

1 Situation du gisement dans le cadre géologique régional ⁽¹⁾

La S.A. Carrières d'Antoing exploite le calcaire de l'ère primaire .
Ce calcaire appartient au système Carbonifère, étage Dinantien et sous-étage Tournaisien . (*figure 1 en page 2*) .
Notre région, à l'époque du Dinantien et durant des millénaires, a été recouverte par les mers .
Différents dépôts s'y sont accumulés en présence de certaines actions géologiques, à savoir :

- faune marine dont la carapace est à l'origine d'une partie des dépôts calcaire;
- flore dont une partie des éléments à base de calcite via une transformation biominéralisée a pu donner naissance à des dépôts de carbonate de calcium .
- phénomène d'érosion ou d'affondrement de parties submergées ou immergées qui ont constitué des dépôts détritiques .

Ces accidents ou constantes géologiques ont donné naissance à la formation d'un calcaire argilo-siliceux compact .

Le gisement calcaire du Tournaisien est l'un des plus importants . Il affleure en Hainaut Occidental dans un triangle de 15 km² dont les sommets sont Tournai, Gaurain-Ramecroix et Antoing .

La carrière d'Antoing, est située à environ 5 km au Sud-Est de Tournai, sur la rive droite de l'Escaut, sur le bord Nord du synclinorium de Namur.

Sous 15 mètres de terrains du Tertiaire et du Secondaire (limons, argiles et tuffeux siliceux), les formations constituant le gisement appartiennent au Tournaisien Supérieur (Tn3) .

Des phénomènes karstiques sont observés au sommet du gisement.

La structure régionale est subhorizontale avec un léger pendage Nord-Est.


La carrière est actuellement subdivisée en 6 étages d'exploitation délimités en fonction des qualités physico-chimiques du calcaire en vue d'une utilisation sélective dans l'industrie cimentière et la production de concassés.

(1) : Les sources ayant servi à la rédaction du présent document sont :

- Dossier géologique du 28/12/1984 réalisé par Dr. MONJOIE de la faculté des sciences appliquées de l'université de Liège : *Carrière Cimescaut*. (annexe V.1 du présent chapitre) .
- Mémoire de la société belge de géologie réalisé en 1944 par Ch. CAMERMAN : *La pierre de Tournai ; son gisement, sa structure et ses propriétés, son emploi actuel*.
- Dossier d'étude réalisé au L.C.P.C. de Paris par S. Guédon-Dubied de la Section Géologie et Matériaux Naturels : *Etude des cinq niveaux de calcaire Tournaisien de la Carrière Cimescaut*.

Ere ou Groupe	Période ou Système	Age Mi.An	Etage	Sous-étage	Assise	Sous-assise ou nature des terrains		Nom des sous-assise dans le tournaisien	Puissance des sous-assises																					
Récent	Holocène	0																												
Quaternaire	Pléistocène	1																												
Tertiaire	Pliocène	10																												
	Miocène	25																												
	Oligocène	45																												
	Eocène	65																												
Secondaire	Crétacé	110																												
	Jurassique	150																												
	Trias	190																												
Primaire	Permien	220	Dinantien	Tournaisien	Silésien	Viséen	III.De Warnant II.De Namèche I.De Dinant	VIa Tn3c Tn3b Tn3a Tn2c Tn2b Tn2a Tn1b Tn1a	Calcaire de Warchin Calcaire de Gaurain Calcaire d'Antoing et de Calonne <i>Gras délit</i> Calcaire de Vaulx et Cherg Calcaire de Pont à Rieux ou de Barges Calcaire de la Providence Calcaire d'Allain Calcschistes de l'Orient Calcaire de Hastière Calcaire et schistes Comblain-au-Pont	17 m 50 m 34 m 25 m 34 m 36 m 60 m 85 m 18 m 21 m 25 m																				
	Carbonifère	280									Calcaire de Leffe	III.De Celles Tn3	Petit granit (Ecaussines)	Calcaire d'Yvoir	Calcschistes de Maredsous	Calcaire de Landelies	Schistes	I.D'Hastière et d'Étroeungt Tn1												
																			Dévonien	330	Algonquien	1200								
																							Silurien	450	Archéen	3350				
																											Cambrien	600	Précambrien	

Figure 1 Echelle des temps géologiques

	<u>Dossier gisement</u>	Version : 02 Date : JUIIN 2006 Annexe du M.A.Q. Page : 3/12
Rédacteur : Durieux V.		

2	Caractéristiques géologiques du gisement ⁽¹⁾
----------	--

2.1 Structure générale

Les matériaux exploités sont très régulièrement stratifiés en bancs subhorizontaux d'épaisseur décimétrique à métrique. Les couches présentent un léger amincissement vers le Nord de la carrière.

La tectonique cassante ayant affecté le Tournaisien se traduit par:

- un réseau de diaclases subverticales, orientées N 210° E à N 240° E et N 100° E à N 120° E.
- deux failles radiales, de direction N 260° E et de pendage 80-85° S, présentant un rejet de 2 m environ et un remplissage argileux sur 3-4 m d'épaisseur. Les deux failles sont entredistantes de 150 m environ.
- deux failles de chevauchement conjuguées, d'orientation N 60° E/40°N et 215° E/25°S présentant un rejet de 3-4 m et une zone altérée de plus ou moins 2 m d'épaisseur.

2.2 Caractéristiques lithologiques

Lors d'une étude géologique réalisée en 1984, des prélèvements d'échantillons ont été effectués dans les différents étages d'exploitation .

Ils ont donné lieu à la confection de lames minces et à l'analyse pétrographique principalement axée sur la détermination des pourcentages relatifs des constituants (quartz et feldspaths, carbonates, phyllites), sur la texture et sur l'orientation préférentielle des minéraux .

La description des lames minces est reprise dans le dossier géologique^(1a) et figure à la fin de dossier gisement (annexe 1) .


Une autre étude géologique a été réalisée en 1997, par le L.C.P.C.^(1c) , avec confection de lames minces et observation au microscope électronique à balayage .

(1) : Les sources ayant servi à la rédaction du présent document sont :

a- Dossier géologique du 28/12/1984 réalisé par Dr. MONJOIE de la faculté des sciences appliquées de l'université de Liège : Carrière Cimescaut. (annexe V.1 du présent chapitre) .

b- Mémoire de la société belge de géologie réalisé en 1944 par Ch. CAMERMAN : La pierre de Tournai ; son gisement, sa structure et ses propriétés, son emploi actuel.

c- Dossier d'étude réalisé au L.C.P.C. de Paris en 1997 par S. Guédon-Dubied de la Section Géologie et Matériaux Naturels : Etude des cinq niveaux de calcaire Tournaisien de la Carrière Cimescaut.

	<u>Dossier gisement</u>	Version : 02 Date : JUIIN 2006 Annexe du M.A.Q.
Rédacteur : Durieux V.		Page : 4/12

2.2.1 Examen macroscopique

Parmi les matériaux exploités dans les assises du Tournaisien , on peut différencier trois types lithologiques majeurs :

Type 1: *calcaires micritiques* ou organodétritiques constitués de 85 à 98 % de carbonates, 10 à 20% de quartz et 5 à 0 % de phyllites.

Type 2: *calcaires schisteux* constitués de 75 à 90% de carbonates , 10 à 5 % de quartz, 15 à 5 % de phyllites. Les minéraux phylliteux présentent une orientation préférentielle.

Type 3: *calcaires siliceux* composés de 65 à 90% de carbonates, 30 à 10% de quartz et 5 à 0 % de phyllites.

D'un point de vue sédimentologique et paléontologique, le calcaire de Tournai se divise en deux sous-ensembles contrastés, séparés par la discontinuité sédimentologique du gras délit .

L'ensemble inférieur consiste essentiellement en calcaires micritiques imprégnés de silice « diagénétique » . Ils sont argileux à la base, pour passer vers le sommet à une sédimentation essentiellement calcaire (niveaux Providence et Pont-à-Rieu) . Ces calcaires renferment toujours des bioclastes, en abondance variable . Ces restes d'organismes résultent de la dissociation sur place de crinoïdes .

L'ensemble supérieur consiste essentiellement en micrites souvent argileuses . Dans les deux ensembles se rencontrent des horizons riches en carbonniaux .

La teinte du calcaire fraîchement cassé varie du gris au gris noirâtre . Le calcaire de Tournai prend une patine légèrement rousse, surtout celui soumis constamment aux intempéries .

L'examen d'une cassure montre plusieurs finesses de grain :

- calcaire grenu, formé de nombreux articles d'encrines cristallins dans une pâte grossièrement cristalline .
- calcaire finement grenu ou calcaire compact ou calcaire subcrinoïdique, formé d'articles d'encrines très disséminés dans une pâte cristalline à grains fins .
- calcaire subgrenu, calcaire intermédiaire .

La texture passe du calcaire à stratification fort marquée (texture shistoïde) au calcaire où la stratification l'est nettement moins (texture stratoïde) . Les cassures peuvent être tranchantes, conchoïdales ou anguleuses .

La texture chisteuse ou nettement feuilletée ne s'observe que lorsque le calcaire est altéré ou dans les minces délits n'ayant guère que quelques centimètres d'épaisseur .

2.2.2 Examen microscopique

L'examen des lames minces a permis de distinguer trois types de calcaires :

- calcaires compacts
- calcaires subcrinoïdiques
- calcaires crinoïdiques

Les calcaires compacts ou finement grenus se montrent composés de grains minuscules de calcite (<0,01 mm) . Les grains sont enrobés ou pénétrés par une matière crypto-cristalline colorée par la limonite et des particules charbonneuses extrêmement ténues .

Les calcaires subcrinoïdiques n'en diffèrent que par de petits articles d'encrines spathisés, clairsemés dans la masse .

Les calcaires crinoïdiques laissent apparaître de nombreuses sections d'articles d'encrines, parfois d'assez grande dimension, disséminés en traînées dans une pâte d'aspect analogue au calcaire compact . On y rencontre des sections de brachiopodes, polypiers, bryozoaires, mais également des gastéropodes, bivalves, nautiloïdes, trilobites...

2.2.3 Constitution minéralogique

Les accidents ou constantes géologiques ont donné naissance à la formation d'un calcaire argilo-siliceux compact dont les teneurs moyennes de ses principaux constituants sont :

- CaCO ₃	Carbonate de calcium	70 %
- SiO ₂	Silice	25 %
- Al ₂ O ₃	Alumine	2 %
- MgCO ₃	Carbonate de magnésium	2 %
- Fe ₂ O ₃	Oxyde ferrique	1 %

La teneur élevée en silice, dont la majeure partie se trouve à l'état libre (variété de la calcédoine), caractérise la plupart des bancs du Tournaisis . Tandis que pour les calchistes de la base du gisement, la silice est combinée à l'alumine sous forme de minéraux apparentés à l'argile .

Les constituants essentiels du calcaire sont :

- le carbonate calcique
- la silice
- l'alumine .

Le carbonate de magnésie et le fer sous forme d'oxyde et de sulfure ne sont que des minéraux accessoires .

Le calcaire compact de Tournai est donc un sédiment vaseux de carbonate de chaux avec un peu d'argile, imprégné de silice . La silice d'imprégnation se trame sous la forme calcédonieuse . L'argile se trouvant en moindre proportion que la silice, on l'appelle «calcaire siliceux», mais le terme le plus précis est celui de «calcaire argilo-siliceux compact».

La teneur élevée en silice donne lieu pour le calcaire crinoïdique à des remarques identiques à celles formulées à propos du calcaire compact ; c'est encore un calcaire argilo-siliceux .


Au point de vue chimique, le calcaire subcrinoïdique est tout à fait comparable au calcaire compact . Il est également argilo-siliceux .

L'origine de la silice imprégnant le calcaire est organogène . Elle provient du test siliceux de divers organismes tels que les spongiaires, les diatomées, les radiolaires . Cette silice, colloïde ou amorphe, est facilement dissoute par l'eau de mer à la surface ou à l'intérieur des sédiments encore vaseux . La solution de silice imprègne les sédiments et la silice cristallise . On appelle donc ces calcaires les «calcaires organodétritiques».

A noter que l'on observe également des concrétions siliceuses, appelées cherts, résultant d'une substitution métasomatique locale du carbonate en calcédoine . Dans certains bancs, ces cherts sont disposés en rangées irrégulières de rognons aplatis : ces bancs sont dits «bancs à carbonniaux» en raison de leur couleur généralement noire . Ceux-ci sont d'excellents repères stratigraphiques .

Ces carbonniaux sont donc des accidents siliceux présents dans les calcaires ayant la texture et la composition d'une calcédoine et/ou d'une opale .

D'un point de vue strictement de réactivité de la silice vis-à-vis des alcalins, ces accidents siliceux parfois incomplètement cristallisés ainsi que le fin réseau de silice diagenétique représentent des risques potentiels de réactivité .

	<u>Dossier gisement</u>	Version : 02 Date : JUIIN 2006 Annexe du M.A.Q.
Rédacteur : Durieux V.		Page : 7/12

2.3 Stratigraphie

La figure 2 en page 10 développe l'échelle stratigraphique-type . Du sommet à la base, on a la succession suivante :

- Les stériles

Le gisement de calcaire, au sommet, est recouvert d'argiles et de plusieurs mètres de limons et tuffeux siliceux du tertiaire et du secondaire.
Cette couverture a une épaisseur d'environ 16 mètres dans la zone d'affleurement .

- Le calcaire de Warchin

Ce calcaire n'est pas rencontré dans la carrière d'Antoing .

- Le calcaire de Gaurain-Ramecroix

Bien qu'exploité ailleurs, ce calcaire n'est pas rencontré dans la carrière d'Antoing .

- Le calcaire d'Antoing

Le calcaire d'Antoing, sur une épaisseur d'environ 43 m, peut se subdiviser en deux parties: la partie inférieure ne se distinguant de la partie supérieure que par la présence de plusieurs niveaux de carboniaux .

La partie inférieure (Calonne inférieur), juste au dessus du gras délit est encore assez fossilifère .

Plus haut, le calcaire se caractérise par une absence à peu près totale de fossiles. C'est un calcaire argilo-siliceux compact, à grain fin, gris foncé à gris noirâtre. Beaucoup de bancs renferment des rangées de cherts. Ils sont donc destinés à la fabrication des concassés .

La partie supérieure (Calonne supérieur), est constituée par un calcaire similaire au précédent, mais exempt de cherts.

La teneur en carbonates de calcium varie de 75 à 85 %, ce qui caractérise un calcaire pauvre .

Celui-ci est donc utilisé comme matière première des ciments Portland et Romain .

- Le gras délit

Entre la Veine de Vaulx et Chercq et celle d'Antoing, une particularité apparaît dans la série stratigraphique du calcaire du Tournaisien: le gras délit, qui se observe dans toute l'étendue du bassin. C'est un joint généralement très aquifère, ayant tantôt quelques centimètres, tantôt plus d'un décimètre, souvent rempli d'argile.

Ce niveau est repérable grâce à la présence de végétation et d'un creux par rapport au plan de coupe.

Son caractère régional ainsi que sa texture fine permettent une interprétation de son origine: il pourrait s'agir, mais rien n'est sûr, du dépôt de cendres très fines résultant d'importantes éruptions volcaniques survenues dans la deuxième moitié du Tournaisien supérieur.

- Le calcaire de Vaulx et Chercq

Cette assise a une épaisseur d'environ 38 m . La couche présente une succession de bancs:

- bancs à carbonniaux
- bancs de gris, calcaire gris, crinoïdique
- bancs de calcaire argilo-siliceux gris foncé bleuâtre, subcrinoïdique, à grain fin.

La teneur en carbonates de calcium varie de 75 à 95 %. Ce calcaire est lui aussi destiné à la fabrication des concassés.

- Le calcaire de Pont-à-Rieu

L'assise a une épaisseur de plus ou moins 25 m et montre des caractères assez constants en des points éloignés du bassin . Elle est divisée en deux : à la partie supérieure les bancs de gris de teinte grise, en dessous les bancs de bleu de teinte gris foncé. Le calcaire est généralement grenu, fossilifère, très crinoïdique. La teneur en carbonates de calcium varie de 90 à 95 %. Le calcaire de Pont-à Rieu est exploité comme élément riche dans l'élaboration des ciments Portland.

- Le calcaire de la Providence

Cette couche, épaisse de plus ou moins 35 m, présente une composition et une faune qui diffèrent peu de celle du calcaire d'Allain.

Le calcaire est argilo-siliceux, gris foncé à gris noirâtre, généralement à grain fin ou subgrenu; les encrines sont peu abondantes. La teneur en carbonate calcaïque est comprise entre 80 et 93 %.

Le sommet de l'assise est limité par un niveau très caractéristique et très constant sur toute l'étendue du bassin: c'est un groupe de 2 ou 3 bancs, dans lequel on retrouve des fossiles que les ouvriers appellent bancs à moules.

Les 14 m supérieurs sont exploités comme concassés étant donné la présence de cherts ou carboniaux. La partie inférieure est celle exploitée comme riche, c'est-à-dire en carbonates de calcium, utilisé pour la fabrication du ciment .

- Le calcaire d'Allain

Cette couche a environ 35 m d'épaisseur. Elle est subdivisée en plusieurs sous-niveaux suivant les caractéristiques lithologiques et les utilisations.

En général, cette couche est composée de calcaire argilo-siliceux, noirâtre, crinoïdique et fossilifère, dont la teneur en carbonate calcique varie de 65 à 90 %. Au sommet de l'assise, on trouve des carboniaux sur environ 3 m. L'assise d'Allain pourra donc être exploitée pour la fabrication des granulats.

- Les calcschistes de l'Orient

Ces calcschistes, assez fossilifères, sont interstratifiés avec quelques lentilles de calcaire crinoïdique très fossilifère. Leur teneur en alumine montre qu'ils sont riches en minéraux argileux, à l'encontre des autres assises du Tournaisis. Ici, ce sont les calcschistes de l'Orient qui limitent économiquement le gisement vers le bas. En effet, l'extraction de cette couche importante (environ 40 m) de stériles, pour atteindre les calcaires plus profonds, entraînerait un coût inacceptable.

ECHELLE STRATIGRAPHIQUE

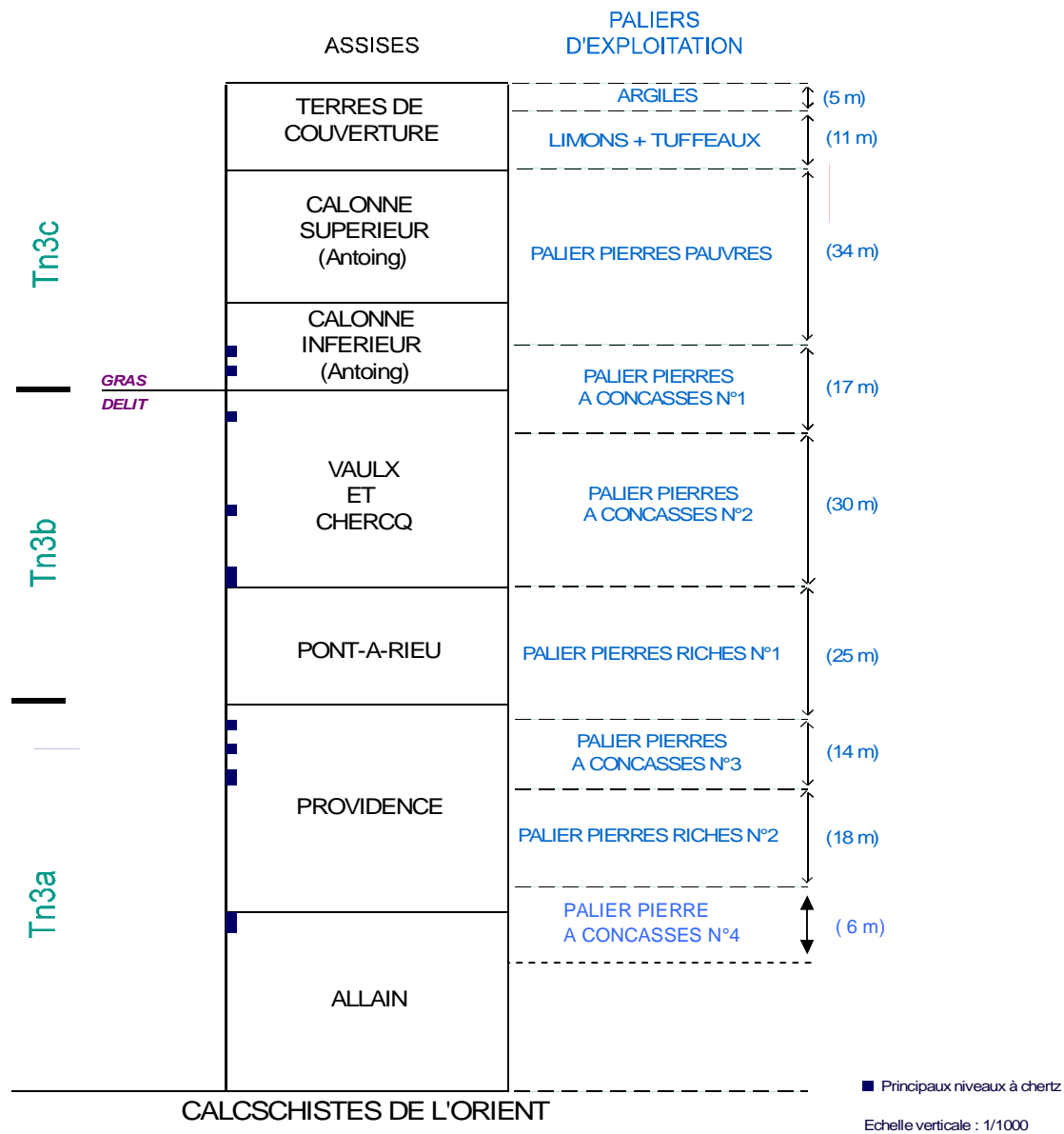


Figure 2 **Colonne stratigraphique-type**

3 Caractérisation du gisement vis-à-vis de l'alkali-réaction

Une étude de qualification des granulats vis-à-vis de l'alkali-réaction a été réalisée au L.C.P.C.⁽¹⁾ en janvier 1997 .


Le but de cette étude consistait à avoir une connaissance précise du calcaire de Tournai affleurant dans la carrière Cimescaut, en déterminant la réactivité de chacun des niveaux vis-à-vis d'une alcali-réactivité potentielle . Une étude fine distinguant tous les niveaux est apparue nécessaire avant d'envisager un nouveau plan d'exploitation et une poursuite des essais sur l'utilisation des granulats dans les bétons hydrauliques .

L'étude s'est déroulée conformément aux recommandations du « guide pour l'élaboration du dossier carrière » , édité par le L.C.P.C. :

- Après définition et localisation des entités géologiques, une mission d'échantillonnage des faciés représentatifs des cinq niveaux de calcaire a été conduite par les ingénieurs du L.C.P.C.. Tous les niveaux ont été échantillonnés, y compris ceux réservés pour la fabrication du ciment . En fonction de la puissance de chaque banc, entre deux et trois blocs ont été prélevés .
- Ensuite, le L.C.P.C. a réalisé un ensemble d'analyses pétro-physico-chimiques (résidus insolubles, essai P18-590, analyse d'attaque au M.E.B.) afin de caractériser les niveaux d'un point de vue minéralogique et chimique, et de définir leur réponse à un essai normalisé visant à quantifier l'alkali-réactivité .

Le détail et les résultats de cette étude sont intégralement repris dans le rapport officiel du L.C.P.C. dont le N° de dossier est « L.C.P.C.:327021 » du 26 mai 1997, réalisé par J-S Guédon-Dubied de la section Géologie et Matériaux Naturels (annexe 2) .

(1) L.C.P.C. : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées à Paris .

	<u>Dossier gisement</u>	Version : 02 Date : JUIIN 2006 Annexe du M.A.Q.
Rédacteur : Durieux V.		Page : 12/12

4	Conclusion
----------	-------------------

La réalisation des essais a permis de mettre en évidence plusieurs points :

- Le calcaire de la carrière Cimescaut est homogène vis-à-vis de sa réactivité potentielle aux alcalins et donne une réponse à l'essai à l'autoclavage P18-590 très nettement au-dessus du seuil de 0,15% .
- Les granulats calcaire sont donc classés en catégorie **P.R.** . Ils sont potentiellement réactifs .
- Il n'est donc pas nécessaire dans l'avenir d'élaborer un plan d'exploitation dans lequel il y aurait une sélectivité et un tri des faciès en fonction de leur réactivité . Dès lors, la production globale issue du concasseur primaire sera utilisée pour la fabrication des granulats .

Le gisement exploité est pratiquement homogène sur toute sa hauteur. Les bancs de calcaires schisteux, moins favorables pour un usage de concassés routiers, sont principalement réservés à la fabrication des ciments ou peuvent être éliminés par un traitement approprié .

La qualité constante de la production des concassés calcaires est assurée par le mode d'exploitation qui couvre la totalité de la hauteur du front de taille .

Les caractéristiques principales du gisement sont :

l'importance de son affleurement et de sa puissance sur 170 m de profondeur assurant une exploitation à long terme .

l'homogénéité de ses caractéristiques physiques permettant la fabrication et la commercialisation de granulats de très bonne qualité.

l'excellence de sa composition chimique induisant une aptitude idéale à la cuisson et à l'élaboration d'un ciment de haute performance.