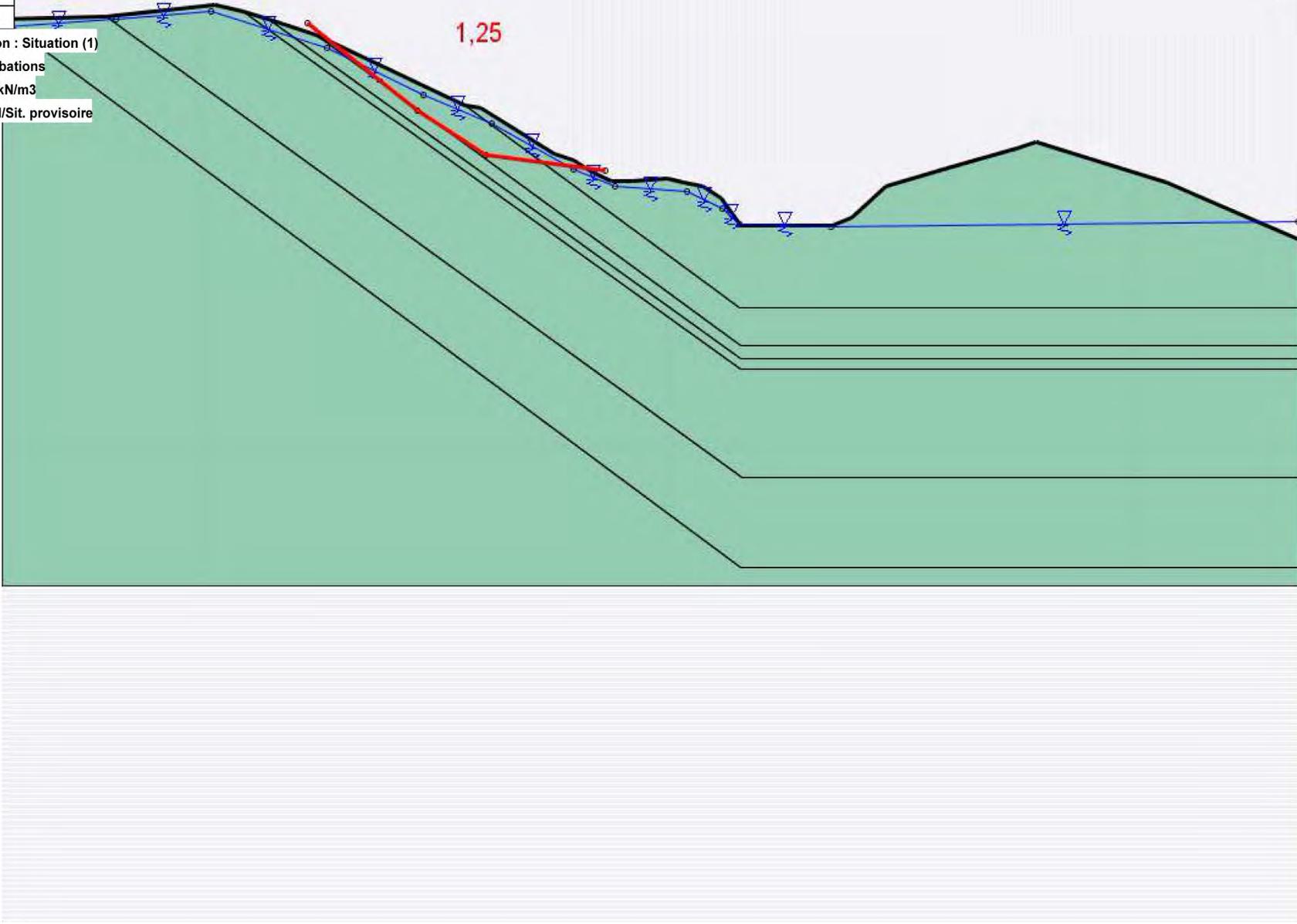
J:\...\Retro_analyse_vicat_v2.prj

Etude réalisée par :
 MICA Environnement
 Imprimée le : 11/06/15 à 17:54:33

Soil n°	1
γ (kN/m ³)	21.00
ϕ (°)	25.00
c(kPa)	25.00
Δc (kPa/m)	0.00

$F_{min} = 1.25$

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (1)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m³
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire



1 Marne

TALREN 4 v2.0.3



15_075 / Rétro analyse

J:\...\Retro_analyse_vicat_v2.prj

Etude réalisée par :
 MICA Environnement
 Imprimée le : 11/06/15 à 17:52:23

8.1.3 - Stabilité aux glissements banc sur banc dans la carrière à l'échelle d'un front

Résultats calcul de stabilité – Glissement banc sur banc	Document n°14.054 / 22	En annexe
Plan des secteurs	Document n°14.054 / 34	En annexe

Pour les calculs, nous avons considéré le cas le plus défavorable pouvant être rencontré lors de l'exploitation et susceptible de générer des glissements banc sur banc : une orientation des fronts d'exploitation parallèle à la stratification et en aval pendage. C'est le cas du secteur Sud-Ouest de la carrière.

Le tableau ci-après présente les résultats des calculs par secteur avec le logiciel RocPlane à l'échelle d'un front de 7,5m :

Secteur	Stratification ou plan de faille	Orientation du front	Hauteur de talus	Pente de talus souhaitée par rapport à l'horizontal	Coefficient de sécurité
Sud – Ouest (parallèle à la stratification)	N60-35°NW	N60	7,5m	36°	1,56
				38°	0,88
				45°	0,65
Sud (parallèle aux plans de failles)	N120-45°SW	N120	7,5m	46°	1,4

A l'échelle d'un front de 7,5m de haut, dans le secteur Sud-Ouest (cas le plus défavorable)= les fronts sont parallèles aux plans de stratification. Les résultats montrent que le coefficient de sécurité des glissements banc sur banc est inférieur à 1 lorsque la pente du talus est supérieure à 36°.

Lorsque le front d'exploitation recoupe la couche de marne il y a un risque de glissement banc sur banc.

Dans le secteur Sud : le front est parallèle aux plans de failles mylonitisées. La stabilité des fronts est satisfaisante si la pente du talus sur 7,5 m de hauteur est supérieure au pendage des failles, soit à partir de 46°.

8.1.4 - Stabilité aux glissements banc sur banc dans la carrière sur toute la hauteur du projet : fronts Sud-Ouest de direction N60

Calcul front Nord-Ouest pente de 38°	Document n°15.075 / 23	Dans le texte
Calcul front Nord-Ouest pente de 35°	Document n°15.075 / 24	Dans le texte
Calcul front Nord-Ouest pente de 25°	Document n°15.075 / 25	Dans le texte
Calcul front Nord-Ouest pente de 25° avec rabattement de nappe et surface de rupture de 40 m de haut	Document n°15.075 / 26	Dans le texte
Calcul front Nord-Ouest pente de 25° avec rabattement de nappe et surface de rupture sur l'ensemble du massif	Document n°15.075 / 27	Dans le texte
Calcul front Nord-Ouest pente de 25° avec confortement de pied	Document n°15.075 / 28	Dans le texte

8.1.4.1. Calcul pour différentes pentes intégratrices

A partir de la cote 360, a été considéré une pente intégratrice constante jusqu'à la cote 240.

- **Première situation : pente intégratrice de 38° dans la zone Sud-Ouest de la carrière.**
 - Logiciel utilisé : Talren,
 - Position de la nappe : proche de la surface,
 - Position de la surface de rupture le long d'un joint de stratification,
 - Coefficient de sécurité obtenu : **0,55**.

Il y a donc un fort risque de glissement banc sur banc dans ce secteur.

Les fronts d'exploitations recoupent les plans de stratifications à la base.

- **Deuxième situation : pente intégratrice de 35° dans la zone Sud-Ouest de la carrière.**
 - Logiciel utilisé : Talren,
 - Position de la nappe : proche de la surface,
 - Position de la surface de rupture le long d'un joint de stratification,
 - Coefficient de sécurité obtenu : **0,63**.

Le talus est toujours instable dans ces conditions en raison de la présence d'eau dans les joints et de la grande hauteur du talus.

- **Troisième situation : pente intégratrice de 25° dans la zone Sud-Ouest de la carrière.**
 - Logiciel utilisé : Talren,
 - Position de la nappe : proche de la surface,
 - Position de la surface de rupture le long d'un joint de stratification,
 - Coefficient de sécurité obtenu : **0,83**.

- **Quatrième situation : pente intégratrice de 25° dans la zone Sud-Ouest de la carrière.**
 - Logiciel utilisé : Talren,
 - Position de la nappe : rabattement de la nappe de 10 mètres,
 - Position de la surface de rupture le long d'un joint de stratification,
 - Coefficient de sécurité obtenu : **1,3 sur 40m de hauteur de talus,**
 - Coefficient de sécurité obtenu : **0,98 à 1,12 sur tout la hauteur de la carrière.**

8.1.4.2. Solution de confortement

La quatrième situation est en équilibre limite.

Nous avons appliqué un remblai (butée de pied) à la base de l'exploitation de 40m de haut.

Les caractéristiques du remblai sont :

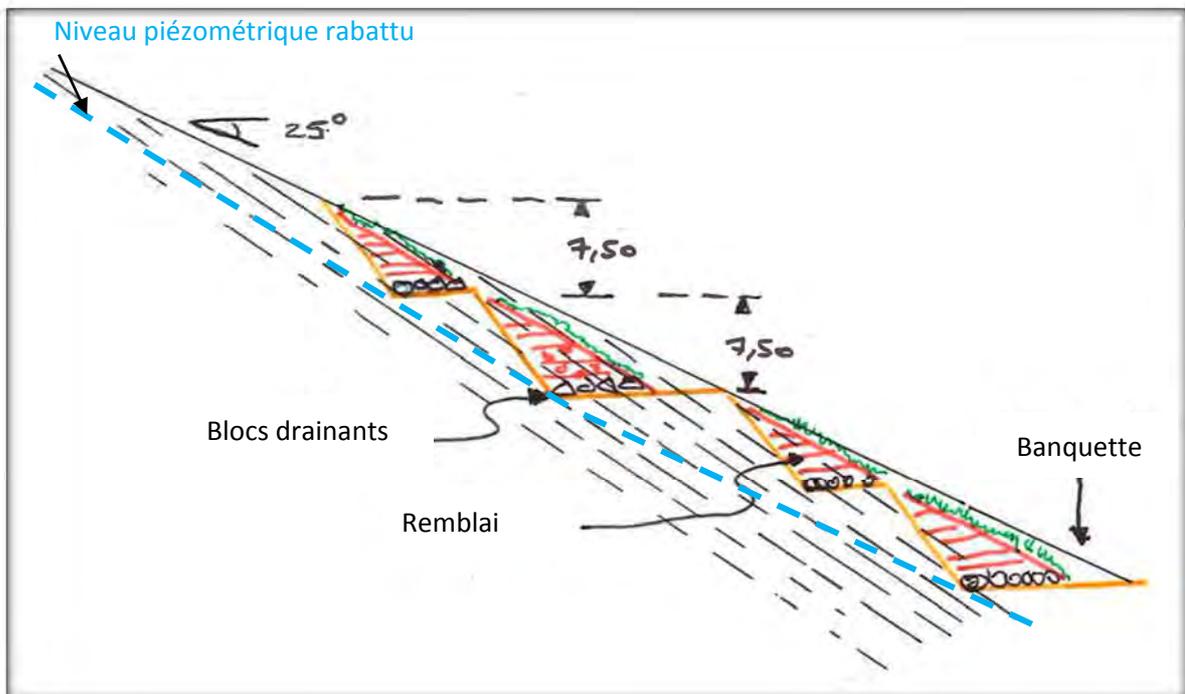
- **Poids volumique : 20 kN/m³**
- **Cohésion : 0 kPa**
- **Angle de frottement : 35°**

- **Pente intégratrice de 25° dans la zone Sud-Ouest de la carrière.**
 - Logiciel utilisé : Talren,
 - Position de la nappe : rabattement de la nappe de 10 mètres par rapport à la surface topographique
 - Position de la surface de rupture le long d'un joint de stratification,
 - Butée de 40m de haut,
 - Coefficient de sécurité obtenu : **1,3 sur toute la hauteur de l'exploitation.**

- **Remarque : Pour rabattre la nappe d'eau de 10 mètre en dessous de la surface topographique il faut (voir schéma ci-dessous) :**
 - Exploiter localement les fronts à une pente plus raide (environ 55°) sur 7,5m de haut.

 - Mettre en place immédiatement après exploitation, un remblai avec tapis de blocs drainant à la base. La plateforme de base devra être pentée vers l'Est et l'Ouest de la carrière pour évacuer l'eau de drainage. La pente du remblai peut être réglée entre 30 et 35°.
 - Tous les 15m de haut (deux gradins d'exploitations de 7,5m), une banquette de 5 m de large sera conservée pour gérer les eaux de surface vers l'Est et l'Ouest.

Schéma de principe pour l'exploitation, le confortement et le rabattement de la nappe : pente intégratrice de 25°= profil 1



- **Conclusion :**

Au vu des résultats ci-dessus, la pente intégratrice à adopter dans la partie sud-ouest de la carrière est la même que celle réalisée jusqu'à aujourd'hui dans la carrière, soit 25°.

- **Préconisation :**

Pendant l'exploitation il est conseillé de surveiller les fronts à l'aide d'inclinomètres et plots topographiques. Le remblai de stabilisation en pied de carrière sera mis en place uniquement en cas de détection de problème de stabilité en grand.

F_{min} = 0.53

Soil n°	1	2
γ(kN/m ³)	21.00	21.00
φ(°)	25.00	20.00
c(kPa)	2.00	50.00
Δc(kPa/m)	2.00	0.00

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (1)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m³
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire

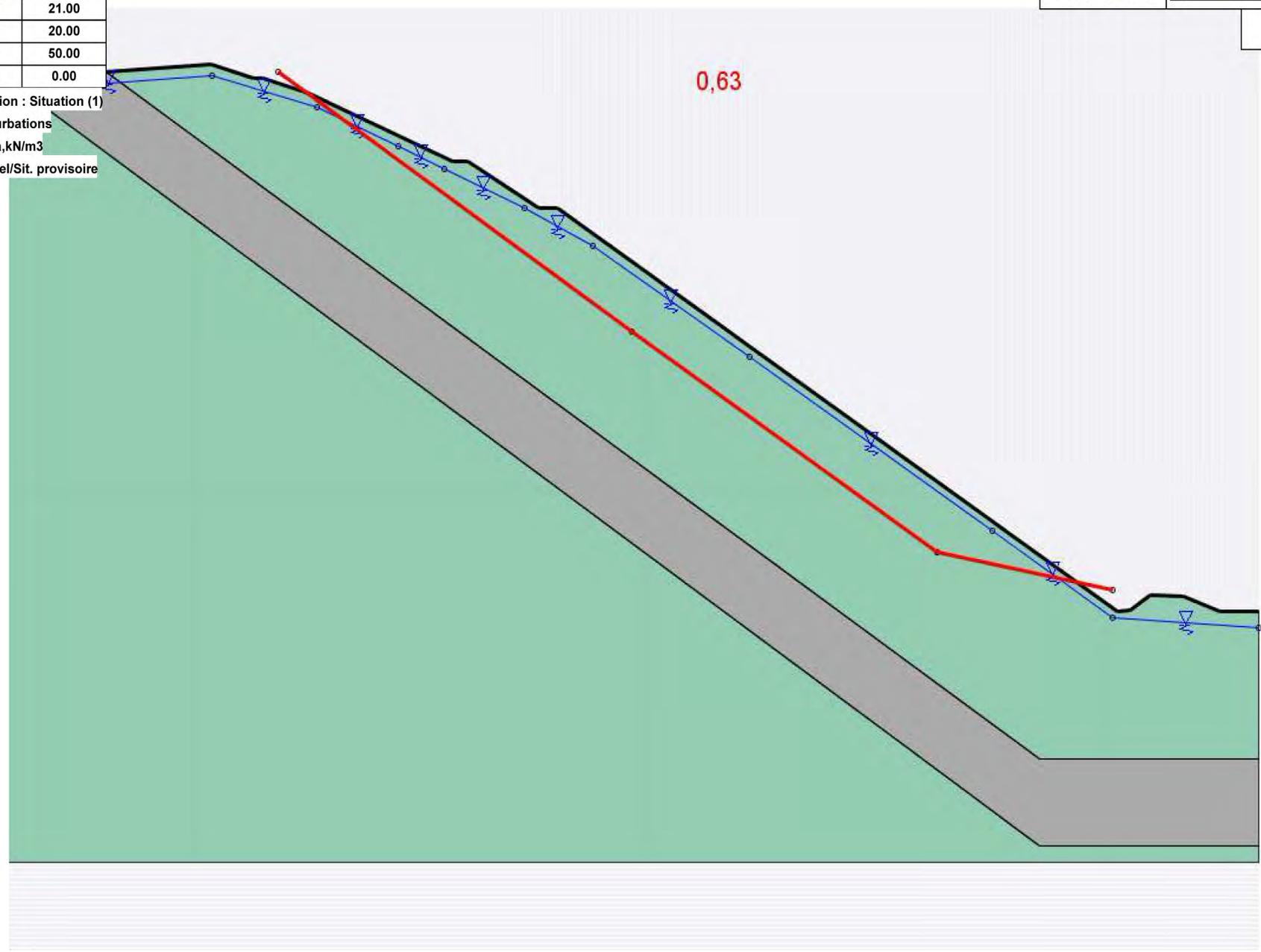


- 1 Marne
- 2 Marne altérée

F_{min} = 0.63

Soil n°	1	2
γ(kN/m ³)	21.00	21.00
φ(°)	25.00	20.00
c(kPa)	2.00	50.00
Δc(kPa/m)	2.00	0.00

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (1)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m³
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire



- 1 Marne
- 2 Marne altérée

F_{min} = 0.86

Soil n°	1	2
γ(kN/m ³)	21.00	21.00
φ(°)	25.00	20.00
c(kPa)	2.00	50.00
Δc(kPa/m)	2.00	0.00

0,86

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (1)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m³
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire



- 1 Marne
- 2 Marne altérée

TALREN 4 v2.0.3



15_075 / Projet avec pente intégratrice de 30°

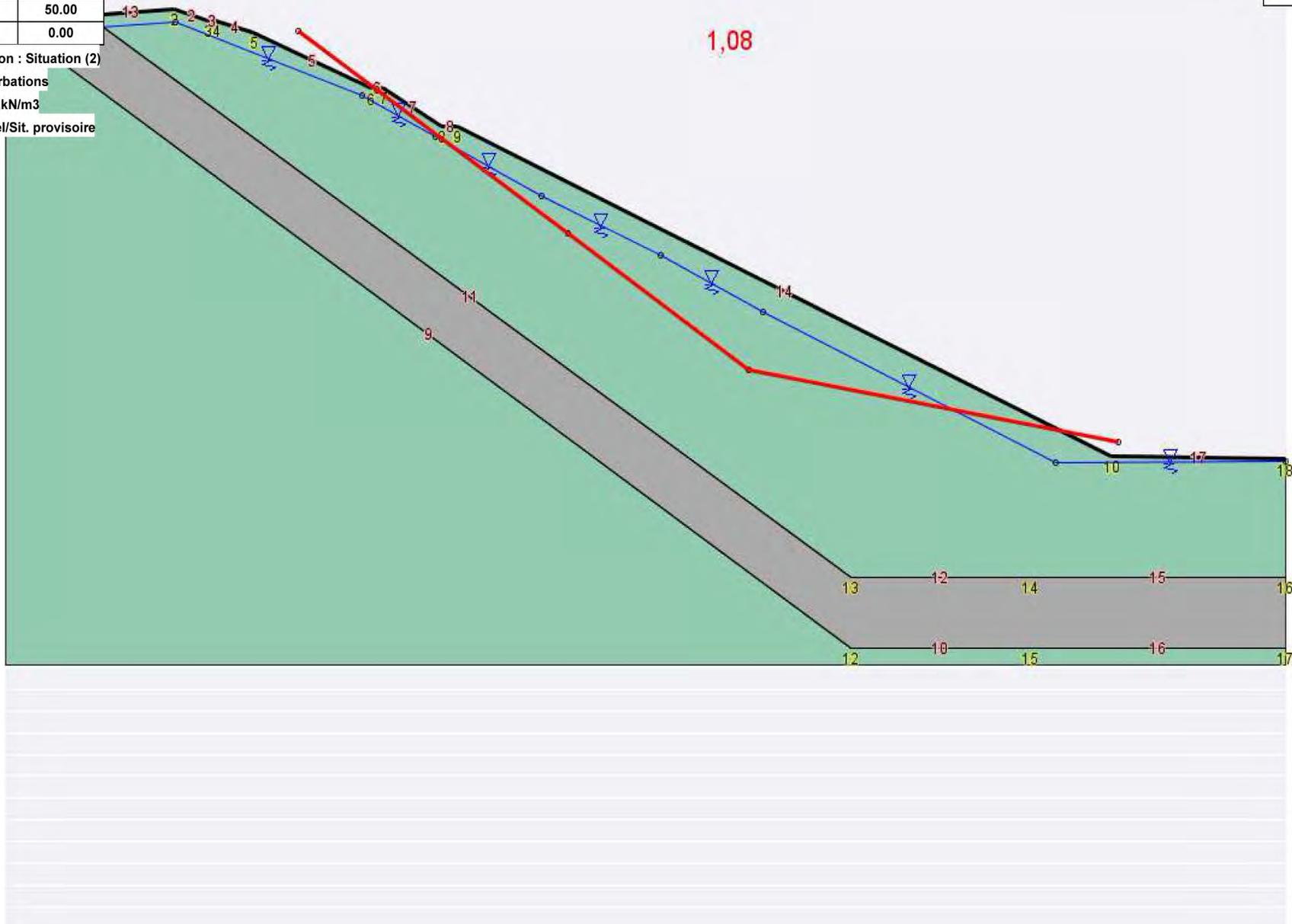
J:\...\Projet_modif_25.prj

Etude réalisée par :
 MICA Environnement
 Imprimée le : 10/06/15 à 17:18:54

F_{min} = 1.08

Soil n°	1	2
γ(kN/m ³)	21.00	21.00
φ(°)	25.00	20.00
c(kPa)	2.00	50.00
Δc(kPa/m)	2.00	0.00

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (2)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m³
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire



- 1 Marne
- 2 Marne altérée

F_{min} = 1.3

Sol n°	1	2
γ(kN/m3)	21.00	21.00
φ(°)	25.00	20.00
c(kPa)	2.00	50.00
Δc(kPa/m)	2.00	0.00

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (2)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m3
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire



- 1 Marne
- 2 Marne altérée

TALREN 4 v2.0.3



15_075 / Projet avec pente intégratrice de 25°
 avec rabattement de la nappe _ surface de rupture de 40 m

J:\...\Projet_modif_25_rabnapp10.prj

Etude réalisée par :
 MICA Environnement
 Imprimée le : 10/06/15 à 17:42:32

F_{min} = 1.3

Sol n°	1	2	3
γ(kN/m3)	21.00	21.00	20.00
φ(°)	25.00	20.00	35.00
c(kPa)	2.00	50.00	0.00
Δc(kPa/m)	2.00	0.00	0.00

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (1)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m3
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire



- 1 Marne
- 2 Marne altérée
- 4 La Butée

TALREN 4 v2.0.3



15_075 / Projet pente 25° avec butée

J:\...\Projet_modif_25_butee.prj

Etude réalisée par :
 MICA Environnement
 Imprimée le : 10/06/15 à 17:59:20

8.1.5 - Stabilité aux glissements banc sur banc dans la carrière sur toute la hauteur du projet : fronts Sud de direction N100 à N 140

Calcul front N110 à N140 pente à 38°	Document n°15.075 / 29	Dans le texte
Calcul front N110 à N140 pente à 38° avec rabattement de nappe	Document n°15.075 / 30	Dans le texte
Calcul front N110 à N140 pente à 38° avec rabattement de nappe et butée	Document n°15.075 / 31	Dans le texte

La stabilité étudiée concerne le risque de glissement le long des plans de failles mylonitisés.

Dans le faciès mylonitisé les paramètres géotechniques suivant sont appliqués :

- **Poids volumique : 21 kN/m²,**
- **Cohésion : 2 kPa,**
- **Angle de frottement : 25°.**

En dehors des failles le front n'est pas parallèle aux plans de stratifications.

On peut donc appliquer une cohésion plus importante soit : **100 kPa**

8.1.5.1. Calcul pour différentes pentes intégratrices

A partir de la cote 360, a été considérée une pente intégratrice constante jusqu'à la cote 240.

- **Première situation : pente intégratrice de 38°.**
 - Logiciel utilisé : Talren,
 - Position de la nappe : proche de la surface,
 - Surface de rupture : glissement dans le couloir mylonitisé.
 - Coefficient de sécurité obtenu : **0,95.**

Il y a donc un risque de glissement.

- **Deuxième situation : pente intégratrice de 38° et rabattement de la nappe de 5m.**
 - Logiciel utilisé : Talren,
 - Position de la nappe : 5m sous la surface topographique,
 - Surface de rupture : glissement dans le couloir mylonitisé.
 - Coefficient de sécurité obtenu : **1,06.**

Le talus est en équilibre limite.

- **Troisième situation : pente intégratrice de 38°, rabattement de la nappe de 5m et mise en place d'une butée de pied.**
 - Logiciel utilisé : Talren,
 - Position de la nappe : 5m sous la surface topographique,
 - Surface de rupture : glissement dans le couloir mylonitisé.

Nous avons appliqué un remblai (butée de pied) à la base de l'exploitation de 40m de haut.

Les caractéristiques du remblai sont :

- **Poids volumique : 20 kN/m²,**
- **Cohésion : 0 kPa,**
- **Angle de frottement : 35°.**

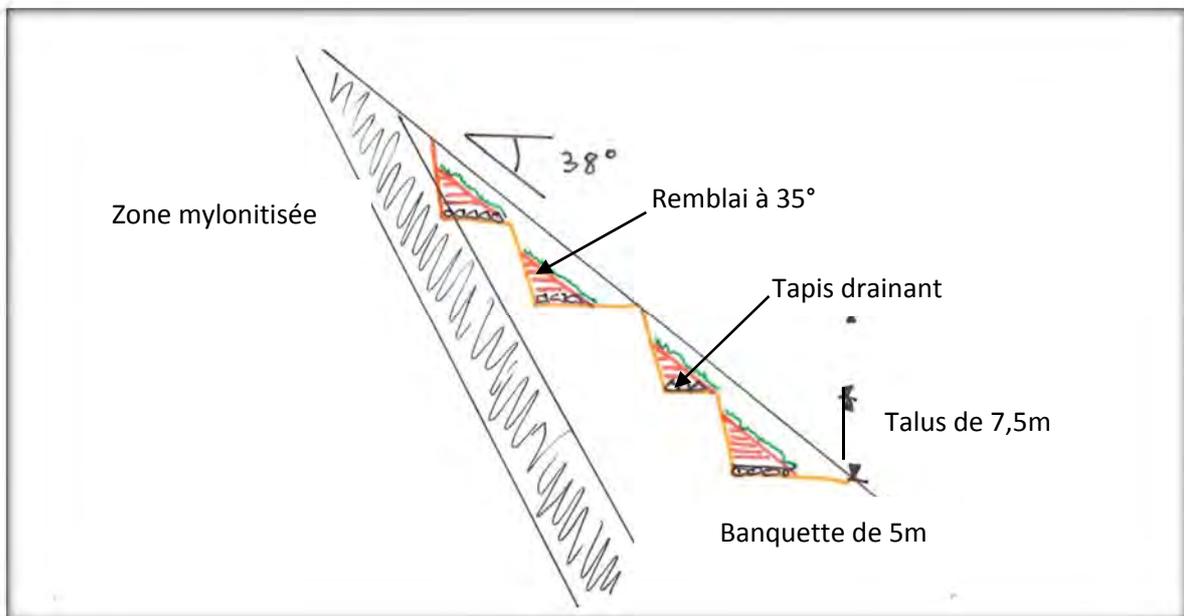
- Coefficient de sécurité obtenu : **1,39**

La stabilité du projet est assurée dans ces conditions.

- **Remarque :** Pour rabattre la nappe d'eau de 5 mètres en dessous de la surface topographique il faut (voir schéma ci-dessous : profil 2) :
 - Exploiter localement les fronts à une pente plus raide sur 7,5m de haut
 - Mettre en place immédiatement après exploitation, un remblai avec tapis de blocs drainant à la base. La plateforme de base devra être pentée vers l'est et l'Ouest de la carrière pour évacuer l'eau de drainage. La pente du remblai peut être réglée à 35°
 - Monter le remblai jusqu'au 2/3 du gradin
 - Tous les 15m de haut (deux gradins d'exploitations), une banquette de 5 m de large sera conservée pour gérer les eaux de surface vers l'est et l'ouest.

Le schéma ci-dessous est valable de la cote 305 à 240 m

Schéma de principe pour l'exploitation, le confortement et le rabattement de la nappe : pente intégratrice de 38°= profil 2



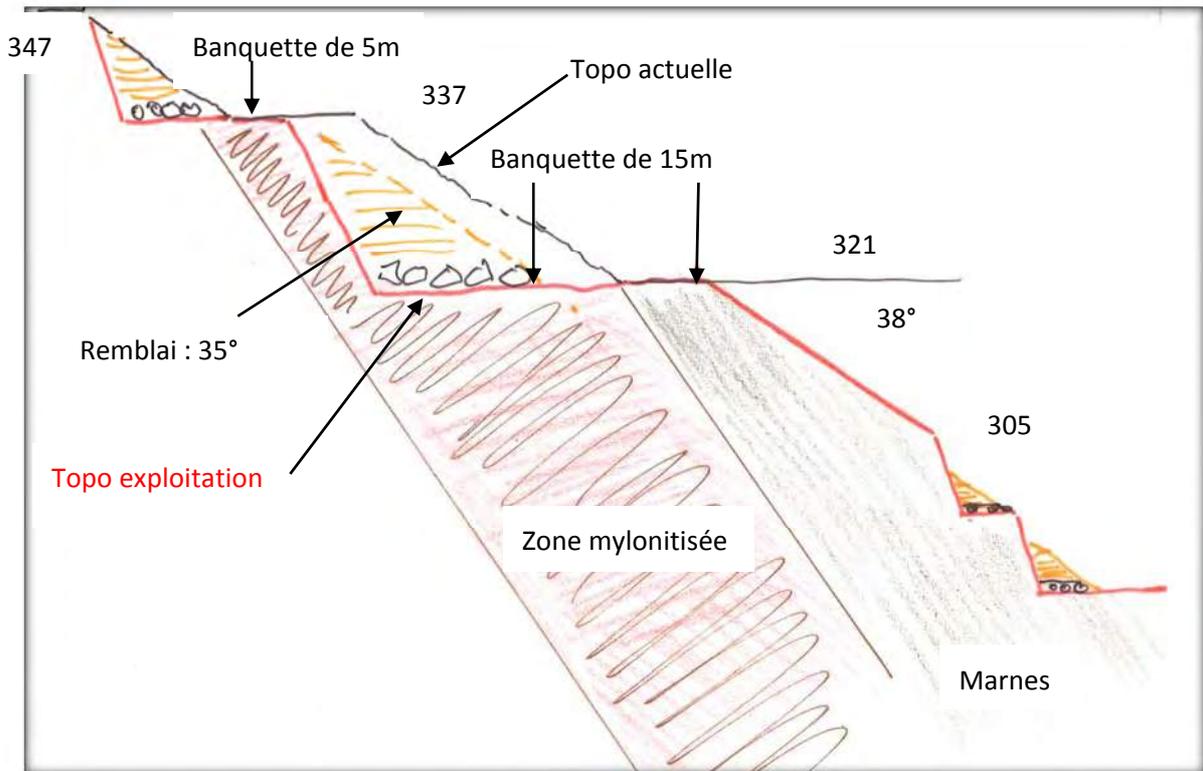
8.1.5.2. Passage de la zone de mylonite

- La zone de marne broyée est pentée à 60° et traverse les fronts entre les cotes 347 et 321.
- Il s'agit d'une zone sans cohésion, très instable.
- Le principe de confortement à adopter est (voir profil 3) :
 - Purger la zone de mylonite en adoptant un profil d'exploitation le plus raide possible
 - Remblayer immédiatement la zone par un remblai avec drainage à la base
 - Gérer les eaux vers l'Est et l'Ouest. En effet les eaux de surface favorisent le glissement des fronts.

En dessous de la cote 321, les marnes sont saines et non faillées avec de bonnes résistances mécaniques.

Entre les cotes 321 et 305 : laisser le front à une pente de 38°, dans les marnes saines. Cette zone permet la stabilisation des fronts supérieurs.

En dessous de la cote 305, appliquer le profil 2 ci-dessus.

Schéma de principe pour l'exploitation, le confortement dans la zone mylonitisée = profil 3

- **Conclusion :**

La pente intégratrice à adopter dans la partie centrale du front sud peut être de 38° sauf au passage du couloir de marne broyée où il faudra adopter une purge et un profil particulier (voir schéma ci-dessus).

- **Préconisation :**

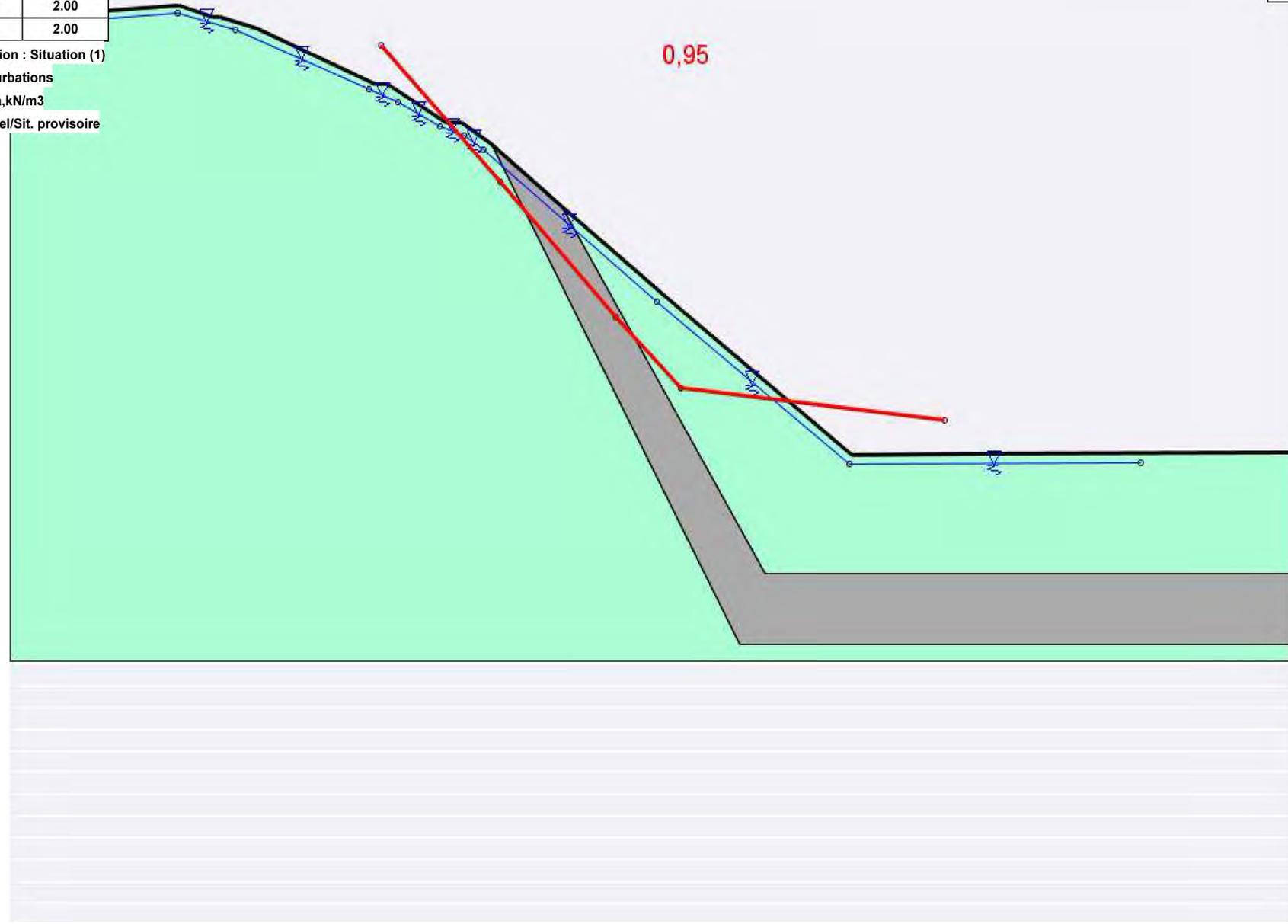
Pendant l'exploitation il est conseillé de surveiller les fronts à l'aide d'inclinomètres et plots topographiques. Le remblai de stabilisation en pied de carrière sera mis en place uniquement en cas de détection de problème de stabilité en grand.

- **Remarque :** Les pentes du projet ne sont pas optimisées étant donné les incertitudes sur les paramètres géotechniques (absence de sondage carotté avec essais géotechnique).

F_{min} = 0.95

Soil n°	1	2
γ(kN/m ³)	21.00	21.00
φ(°)	25.00	25.00
c(kPa)	100.00	2.00
Δc(kPa/m)	0.00	2.00

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (1)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m³
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire



- 1 Marne
- 2 Marne altérée

TALREN 4 v2.0.3



15_075 / Projet pente 38°

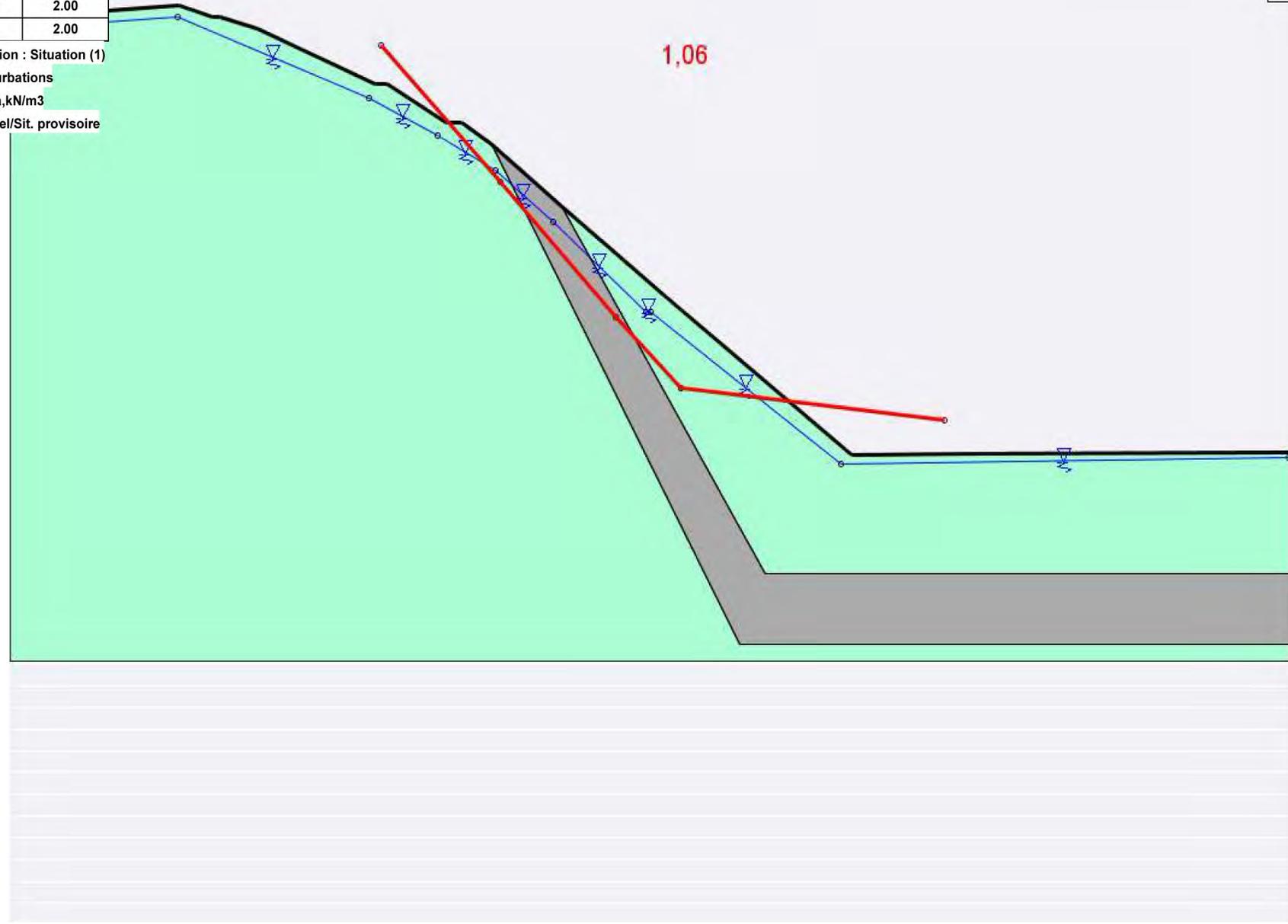
J:\...\Projet_modif_38_brèche.prj

Etude réalisée par :
 MICA Environnement
 Imprimée le : 12/06/15 à 09:53:22

F_{min} = 1.06

Soil n°	1	2
γ(kN/m ³)	21.00	21.00
φ(°)	25.00	25.00
c(kPa)	100.00	2.00
Δc(kPa/m)	0.00	2.00

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (1)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m³
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire



- 1 Marne
- 2 Marne altérée

TALREN 4 v2.0.3



15_075 / Projet pente 38°

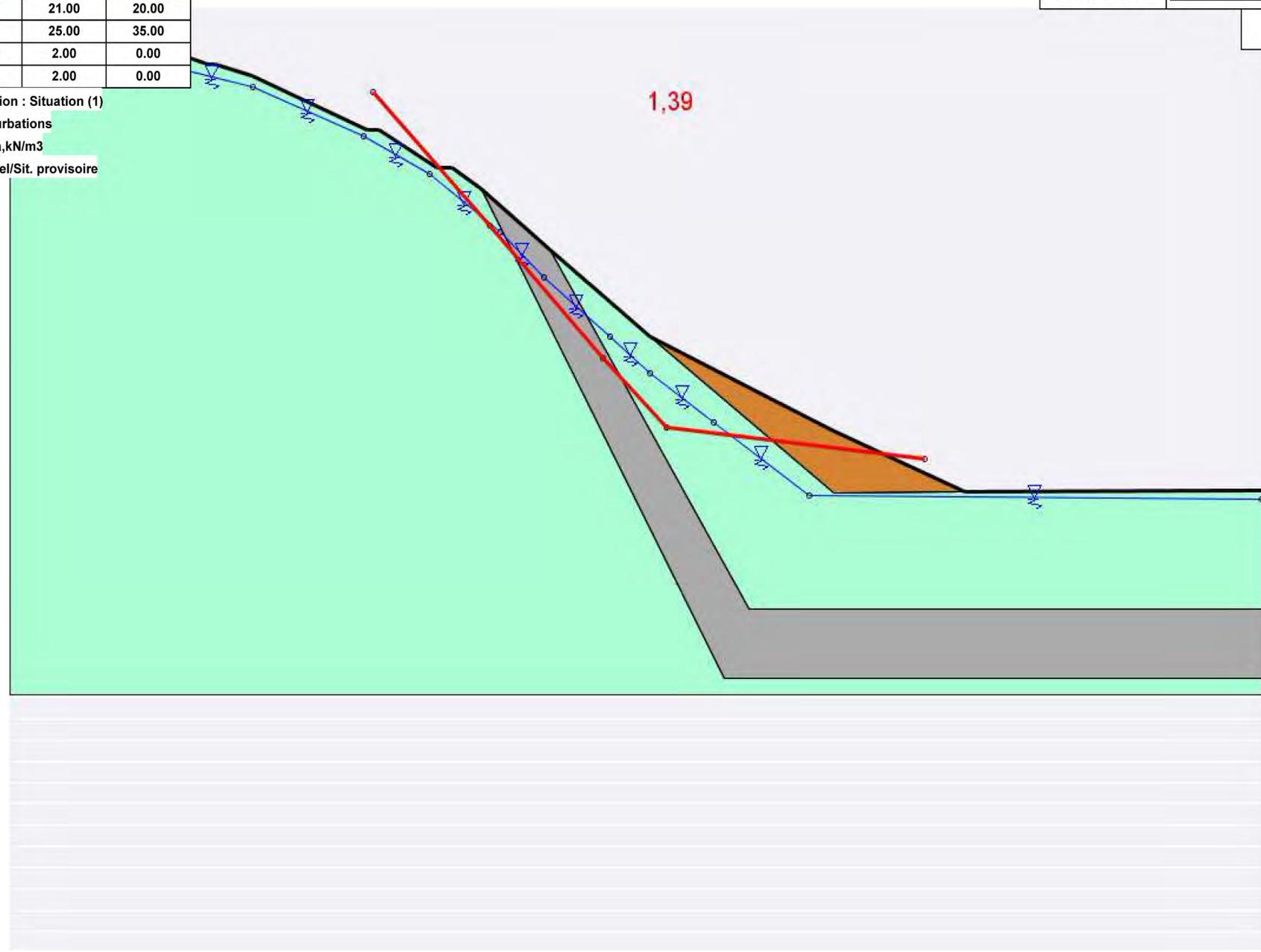
J:\...\Projet_modif_38_brèche.prj

Etude réalisée par :
 MICA Environnement
 Imprimée le : 12/06/15 à 10:04:07

F_{min} = 1.39

Sol n°	1	2	3
γ(kN/m ³)	21.00	21.00	20.00
φ(°)	25.00	25.00	35.00
c(kPa)	100.00	2.00	0.00
Δc(kPa/m)	0.00	2.00	0.00

Phase : Phase (1) / Situation : Situation (1)
 Méthode de calcul : Perturbations
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m³
 Pondérations : Traditionnel/Sit. provisoire



- 1 Marne
- 2 Marne altérée
- 4 La Butée

TALREN 4 v2.0.3



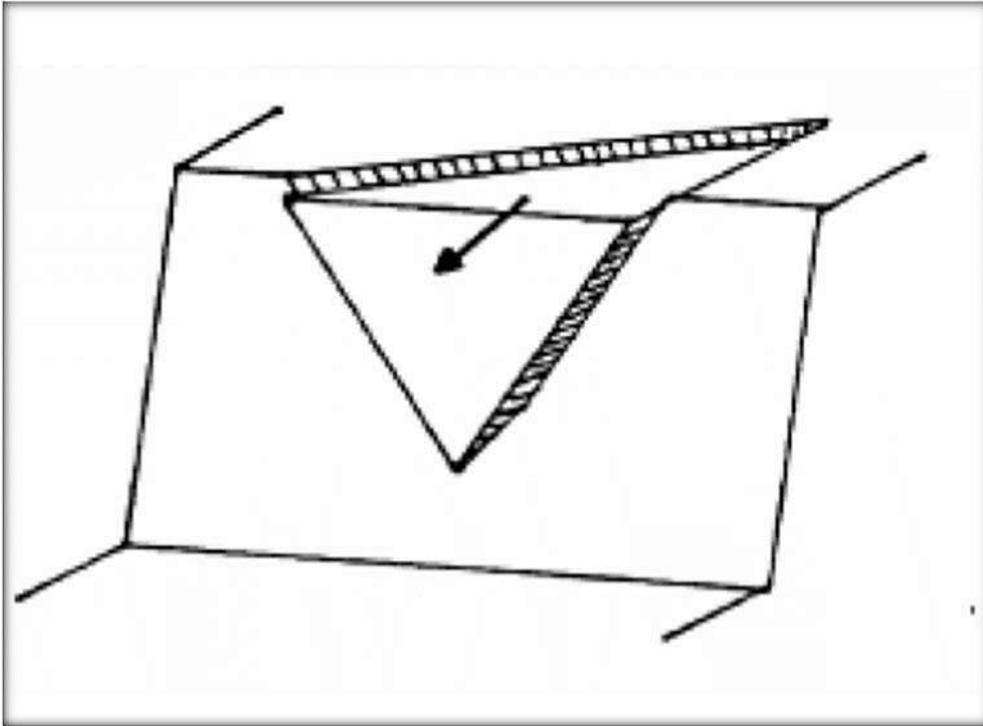
15_075 / Projet pente 38° avec butée

J:\...\Projet_modif_38_butee_brèche.prj

Etude réalisée par :
 MICA Environnement
 Imprimée le : 12/06/15 à 10:17:51

8.2 - CALCUL DE LA STABILITE DES DIEDRES ROCHEUX

Un dièdre rocheux est un bloc formé par 2 fractures sécantes dont l'intersection recoupe le front d'exploitation.

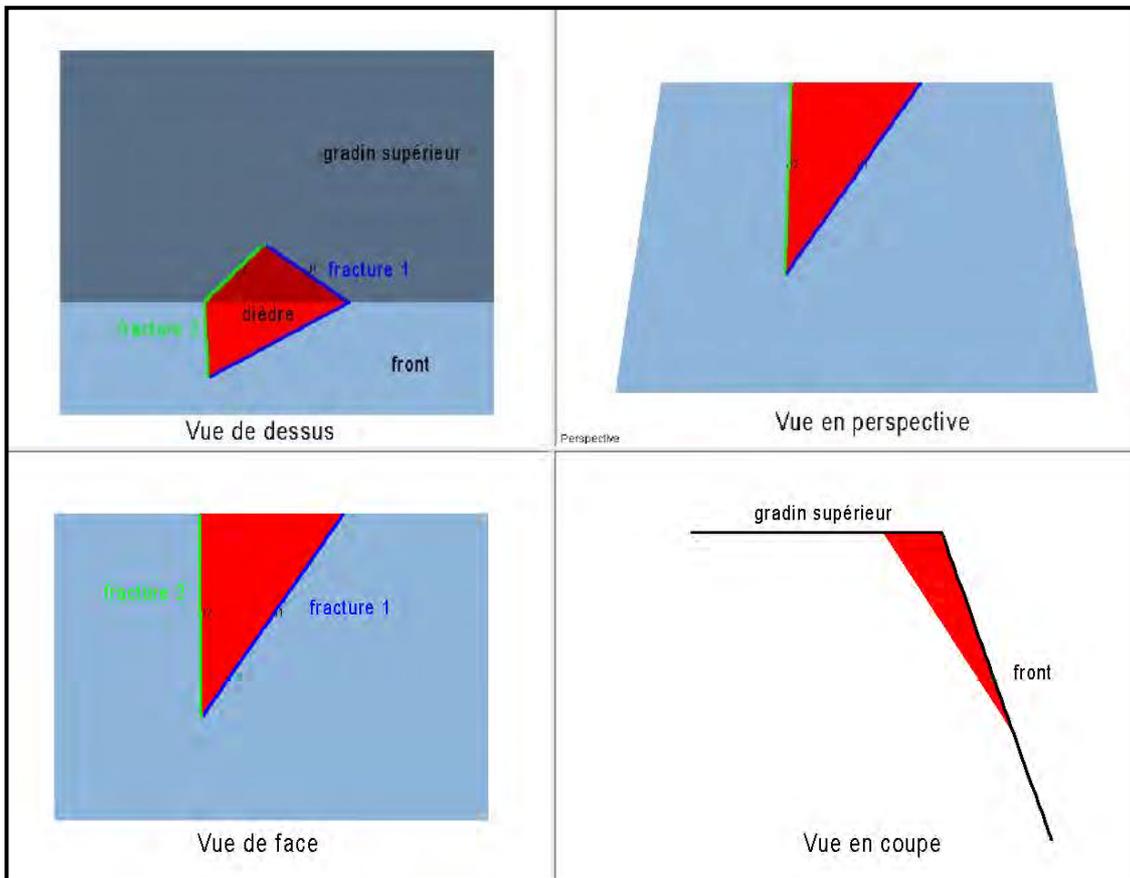


Les calculs sont effectués pour chacun des fronts (N60 à N140 avec une variation tous les 20°) et pour chacune des familles de fractures. Certains calculs montrent qu'il n'y a pas de risque de formation de dièdre. Seuls les résultats donnant des facteurs de sécurité inférieurs à 1,5 sont exposés dans le texte. Il s'agit des cas pour lesquels des instabilités sont mises en avant et qui peuvent faire l'objet de préconisations techniques.

Le logiciel utilisé pour ces calculs est SWEDGE, il utilise le même principe de calcul que celui exposé précédemment (critère de Mohr Coulomb sur les plans de fracture).

Les paramètres utilisés sont les suivants :

- **Cohésion de 2kPa au niveau du plan de discontinuité,**
- **Angle de frottement de la discontinuité : 20°,**
- **Aucune condition hydraulique prise en compte,**
- **Aucune accélération sismique prise en compte.**



Modélisation d'un dièdre rocheux avec le logiciel swedge

8.2.1 - Rupture en dièdre front Sud

Résultats calculs de stabilité dièdre	Document n°15.075 / 32	En annexe
Résultats calculs de stabilité dièdre	Document n°15.075 / 33	En annexe

Au niveau de la coupe 1, les structures orientées N90 pendage 45°N forment avec les structures N120 à 140 pendage 45° à 65° des dièdres.

La stabilité d'un dièdre est étudiée en considérant trois hauteurs de talus (7,5, 15 et 30m), trois pentes intégratrices (35, 38 et 45°) et plusieurs orientations du front d'exploitation (N60, N80, N100, N120, N140).

Le calcul de stabilité a été réalisé avec les paramètres suivants sur le logiciel Swedge :

- **Cohésion 2 kPa au niveau du plan de discontinuité lors de la rupture,**
- **Angle de frottement de la discontinuité : 20°,**
- **Aucune condition hydraulique prise en compte,**
- **Aucune accélération sismique prise en compte.**

Pour chaque orientation de front et pour plusieurs hauteurs de talus, 7,5, 15 et 30 m a été étudiée la stabilité des dièdres découpés par les familles suivantes :

- **N90, 45°N – N140, 65°N,**
- **N90, 45°N – N140, 45°N,**
- **N90, 45°N – N120, 65°N,**
- **N90, 45°N – N120, 55°N.**

Résultats des calculs pour les cas les plus défavorables

Secteur	Combinaison des structures	Orientations du front	Hauteur de talus	Pente de talus par rapport à l'horizontal	Coefficient de sécurité
SUD	N90, 45°N – N140, 45°N	N120	7,5m	45°	0,5
SUD	N90, 45°N – N140, 55°N	N100	7,5m	45°	0,55
	N90, 45°N – N140, 65°N	N80	7,5m	45°	0,92

Secteur	Combinaison des structures	Orientation du front	Hauteur de talus	Pente de talus par rapport à l'horizontal	Coefficient de sécurité
	N90, 45°N – N120, 55°N	N80	7,5m	45°	1,06
	N90, 45°N – N120, 65°N	N60	7,5m	45°	1,23
	N90, 45°N – N120, 55°N	N60	7,5m	45°	1,39

- **Conclusion :**

Avec une pente de talus à 38° il n'y aura pas de formation de dièdre car l'axe des dièdres ne recoupe pas le front.

Pour les talus de 7,5m supérieur à 45°, des instabilités en dièdre peuvent se former localement. Le front sera stabilisé par la mise en place des remblais (voir coupes de principes : profil 1, 2 et 3)

ANNEXES

Plan des relevés géologiques et structuraux à 1 : 1 000	Document n°15.075/ 13
Fiches des relevés structuraux	Document n°15.075/ 16
Résultats calculs de stabilité dièdre – Glissement banc sur banc	Document n°15.075/ 22
Résultats calculs de stabilité dièdre	Document n°15.075/ 32
Résultats calculs de stabilité dièdre	Document n°15.075/ 33
Plan des secteurs	Document n°15.075/ 34

**Plan des relevés géologiques et
structuraux à 1 : 1 000**

**Document
n°15.075/ 13**



VICAT
CARRIERE DE LA
GRAVE DE PELLE
(Alpes-Maritimes)

PLAN D'ETAT DES LIEUX
FEUILLE SUD

COORDONNEES LAMBERT III
NIVELLEMENT N.G.F.
X+ 1 009 950 à X+ 1 004 970
Y+ 176 400 à Y+ 177 250

MICA Environnement - Société Privée - Route de St-Jean - 06000 BARRIEUX - TEL: 04 97 23 25 00 - FAX: 04 97 23 25 07	
Rapport : 15-075	Echelle : 1 : 1 000
Plan : ELBAS01	Mise à jour : 09/2023
Document : 15-075/	Auteur : Hanns Quentin



GEOLOGIE DES TERRAINS

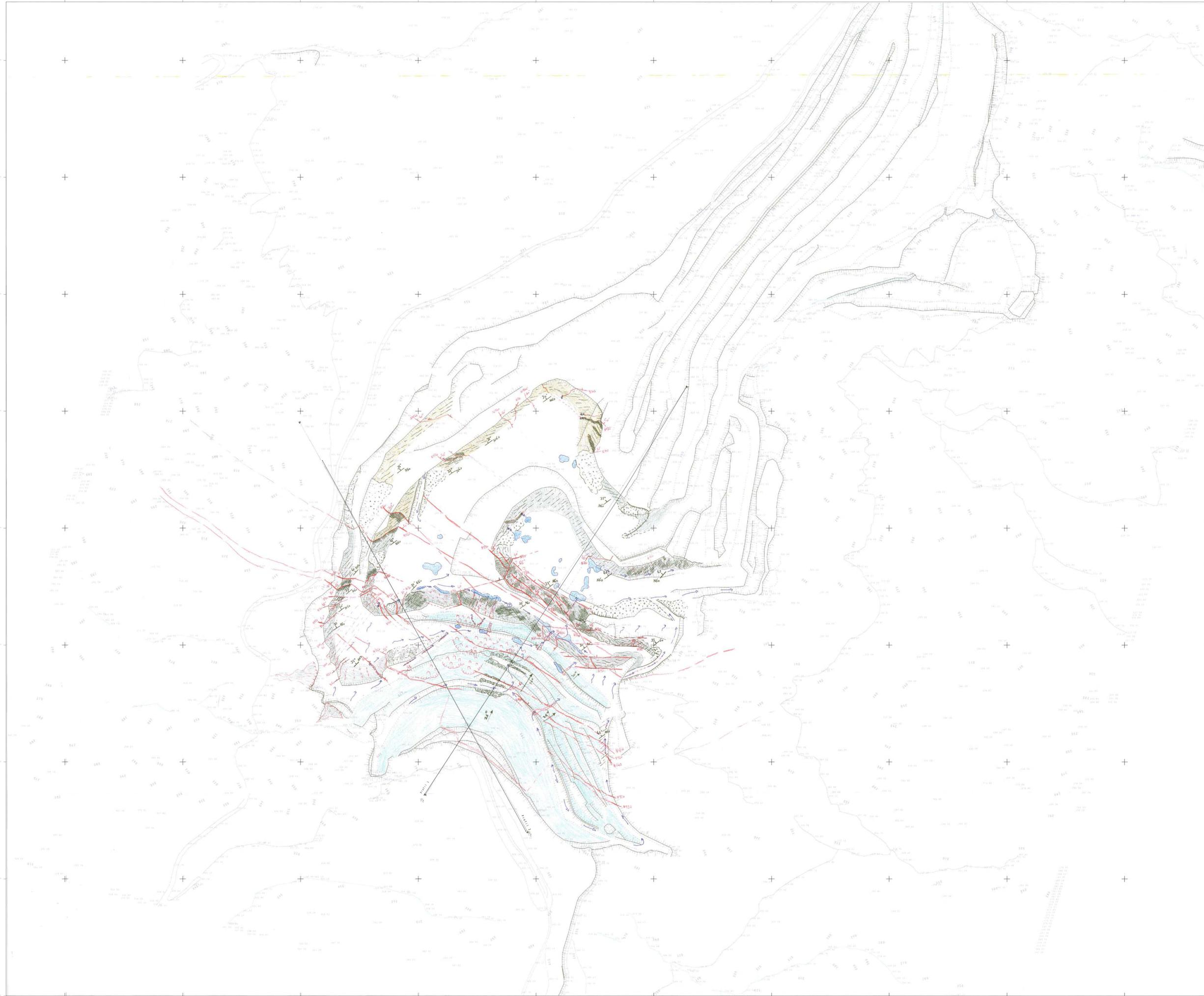
- Marnes sénoniennes
- Marno-calcaires à bancs réguliers (Senonien)
- Talus réaménagés / revégétalisés

STRUCTURES ET INSTABILITES

- Faille observée
- Niche d'arrachement
- Zone de glissement
- Ravinement important
- Ravinement
- Faille supposée
- Orientation et pendage de la stratification
- Zone mylonitisée

HYDROLOGIE

- Sens d'écoulement des eaux de surface
- Flaque / eau stagnante
- Zone d'infiltration
- Sortie d'eau dans les fronts



Fiches des relevés structuraux

Document
n°15.075/ 16

**Résultats calculs de stabilité dièdre
Glissement banc sur banc**

**Document
n°15.075/ 22**



Coefficient de sécurité = 1.56

Pente du talus supérieure au pendage de la stratification

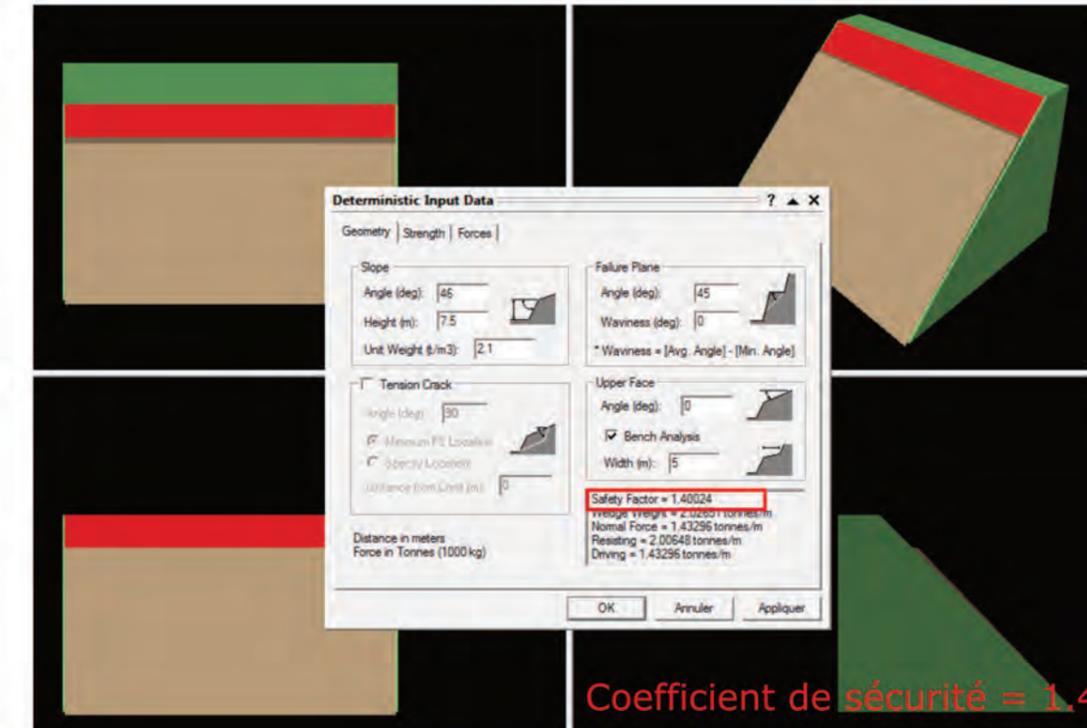


Coefficient de sécurité = 0.88

Pente du talus supérieure au pendage de la stratification



Coefficient de sécurité = 0.64



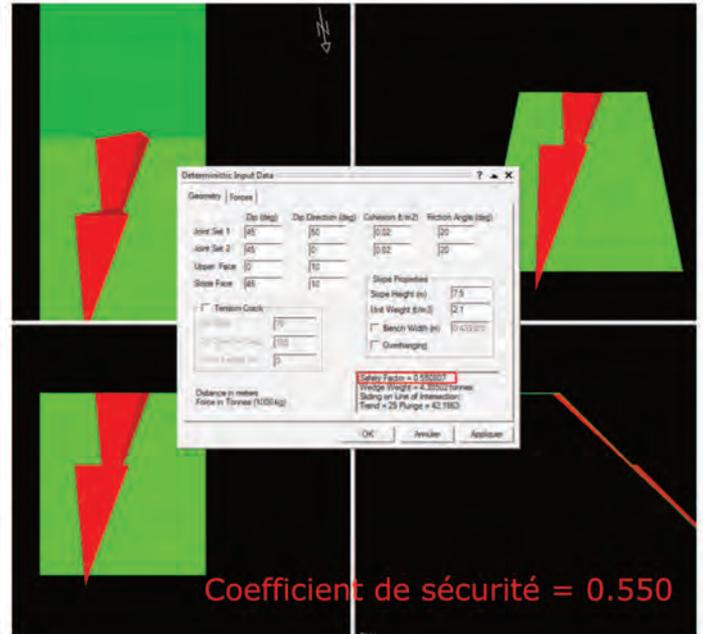
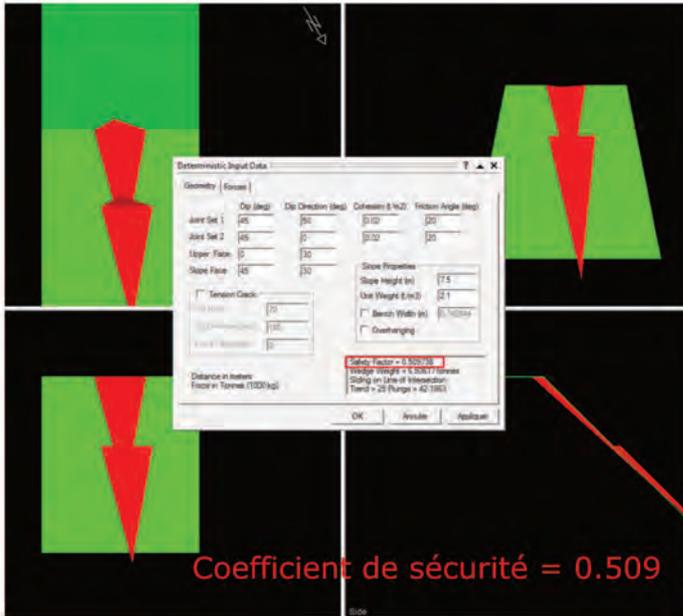
Coefficient de sécurité = 1.40

Résultats calculs de
stabilité dièdre

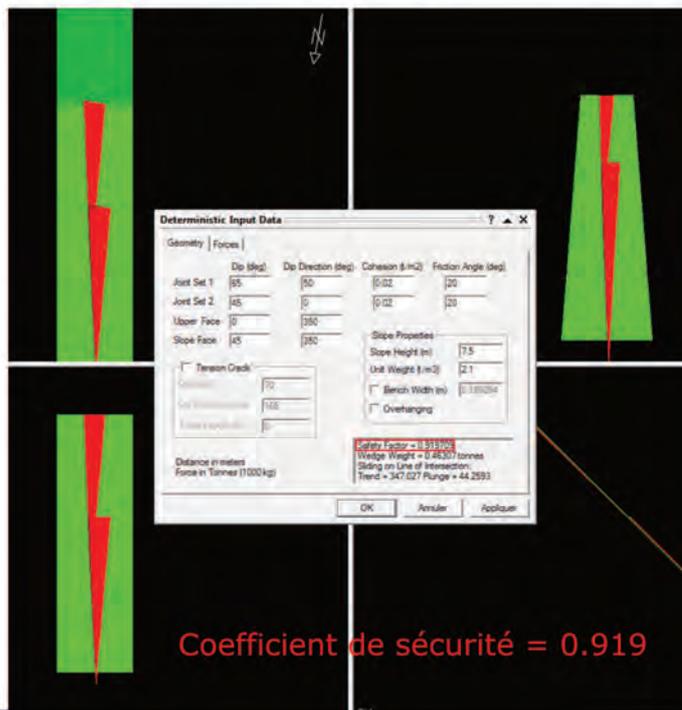
Document
n°15.075/ 32

Combinaison: Failles : N90,45°N - N140,45°N
 Front : N120
 Angle de frottement des marnes : 20°
 Cohésion : 2 kPa
 Hauteur de talus : 7,5m - Pente talus : 45°

Combinaison: Failles : N90,45°N - N140,55°N
 Front : N100
 Angle de frottement des marnes : 20°
 Cohésion : 2 kPa
 Hauteur de talus : 7,5m - Pente talus : 45°



Combinaison: Failles : N90,45°N - N140,65°N
 Front : N80
 Angle de frottement des marnes : 20°
 Cohésion : 2 kPa
 Hauteur de talus : 7,5m - Pente talus : 45°

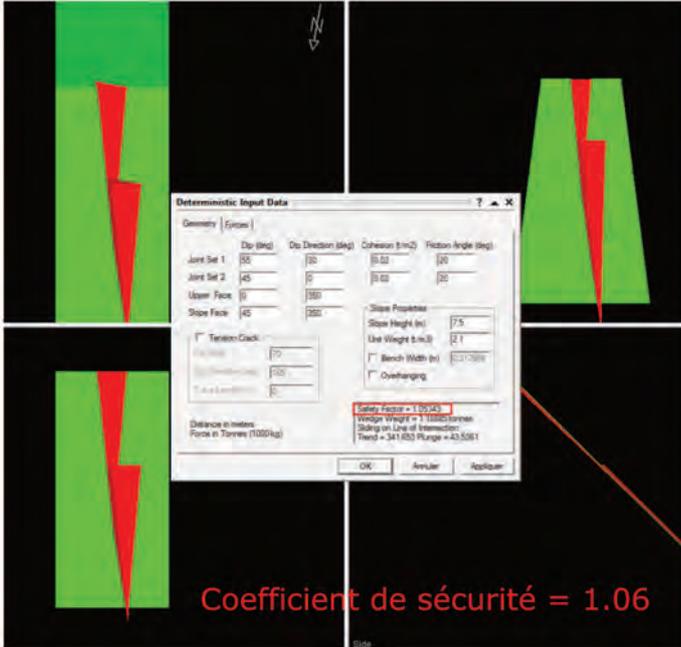


**Résultats calculs de
stabilité dièdre**

**Document
n°15.075/ 33**

Combinaison: Failles : N90,45°N - N120,55°N
 Front : N80
 Angle de frottement des marnes : 20°
 Cohésion : 2 kPa
 Hauteur de talus : 7,5m - Pente talus : 45°

Combinaison: Failles : N90,45°N - N120,65°N
 Front : N60
 Angle de frottement des marnes : 20°
 Cohésion : 2 kPa
 Hauteur de talus : 7,5m - Pente talus : 45°



Combinaison: Failles : N90,45°N - N120,55°N
 Front : N60
 Angle de frottement des marnes : 20°
 Cohésion : 2 kPa
 Hauteur de talus : 7,5m - Pente talus : 45°



Plan des secteurs

**Document
n°15.075/ 34**

