



CARRIERE DE BAGARD

STABILITE DU PROJET D'EXTENSION NOTE GEOTECHNIQUE

Rn20.074
Juin 2020

Commune de Bagard (Gard)



Contacts Mica Environnement :
Siège : Route de Saint-Pons – Ecoparc Phoros – 34600 BEDARIEUX - 04 67 23 33 66 – siege.herault@mica-environnement.com
Agence Lyon : 582, allée de la Sauvegarde – 69009 LYON - 04 78 64 84 75 – agence.lyon@mica-environnement.com
Nouvelle-Calédonie : Bâtiment Cap Horn, Bureau 14, 2A rue Lapérouse - 98800 NOUMEA - (+687) 44 18 20 – contact@mica.nc

SOMMAIRE

1 - CADRE DE L'ACTION	3
1.1 - OBJECTIFS	3
2 - MOYENS MIS EN ŒUVRE ET CONDITIONS	4
3 - LOCALISATION GENERALE DU SITE	5
4 - BASE DE DONNEES	7
4.1 - TOPOGRAPHIE ACTUELLE	7
4.2 - TOPOGRAPHIE DU PROJET D'EXTENSION DE LA CARRIERE - PHASAGE	7
4.3 - CADRE GEOLOGIQUE	16
5 - RELEVES DE TERRAINS ET MECANISMES D'INSTABILITES POUVANT ETRE RENCONTRES	21
5.1 - RAPPEL DES RELEVES GEOLOGIQUE ET STRUCTURAUX DANS LA CARRIERE LE 20/01/2014	21
5.2 - RELEVES DE TERRAINS SUR LA ZONE DU PROJET D'EXTENSION EFFECTUES LE 10/01/2020	23
6 - ANALYSE STRUCTURALE DU PROJET D'EXTENSION	30
6.1 - SECTEUR NORD	30
6.2 - SECTEUR SUD	31
6.3 - SECTEUR OUEST	32
6.4 - SECTEUR CENTRE.....	33
7 - ANALYSE GEOTECHNIQUE DU PROJET D'EXTENSION PAR PHASE ET PRECONISATIONS.....	35
7.1 - PLAN DE PHASAGE A 5 ANS	35
7.2 - PLAN DE PHASAGE A 10 ANS	37
7.3 - PLAN DE PHASAGE A 15 ANS	39
7.4 - PLAN DE PHASAGE A 20 ANS	41
7.5 - PLAN DE PHASAGE A 25 ANS	43
7.6 - PLAN DE PHASAGE A 30 ANS	45
8 - CONCLUSION.....	46

LISTE DES DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES

Plan de localisation de la carrière de Bagard sur fond IGN au 1 : 10 000	Document n°20.074/ 1	Dans le texte
Topographie actuelle au 1 : 3 000	Document n°20.074/ 2	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 5 ans	Document n°20.074/ 3	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 10 ans	Document n°20.074/ 4	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 15 ans	Document n°20.074/ 5	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 20 ans	Document n°20.074/ 6	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 25 ans	Document n°20.074/ 7	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 30 ans	Document n°20.074/ 8	Dans le texte
Localisation de la carrière sur la carte géologique au 1 : 50 000	Document n°20.074/ 9	Dans le texte
Coupe géologique schématique	Document n°20.074/ 10	Dans le texte
Localisation des coupes géologiques sur la carrière	Document n°20.074/ 11	Dans le texte
Coupes géologiques sur la carrière	Document n°20.074/ 12	Dans le texte
Plan des relevés de terrain du 10/01/2020	Document n°20.074/ 13	Dans le texte

1 - CADRE DE L'ACTION

1.1 - OBJECTIFS

La société GSM exploite des carrières de roches massives pour la production de granulats.

La carrière de Bagard (30) exploite des roches calcaires.

GSM souhaite étendre son exploitation vers l'Ouest. Pour cela elle doit présenter un dossier de demande d'autorisation d'exploiter.

Dans le cadre de ce dossier, cette étude géotechnique présente :

- Une note sur la stabilité du projet d'exploitation ;
- Des préconisations de suivi de la stabilité de la future exploitation.

Selon la Norme NF P 94-500 Classification des missions géotechniques types (version Novembre 2013), la présente étude est une mission de Type G5 - Diagnostic géotechnique.

2 - MOYENS MIS EN ŒUVRE ET CONDITIONS

Un relevé de terrain de la zone d'extension s'est déroulé le 10 janvier 2020 par un géologue /géotechnicien : Q. Hanns.

Cette expertise de terrain vient compléter :

- Une première expertise de la carrière réalisée en janvier 2014 dans le cadre de rapport MICA Environnement 14-035 « expertise géotechnique de la carrière de Bagard », complété par un suivi annuel de la stabilité des fronts ;
- Une étude géologique et structurale de Antéa n°98565A de Mai 2019.

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, topographiques, futur profil d'exploitation) ;
- Reconnaissance de terrain sur la zone d'extension réalisé en 2020: relevés géologiques et structuraux sur la zone naturelle au niveau des affleurements visibles et accessibles. Les structures, plans de stratification, les indices d'instabilité, la circulation des eaux, ont été cartographiés sur un plan de la topographie actuelle à l'échelle 1/1000 ;
- Analyse des mécanismes structuraux pouvant générer des instabilités ;
- Préconisations pour assurer la stabilité du projet d'exploitation.
- Modification du projet d'exploitation suite aux préconisations.
- Vérification de la stabilité du projet final.

3 - LOCALISATION GENERALE DU SITE

Situation géographique au 1 : 15 000

Document n°20.074 / 1 Dans le texte

La carrière est située à environ 7 km au Sud-Ouest d'Alès dans l'ouest de la commune de Bagard. Elle est desservie par la D910A reliant Anduze à Alès au lieu-dit Peyremale où l'on accède en empruntant la voie communale de Blatiès.

La carrière fournit des granulats calcaires alimentant les marchés du béton et de la préfabrication.

La carrière, située dans la continuité du Travers des Issarts est orientée NW-SE. Elle est située au pied de la butte Montmijot et en est séparée par le ruisseau Le Valat du Carriol. Elle est située en fin de crête. Sa partie Nord-Ouest est exploitée en dent creuse ouverte sur le Sud-Est.

Des verses à stériles sont positionnées du côté Sud-Est de la carrière. La centrale à béton et les installations de concassage sont situées au Nord-Est en dehors de la carrière.

Actuellement, la cote la plus élevée est de 376 mètres et sa cote la plus basse est 250 mètres. Le projet d'extension prévoit de descendre l'exploitation jusqu'à 240 mètres NGF.

Des travaux de remise en état ont déjà eu lieu dans la partie Sud de l'exploitation. Des remblais de stérile ont été disposés sur certaine banquette des fronts Nord, Sud et Ouest où des herbacés ont été plantés.

Echelle - 1:10000



GSM



4 - BASE DE DONNEES

4.1 - TOPOGRAPHIE ACTUELLE

Topographie actuelle au 1 : 3 000

Document n°20.074/ 2

Dans le texte

La topographie actuelle utilisée dans le cadre de la présente étude a été fournie par GSM et date du 27 février 2019. Cette topographie a servi de support à la réalisation des relevés de terrain.

4.2 - TOPOGRAPHIE DU PROJET D'EXTENSION DE LA CARRIERE - PHASAGE

Topographie du projet d'extension – Situation To + 5 ans	Document n°20.074/ 3	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 10 ans	Document n°20.074 / 4	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 15 ans	Document n°20.074 / 5	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 20 ans	Document n°20.074 / 6	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 25 ans	Document n°20.074 / 7	Dans le texte
Topographie du projet d'extension – Situation To + 30 ans	Document n°20.074 / 8	Dans le texte

Le projet d'extension de la carrière de Bagard a été fourni par GSM et date du 5 février 2020.

Il est prévu l'extension de la fosse vers l'ouest. La fosse sera exploitée en dent creuse et les fronts d'exploitation seront réaménagés à l'avancement. La cote finale du fond de fosse sera de 240 mNGF. Le fond de fosse final sera situé à l'Ouest.

Le plan de phasage de l'exploitation prévoit six phases quinquennales, elles sont résumées brièvement ci-dessous :

4.2.1 - Situation T0 + 5 ans

Création d'une piste au sud pour l'ouverture du gisement (phase 1 et 2). Puis accès par une piste nord une fois la plateforme à 300 m NGF créée. Exploitation des fronts d'Est en Ouest par gradins de 5 à 15 m : les fronts supérieurs au nord sont plus petits (talutage total pour limiter la visibilité). Exploitation de sept fronts (285, 300, 315, 330, 340, 355, 360). Les fronts situés sur la partie Nord (340, 355 et 360) seront réaménagés (mis en place de stériles).

Mise en place d'un groupe mobile primaire sur la zone d'extraction.

Mise en place des installations fixes secondaires et du bassin de stockage des eaux de pluies sur le fond de fosse actuel à la cote 250.

4.2.2 - Situation T0 + 10 ans

Progression de l'exploitation d'Est en Ouest. Exploitation de cinq fronts (285, 300, 315, 330 et 340) La partie centrale de la zone d'extension est abaissée à la cote 315, formant une grande plateforme.

4.2.3 - Situation T0 + 15 ans

Progression de l'exploitation d'Est en Ouest sur le front 285 et abaissement de la plateforme centrale à la cote 300. Progression du front 315 vers le Sud-Ouest.

4.2.4 - Situation T0 + 20 ans

Progression du front 285 d'Est en Ouest pour former une immense plateforme. Creusement à l'Ouest d'une fosse à la cote 270 et changement d'orientation du sens d'exploitation (d'Ouest en Est). Mise en place du groupe mobile sur la plateforme 270.

4.2.5 - Situation T0 + 25 ans

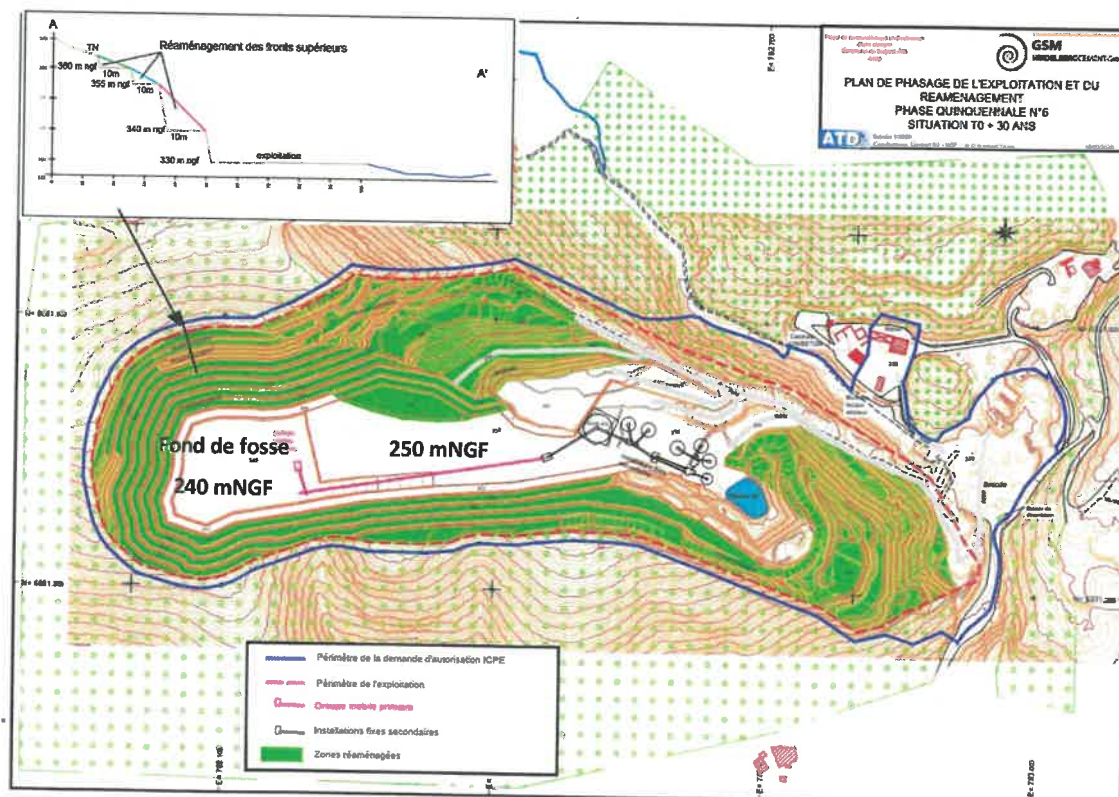
Exploitation de la plateforme 270 jusqu'à la moitié. Changement du sens de progression de l'exploitation d'Est en Ouest depuis le fond de fosse actuel (250). Exploitation sur trois fronts 250, 255 et 270.

4.2.6 - Situation T0 + 30 ans

Progression générale de l'exploitation du front 250 d'Est en Ouest. Creusement à l'ouest du fond de fosse final à la cote 240.

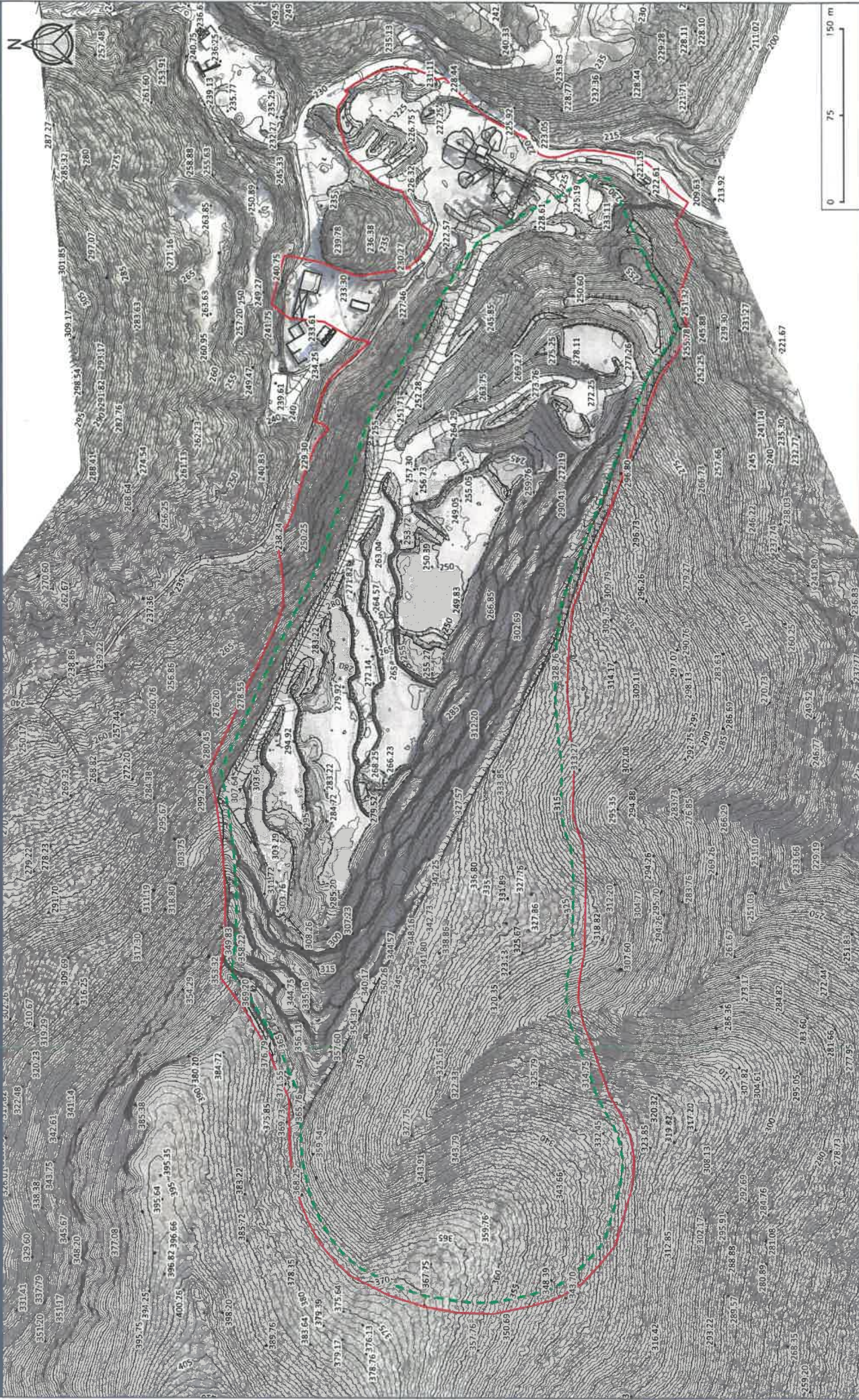
Tous les fronts d'exploitation seront réaménagés. Les banquettes résiduelles feront 8 m de large, sauf les banquettes supérieures nord qui feront 10 m (talutage paysager, banquettes 340, 355 et 360)

Les fronts supérieurs les plus visibles avec banquette de 10m de large seront entièrement talutés pour limiter leur perception (mesure paysage). Le reste des fronts (succession fronts 15 m et banquettes 8 m) sera diversifié pour créer des habitats pour la faune (talutage partiel, éboulis, falaises...)



PLAN DE LA TOPOGRAPHIE ACTUELLE

Echelle - 1:3000



GSM

Carrière de Bagard - BAGARD (30)

DOCUMENT 20-074/ 02

Source : GSM

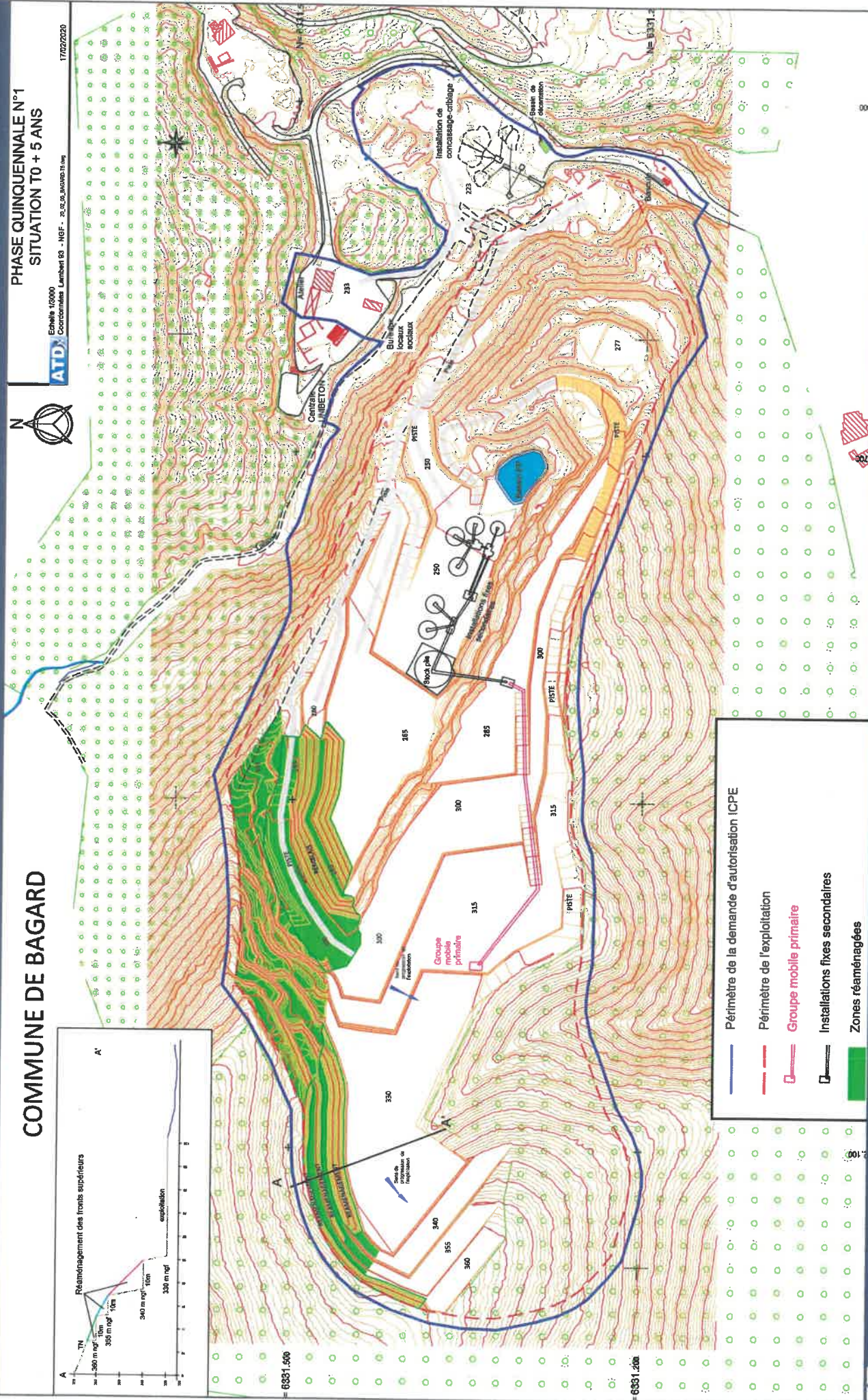
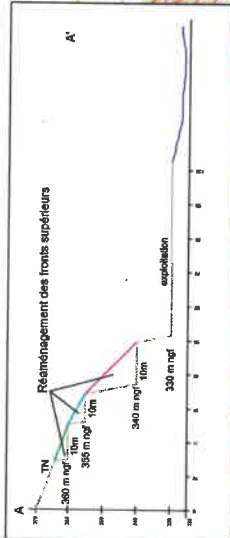
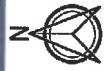
Echelle = 1:3 000

COMMUNE DE BAGARD

PHASE QUINQUENNALE N°1
SITUATION T0 + 5 ANS

ATD
Echelle 1/3000
Coordonnées L

17/02/2020



PHASE QUINQUENNALE N°2 - SITUATION T0 + 10 ANS

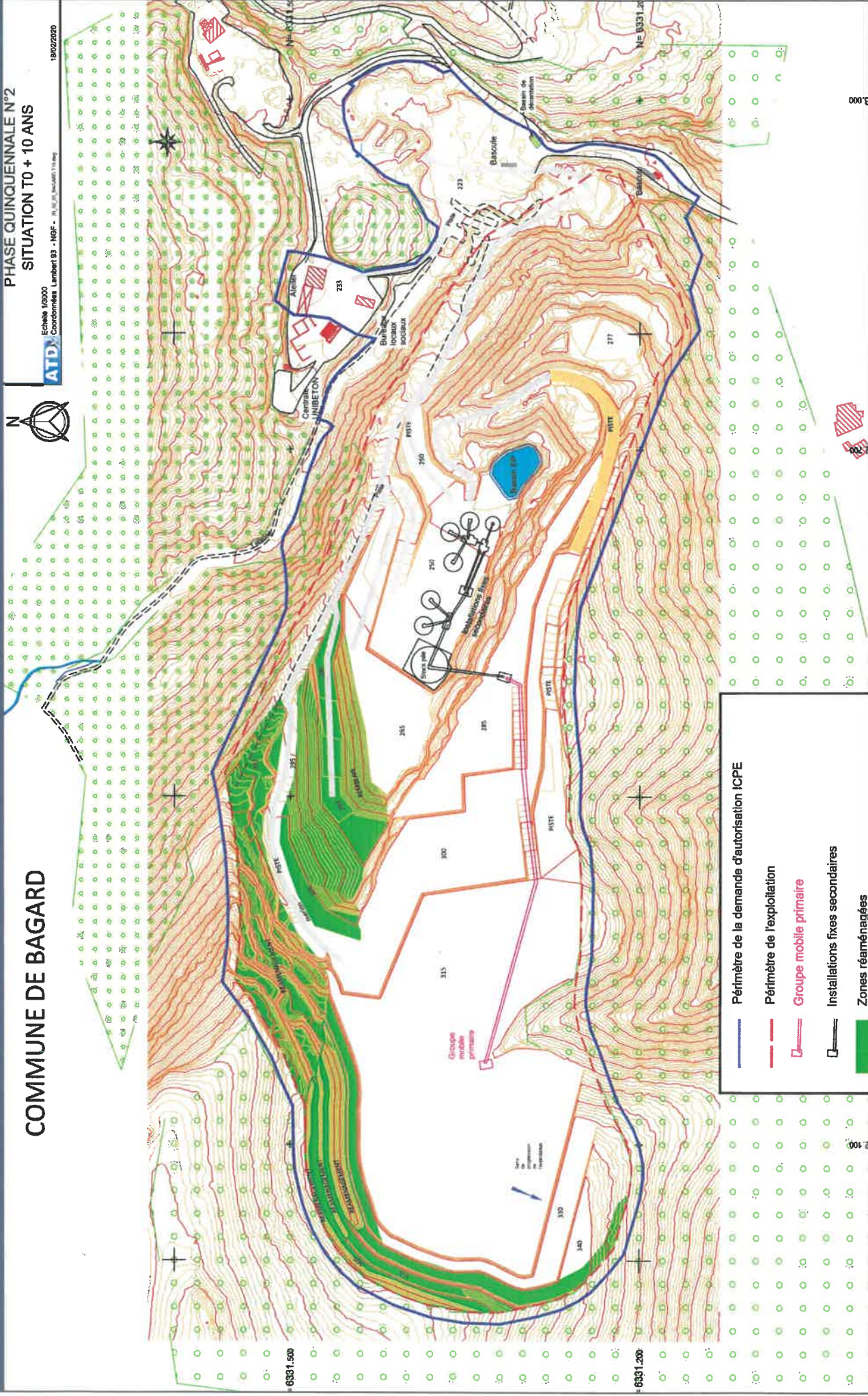
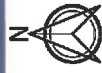
Echelle = 1:3 000

COMMUNE DE BAGARD

PHASE QUINQUENNALE N°2 SITUATION T0 + 10 ANS

Echelle 1/3000
Coordonnées Lambert 83 - NGF - R.F. 931.20

18/02/2020



Carrière de Bagard - BAGARD (30)

GSM

DOCUMENT 20-074/ 04

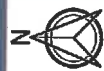
Source : GSM

PHASE QUINQUENNALE N°3 - SITUATION T0 + 15 ANS

Echelle - 1:3 000

COMMUNE DE BAGARD

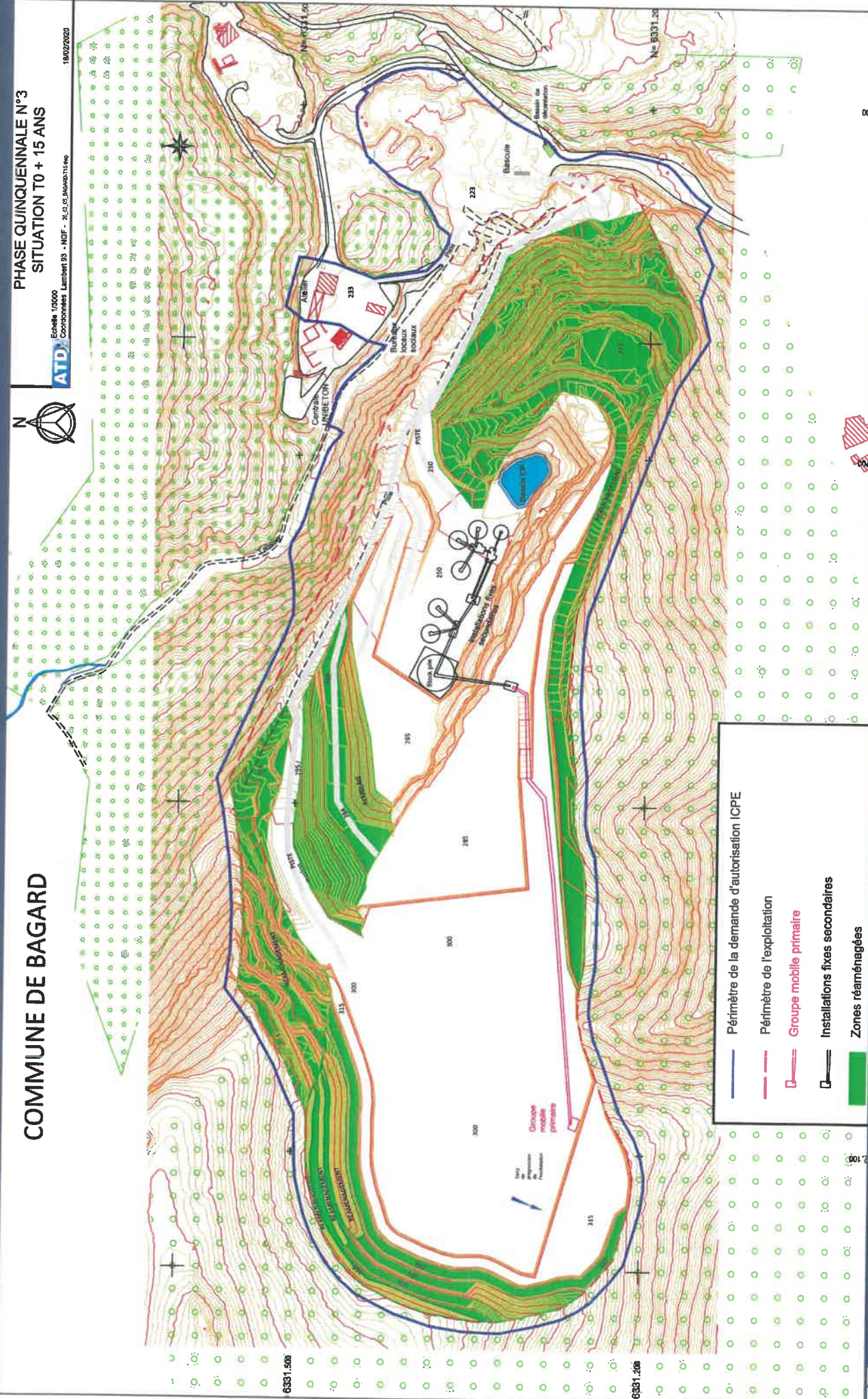
PHASE QUINQUENNALE N°3 SITUATION T0 + 15 ANS



ATD

Echelle 1/3000
Coordonnées Lambert 93 - NGR - X: 62 05 504000 Y: 715 490

18/02/2020



- Périmètre de la demande d'autorisation ICPE
- Périmètre de l'exploitation
- Groupe mobile primaire
- Installations fixes secondaires
- Zones réaménagées

000

GSM

Carrière de Bagard - BAGARD (30)

DOCUMENT 20-074/05

Source : GSM

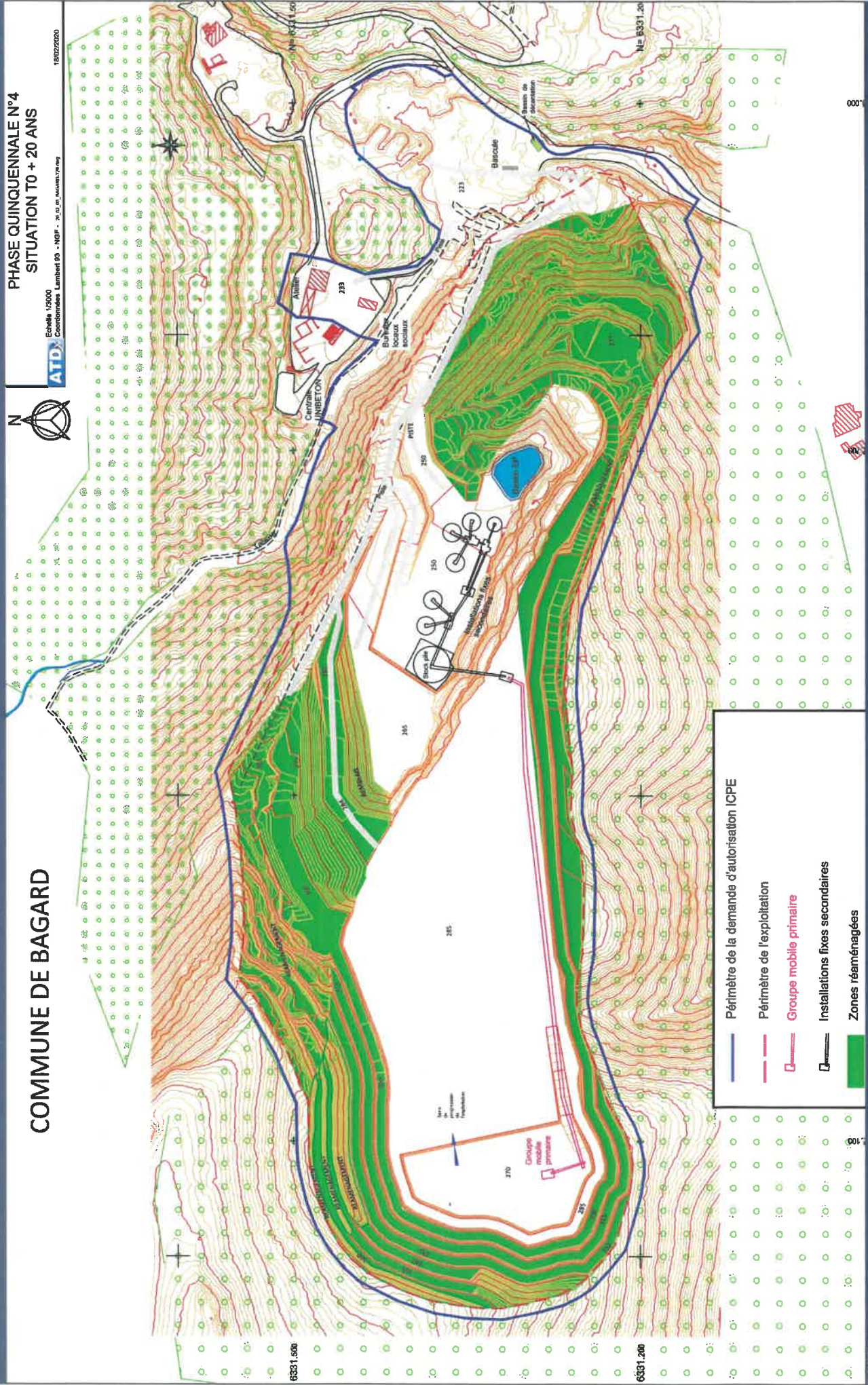
PHASE QUINQUENNALE N°4 - SITUATION T0 + 20 ANS

Echelle - 1:3 000

COMMUNE DE BAGARD

PHASE QUINQUENNALE N°4 SITUATION T0 + 20 ANS

ATD
Echelle 1:3000
Coordonnées Lambert 93 - NGR - 79 45 00 - 46 00 00
16/02/2020



PHASE QUINQUENNALE N°5 - SITUATION T0 + 25 ANS

Echelle - 1:3 000

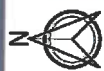
COMMUNE DE BAGARD

PHASE QUINQUENNALE N°5
SITUATION T0 + 25 ANS

Echelle 1/3000

Coordonnées Lambert 83 - NQF - 30_20_00_00_00_00_00_00

10/03/2020



GSM

Carrière de Bagard - BAGARD (30)

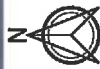
DOCUMENT 20-074/07

Source : GSM

Echelle - 1:3 000

COMMUNE DE BAGARD

PHASE QUINQUENNALE N°6
SITUATION T0 + 30 ANS



Echelle 1/3000

4480-730.0443

10/03/2020

GSM
Carrière de Bagard - BAGARD (30)

DOCUMENT 20-074708

Source: GSM

4.3 - CADRE GEOLOGIQUE

Localisation de la carrière sur fond géologique au 1 : 50 000	Document n°20.074 / 9	Dans le texte
Coupe géologique schématique	Document n°20.074 / 10	Dans le texte

4.3.1 - Cadre géologique général

La zone d'étude fait partie des premiers reliefs au nord du bassin d'Alès.

Cette région comprend plusieurs unités géographiques et géologiques.

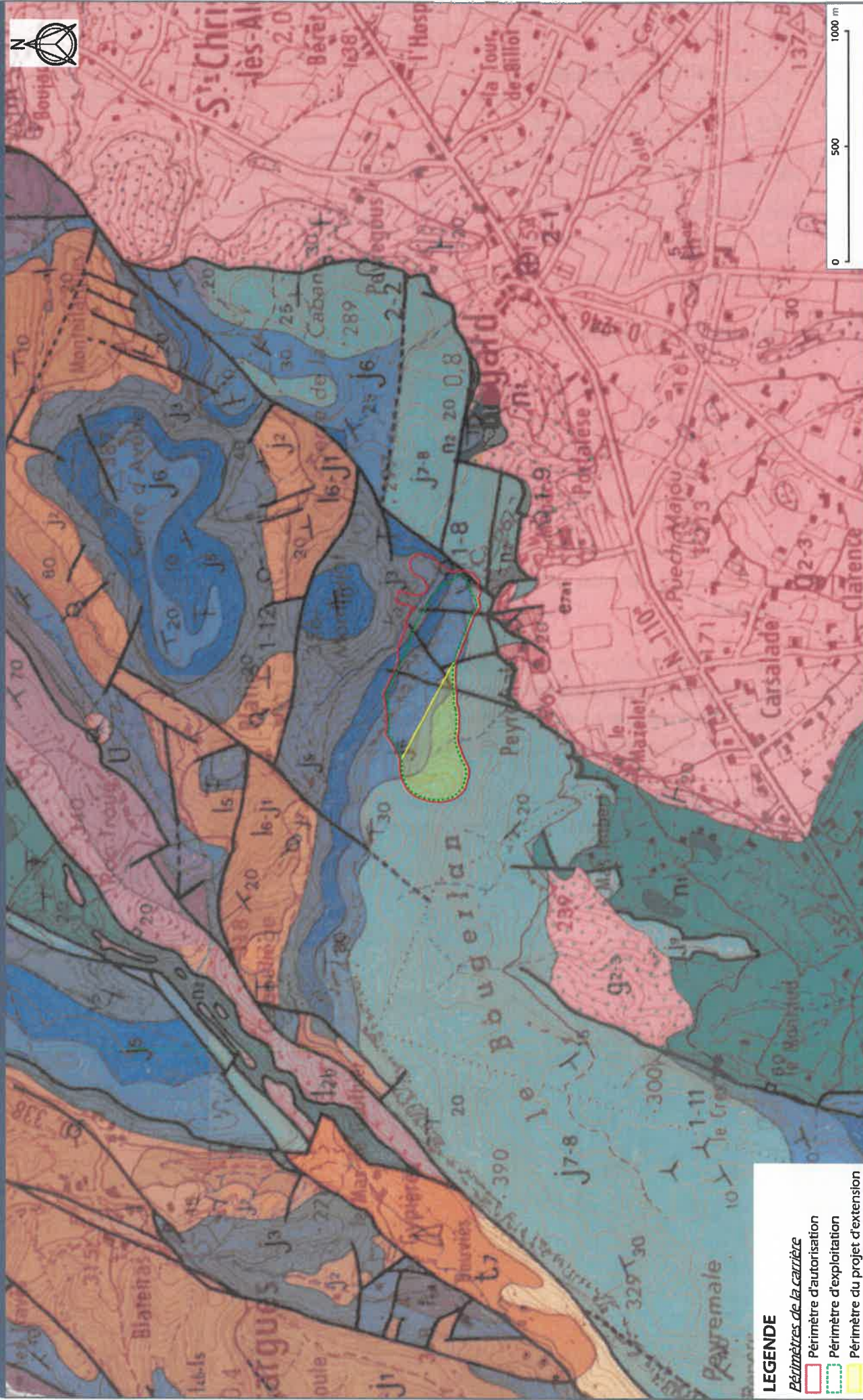
Au Nord-Ouest, se trouvent les Cévennes cristallines ou schisteuses principalement représentées par les « Schistes des Cévennes » d'âge Cambro-Ordovicien probable et légèrement métamorphiques. A cette zone sont rattachés les premiers terrains non métamorphiques datés avec certitude : les séries carbonifères schisto-gréseuses d'âge stéphanien qui reposent en discordance sur le socle métamorphique.

Au centre, la bordure cévenole repose en transgression sur les cévennes cristallines. Elle constitue une couverture sédimentaire déposée du Trias au Crétacé. La carrière de Bagard est située dans cet ensemble.

La plaine d'Alès constitue une longue dépression orientée NE / SW, large d'environ 6 kilomètres et qui est limitée à l'Ouest par la faille des Cévennes et à l'Est par la faille de Barjac. Elle correspond à un fossé d'effondrement rempli de sédiments lacustres tertiaires. La carrière est située au droit de la faille des Cévennes en bordure Ouest de la plaine d'Alès.

A l'Est, les plateaux des Garrigues composés de calcaires et marnes du Crétacé inférieur, sont disposés en vastes synclinaux et anticlinaux orientés NW / SE.

Echelle- 1:15000



Périmètres de la carrière

- Périmètre d'autorisation
- Périmètre d'exploitation
- Périmètre du projet d'extension

COUPE GEOLOGIQUE GENERALE

Echelle 1000 m 600 0 1 2 3 4 8 km

COUPE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE

Séquences paléozoïques cristallines ou schisteuses
Bassin houiller de la Grand'Combe

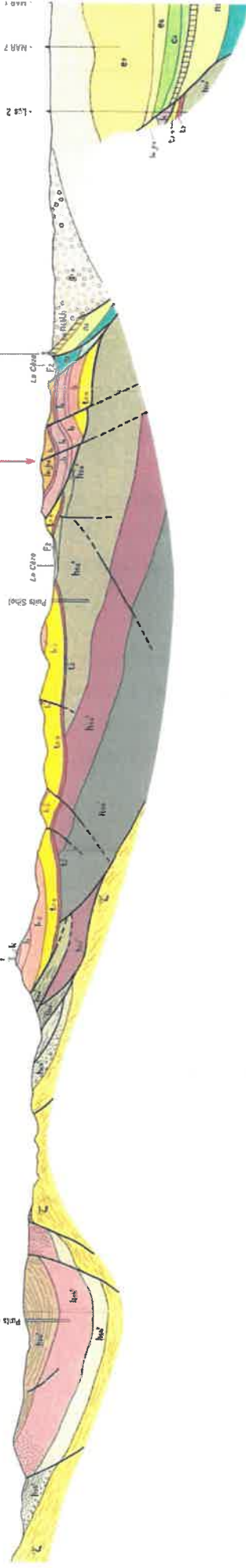
Le Rouvregue

Puits de la Serre

CN° de Lucham

Contexte géologique similaire à la carrière de Bagard
et Armones

Plaine artésienne d'Als



4.3.2 - Stratigraphie et faciès

La carrière de Bagard, se situe dans les formations de calcaire jurassique, allant du Callovien (J3) au Kimméridgien (J8).

Les roches actuellement exploitées en carrière correspondent aux calcaires de l'Oxfordien supérieur (J6) et de l'Oxfordien Moyen à Inférieur (J5).

Le projet d'extension de la carrière prévoit d'exploiter la formation calcaire du Kimmeridgien supérieur et Tithonien (J7-8) et de l'Oxfordien supérieur (J6).

Kimmeridgien supérieur et Tithonien (J7-8) :

Le kimméridgien est composé de formation en bancs gris ultra massifs (avec des limites de bancs difficiles à distinguer). De nombreux joints stylolithiques et diaclases sont visibles au niveau des limites de bancs.

Cet étage possède une épaisseur maximum de 100 m, il constitue les falaises d'Anduze et l'essentielle de la surface des reliefs de Peyremale.

Cette série est présente à l'ouest de la carrière actuelle.

Oxfordien supérieur (J6) :

Cette formation occupe la partie Sud de la carrière. Elle est constituée par des calcaires grumeleux en bancs pluri-décimétrique (0,2 à 1 m) à patine brun-gris à fines intercalations de marnes. Les calcaires possèdent des joints stylolithiques ainsi que des diaclases et ont une cassure conchoïdale. La série montre une épaisseur de 50 à 70 mètres.

Oxfordien moyen à inférieur (J5) :

Cette formation est formée par des calcaires noirs en banc (0,1 à 1 m), séparés par des bancs plus marneux de 20 centimètres maximum. Les bancs sont plus épais dans la partie supérieure et les interlits marneux ont tendance à augmenter dans le fond de la carrière.

La série montre une épaisseur de 35 à 40 mètres.

D'après le chef de carrière, la limite entre les deux types de calcaires se situerait à la cote 240 mètres. Aucun sondage ne permet de valider cette affirmation. La cote du contact J5-J6 est variable. D'après la carte du BRGM, ce contact descend lorsque l'on progresse vers le Sud-Est.

Callovien (J3) :

Cette formation est visible au nord de la carrière, dans le ruisseau de Carriol. Le Callovien se compose de marnes grises/noires se fractionnant en petits débits. L'épaisseur moyenne de cette formation serait supérieure à 30 mètres. Néanmoins, le Callovien constitue le fond de la carrière.

4.3.3 - Contexte tectonique

A l'Éocène, la phase de compression pyrénéenne de direction S-N affecte cette région déjà faillée et produit les structures complexes : failles inverses, pincées, extrusions et plis.

A partir de l'Éocène, des phases de distension tardives conduisent à des effondrements ou des rejeux en failles normales, déterminant en particulier la « faille des Cévennes », essentiellement décrochante mais ayant eu localement un fonctionnement normal important. Cette phase provoque la formation du sillon d'Alès, effondrement de subsidence dirigé NE-SW, limité à l'Est par la faille de Barjac et à l'Ouest par la faille des Cévennes. Les importants reliefs situés au Nord-Ouest ont été soumis à une intense érosion dont les produits sont venus combler le fossé d'Alès en pleine subsidence (Sédiments oligocène). D'après M. Gottis, la bordure Ouest du fossé d'Alès aurait subi un important glissement au contact de la faille des Cévennes et sur un substratum triasique plastique.

La carrière de Bagard est implantée à proximité de la faille des Cévennes qui constitue donc un accident géologique majeur s'étendant sur plusieurs centaines de kilomètre. Son pendage moyen est de 45° vers l'Est et le rejet apparent est de plusieurs milliers de mètres. La famille de discontinuités N30-50°E observée dans la carrière concorde avec l'orientation de la faille des Cévennes (NE-SW). Il s'agit de failles normales avec affaissement du compartiment Est (Anciennes surfaces de glissement).

Une dernière phase de compression vers le Nord post-oligocène est à l'origine de fractures de direction générale Est-Ouest.

4.3.4 - Contexte hydrogéologique

La carrière de Bagard fonctionne comme un système karstique et fissural. Elle est située au-dessus du niveau de base.

Il n'y a pas de résurgence ni de circulation d'eau importante dans les failles et les joints de stratification. Seuls quelques suintements sont présents au niveau de certaines structures (N90-90°, N20 30 à 70°).

Quelques indices karstiques ont été observés en carrière. La majorité des structures karstifiées présentent un remplissage calcitique.

5 - RELEVES DE TERRAINS ET MECANISMES D'INSTABILITES POUVANT ETRE RENCONTRES

5.1 - RAPPEL DES RELEVES GEOLOGIQUE ET STRUCTURAUX DANS LA CARRIERE LE 20/01/2014

Localisation des coupes géologique	Document n°20.074 / 11	Dans le texte
Coupes géologiques 1, 2, 3 et 4	Document n°20.074 / 12	Dans le texte

5.1.1 - Stratigraphie

La carrière est coupée en deux par une faille verticale d'orientation Est-Ouest remplie de calcite. De part et d'autre de cette faille, la carrière présente deux types de stratification :

- Du côté Nord de la faille de calcite N90-90°, la stratification possède un pendage vers le Sud. La stratification est orientée N120. Au sommet de la carrière (Entre la cote 340 et 310), le pendage est de l'ordre de 10° à 20° vers le Sud. En dessous les fronts sont recoupés par de grandes structures verticales de direction N100. A l'approche de ces structures, la stratification voit son pendage s'accroître (entre 35° et 55°). Voir coupe 1 et 2.

Les joints de stratification sont argileux et schisteux. Ils sont humides et font parfois l'objet de circulation d'eau (suintements). Les épontes sont lisses (irrégularités de l'ordre du cm).

- Du côté Sud de la faille de calcite N90-90°, l'orientation de la stratification est variable (entre N100 et N150). Le pendage est moins marqué et assez constant (entre 10° et 25°). Les joints de stratification sont moins humides mais toujours légèrement schisteux et argileux. Les épontes présentent une légère karstification (surface ondulée dont les irrégularités vont de 1 à 10 cm).

5.1.2 - Structures

Plusieurs familles de structure ont été relevées dans la carrière.

5.1.2.1 - Structures orientées N20 à 55° pendage variant de 30° à 70° vers l'Est

Ces structures sont très présentes sur le front Nord (Cf. coupe 3) et sont espacées d'une vingtaine de mètres. Elles se présentent sous la forme de grandes courbes à pendage variable vers l'Est.

Elles présentent une ouverture de l'ordre du centimètre, sont remplies de calcite et d'argile et sont souvent humides avec suintement. Une des structures (N30-55°) est particulièrement majeure, elle est remplie sur 5 mètres d'épaisseur de calcite. D'après la carte géologique, cette structure a affaibli le compartiment Est de la carrière d'environ 20 mètres (faille normale).

Tectoniquement, leur direction peut être mise en corrélation avec celle de la Faille des Cévennes.

5.1.2.2 - Structures orientées N90 à 100 verticales

Une faille majeure N90 verticale traverse la carrière dans sa longueur. Elle est ouverte sur 7 mètres et présente un fort remplissage de calcite avec une brèche de 50 cm à remplissage argileux.

Cette faille majeure est accompagnée d'un faisceau de discontinuités parallèle visible sur le front Nord de la carrière (Cf. coupe géologique 1). L'ouverture est de l'ordre du centimètre. Elles sont remplies de calcite. Au niveau du front Nord, les bancs de stratification forment des crochons au contact des N90.

Les coupes 1 et 2 montrent que la stratification (pendage moyen de 35°) et cette famille de structures N100 découpent des compartiments pouvant glisser sur les joints schisteux argileux et parfois humides. Cette instabilité fait l'objet d'une analyse plus précise dans les chapitres suivants.

5.1.3 - Faille N80 à 85 pendages 40° à 65° vers le Sud

Ces structures ont été observées à la fois sur le front Ouest au niveau des gradins 264, 272 et 280 et également à l'extrémité Nord de la carrière. Elles ont un remplissage parfois schisteux avec de l'argile plastique avec des ouvertures de l'ordre de 5 centimètres.

5.1.4 - Structures orientées N115 à 135 pendages 60° à 85° vers le Nord

Ce type de discontinuités est présent sur le front Sud de la carrière. Elles sont espacées de 1 à 10 mètres avec un remplissage de calcite principalement et légèrement argileux (ouverture de l'ordre de 1 centimètre). Les épontes sont souvent karstifiées et présentent des irrégularités de l'ordre de 10 centimètres. Les fronts sont orientés et pentés selon ces structures. On observe très localement des décollements de front sur environ un mètre d'épaisseur.

5.1.5 - Brèche N50-60° vers l'Est

Cette faille majeure est visible sur le front Sud de la carrière dans le secteur Est. Elle est d'une largeur de 1 mètre et remplie de blocs calcaires démantelés, argile et calcite. Ses épontes sont lisses. D'après la carte géologique, le compartiment Est de la carrière se serait affaissé au contact de cette faille.

5.1.6 - Structures orientées N90 à 105 pendages 50° à 60° vers le Nord

Ces structures sont présentes sur le front Sud de la carrière du côté Est, à l'Est de la brèche décrite précédemment. Elles présentent une ouverture allant de 1 à 5 centimètres et sont remplies d'argile plastique. Elles sont espacées d'environ 2 mètres.

5.1.7 - Structures orientées Nord-Sud pendage 50° à 80° vers l'Est

Cette famille de discontinuités est présente sur le front Sud Secteur Est de la carrière, à l'Est de la brèche N50-60°E. Elles sont remplies de calcite et d'argile. On compte deux accidents plus importants au sein de cette famille :

- Le couloir broyé NO-80°E d'une largeur de 5 mètres.
- La faille NO-55°E dont l'ouverture est de 5 centimètres est remplie d'argile plastique. Ses épontes possèdent une irrégularité de l'ordre de 10 centimètres.

Les structures orientées N90 à 105 pendages 50° à 60°N forment avec les structures NO à 170 pendages 50° à 80° des dièdres.

5.2 - RELEVES DE TERRAINS SUR LA ZONE DU PROJET D'EXTENSION EFFECTUES LE 10/01/2020

Plan des relevés de terrain du 10/01/2020 au 1 : 2 500

Document n°20.074 / 13 Dans le texte

En vue du projet d'extension de la carrière, nous avons effectué des relevés géologiques et structuraux sur la future zone d'extension afin de venir compléter les relevés effectués sur la carrière en 2014.

Les relevés sur cette zone ont été particulièrement difficiles du fait de la densité du couvert végétal (zone boisée et garrigue) et du peu d'affleurement visible en surface.

Les observations de terrain ont donc été complétées par des analyses de fractures par photos aériennes et par analyse topographique.

L'ensemble des fractures relevées sur le terrain et par photo interprétation a été reporté sur un plan (document suivant)

La zone du projet d'extension est constituée par les calcaires massifs du Kimmeridgien. Ils sont bien observables dans le lit du vallon situé au centre de la zone d'extension, où ils forment des ressauts en bancs épais et au niveau des promontoires rocheux qui percent au milieu de la végétation.

Ils apparaissent lapiazés en surface et les affleurements sont souvent fracturés par deux familles de fractures (le plus souvent Nord/Sud et Est/Ouest).



Figure 3: Calcaires du Kimmeridgien dans le lit du vallon au niveau de la zone d'extension



Figure 2: Calcaires du Kimmeridgien dans la zone d'extension

5.2.1 - Plans de stratification relevés sur le terrain

Les relevés que nous avons effectués sur la zone nous montrent des pendages relativement homogènes dans la zone du projet d'extension. Ils sont de direction N100 à N120 avec des pendages entre 10 et 35°.

Au Nord de la zone d'extension la stratification tourne légèrement pour atteindre N90 au niveau de la ligne de crête.

Dans le vallon, au niveau de l'extrémité sud de la zone d'extension nous avons relevé une stratification N160-30°W. Localement les pendages des stratifications peuvent être un peu plus marqués, les couches forment des crochons à l'approche des structures, comme nous avons pu l'observer dans la carrière.

Au-delà de la zone du projet (au sud) les pentes ont tendance à s'accroître et peuvent atteindre 45° (dans le vallon).

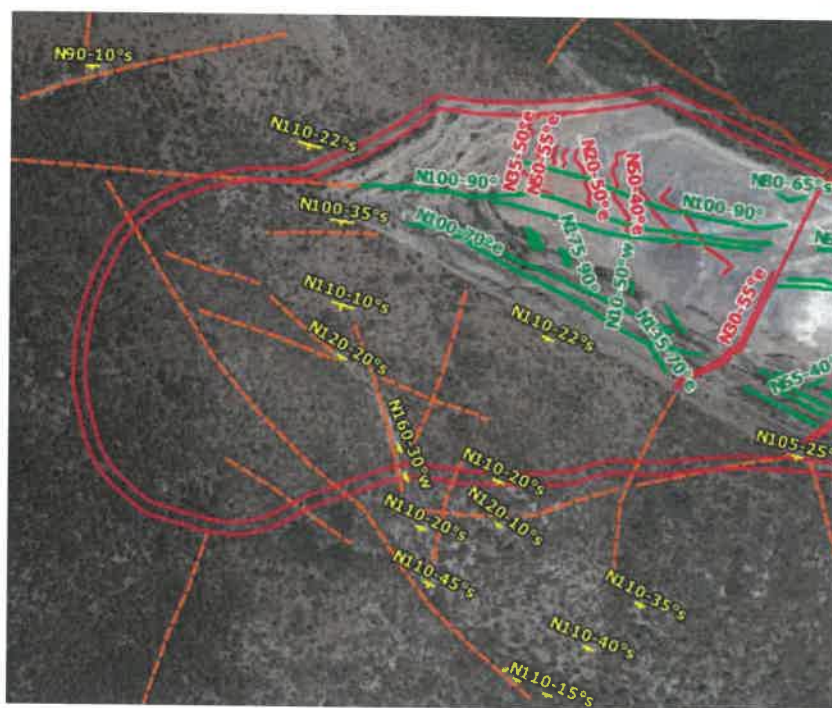


Figure 4 : plans de stratifications relevés sur le terrain

Le calcaire du Kimmeridgien forment des bancs massifs de 0,2 à 1 m d'épaisseur. Les limites de bancs sont marquées par des joints stylolithiques et diaclases pouvant être marneux. Les joints marneux ne représentent que quelques centimètres.



Figure 5 : Bancs de calcaire massif du Kimmeridgien



Figure 6 : Bancs calcaire du kimmeridgien à petits inter-lits marneux et joints stylolithiques

5.2.2 - Structures relevées sur le terrain

Trois familles de structures ont été mis en évidence :

- N0 à N20 ;
- N90 à N130 ;
- N150 à N160.

La plupart des pendages observés sont verticaux.

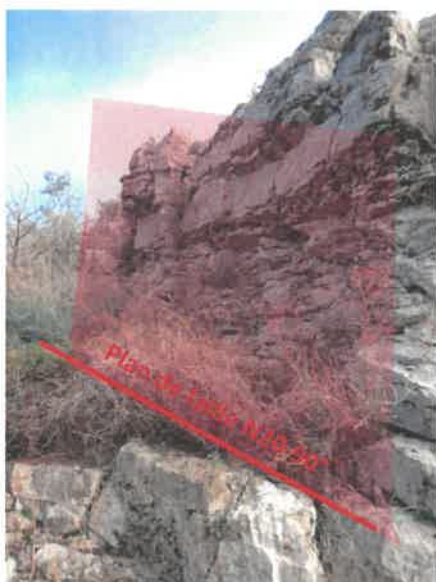


Figure 7 : Faille N20-90°



Figure 8 : Plan de faille N150-65°e dans le vallon

Toutes les structures que nous avons observé sur cette zone ne présentent pas de remplissage. Les structures sont pour la plupart fermées et les décalages sont quasi inexistant.

Les relevés structuraux ont été complétés par les observations sur photo aérienne et par les relevés effectués en carrière en 2014.

La faille N30-55°E qui passe au milieu de la carrière se poursuit au Sud au niveau du petit vallon de direction N0/N20. Nous retrouvons des structures de directions similaires sur la partie sud de la zone d'extension.

La faille N100-90° qui passe à l'extrémité Nord-Ouest de la carrière se prolonge le long de la ligne de crête.

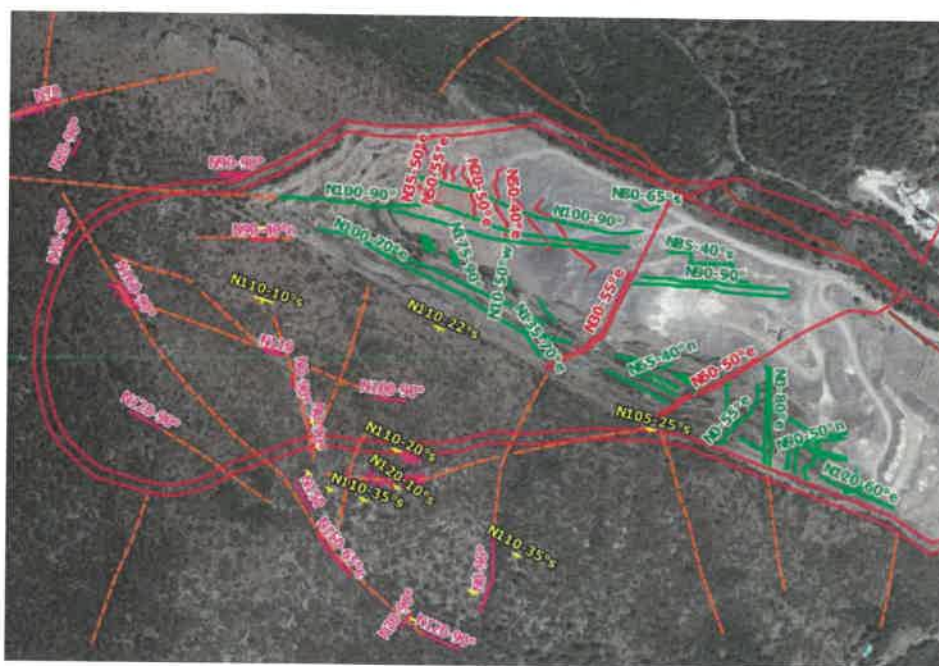
La partie Nord de la zone d'extension est marquée par une structuration Est/Ouest avec des failles quasi parallèles au plan de stratification.

La partie centrale de la zone d'extension est traversée par un vallon structural de direction N150.

La partie aval du vallon est marquée par une structuration N150 à pendage de 65° vers l'Est. Cette structure semble se prolonger le long de la crête et passer au niveau d'une petite barre rocheuse qui perse au milieu de la zone boisée.

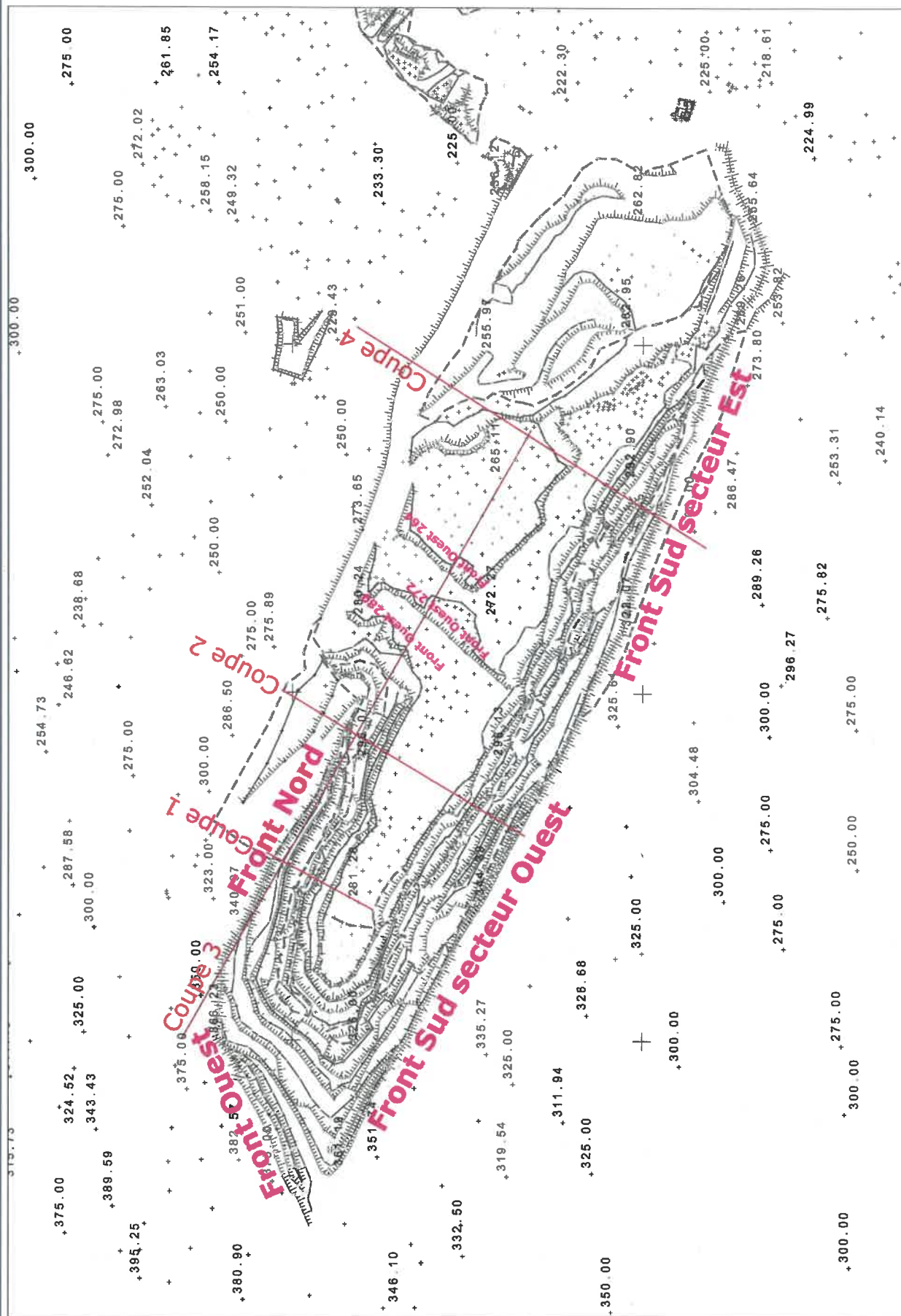
La partie centrale du vallon (extrémité Sud de la zone d'extension) est marquée par le passage de d'une faille Est/Ouest qui semble jouer un rôle dans le léger changement d'orientation du vallon. Les structures mesurées sont de direction Nord/Sud à pendage vertical.

Plus en amont le passage d'une faille de direction N110 subverticale fait légèrement tourner le vallon dans une direction Nord-Ouest / Sud-Est.



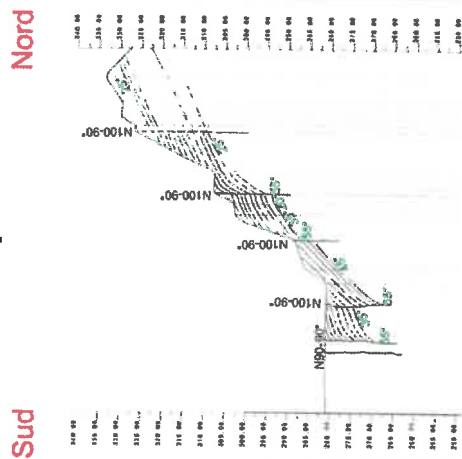
LOCALISATION DES COUPES GEOLOGIQUES (Extrait du rapport 14.035)

ECHELLE : 1 / 2500

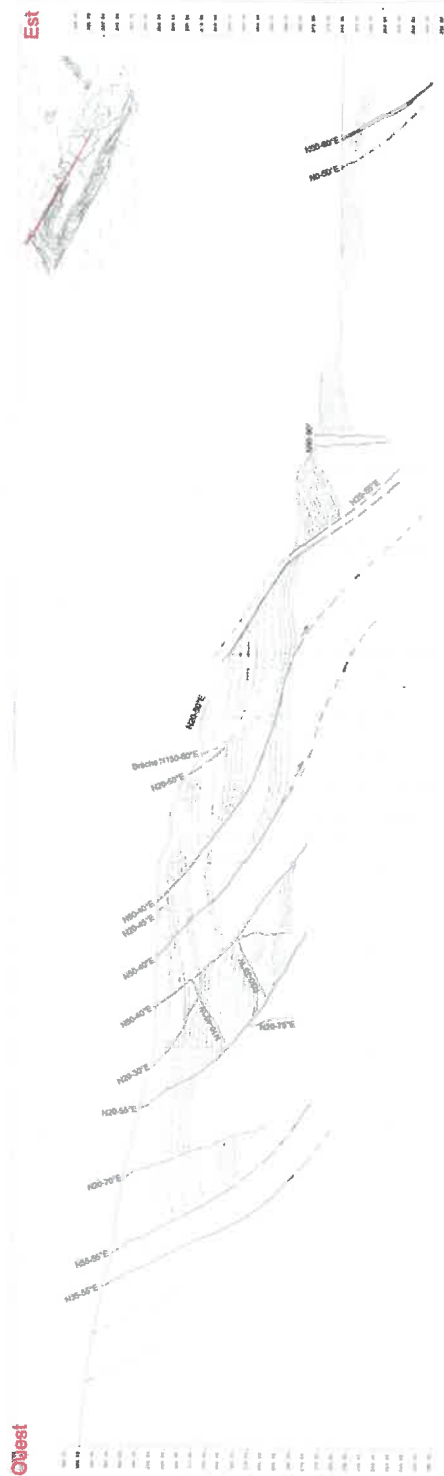


COUPE GEOLOGIQUE SUR LA CARRIERE (Extrait du rapport 14.035)

Coupe 1



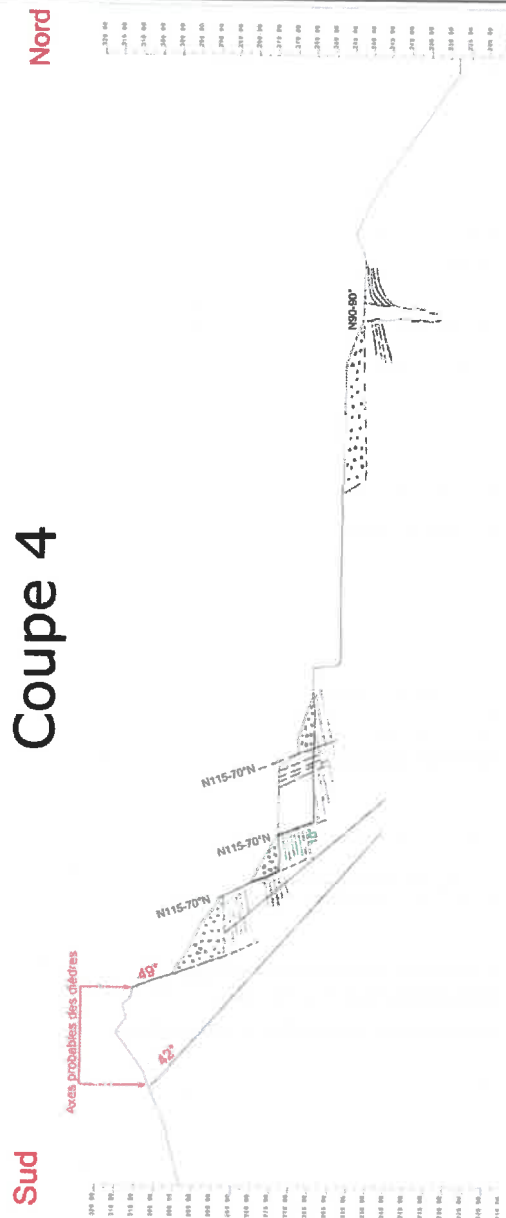
Coupe 3



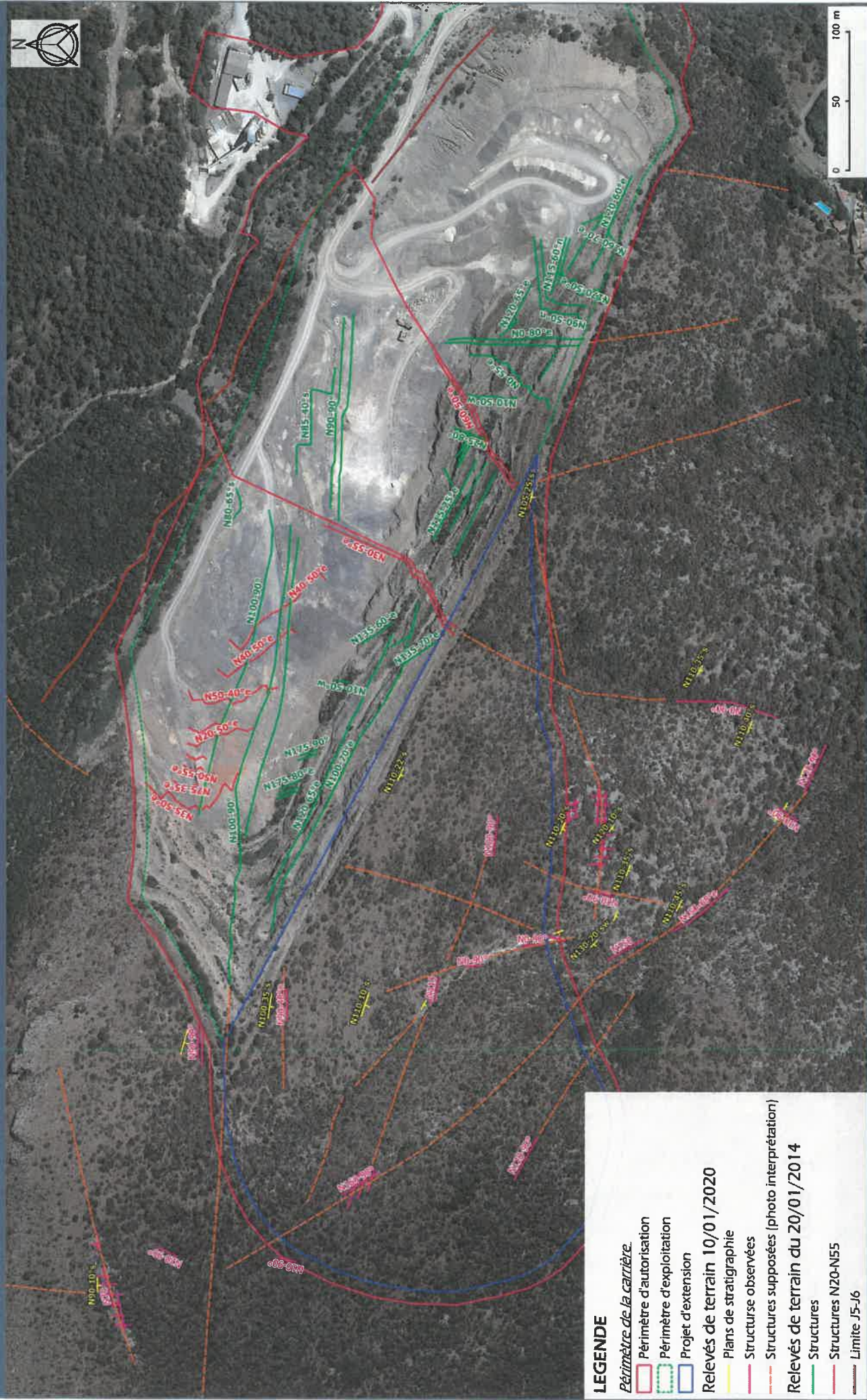
Coupe 2



Coupe 4



Echelle - 1:2500



0 50 100 m

DOCUMENT 20-074/13

Périmètre de la carrière.

- ☐ Périmètre d'autorisation
☐ Périmètre d'exploitation
☐ Projet d'extension

Plans de stratigraphie

- ### Structure observées

Relevés de terrain du 20/01/2014

- Structures
Structures N20-N55
Limite J5-J6



GSM

Carrière de Bagard - BAGARD (30)

6 - ANALYSE STRUCTURALE DU PROJET D'EXTENSION

6.1 - SECTEUR NORD

La majorité des structures relevées dans la future zone d'extension présente des pendages subverticaux qui n'engendrent pas d'instabilité au niveau des fronts d'exploitations. De plus les structures que nous avons pu observer dans la formation calcaire du Kimmeridgien ne présentent pas de remplissages marneux/argileux important (seulement quelques centimètres) ni d'ouverture importante favorisant les circulations d'eau.

L'extrémité Nord de la zone d'extension est marquée par le passage de la faille N100-90° que nous avons identifiée en carrière en 2014. Les fronts Ouest de la carrière actuelle présentent deux failles N120-65°NE et N100-70°NE. Ces failles n'ont pas été observées sur la zone d'extension mais sont susceptibles d'y être.

La stratification dans ce secteur est de N110-35°s.

Nous avons aussi relevé une structure N90 avec un pendage de 40° verse le Nord.

Dans ce contexte structural nous pouvons rencontrer un cas de figure susceptible d'engendrer des instabilités rocheuses si les fronts d'exploitation sont orientés Est-Ouest, parallèle à la stratification et aux structures. Cela entraîne le découpage de blocs rocheux par la stratification (35° de pendage) et les structures N100/N120 subverticales.

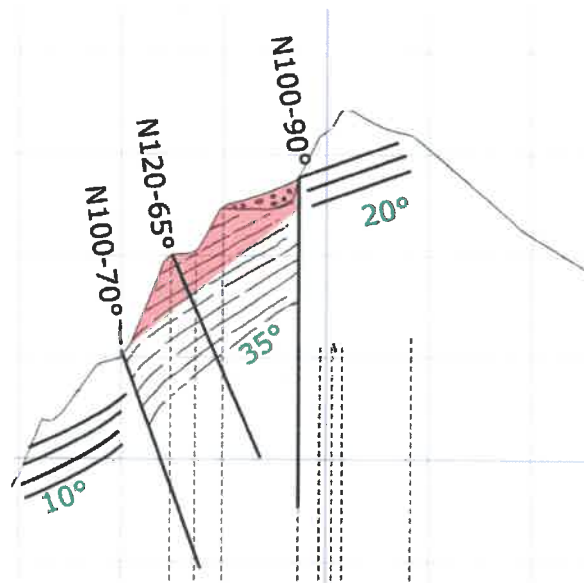


Figure 10 : exemple d'instabilité générée par la combinaison des failles N100/N120 de la stratigraphie N100-35°s et d'un front d'exploitation Est-Ouest

Dans cette configuration, il n'y a pas de risque d'une chute massive des roches. Les joints de stratification des calcaires Kimmeridgien sont très peu marneux/argileux et les circulations d'eau sont quasi inexistantes.

En revanche il peut se produire localement des chutes de blocs. Il faudra donc être attentif lors de l'exploitation des fronts Nord vis-à-vis des chutes de blocs. La mise en place de merlons pare blocs sur les banquettes permettra par exemple de sécuriser les fronts.

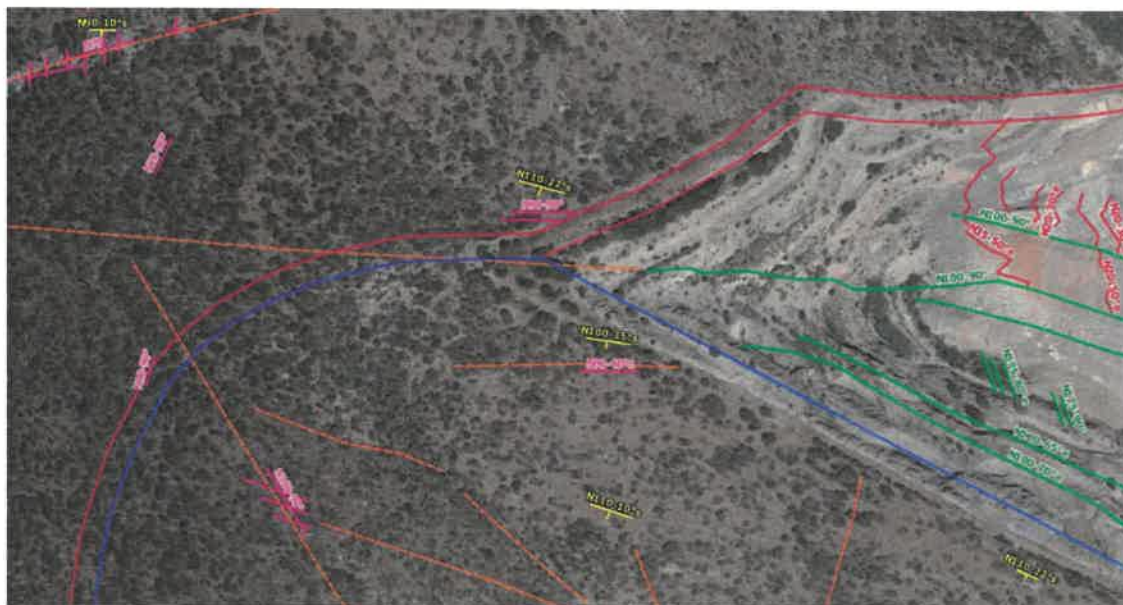


Figure 11 : Secteur Nord de la zone d'extension avec passage de la failles N110-90°

6.2 - SECTEUR SUD

Le secteur Sud est marqué par la présence de failles N0 et N150 qui dessinent la partie aval du vallon central.

Sur la partie Sud-Est, la faille N30-55°E (observée en carrière) se prolonge à l'Ouest le long d'un petit vallon de direction Nord/Sud.

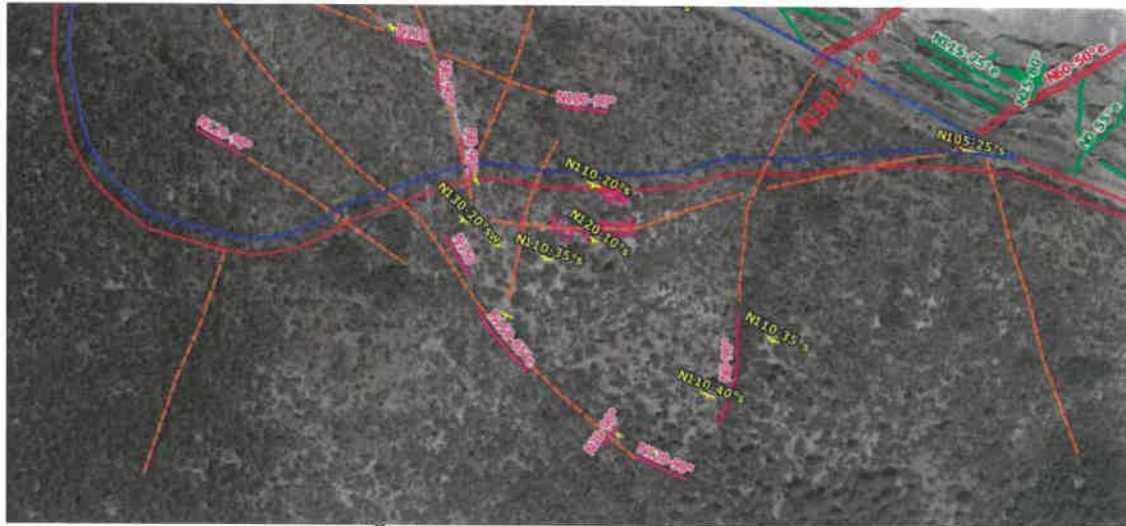
Le pendage des couches calcaires dans ce secteur est relativement faible entre 10 et 25° pour une direction N110.

Les structures N0 sont verticales et fermées, elles ne présentent pas un risque pour la stabilité des fronts. D'autant plus qu'elles sont perpendiculaires à la stratification.

La structure N150 a été observée bien plus bas au-delà de la zone d'extension. Elle ne présente donc pas un risque pour l'exploitation. De plus le projet d'exploitation (phase +20ans) prévoit dans ce secteur des fronts orientés Est-Ouest, perpendiculaires à la structure N150.

La structures N30-55°E qui traverse la carrière, se prolonge à l'ouest au niveau d'un petit vallon. Cette structure est perpendiculaire à la stratigraphie (N105-25°S).

Le projet prévoit des fronts orientés Est/Ouest à N110, donc perpendiculaires à cette structure. Il n'y a donc aucun risque d'instabilité dans ce secteur.



6.3 - SECTEUR OUEST

Le secteur Ouest est marqué par des failles N110/N120 subverticales et par le passage supposé de la faille N150-65°E qui tourne légèrement et se verticalise en N160-90°. La faille N160-90° forme une barre rocheuse d'environ 8 m de haut. Le calcaire est massif et redécoupé par des failles N100-90°.

Toutes les structures relevées dans ce secteur sont verticales et ne présentent donc pas de risque pour la stabilité en phase d'exploitation.

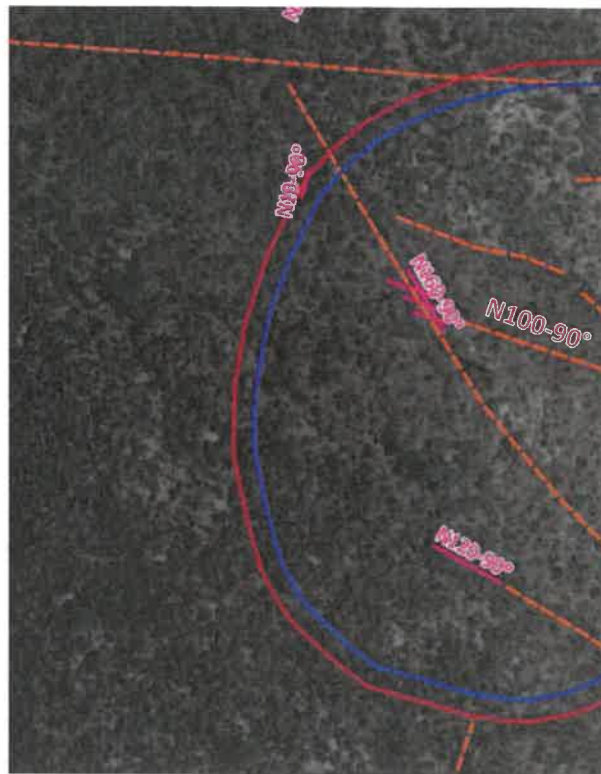


Figure 13 : Secteur Ouest de la zone d'extension

Dans ce secteur les fronts définitifs seront orientés N10.

La progression de l'exploitation se fera du Nord-Est vers le Sud-Ouest avec des fronts orientés N130.

6.4 - SECTEUR CENTRE

Le secteur centre de la zone d'extension est marqué par le passage du vallon. Le vallon est dessiné par le passage de plusieurs structures N150, N0 et N100.

Le pendage des couches calcaire dans cette zone est de N120-20°s.

Aucune structure ouverte n'a été observée dans cette zone et le pendage des couches calcaire est relativement faible.

Le passage de ces structures et le pendage faible des couches calcaire ne présentent pas de risque pour l'exploitation ou pour la stabilité des fronts.

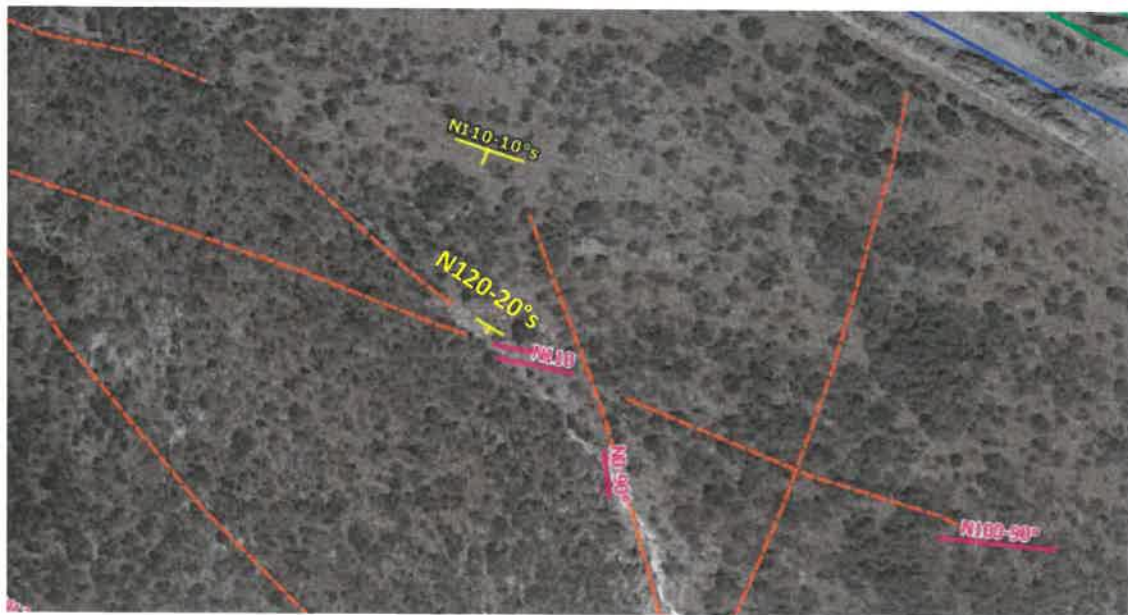
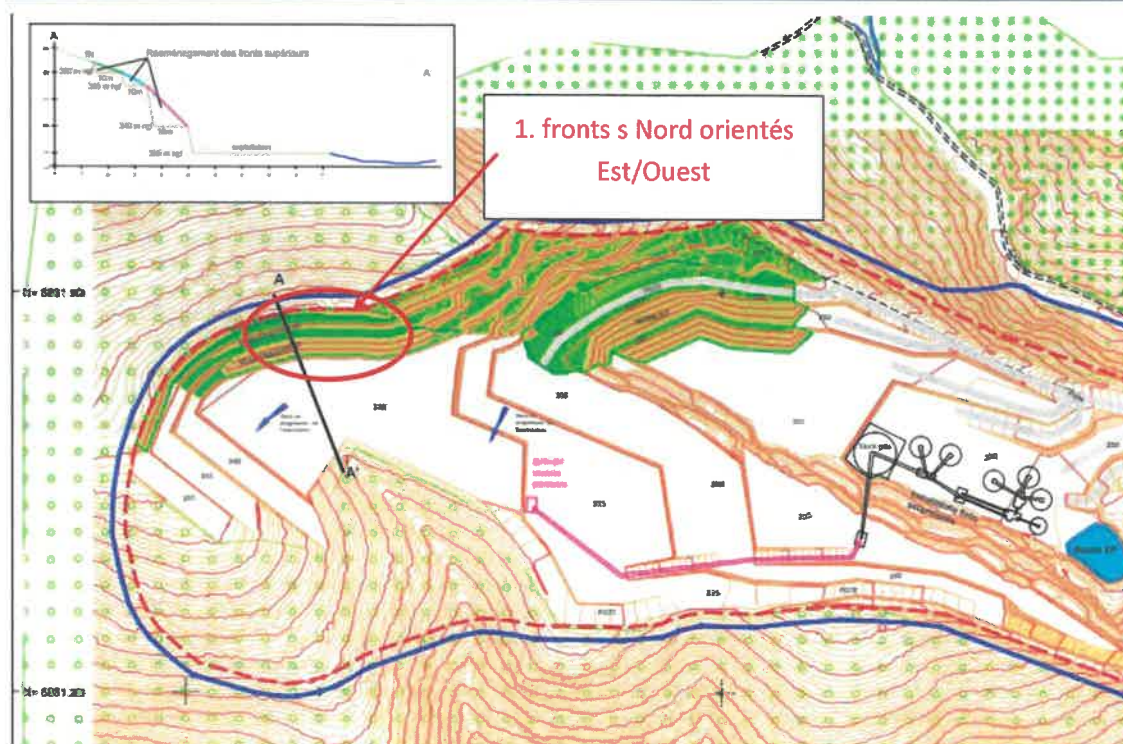


Figure 14 : secteur centre de la zone d'extension, passage du vallon

7 - ANALYSE GEOTECHNIQUE DU PROJET D'EXTENSION PAR PHASE ET PRECONISATIONS

7.1 - PLAN DE PHASAGE A 5 ANS



7.1.1 - Secteur Nord

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Fronts orientés Est-Ouest ;
 - Quatre fronts définitifs et réaménagés de 5, 15 et 10 m, cote 360, 355, 340 et 330
 - Banquettes de 8 à 10 m de large pour les fronts définitifs.
- Risques potentiels :
 - Chutes locales de blocs rocheux : Découpages de blocs par la combinaison des failles N100 et de la stratification N100-35°s.
- Préconisation :
 - Effectuer un suivi géologique (structure, stratification,) à l'avancement.
 - Prévoir des merlons pare-blocs sur les banquettes.

7.1.2 - Secteur Sud

- **Caractéristiques de l'exploitation :**
 - Fronts orientés Est-Ouest avec piste d'accès ;
 - Trois fronts d'exploitation de 15 m formant des grandes plateformes, cote 285, 300, et 315.
- **Risques potentiels :**
 - Pas de risque, fronts perpendiculaires aux structures Nord-Sud (N30-35°e, N0-90°, N20-90°).
- **Préconisation :**
 - Aucune préconisation.

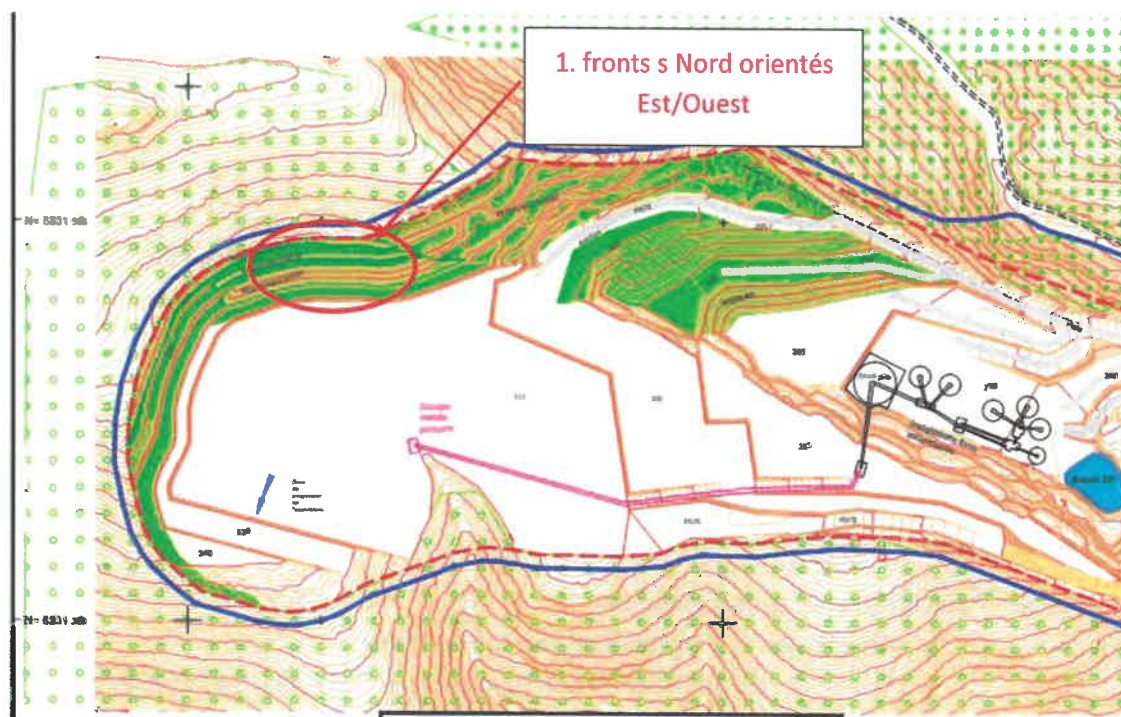
7.1.3 - Secteur Ouest

- **Caractéristiques de l'exploitation :**
 - Progression de l'exploitation vers le Sud-Ouest.
 - Quatre fronts définitifs de 5 à 15 m de haut (360, 355, 340 et 330) orientés N10 avec banquette de 8 à 10 m de large,
 - Fronts en cours d'exploitation orientés Nord-Ouest / Sud-Est (360, 355, 340 et 330),
 - Banquette de 8 à 10 m pour les fronts définitifs.
- **Risques potentiels :**
 - Pas de risque : structures verticales et fronts définitifs perpendiculaires aux structures N110, N120.
- **Préconisation :**
 - Aucune préconisation.

7.1.4 - Secteur centre

- **Caractéristiques de l'exploitation :**
 - Pas encore en exploitation (zone du vallon).
- **Risques potentiels :**
 - Pas de risque.
- **Préconisation :**
 - Aucune préconisation.

7.2 - PLAN DE PHASAGE A 10 ANS



7.2.1 - Secteur Nord

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation de la plateforme 315 ;
 - Cinq fronts définitifs et réaménagés de 5, 15 et 10 m, cote 360, 355, 340, 330 et 315 ;
 - Banquettes de 8 à 10 m de large pour les fronts définitifs.
- Risques potentiels :
 - Chutes locales de blocs rocheux : Découpages de blocs par la combinaison des failles N100 et de la stratification N100-35°s.
- Préconisation :
 - Effectuer un suivi géologique (structure, stratification,) à l'avancement.
 - Mise en place de merlons pare-blocs sur les banquettes

7.2.2 - Secteur Sud

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Progression d'Est en Ouest des fronts 285, 300 et 315, fronts en exploitation orientés Nord-Sud ;
 - Fronts définitif orientés Est-Ouest.
- Risques potentiels :
 - Pas de risque, fronts définitifs perpendiculaires aux structures Nord-Sud (N30-35°e, N0-90°, N20-90°).
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

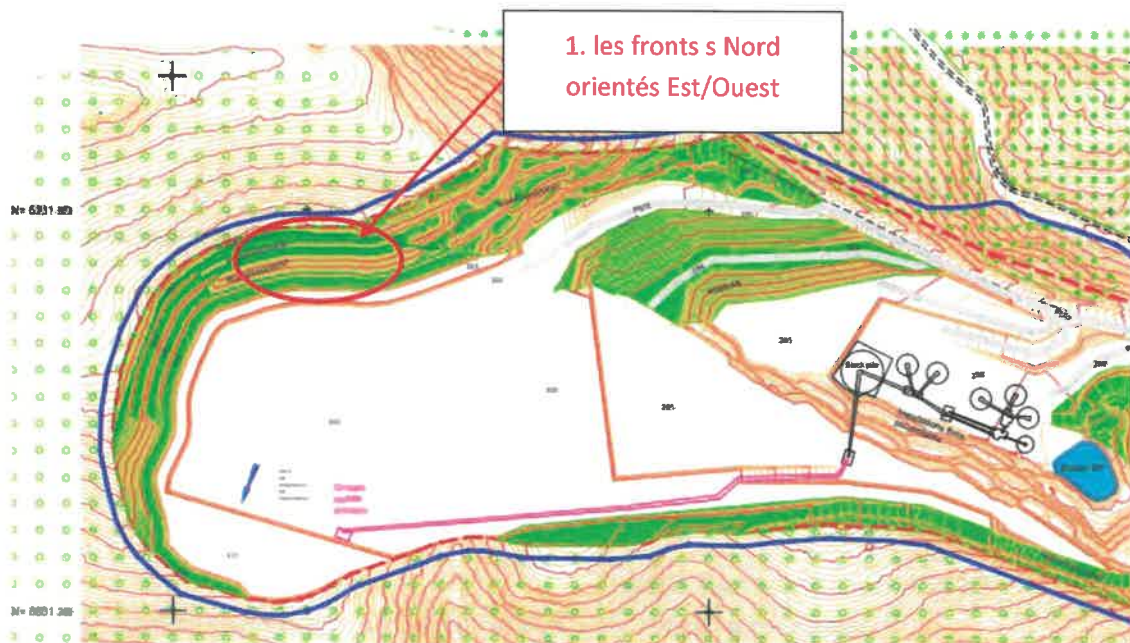
7.2.3 - Secteur Ouest

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Progression de l'exploitation vers le Sud-Ouest, avancement du front 315 ;
 - Cinq fronts définitifs de 5 à 15 m de haut (360, 355, 340, 330 et 315) orientés N10 avec banquettes de 8 à 10 m de large,
 - Trois fronts en cours d'exploitations (340, 330 et 315) orientés N110.
- Risques potentiels :
 - Pas de risque : les structures sont verticales et les fronts définitifs sont perpendiculaires aux structures N110, N120.
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

7.2.4 - Secteur centre

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation de la plateforme 315.
- Risques potentiels :
 - Pas de risque.
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

7.3 - PLAN DE PHASAGE A 15 ANS



7.3.1 - Secteur Nord

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation de la plateforme 300 ;
 - Six fronts définitifs et réaménagés de 5, 15 et 10 m, cote 360, 355, 340, 330, 315 et 300 ;
 - Banquettes de 8 à 10 m de large pour les fronts définitifs.
- Risques potentiels :
 - Chutes locales de blocs rocheux : Découpage de blocs par la combinaison des failles N100 et de la stratification N100-35°s.
- Préconisation :
 - Effectuer un suivi géologique (structure, stratification,) à l'avancement.
 - Mise en place de merlons pare-blocs sur les banquettes.

7.3.2 - Secteur Sud

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Progression d'Est en Ouest des fronts 285, 300 et 315 ;
 - Fronts en exploitation orientés Nord-Sud ;
 - Trois fronts définitifs et réaménagés (330, 315, 300 et 285) orientés Est-Ouest, 15m de haut et banquettes de 8 m.

- Risques potentiels :
 - Pas de risque, fronts définitifs perpendiculaires aux structures Nord-Sud (N30-35°E, N0-90°, N20-90°).
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

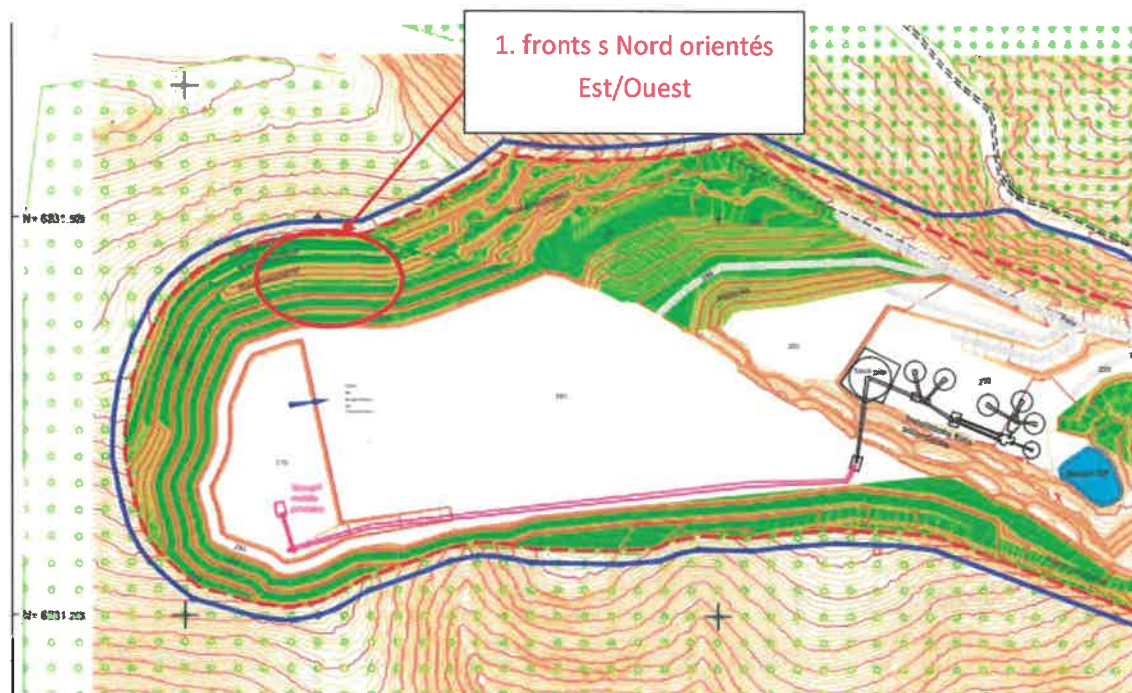
7.3.3 - Secteur Ouest

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Progression de l'exploitation vers le Sud-Ouest, avancement des fronts 330, 315 et 300 ;
 - Six fronts définitifs de 5 à 15 m de haut (360, 355, 340, 330, 315 et 300) orientés N10 avec banquette de 8 à 10 m de large ;
 - Fronts en exploitation orientés N110 (300).
- Risques potentiels :
 - Pas de risque : les structures sont verticales et les fronts définitifs sont perpendiculaire au structures N110, N120.
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

7.3.4 - Secteur centre

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation de la plateforme 300.
- Risques potentiels :
 - Pas de risque.
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

7.4 - PLAN DE PHASAGE A 20 ANS



7.4.1 - Secteur Nord

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation de la plateforme 285 ;
 - Sept fronts définitifs et réaménagés de 5, 15 et 10 m, cote 360, 355, 340, 330, 315, 300 et 285 ;
 - Banquettes de 8 à 10 m de large pour les fronts définitifs.
- Risques potentiels :
 - Chutes locales de blocs rocheux : Découpages de blocs par la combinaison des failles N100 et de la stratification N100-35°s.
- Préconisation :
 - Effectuer un suivi géologique (structure, stratification,) à l'avancement.
 - Mise en place de merlons pare-blocs sur les banquettes.

7.4.2 - Secteur Sud

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation de la plateforme 285 ;
 - Trois fronts définitifs et réaménagés (330, 315, 300 et 285) orientés Est-Ouest, 15m de haut et banquettes de 8 à 10 m.

- Risques potentiels :
 - Pas de risque, fronts définitifs perpendiculaires aux structures Nord-Sud (N30-35°E, N0-90°, N20-90°).
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

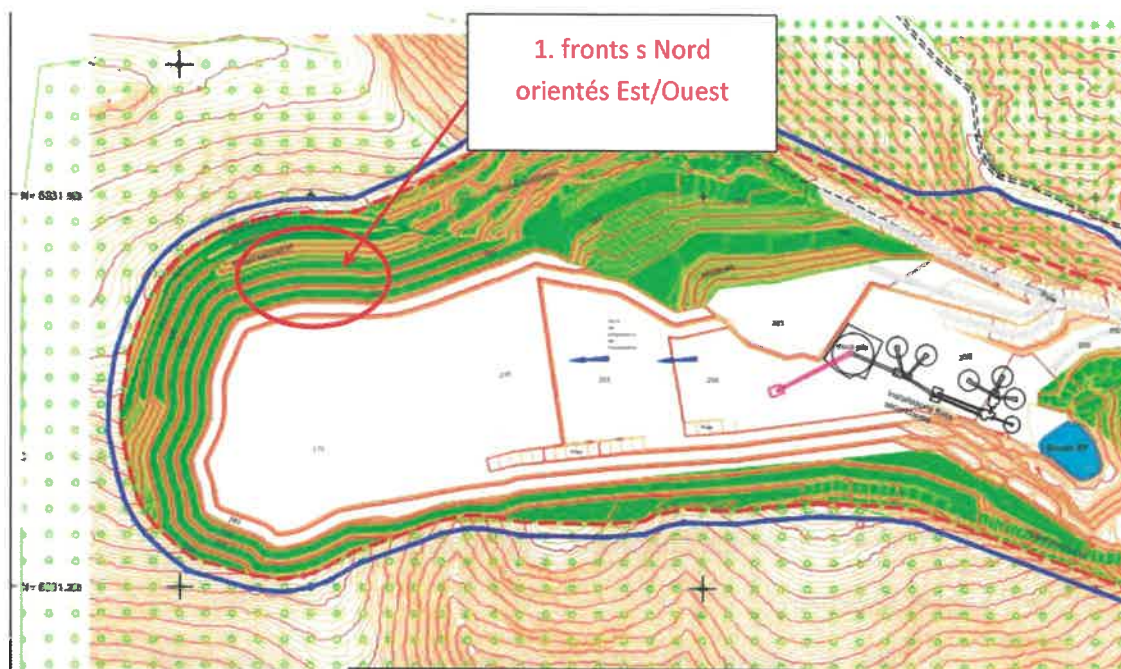
7.4.3 - Secteur Ouest

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Progression de l'exploitation, creusement de la fosse 270 et changement du sens de progression vers l'Ouest ;
 - Huit fronts définitifs de 5 à 15 m de haut (360, 355, 340, 330, 315, 300, 285 et 270) orientés N10 avec banquette de 8 à 10 m de large ;
 - Fronts en exploitation orientés Nord-Sud (270).
- Risques potentiels :
 - Pas de risque : les structures sont verticales et les fronts définitifs sont perpendiculaires aux structures N110, N120.
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

7.4.4 - Secteur centre

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation de la plateforme 285 ;
 - Gradins définitifs orientés Est-Ouest ;
 - Deux gradins de 15 m de haut (300, 285) et banquette de 8 à 10 m.
- Risques potentiels :
 - Pas de risque : les fronts définitifs sont perpendiculaires aux structures Nord-Sud (N0, N150).
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

7.5 - PLAN DE PHASAGE A 25 ANS



7.5.1 - Secteur Nord

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation de la plateforme 270 ;
 - Huit fronts définitifs et réaménagés de 5, 15 et 10 m, cote 360, 355, 340, 330, 315, 300, 285 et 270 ;
 - Banquettes de 8 à 10 m de large pour les fronts définitifs.
- Risques potentiels :
 - Chutes locales de blocs rocheux : Découpages de blocs par la combinaison des failles N100 et de la stratification N100-35°s.
- Préconisation :
 - Effectuer un suivi géologique (structure, stratification,) à l'avancement.
 - Mise en place merlon pare bloc sur les banquettes.

7.5.2 - Secteur Sud

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Progression d'Est en Ouest des fronts 270, 255 et 250 ;
 - Fronts en exploitation orientés Nord-Sud ;
 - Six fronts définitifs (330, 315, 300, 285, 270, 255) orientés Est-Ouest de 15m de haut et banquettes de 8 à 10 m.

- Risques potentiels :
 - Pas de risque, fronts définitifs perpendiculaires aux structures Nord-Sud (N30-35°E, N0-90°, N20-90°).
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

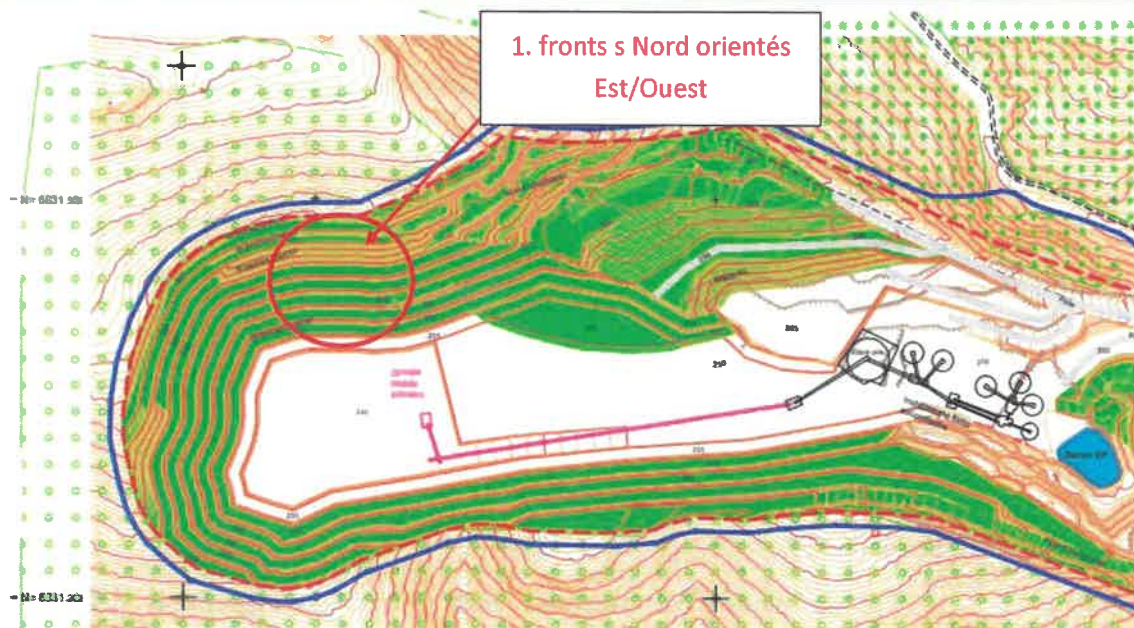
7.5.3 - Secteur Ouest

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Pas d'exploitation dans ce secteur.
- Risques potentiels :
 - Pas de risque : les structures sont verticales et les fronts définitifs sont perpendiculaires aux structures N110, N120.
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

7.5.4 - Secteur centre

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation de la plateforme 270 ;
 - Fronts définitifs orientés Est-Ouest ;
 - Trois fronts définitifs de 15 m de haut (300, 285, 270) et banquette de 8 à 10 m.
- Risques potentiels :
 - Pas de risque : les fronts définitifs sont perpendiculaires aux structures Nord-Sud (N0, N150).
- Préconisation :
 - Aucune préconisation.

7.6 - PLAN DE PHASAGE A 30 ANS



7.6.1 - Secteur Nord

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation jusqu'à la cote finale 240 ;
 - Neuf fronts définitifs et réaménagés de 5, 15 et 10 m, cotes 360, 355, 340, 330, 315, 300, 285 et 270 ;
 - Banquettes de 8 à 10 m de large pour les fronts définitifs ;
 - Risques potentiels ;
 - Chutes locales de blocs rocheux : Découpages de blocs par la combinaison des failles N100 et de la stratification N100-35°s.
- Préconisation :
 - Effectuer un suivi géologique (structure, stratification,) à l'avancement.
 - Mise en place merlon pare bloc sur les banquettes

7.6.2 - Secteur Sud

- Caractéristiques de l'exploitation :
 - Exploitation jusqu'à la cote finale 240 ;
 - Sept fronts définitifs et réaménagés (330, 315, 300, 285, 270, 255, 240) orientés Est-Ouest de 15m de haut et banquettes de 8 à 10 m.
- Risques potentiels :
 - Pas de risque, fronts définitifs perpendiculaires aux structures Nord-Sud (N30-35°e, N0-90°, N20-90°).

8 - CONCLUSION

A vu de la connaissance du site à l'état actuel, et des relevés de terrains réalisés en surface, le projet d'exploitation de la carrière de Bagard ne présente pas de risque d'instabilité majeur de type « écoulement massif ».

Seul le front Nord pour présenter des risques de chutes de blocs récurrents.

La mise en œuvre de merlons pare-blocs sur les banquettes, et un suivi géotechnique de l'exploitation dans ce secteur permettra de diminuer les risques.

Ce suivi pourra être réalisé par la visite d'un géologue-géotechnicien une fois par an.

