

Université Libre de Bruxelles

IGEAT

Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire

Diplôme d'Études Spécialisées en Gestion de l'Environnement

**Évaluation environnementale
des carrières de Pierre Bleue de Wallonie :
possibilité d'implantation de technologies plus propres
et évaluation de leurs impacts**

Travail de Fin d'Études présenté par

Nicolás Honorato Cavadas

En vue de l'obtention du grade académique de

Diplômé en Études Spécialisées en Gestion de l'Environnement

Année Académique 2003-2004

Directeur : Prof. Marc DEGREGZ

Remerciements

Je voudrais très sincèrement remercier les personnes suivantes par leur importante contribution au contenu technique des diverses parties de cet ouvrage :

M. Yves Debast – Carrières du Hainaut, Bureau d'études, Soignies.

M. Olivier De Boeck – Marbrerie De Boeck & Fils s.p.r.l., Gérant, Bruxelles.

M. Jos Differdange - MOBIL Benelux, Bureau « ventes », Luxembourg.

M. Julien Fraiture – Carrières du Hainaut, ex adjoint au service d'entretien, Soignies.

M. Fernando Galer – Carrières du Hainaut, Administrateur Délégué, Soignies.

M. Eric Groessens – Service Géologique de Belgique, Bruxelles.

M. Serge Lapierre – Direction Général des Ressources naturelles et de l'Environnement, Namur.

M. Victor Netels – Carrières du Hainaut, Bureau d'études, Soignies.

M. René Poliart - Carrières du Hainaut, Bureau d'études, Soignies.

M. Francis Tourneur – Pierres et Marbres de Wallonie a.s.b.l., Namur.

M. Charles Vanquaethem – TOTAL Belgique, Bureau « spécialités », Bruxelles.

Ma reconnaissance aux employés de la S.A. Carrières du Hainaut par leur accueil chaleureux à tout moment.

Mille mercis à mes collègues de l'équipe de GreenFacts a.s.b.l. par leur compréhension au moment de flexibiliser mon horaire de travail ainsi que par leur soutien quotidien. Je voudrais très spécialement exprimer ma gratitude à Mlle Stephanie Mantell par sa patiente et constructive correction des textes en français.

Finalement, merci à Mlle Maruxa Díaz-Cardama, M. Diego Zurdo et M. Augusto González aussi bien par leurs contributions logistiques que par leur support soutenu au long de ces derniers mois.

Bien sûr, ma gratitude à mon directeur M. Marc Degrez par ses conseils constants, même à des heures intempestives, tant sur le fond que sur la forme de ce travail.

Résumé

Les roches du sous-sol constituent une ressource précieuse pour l'Homme. La Wallonie dispose encore d'une telle ressource, et elle l'exploite dans quelque 180 carrières réparties au long de son territoire. La production carrière actuelle est restreinte aux minéraux industriels (tels que les calcaires, la dolomie, les sables ou les quartzites) et aux roches ornementales (tels que la Pierre Bleue ou les marbres).

La Pierre Bleue, dite aussi « petit-granit », est une roche sédimentaire calcaire dont l'origine se situe il y a 340 millions d'années. Aujourd'hui, elle est exploitée dans des carrières à ciel-ouvert se situant dans les provinces du Hainaut, de Namur et de Liège et elle est utilisée principalement dans la construction et dans la sculpture.

Les carrières de Pierre Bleue, en tant que sites industriels, exercent des pressions sur l'environnement, notamment au niveau des eaux de surface et souterraines, de l'air, de la génération de déchets, de la consommation d'énergie ou encore du bruit et des vibrations.

Pendant ces dernières années, le durcissement de la législation sur l'environnement a forcé les propres exploitations carrières à mettre en place des mesures pour arriver à contrôler et diminuer ce genre de nuisances. Des stations d'épuration des eaux usagées, des systèmes pour diminuer l'émission de poussières ou la collecte de déchets montrent cette tendance soucieuse des dommages sur le milieu.

Mais il reste encore des aspects améliorables. Nous proposons l'implantation de technologies et de méthodes de gestion plus propres pour non seulement avoir des effets bénéfiques sur l'environnement mais aussi sur le côté économique et social. Notamment, nous démontrons la viabilité d'une réduction par substitution des huiles et des graisses utilisées tout au long des exploitations et nous montrons les pistes à suivre pour évaluer l'acquisition d'armures de sciage moins polluantes. Finalement, nous recommandons des actions minimum à entreprendre par les gérants des carrières en ce qui concerne l'implantation de technologies plus propres à l'égard de l'environnement.

Table des matières

Résumé.....	2
Table de matières.....	3
Avant-propos.....	7
1. Introduction.....	9
1.1 Aspects généraux.....	9
1.2 Nomenclature.....	10
1.3 Démarche suivie pour la préparation de ce travail.....	11
2. Le secteur des carrières en Wallonie.....	14
2.1 Introduction.....	14
2.2 Historique des activités extractives en Wallonie.....	14
2.3 Sites actuellement en exploitation.....	16
2.3.1 Les sables.....	18
2.3.2 Les argiles.....	18
2.3.3 Les grès, quartzites, schistes et phyllades.....	19
2.3.4 Les calcaires et les dolomies.....	20
2.3.5 Le silex et la meulière.....	20
2.3.6 Le porphyre.....	21
2.4 Position de la Wallonie dans le marché mondial de la pierre.....	21
2.5 Aspects socio-économiques liés au secteur des carrières.....	23
2.6 Perspectives futures du secteur des carrières.....	25
3. La Pierre Bleue en Wallonie.....	27
3.1 Introduction.....	27
3.2 Origine géologique de la Pierre Bleue.....	27
3.3 Historique des activités extractives de Pierre Bleue en Wallonie.....	31
3.4 Situation géographique des carrières de Pierre Bleue en exploitation.....	35
3.5 Composition de la Pierre Bleue.....	37
3.5.1 Les composants chimiques.....	37
3.5.2 La faune fossile.....	38
3.6 Propriétés de la Pierre Bleue.....	41

3.6.1	Caractéristiques techniques.....	41
3.6.2	Coloration.....	41
3.6.3	Fécondité.....	42
3.6.4	Défauts.....	42
3.7	Usages de la Pierre Bleue.....	44
3.8	Aspects socio-économiques liés à l'exploitation de la Pierre Bleue.....	44
3.9	Perspectives futures.....	45
4.	État zéro environnemental des carrières de Pierre Bleue.....	46
4.1	Introduction.....	46
4.2	Diagramme de flux d'une carrière de Pierre Bleue. Variantes existantes.....	46
4.2.1	Introduction.....	46
4.2.2	Diagramme de flux général d'une carrière de Pierre Bleue.....	47
4.2.2.1	L'extraction.....	47
4.2.2.1.1	La mise en découverte.....	47
4.2.2.1.2	L'extraction proprement dite des blocs.....	50
4.2.2.1.3	Le transport des blocs.....	52
4.2.2.2	L'usine de traitement.....	53
4.2.2.2.1	Le chantier brut.....	53
4.2.2.2.2	Le sciage.....	54
4.2.2.3	L'atelier de finition.....	56
4.2.2.3.1	La marbrerie.....	57
4.2.2.3.2	Les produits piétonniers.....	57
4.2.2.3.3	Les tailles mécanique et manuelle.....	58
4.2.2.3.4	Le conditionnement.....	59
4.2.2.4	Autres services.....	60
4.2.3	Variantes existantes.....	60
4.2.3.1	Variantes au niveau de l'extraction.....	60
4.2.3.2	Variantes au niveau des usines.....	61
4.2.3.3	Variantes au niveau de la gestion.....	62
4.3	Flux de matières et énergie.....	62
4.3.1	Flux entrants.....	63
4.3.1.1	Matières consommables.....	63
4.3.1.2	Énergie.....	65

4.3.1.3 L'eau.....	66
4.3.2 Flux sortants.....	67
4.3.2.1 Rejets solides.....	67
4.3.2.2 Rejets atmosphériques.....	69
4.3.2.3 Rejets liquides.....	70
4.3.2.3.1 L'eau.....	70
4.3.2.3.2 Les huiles et graisses.....	71
4.3.3 Bilan des flux nécessaires pour produire une tonne de Pierre Bleue utile.....	72
4.4 Pressions sur l'environnement.....	74
4.4.1 Qualité de l'air.....	74
4.4.2 Changement climatique.....	76
4.4.3 Pollution de l'eau.....	77
4.4.4 Déchets.....	79
4.4.5 Bruits et vibrations.....	80
4.4.6 Paysage.....	81
5. Contrôle et diminution des nuisances.....	82
5.1 Introduction.....	82
5.2 Législation.....	82
5.3 Méthodes de traitement existantes.....	86
5.3.1 Qualité de l'air.....	86
5.3.2 Pollution de l'eau.....	88
5.3.3 Déchets.....	89
5.3.4 Bruits et vibrations.....	90
5.3.5 Paysage.....	91
5.4 Sous-produits valorisés.....	92
5.5 Pistes envisageables pour des traitements plus propres.....	92
5.5.1 Améliorations possibles au niveau des armures de sciage.....	93
5.5.2 Gestion des huiles et des graisses.....	98
5.5.3 D'autres propositions d'amélioration environnementale.....	102
5.6 Impact économique de l'application des technologies plus propres.....	103
5.6.1 Armures de sciage.....	103
5.6.2 Gestion des huiles et des graisses.....	104

5.6.3 Autres propositions.....	105
5.7 Impact social de l'application des technologies plus propres.....	105
6. Conclusions.....	107
Annexes.....	110
Glossaire.....	117
Bibliographie.....	119

Avant-propos

Ce travail de fin d'études vise à décrire les pressions exercées sur l'environnement par les carrières de Pierre Bleue wallonnes ainsi qu'à proposer l'implantation de nouvelles technologies qui permettent d'améliorer les moins bonnes situations existantes à présent.

Il nous paraît approprié de commencer par situer l'extraction de la Pierre Bleue dans l'ensemble du secteur des carrières wallonnes. Ainsi, après un premier chapitre introductif, nous retrouvons au chapitre 2 un bref historique des activités extractives en Wallonie ainsi que les types de pierre et les sites actuellement en exploitation.

Le chapitre 3 se focalise sur la Pierre Bleue. Nous commençons par expliquer l'origine géologique de cette pierre puis l'historique de son extraction. Nous citons les exploitations actives actuellement avant de détailler la composition, les propriétés et les usages de cette pierre calcaire.

Ensuite, au chapitre 4, nous entrons au cœur d'une carrière de Pierre Bleue pour décrire, analyser et évaluer les impacts que ses activités ont sur l'environnement. En effet, tout processus industriel a des effets sur l'environnement. Les mines en général, et les carrières de Pierre Bleue en particulier, ne constituent pas une exception à ce constat. La description du schéma général de production nous permettra d'identifier les flux de matières et d'énergie au sein de la carrière et donc les pressions de ces flux sur l'environnement. Nous nous focalisons sur les pressions sur la qualité de l'air et des eaux, les influences sur le changement climatique, la génération de déchets, bruits et vibrations ou la modification du paysage.

Il existe, cependant, une série de méthodes pour contrôler et diminuer les nuisances causées par les carrières. Au chapitre 5 nous commençons par identifier celles qui sont déjà mises en place et par montrer les sous-produits valorisés. Ensuite, nous proposons d'autres pistes envisageables pour l'amélioration de certains processus. Nous abordons notamment la gestion plus propre des huiles et des graisses ainsi que

l'amélioration technique des équipements utilisés pour le sciage des blocs de Pierre Bleue.

Les conclusions regroupent nos recommandations par rapport aux actions minimum que devraient entreprendre les gérants des carrières en ce qui concerne l'implantation de technologies plus propres à l'égard de l'environnement. Nous proposons aussi des mesures supplémentaires qui vont au-delà de ce minimum.

Chapitre 1 : Introduction

1.1 Aspects généraux

Les roches du sous-sol constituent une ressource naturelle précieuse pour l'Homme. Elles fournissent une grande partie des matières premières qui sont à la base de notre civilisation. Les métaux, les minéraux énergétiques, les minéraux industriels ou les pierres naturelles sont depuis longtemps mis à profit pour des usages assez variés. Mais, si le but des activités extractives a toujours été le même tout au long des siècles, les méthodes et techniques utilisées pour extraire ces matériaux, quant à elles, ont beaucoup évoluées. Cette évolution, en syntonie avec une demande croissante de roches et de minéraux, a permis à l'industrie extractive d'atteindre des taux d'activité jamais vus dans l'histoire.

L'extraction de roches et minéraux du sous-sol est une activité qui s'est aussi développé en Belgique depuis des siècles. Les métaux comme l'or, l'argent, le cuivre, le fer ; minéraux énergétiques comme la houille ou la tourbe ; minéraux industriels comme les carbonates, la silice, les phosphates et la baryte ; ou roches ornementales comme les marbres et les pierres naturelles ont été, ou sont encore, exploités en Belgique. Pour des raisons géologiques, la plupart des gisements se trouvent, cependant, dans le territoire de la région wallonne.

La Pierre Bleue est l'une de ces pierres naturelles que l'on trouve en Wallonie. Elle a, toutefois, deux caractéristiques qui la différencie des autres roches. Tout d'abord, il s'agit d'une pierre relativement abondante. En effet, nulle part dans le monde trouve-t-on des gisements de Pierre Bleue si étendus et si épais que ceux existants en Wallonie. Deuxièmement, ses qualités excellentes comme matériau de construction font de cette roche calcaire l'une des matières les plus largement exploitées du sous-sol wallon.

On extrait la Pierre Bleue dans des carrières à ciel-ouvert qui se situent dans les provinces du Hainaut, de Namur et de Liège. À travers une série de processus miniers et industriels, la pierre brute est transformée en une gamme de produits finis qui sont utilisés, principalement, dans le secteur de la construction. Tout au long de ce travail,

nous aurons l'occasion d'analyser ces processus miniers ainsi que les usages finaux de la Pierre Bleue.

1.2 Nomenclature

La Pierre Bleue est souvent appelée *petit-granit* par les marbriers, les architectes et même les géologues. Néanmoins, d'un point de vue strictement scientifique, la Pierre Bleue n'a aucune relation avec les granits.

En effet, un granit est une roche ignée cristalline, à texture granulaire, composée de quartz, feldspath et mica. La Pierre Bleue, elle est une roche sédimentaire constituée de restes fossiles d'animaux marins, principalement crinoïdes, cimentés entre eux par une boue calcaire.

La mauvaise utilisation des termes s'explique par l'aspect que prend la Pierre Bleue lorsqu'elle est brisée ou polie. En effet, dans ces conditions, la calcite des crinoïdes scintille comme le quartz et le feldspath des granits. Le terme « petit », quant à lui, doit être pris dans le même sens que celui qu'il a dans petit lait, par exemple.¹

À l'inverse de ce qu'on pourrait penser, le terme *petit-granit* n'a donc été employé pour la première fois que lorsqu'on a soumis la roche à des processus de polissage, au début du XIXe siècle. Cette appellation apparaît notamment en 1809 dans un ouvrage de J.J. d'Omalius d'Halloy², le « père de la géologie belge », et dans une liste des marbres belges³ datant de 1821. Pourtant, la dénomination *petit-granit* ne s'est répandue que vers la fin du XIXe siècle.

La Pierre Bleue a parfois aussi été appelée pierre d'Écaussinnes ou pierre de Soignies. Ces dénominations ne sont, cependant, pas justifiées car elle est aussi exploitée dans les provinces de Namur et de Liège.

¹ GROESSENS Eric (1993), « L'origine et l'évolution de l'expression *Petit-granit* » in Bulletin de la Société belge de Géologie, T.102 (3-4), 1993, pp. 271-276.

² J.J. d'OMALIUS d'HALLOY (1809), « Essai sur la géologie du Nord de la France », in GROESSENS E. (1993), *op. cit.*, pp 273.

³ BRARD C. P. (1821), « Minéralogie appliquée aux arts ou Histoire des minéraux... », in MARTÍN PEÑA M. (1983), *op. cit.*, pp 1.

La dénomination la plus rigoureuse d'un point de vue géologique est celle de Pierre Bleue crinoïdique. Ce dernier adjectif sert à identifier la Pierre Bleue par rapport à d'autres de teinte gris bleue comme la pierre de Meuse, la pierre de Tournai, la pierre de la Sambre et les calcaires dévoniens. Il s'agit en effet également de pierres bleues mais qui appartiennent à des niveaux géologiques différents. Néanmoins, d'un point de vue des impacts sur l'environnement, les activités qui se déroulent dans les carrières de ces *autres* pierres bleues sont entièrement similaires à celles des carrières de Pierre Bleue crinoïdique.

En conclusion, dans ce travail, un souci de clarté, de simplicité et de rigueur scientifique nous mène à utiliser de façon systématique le terme Pierre Bleue au détriment des autres termes cités ci-dessus. Néanmoins, beaucoup d'entre eux apparaissent indistinctement dans les ouvrages de référence et, en général, lorsque nous discutons avec des personnes concernées par ce sujet.

1.3 Démarche suivie pour la préparation de ce travail de fin d'études (TFE)

Les premiers pas concernant le choix du sujet ont lieu en automne 2003 lors d'entretiens successifs avec M. Tom Bauler, assesseur des étudiants à l'Institut de Gestion de l'environnement et d'Aménagement du territoire (IGEAT), et M. Marc Degrez, directeur du TFE.

Une fois le sujet accordé (la décision est prise de se focaliser sur l'activité extractive de Pierre Bleue), nous commençons par l'acquisition de données générales concernant la réalité de cette roche en Wallonie. Dans ce but, en février 2004 nous prenons contact avec M. Eric Groessens, géologue au Service géologique de Belgique. Spécialiste de la Pierre Bleue, il fournit non seulement des informations géologiques précises mais aussi des publications sur ses usages et ses propriétés ainsi qu'une liste exhaustive de contacts possibles qui pourraient servir dans nos démarches. Dans cette liste figure M. Francis Tourneur, chargé de mission à l'a.s.b.l. Pierres et Marbres de Wallonie, à Namur, lequel nous rencontrons en mars 2004. Celui-ci met à notre disposition plusieurs publications sur l'activité extractive outre celle de la Pierre Bleue, ce qui nous permet de compléter notre vision globale sur le secteur des carrières au sens large. Il fournit aussi les détails nécessaires pour prendre contact avec des personnes sur

le terrain, dans les carrières. Il suggère à cet égard de prendre d'une part la S.A. Carrières du Hainaut comme modèle de grande exploitation typique de la région de Soignies et, d'autre part, la Carrière de la Préalles comme modèle des plus petites exploitations typiques des provinces de Namur et de Liège.

C'est en avril 2004 que nous nous déplaçons pour la première fois à la Carrière du Hainaut, à Soignies. Son administrateur délégué, M. Fernando Galer, nous dirige vers la personne en charge des aspects environnementaux au sein du bureau d'études, M. Victor Netels. Pendant un total de 6 visites durant les mois de mai, juin et juillet 2004, il nous fournit les données précises qui nous permettent d'identifier le diagramme de flux de la carrière, les flux de matières et d'énergie ainsi que les pressions sur l'environnement et les méthodes mises en place pour diminuer les nuisances. Lors d'une de ces visites, M. Netels ainsi que M. Yves Debast, qui travaille également au bureau d'études, suggèrent deux pistes envisageables pour l'analyse de possibles implémentations de technologies plus propres à l'égard de l'environnement dans le processus productif. Nous nous focalisons alors sur l'amélioration technique des équipements de sciage des blocs de Pierre Bleue (les armures de sciage) et sur la gestion des huiles et des graisses. Cependant, la première piste dépassant les objectifs de ce travail, nous décidons de privilégier d'avantage la piste concernant la gestion des huiles et des graisses.

En juillet 2004 nous rencontrons les deux principaux fournisseurs d'huiles et de graisses de la carrière pour leur poser des questions à ce sujet. M. Charles Vanquaethem, spécialiste chez TOTAL, nous fournit des données générales sur la théorie des lubrifiants accompagnées de données très précises sur la gestion plus efficace et les possibilités de substitution de ce genre de produits. La même démarche est suivie avec M. Jos Differdange, spécialiste chez MOBIL.

Entre-temps, en mai 2004 nous nous sommes aussi déplacés à la Carrière de la Préalles, à Sprimont, pour entamer les mêmes démarches suivies aux Carrières du Hainaut. Malheureusement, l'accueil ne fut pas si chaleureux de la part de son ingénieur responsable, M. Yves Vincent, et donc nous avons dû nous contenter de regarder l'exploitation de loin sans pouvoir accéder à des données quelconques. Pour ce genre de

carrière nous nous sommes donc vus obligés de ne collecter que des informations générales à l'aide de références bibliographiques et d'entretiens oraux.

Finalement, en juin 2004 nous avons rencontré M. Serge Lapierre à la Direction générale de Ressources du sous-sol et de l'environnement (DGRNE), à Namur, pour collecter des informations sur les textes légaux qui concernent les activités extractives en Wallonie.

Chapitre 2 : Le secteur des carrières en Wallonie

2.1 Introduction

Le secteur des carrières (code NACE *CB.14*) fait référence aux mines et carrières d'où l'on extrait des matériaux qui ne sont pas destinés à la production d'énergie, outre les mines métalliques. Ceci inclut les carrières de pierres pour la construction, les carrières de gypse, kaolin ou grave, les mines de sel ou les mines de produits fertilisants comme le feldspath.

Cette classification est donc fondée sur la destination finale de la matière exploitée et non sur des raisons techniques. En effet, aujourd'hui, les différences entre mines et carrières sont de plus en plus réduites. Pendant le XIXe siècle, les mines étaient des exploitations où les tonnages et les productions impliquées nécessitaient l'utilisation de méthodes et des techniques très développées qui leur étaient spécifiques. Les carrières, en revanche, étaient souvent des petits trous dans la terre d'où l'on tirait des blocs de pierre à l'aide de techniques assez rustiques. Aujourd'hui, les mines conservant les mêmes caractéristiques, ce sont surtout les carrières qui ont beaucoup évolué pour passer à des échelles plus grandes et des techniques pareilles à celles des mines.

Dans ce chapitre nous allons donc faire le tour d'horizon du secteur des carrières en Wallonie. Nous commençons par un bref historique des activités extractives, puis nous verrons les roches qui s'exploitent aujourd'hui ainsi que leurs sites d'extraction. Ensuite, nous mettrons en contexte la production actuelle de roches ornementales dans cette région par rapport à d'autres pays au niveau européen et mondial. Nous verrons l'importance socio-économique du secteur des carrières pour la Wallonie et nous finirons en analysant les perspectives futures de ce secteur d'activité.

2.2 Historique des activités extractives en Wallonie

La première attitude industrielle face à la pierre apparaît dans le courant du IVe millénaire (av. J.-C.) dans la région de Spiennes, en Hainaut. Des champs de mines sont

exploités pour extraire, de la craie, de bons rognons de silex qui sont ensuite transformés en haches ou grandes lames par des artisans spécialisés, puis exportées à plus de 500 kilomètres de leurs lieux de fabrication.⁴

Les Gaulois, à leur tour, n'ont certainement pas attendu les Romains pour extraire les métaux de leur gangue ou pour orpailler les sédiments des rivières. Par contre, ce sont les Romains qui ont d'abord ouvert les gisements de marbre noir, de marbre rouge, de diverses pierres bleues et de travertins, pierres qu'ils travaillaient afin de faire ressortir leur beauté.⁵

L'activité extractive au moyen âge connaît deux réalités assez différentes. D'une part, celle des pierres dont le succès dépasse largement les frontières wallonnes, telles que le calcaire de Tournai, les porphyres de Lessines ou les divers marbres. D'autre part, de nombreuses exploitations répondait aux besoins locaux de pierre, parfois passagers, pour la création de chaussées, bâtiments, etc, telles que celles qui exploitaient les grès de Bray ou l'arkose de Clabecq. Les premières bénéficièrent pour leur commerce de l'appui d'une voie d'eau de première importance (la Meuse ou l'Escaut) d'autant plus que le transport par eau coûtait sous l'Ancien Régime 6 à 7 fois moins cher que le transport terrestre. Cette situation s'est atténuée au XVIIIe siècle avec la construction des grandes chaussées qui croisent le pays.

Si la création des chaussées fut un plus pour le commerce de la pierre wallonne, les conditions d'exploitation n'évoluèrent guère sous l'Ancien Régime. L'extraction ne bénéficia de l'appui de la machine à vapeur que dans le troisième quart du XVIIIe siècle. Les méthodes et les outils de travail, quant à eux, ne semblent pas avoir connu la moindre évolution du moyen âge au XIXe siècle.

Le XIXe siècle ainsi que le premier quart du XXe témoignent de l'apparition des sociétés industrielles, d'innovations techniques, de l'investigation géologique, de la concentration progressive des exploitations, de la révolution introduite par l'électricité,

⁴ COLLIN Fernand (2002), « Vies de pierres – La pierre ornementale en Belgique : état de la question », pp 14. Pierres et Marbres de Wallonie a.s.b.l.

⁵ GROESSENS Eric (2002), « Vies de pierres – La pierre ornementale en Belgique : état de la question », pp 22. Pierres et Marbres de Wallonie a.s.b.l.

de la multiplication sans précédents des ouvriers puis de l'émergence de leurs revendications.

Les trois derniers quarts du XXe siècle connaissent la progressive concurrence de produits exotiques. Ceci aboutit à la disparition des entreprises les moins performantes ou à leur fusion. À titre d'exemple, le nombre de sites exploités n'est plus que d'environ 200 aujourd'hui alors qu'il s'élevait à plus de 1000 au début du XXe siècle et à près de 800 en 1938. En même temps, le nombre d'ouvriers se réduit. Il y en avait environ 30.000 en 1900, plus de 25.000 en 1938 et 7.000 aujourd'hui.⁶

Dans les premières années du XXIe siècle, on constate encore une réduction du nombre d'exploitations actives à cause toujours d'une concentration de l'activité sur des carrières de plus en plus importantes assurant une production totale assez stable. Ainsi, alors que 964 sites étaient identifiés par l'inventaire des ressources du sous-sol de Wallonie, réalisé de 1995 à 2001, comme étant inscrits en zone d'extraction aux plans de secteur (PS) ou faisant l'objet d'un dossier d'autorisation auprès de la Région wallonne, seulement 214 étaient encore actifs, dont 70 de manière intermittente. 706 carrières étaient inactives, tandis que 44 des zones d'extraction inscrites n'avaient jamais fait l'objet d'une exploitation.

2.3 Sites actuellement en exploitation

En Wallonie, en 2002, on dénombre 180 carrières actives qui produisent quelques 65 millions de tonnes de produits divers par an, dont 79,15% de calcaires et dolomies ; 7,88% de grès, quartzites, schistes et phyllades ; 6,98% de porphyre ; 4,6% de sables ; 1,33% d'argiles ; et enfin 0,06% de silex.⁷ (voir figure 2-1)

⁶ DUCASTELLE Jean-Pierre (2002), « Vies de pierres – La pierre ornementale en Belgique : état de la question », pp 54. Pierres et Marbres de Wallonie a.s.b.l.

⁷ POTY Edouard et CHEVALIER Emmanuel (2004), « L'activité extractive en Wallonie – situation actuelle et perspectives », DGATLP - Région wallonne.

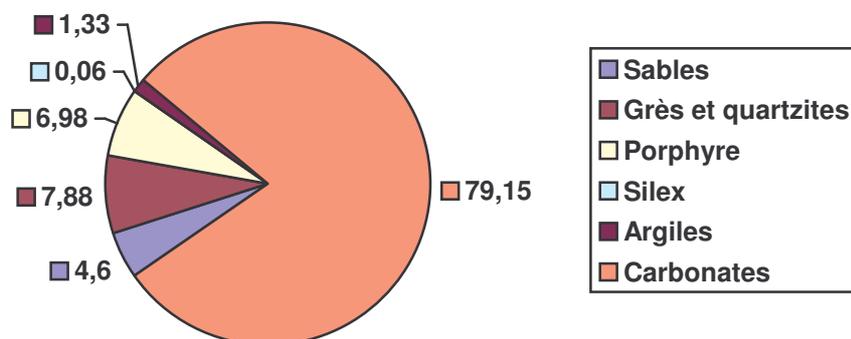


Figure 2-1. Nature et tonnages des différents matériaux extraits annuellement en Wallonie (2002)

La figure 2-2 montre la situation géographique des carrières actives en Wallonie en 2002.

Ce travail étant focalisé sur les activités extractives de Pierre Bleue, nous n'allons développer les caractéristiques des exploitations des autres types de roche que d'une façon très succincte. Pour plus de renseignements, nous reportons le lecteur aux ouvrages de référence cités dans la bibliographie⁸.

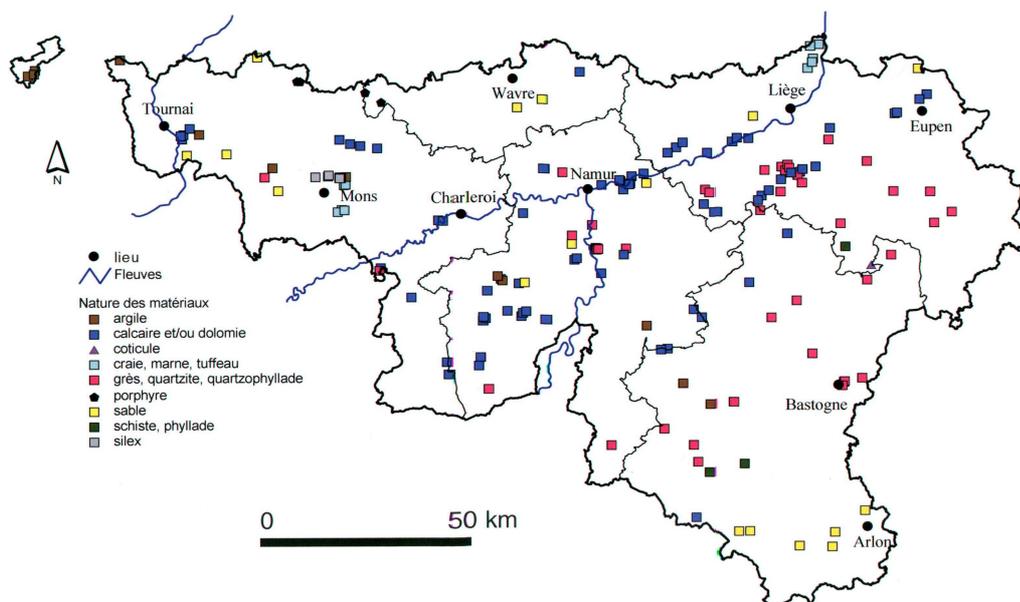


Figure 2-2. Situation géographique des carrières actives en Wallonie en 2002

⁸ Notamment, POTY Edouard et CHEVALIER Emmanuel (2004), « L'activité extractive en Wallonie – situation actuelle et perspectives », DGATLP - Région wallonne.

2.3.1 Les sables

Le sable est une roche meuble, essentiellement constituée de grains de quartz (SiO_2) dont les dimensions sont comprises entre 0,06 et 2 mm. Le sable extrait en Wallonie est d'origine marine et d'âge soit mésozoïque, soit cénozoïque. Les principaux dépôts se situent au nord de la Gaume (7 sites), dans le Hainaut occidental (5 sites) et dans le Brabant wallon (3 sites) (voir carte 1 dans l'annexe). 3 millions de tonnes de sable ont été produites en 2002.

Les sables extraits en Wallonie sont valorisés principalement dans le secteur de la construction (sables pour les centrales à béton, sables drainant, sables de maçonnerie ou sables de remblais). Une petite quantité est utilisée par l'industrie (sables pour les moules des fonderies et pour les briqueteries ou les tuileries).

En plus du sable « naturel » (d'origine sédimentaire), 4 millions de tonnes de sable « artificiel » sont produites par an à partir du concassage de roches dures (calcaires, dolomies, grès, quartzites, porphyres) ainsi que par le recyclage-concassage de matériaux de construction. Ces sables artificiels sont essentiellement utilisés pour la production de béton et dans les travaux de voiries.

2.3.2 Les argiles

Les argiles sont des roches meubles à grain très fin (inférieur à 0,004 mm), tendres, fragiles à l'état sec et faisant pâte lorsqu'elles sont mélangées à l'eau. Elles sont composées de phyllosilicates (silicates dont la structure cristalline a la forme de feuillets superposés) auxquels viennent s'ajouter d'autres minéraux tels que le quartz (SiO_2) ou la calcite (CaCO_3).

865.000 tonnes d'argile ont été extraites en 2002 dans 14 argilières, dont 11 travaillant de façon intermittente, situées principalement dans le Hainaut (8 sites) (voir carte 2 dans l'annexe).

Les argiles extraites en Wallonie sont surtout utilisées pour la production de briques mais elles sont aussi destinées à la production de ciment blanc, de réfractaires, de tuiles ou de carrelage.

2.3.3 Les grès, quartzites, schistes et phyllades

En dépit de leurs caractéristiques minéralogiques et propriétés mécaniques très différentes, les grès et les quartzites, d'une part, et les schistes et les phyllades, d'autre part, apparaissent souvent mélangés dans les formations géologiques. C'est pour cela que ces types de roche sont très souvent exploités de façon conjointe.

D'une part, le grès est une roche sédimentaire compacte formée lorsque des grains de sable sont cimentés par d'autres matériaux. Le type de grès dépend de la nature du ciment, de la taille des grains et de la présence d'éléments particuliers. Ainsi, en Wallonie on reconnaît plusieurs variétés de grès dont les argileux, les siliceux, les ferrugineux, les arkoses, les poudingues ou les grauwackes. D'autre part, le quartzite résulte de la soudure des grains originels de quartz suite à leur accroissement par adjonction de nouvelle silice lors d'un processus métamorphique.

Les grès et les quartzites sont souvent concassés puis utilisés dans les travaux routiers ou comme ballast pour le chemin de fer. Ils sont aussi très utilisés pour la réalisation de moellons, dalles ou pierres de construction.

En ce qui concerne les schistes et phyllades, ils ont une structure feuilletée caractéristique due à des processus tectoniques et minéralogiques spécifiques tels que les fracturations, la réorientation des cristaux, le métamorphisme, etc. Cette structure les empêche de servir comme granulats et c'est ainsi qu'ils ne possèdent un intérêt économique que lorsqu'ils peuvent être débités en grands blocs ou en dalles.

53 carrières étaient actives en 2002, produisant 5 millions de tonnes de granulats et 140.000 tonnes de pierres ornementales. Presque toutes ces carrières se trouvent soit dans la province de Liège, soit dans la province du Luxembourg (voir cartes 3, 4, et 5 dans l'annexe).

2.3.4 Les calcaires et les dolomies

Les calcaires sont des roches sédimentaires composées de carbonate de calcium (CaCO_3) auquel peuvent s'ajouter des quantités variables de silice (SiO_2) et d'argile. Les dolomies sont aussi des roches sédimentaires carbonatées mais composées d'au moins 50% de dolomite ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$), un minéral qui résulte d'une réaction chimique entre le CaCO_3 et le chlorure de magnésium (MgCl_2) dissout dans des eaux circulant dans la roche. Les niveaux de calcaire et de dolomie exploités en Wallonie appartiennent principalement au Dévono-Carbonifère et dans une moindre mesure au Mésozoïque et au Tertiaire. Tous sont d'origine marine.

Le calcaire et la dolomie sont des matériaux largement utilisés à l'état cru ou cuit, particulièrement dans les industries du verre, chimique et pharmaceutique, en sucrerie, cimenterie, sidérurgie. Bien sûr, en tant que pierres résistantes, les calcaires sont activement exploités pour la fabrication de moellons, de marbre et tout autre type de pierre ornementale dont la Pierre Bleue (le Chapitre 3 donne de plus amples détails sur l'origine géologique, les sites en exploitation, les propriétés et les usages de la Pierre Bleue).

En reprenant le groupe des roches calcaires et dolomies dans son ensemble, nous soulignons le fait que, tant par le nombre de sites actifs (86 sur un total de 180), que par le tonnage produit (51,5 millions de tonnes par an sur un total de 65 millions produits), les roches carbonatées restent les plus largement exploitées en Région wallonne.

2.3.5 Le silex et la meulière

Le silex est une roche siliceuse très dure constituée de calcédoine et de quartz, formée lors de la précipitation de silice dans un sédiment calcaire peu de temps après son dépôt. La meulière, pour sa part, résulte du même processus mais lorsqu'il se déroule plus tardivement.

Le silex est extrait dans 3 carrières situées dans la Basse-Meuse, tandis que la meulière est exploitée dans 8 petites carrières dans la région de Mons.

Ces deux produits sont essentiellement valorisés dans l'industrie (revêtement de tubes broyeurs, réfractaires, etc.) et très accessoirement dans la construction (empierrement).

2.3.6 Le porphyre

Le porphyre est une roche ignée créée par solidification du magma profond et soumit à des modifications minéralogiques postérieures. Ses caractéristiques techniques font du porphyre une des meilleures roches à granulats de Wallonie.

4 carrières se situent dans la région de Lessines (voir carte 6 dans l'annexe) et produisent 4,5 millions de tonnes de porphyre concassé par an, à destination de ballast pour le chemin de fer, travaux routiers, béton à haute résistance, etc.

2.4 Position de la Wallonie dans le marché mondial de la pierre

Les données présentées dans ce sous-chapitre permettent de situer la position de la Belgique (et donc de la Wallonie étant donné l'inexistante activité extractive en Flandre) dans le contexte mondial de la pierre. Elles doivent néanmoins être prises avec précaution car ce sont des calculs basés sur des statistiques officielles et il y a un risque de confusion entre chiffres de la roche industrielle et ceux de la pierre ornementale.

Dans le monde, on extrait environ 55 millions de tonnes de pierre naturelle par an. La répartition de cette production par régions est, toutefois, très inégale, comme le montre le tableau suivant⁹. Ainsi, près de la moitié des pierres naturelles sur le marché proviennent d'Europe. L'Asie se situe en deuxième position. Les productions dans l'Amérique, l'Afrique et l'Océanie sont quant à elles assez réduites.

⁹ MONTANI Carlo, « STONE 2000 World Marketing Handbook » in SERVATIUS N. (2001), op. cit., pp 4 – 7.

Pays ou régions	Tonnes (1.000)	Parts (%)
Europe (UE 15)	21.500	39,4
Europe (autres)	5.000	9,2
Total Europe	26.500	48,6
Amérique du Nord	2.850	5,2
Amérique du sud	3.150	5,8
Total Amérique	6.000	11
Afrique	2.750	5
Chine	9.000	16,5
Inde	4.600	8,4
Asie (autres)	5.400	10
Total Asie	19.000	34,9
Océanie	250	0,5
Total monde	54.500	100

Tableau 2-1 : production de pierre naturelle dans le monde (1999)

Les pays de l'Union européenne (à 15) représentent à eux seuls 39,4% de la production mondiale. Le tableau suivant montre que l'Italie se détache des autres pays avec près de 40% de la production de l'UE (ce qui représente 15% de la production mondiale). La Belgique se situe en 6^{ème} position, avec une production de 800.000 tonnes de pierres naturelles en 1999, ce qui correspond à 1,5% du total mondial.

Pays	Tonnes (1000)	Parts mondiales (%)	Parts UE (%)
Italie	8250	15,1	38,4
Espagne	5000	9,2	23,2
Portugal	2350	4,3	10,9
Grèce	1650	3	7,7
France	1200	2,2	5,6
Belgique	800	1,5	3,7
Allemagne	750	1,4	3,5
Finlande	600	1,1	2,8
Suède	300	0,5	1,4
Autriche	300	0,5	1,4
Royaume-Uni	150	0,3	0,7
Irlande	100	0,2	0,5
Danemark	50	0,1	0,2
Pays-Bas	-	-	-
Total	21500	39,4	100

Tableau 2-2 : production de pierre naturelle dans les pays de l'UE-15 (1999)

En ce qui concerne les importations et les exportations belges de pierre naturelle, il faut relever que les importations sont 1,35 fois supérieures aux exportations¹⁰. Les pays d'origine des pierres importées sont la France, l'Italie, l'Espagne et le Portugal, mais aussi l'Inde, la Chine, l'Afrique du Sud ou le Brésil. Les pays de destination des pierres belges sont notamment les Pays-Bas, la France et l'Allemagne.

2.5 Aspects socio-économiques liés au secteur des carrières

En Wallonie, le chiffre d'affaire du secteur carrier de roche ornementale représente 90 millions d'euro par an. Le secteur des carrières en global génère un emploi direct estimé à quelque 5.200 personnes¹¹, dont environ un cinquième est occupé dans les carrières de roche ornementale. L'emploi indirect lié aux carrières en exploitation est de l'ordre de 15.000 personnes.¹²

Les deux tableaux suivants présentent respectivement la répartition du nombre de carrières, le nombre d'emplois et la production totale du secteur extractif pour les différentes provinces wallonnes et le nombre d'emplois pour les différents types de matériaux extraits :

Province	Nombre de carrières actives	Nombre d'emplois directs	Production totale (en T)
Brabant Wallon	6	211	3.805.000
Hainaut	44	2.450	30.637.000
Liège	59	1.163	11.965.000
Luxembourg	28	256	3.930.000
Namur	43	899	14.853.000
Totaux	180	5.179	65.190.000

Tableau 2-3 : nombre de carrières, nombre d'emplois directs et production totale du secteur extractif pour les différentes provinces wallonnes en 2002.

¹⁰ SERVATIUS Nicolas (2001), « Analyse du contexte de la compétitivité du secteur de la pierre bleue en Wallonie », mémoire présenté en vue de l'obtention du grade d'ingénieur civil de gestion à ULB.

¹¹ POTY Edouard et CHEVALIER Emmanuel (2004), « L'activité extractive en Wallonie – situation actuelle et perspectives », DGATLP - Région wallonne.

¹² Agence wallonne à l'exportation - Secteurs - Industrie extractive http://www.secteurs.walloniam-export.be/fr/S3.asp?sector_id=29 (20 mars 2004).

Type de matériau	Nombre d'emplois directs
Sable	160
Argiles	420
Grès, quartzites et phyllades	370
Calcaires et dolomies	3.800
Silex et meulière	70
Porphyre	380

Tableau 2-4 : nombre d'emplois (en 2002) pour les différents types de matériaux extraits

On peut aussi estimer à un peu plus d'une cinquantaine le nombre de sociétés actives en Belgique qui travaillent au service des industries extractives, soit quelque 1.500 emplois directs avec un chiffre d'affaires annuel estimé à quelques 111,5 millions d'euro.

Le tableau suivant reprend les chiffres pour ce qui concerne les exportations des différents matériaux extraits en Wallonie¹³ :

Type de roche	Matériaux	% destiné à l'exportation
Sable	Sable de construction	5
	Sables de fonderie	50
Argiles		-
	Granulats	15 ⁽¹⁴⁾
Calcaires et dolomies	Pierre ornemental	25
	Industriels	38
	Granulats	30
Silex et meulière	Pierre ornemental	27,5
		20
Porphyre		40

Tableau 2-5 : pourcentage destiné à l'exportation des différents matériaux extraits en Wallonie en 2002.

Un dernier chiffre nous semble intéressant. Les zones d'extraction inscrites sur les futurs plans de secteur ainsi que les nouveaux gisements potentiels définis lors de l'inventaire des ressources du sous-sol représentent une superficie totale de 29.063 hectares, soit 1,72% du territoire wallon. Ce chiffre est à comparer à 4,24% pour les zones d'espaces verts, 12% pour les zones d'habitat et 50% pour les zones agricoles.

¹³ POTY Edouard et CHEVALIER Emmanuel (2004), « L'activité extractive en Wallonie – situation actuelle et perspectives », DGATLP - Région wallonne.

¹⁴ La majorité de ces exportations est réalisée par quelques carrières gérées par des sociétés françaises, hollandaises et luxembourgeoises exportant jusqu'à 75% de leur production.

2.6 Perspectives futures du secteur des carrières en Wallonie

Les perspectives futures de l'industrie extractive wallonne sont assez différentes selon les types d'exploitation.

Ainsi, en supposant que toutes les zones d'extraction actuelles et les gisements identifiés dans l'inventaire des ressources du sous-sol (1995-2001) sont inscrites aux futurs plans de secteur, au rythme d'extraction actuel on peut envisager les perspectives suivantes :

Sable	890 ans
Calcaires ornementaux	315 ans
Grès et roches associées	200 ans
Carbonates industriels	165 ans
Granulats calcaires, argiles, porphyres, silex et meulières	Plusieurs décennies

Parmi les 180 carrières actives en 2002, 125 ne disposaient plus de réserves autorisées suffisantes pour plus de 5 ans d'activité. Cette situation sera sûrement remédiée à la présentation des demandes de révision des plans de secteur par les carriers.

Il existe aussi quelques 35 projets de réouverture d'anciens sites ou de création de nouvelles carrières. Actuellement, de telles procédures peuvent se prolonger plusieurs années. Le facteur limitant causant ce retard est l'état de saturation des bureaux d'étude agréés qui réalisent les études d'incidence, obligatoires lors de la demande d'un permis d'environnement pour une activité extractive.

À part les réserves des différentes roches dans le sous-sol, il y a un autre facteur qu'il faut tenir en compte au moment d'évaluer les perspectives futures du secteur des carrières wallonnes. C'est l'évolution du marché. La concurrence de matériaux similaires provenant d'autres pays ainsi que de nouveaux matériaux de substitution peuvent beaucoup faire varier, et ce très rapidement, la demande et donc les prix de

vente. Il y a plusieurs exemples qui démontrent que cette concurrence est déjà très forte, notamment dans le cas de la Pierre Bleue (voir sous-chapitre 3.9). Pour plus de détails sur ce sujet nous renvoyons le lecteur aux ouvrages de référence cités dans la bibliographie.¹⁵

¹⁵ Notamment, SERVATIUS Nicolas (2001), « Analyse du contexte de la compétitivité du secteur de la pierre bleue en Wallonie », mémoire présenté en vue de l'obtention du grade d'ingénieur civil de gestion à ULB.

Chapitre 3 : La Pierre Bleue en Wallonie

3.1 Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons vu un panorama général de l'activité extractive wallonne où nous avons constaté l'existence de deux filières complémentaires : la filière industrielle et la filière ornementale. L'extraction de Pierre Bleue (la roche qui nous occupe dans ce travail) appartient à cette deuxième filière. D'ailleurs, l'industrie de la Pierre Bleue représente à elle seule environ 90% de la production totale de roche ornementale en Wallonie. Nous aurons l'occasion vers la fin de ce chapitre de décrire plus précisément les aspects socio-économiques liés à l'exploitation de cette roche. Nous commençons tout d'abord par expliquer son origine géologique, ses propriétés et ses usages ainsi que par décrire l'historique de son extraction et les sites actuellement en exploitation. Nous finirons en analysant les perspectives futures des carrières de Pierre Bleue en Wallonie.

3.2 Origine géologique de la Pierre Bleue

Il y a 340 millions d'années un bassin de sédimentation existait sur le territoire belge. Il s'agissait d'une mer chaude, peu profonde, où se déposaient des sédiments calcaires variés d'origine organique. Cette mer était ouverte vers l'Est et l'Ouest, et limitée par des massifs émergés au Nord et au Sud (figure 3-1). Les dépôts qui ont donné naissance à la Pierre Bleue se situaient le long de ces deux massifs.

Les traités de géologie définissent la Pierre Bleue comme un *calcaire crinoïdique tournaisien*. Cette définition purement scientifique nous permet d'expliquer l'origine géologique de la Pierre Bleue existante aujourd'hui dans le sous-sol wallon.



Figure 3-1. Disposition des terres émergées et de la mer au tournaisien supérieur

Une pierre calcaire crinoïdique est un matériau formé à partir de fragments de squelettes fossiles, notamment crinoïdes, déposés au fond de la mer et soumis à des conditions précises de pression et de température. Outre ce fossile dominant, la Pierre Bleue contient aussi des bryozoaires, des coquilles de brachiopodes et des coraux solitaires et coloniaux (figure 3-2). Cet agrégat de squelettes est composé de carbonate de calcium, ou calcite (CaCO_3), qui devient donc le minéral dominant dans l'ensemble rocheux (voir section 3.5).

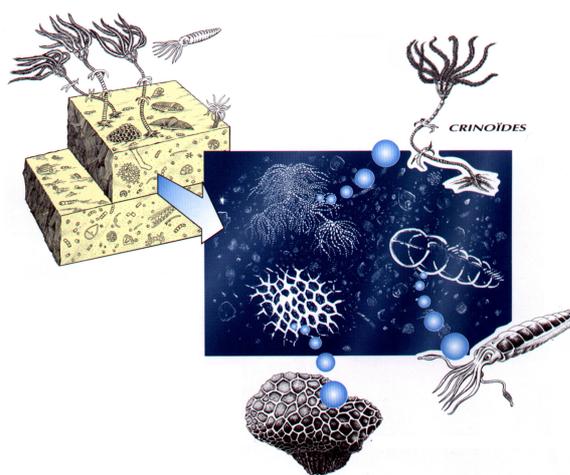


Figure 3-2. faune au fond de la mer tournaisienne

Ce processus de sédimentation carbonatée s'est déroulé pendant la série tournaisienne. Celle-ci fait partie du sous-système Dinantien, lui-même appartenant au

système Carbonifère (figure 3-3). Le Carbonifère est une période caractérisée par de grands apports et dépositions de matériaux divers : dans un premier temps, ce sont des matières carbonatées (essentiellement calcaire et dolomie d'où le nom de *calcaire carbonifère*), à l'origine de la Pierre Bleue ; puis des terres et des sédiments lagunaires avec veines de houille (*Houiller*), à l'origine des gisements de charbon.

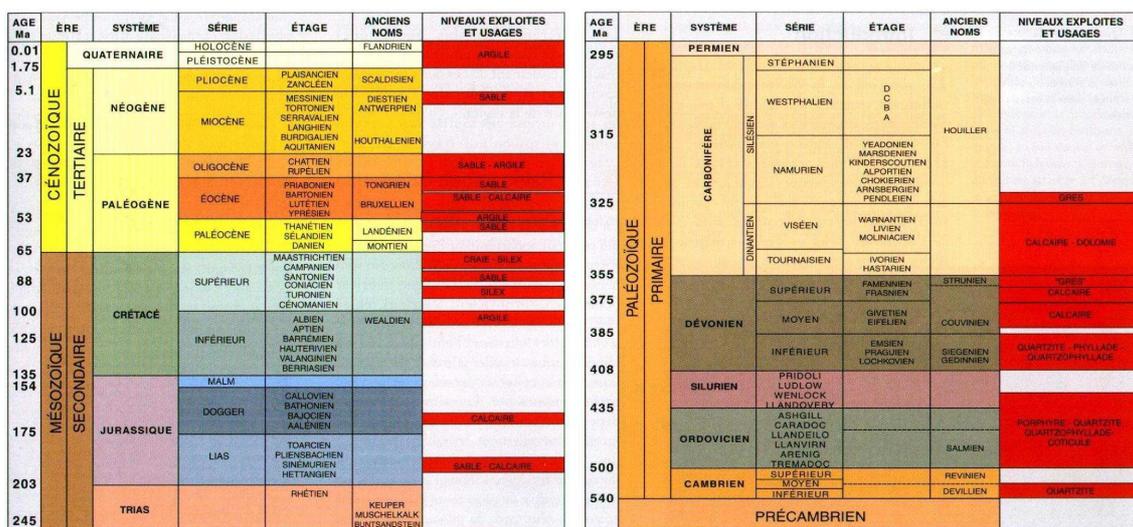


Figure 3-3. Échelle stratigraphique et niveaux exploités en Wallonie

Si l'on regarde les strates dans les gisements de Pierre Bleue, on trouve une certaine régularité dans la disposition des différentes couches déposées dans cette période Carbonifère. Par exemple, les roches exploitées comme Pierre Bleue se trouvent systématiquement de part et d'autre d'un petit lit argileux gris bleu dénommé « délit à la terre bleue ». Avec une épaisseur moyennant les 10 cm, ce délit constitue le meilleur repère dans la recherche de la roche crinoïdique.

Une fois le Carbonifère terminé, les mouvements tectoniques importants qui vont se dérouler modifieront la disposition initialement plate de ces dépôts. L'orogénèse hercynienne donne alors naissance à une chaîne de montagnes qui s'étend en forme d'arc, du Portugal à la Bohême en passant par l'Ardenne et les Vosges. Les dépôts de Pierre Bleue vont à ce moment basculer puis se casser et former des failles qui permettront la séparation des différents lambeaux de pierre. C'est ainsi que les

gisements exploités du Hainaut sont inclinés selon une pente de 15° à 22°, tandis que ceux situés sur les bords de l'Ourthe et de la Meuse atteignent parfois la verticalité.¹⁶

Les processus géologiques externes, notamment les processus d'érosion, vont s'imposer après l'orogénèse hercynienne. C'est ainsi que ces dépôts de Pierre Bleue vont devenir très proches de la surface et même parfois affleurer.

Aujourd'hui, selon la position stratigraphique (voir tableau 1) et géographique qu'ils occupent, les gisements de Pierre Bleue peuvent être divisés en quatre groupes :

- Gisements du Hainaut : ils appartiennent au niveau Tn 3b de l'étage Ivorien. Cet étage affleure suivant une bande E-W d'une quarantaine de kilomètres allant d'Ath à Ligny, sur le bord septentrional du Hainaut. Il est divisé en de nombreux tronçons par une série de failles obliques et parallèles par rapport à la direction des bancs. L'épaisseur exploitée environne les 30 m et sa composition est remarquablement constante.
- Gisements du Condroz : ils appartiennent aussi au niveau Tn 3b de l'étage Ivorien. Ils affleurent sur 35 km le long d'un synclinal suivant une direction W/SW-E/NE, depuis Havelange jusqu'à Sprimont. Les bancs se présentent horizontalement ou de manière incliné en fonction de la situation de la carrière par rapport au synclinal. L'épaisseur exploitable est de 40 m et la constance dans la composition des bancs de Pierre Bleue est aussi très remarquable.
- Gisements de l'Entre-Sambre-et-Meuse : ils appartiennent aussi au niveau Tn 3b précité. Les Pierres Bleues y sont exploitées dans des épaisseurs de 20m.
- Gisements du Bocq : ils appartiennent au niveau Tn 2b de l'étage Hastarien, plus ancien que les précédents. Ils sont axés sur la vallée du Bocq avec des épaisseurs d'exploitation de 15 à 25 m.

¹⁶ MARTÍN PEÑA Miguel (1983), *La Pierre Bleue crinoïdique*, Service Géologique de Belgique, Bruxelles.

TOURNAISIEN	Tn 3c	IVORIEN	Calcaire de Leffe, Malon-Fontaine et Martinrive
	Tn 3b		Calcaire crinoïdique Ecaussines, Ourthe, Denée
	Tn 2c		Calcaire d'Yvoir
	Tn 2c	HASTARIEN	Calcschiste
	Tn 2b		Calcaire de Landelies et Bocq
	Tn 2a		Schiste
	Tn 1b		Calcaire

Tableau 1 : stratigraphie détaillée de la formation tournaisienne

3.3 Historique des activités extractives de Pierre Bleue en Wallonie

Le point de départ des activités extractives de Pierre Bleue en Wallonie semble se situer pendant les **premières siècles de notre ère**. Des fouilles de villas gallo-romaines de la région d'Ecaussinnes-Soignies ont mis en évidence l'utilisation de moellons d'une pierre calcaire argileuse d'âge tournaisienne, contenant un pourcentage assez importante de crinoïdes. Cette pierre, assez fissurée et donc assez facile à extraire, correspond aux étages argileux supérieures que l'on peut encore voir aujourd'hui dans le haut des parements des carrières à ciel ouvert. À l'époque, cette couche de roche ne pouvait être exploitée que là où elle affleurait de façon naturelle, notamment dans quelques rares endroits dans le fond des vallées.

Plusieurs siècles passent avant que l'extraction de Pierre Bleue ne prenne un peu d'importance sur le plan économique et social. C'est pendant le **Haut Moyen Âge** que l'extraction de pierre calcaire commence à Ecaussines et Feluy-Arquennes. Le développement de ces premières carrières est rendu possible par l'essor du transport sur les cours d'eau avoisinants, notamment sur la Dyle, la Thyle, la Senne et la Sennette. Pendant cinq siècles, les carrières d'Ecaussines et de Feluy fournissent la meilleure, et peut-être la seule, Pierre Bleue disponible. Elle sera dès le début très appréciée par les maîtres bâtisseurs et donc utilisée dans des constructions importantes comme le château des seigneurs d'Ecaussines-Lalaing, **XIIe siècle** ; l'église de Notre-dame de Paemele à Audenaerde, **XIIIe siècle** ; la collégiale gothique de Sainte-Waudru à Mons, **XVe siècle** ; et la façade de « Oude Delft », **XVIe siècle**. Les carrières de Feluy livrent aussi dès la moitié du XIVe siècle la pierre qui sert à la sculpture des gargouilles, balustres et hommes d'armes du beffroi de Gand. La plus ancienne sculpture en Pierre Bleue que

l'on connaisse est d'ailleurs un de ces hommes d'armes, une statue de deux mètres d'hauteur qui se conserve au musée de Saint-Bavon à Gand.

C'est pendant le XVI^e siècle que les gisements de Pierre Bleue des régions de Namur et de Liège commencent à être très légèrement exploités. Un autre calcaire à patine blanche mais surtout le grès houiller étant beaucoup plus répandus, ce n'est que vers la fin du XIX^e siècle que ces exploitations vont prendre leur essor. Néanmoins, on peut citer le Manoir de la Tour à Villers-le-Temple ou l'église abbatiale de Saint-Hubert comme exemples de beaux bâtiments en Pierre Bleue namuroise ou liégeoise datant de cette époque là.

L'extraction de la Pierre Bleue proprement dite à Soignies ne débute que pendant la deuxième moitié du **XVII^e siècle**. Les raisons pour un démarrage si tardif en comparaison avec d'autres régions extractives de pierres naturelles, ne sont pas tout à fait claires¹⁷. Il pourrait s'agir d'un problème d'exhaure, les techniques pour évacuer l'eau des carrières étant tout simplement inexistantes, or cela devrait être identique dans les autres vallées. Il pourrait aussi s'agir d'un problème de compacité des matériaux, les massifs de Pierre Bleue ayant moins de délits et de fractures pour permettre leur extraction. En fin, le réseau de transport est très précaire, Soignies n'étant traversé par aucune voie navigable comme l'est Tournai, Namur ou Dinant.

La production à Soignies dans un premier temps est relativement limitée. Cependant, le développement des activités est rapide dès le début du **XVIII^e siècle**. Ainsi vers 1765, quarante ans après l'établissement de la famille Wincqz comme maîtres de carrière à Soignies, sept carrières et neuf fours à chaux sont reportés en activité sur le site qui est encore aujourd'hui occupé par les carrières Gauthier-Wincqz. La nouvelle route Bruxelles-Mons, reliant Soignies à ces deux grandes villes, constitue une voie de sortie efficace pour une production de pierre qui dévient de plus en plus demandée grâce à la multiplication de chantiers publics comme les voies ferrées, les canaux ou les casernes. Cette demande de pierre est continue pendant tout le XVIII^e, avec un petit creux lors de la Révolution française, et au début du XIX^e siècle. Notons

¹⁷ GROESSENS Eric (1991), « Les roches au service de l'homme » Documents du Musée de la Pierre, Fascicule 2.

aussi que la fin du XVIII^e siècle voit la découverte des possibilités de polissage de la Pierre Bleue et donc de son utilisation comme marbre décoratif.

Sur plan social, deux faits illustrent les profonds changements qui sont en train de se produire dans la société de la fin du XVIII^e et début du XIX^e siècles. Premièrement, l'arrivée de manière progressive aux carrières d'une main d'œuvre supplémentaire provenant des activités agricoles, celles-ci étant de plus en plus mécanisées. Deuxièmement, l'ascension sociale des maîtres carriers, qui prospèrent, rejoignent et dépassent même sur le plan social les plus grands propriétaires fonciers de l'époque.

Pendant la première moitié du **XIX^e siècle**, les extractions se poursuivent à des rythmes similaires à Soignies, Ecaussinnes ou Feluy. Mais sans doute, les deux facteurs qui, ensemble, permettent à l'industrie extractive sonégienne de prendre une longueur d'avance par rapport aux autres régions concurrentes sont l'introduction de la machine à vapeur au sein des carrières et l'arrivée du chemin de fer dans l'année 1841. Ceci facilite, d'une part, l'extraction, le sciage et le levage des blocs de Pierre Bleue à l'intérieur des carrières ; et, d'autre part, le transport des blocs ainsi que des produits finis vers des destinations plus lointaines, à l'extérieur de la carrière (France, Pays-Bas mais surtout la ville de Bruxelles avec le Jardin Botanique, les Galeries Saint-Hubert, le Palais de Justice, la Maison du Roi ou le Palais du Cinquantenaire).

L'essor subi dans la deuxième moitié du XIX^e siècle par les carrières de Pierre Bleue de la province de Liège découle d'un événement tout à fait particulier : l'écroulement du Pont de la Boverie, à Liège, construit en Calcaire de Meuse. L'accident étant attribué à la mauvaise qualité de la pierre, la Pierre Bleue de la vallée de l'Ourthe a sa chance lors de la reconstruction du pont. Les excellents résultats dans cette application ainsi que dans d'autres chantiers font gagner dès lors l'esprit des maîtres d'œuvres liégeoises par rapport à la nouvelle pierre encrinitique.

La fin du XIX^e siècle voit l'arrivée à Soignies des géologues et des ingénieurs, d'une part, et de l'électricité, d'autre part. L'exploration systématique du sous-sol leur permet de découvrir que la Pierre Bleue forme un immense gisement, potentiellement exploitable, qui traverse l'ensemble de la province du Hainaut. Dans ces conditions,

plusieurs maîtres de carrière vont aller chercher leur chance dans la région. Par exemple, c'est de cette époque que date l'ouverture de la S.A. des Carrières du Hainaut (1888) et de la S.A. Clypot (1907), les deux carrières les plus grandes à l'heure actuelle.

L'électricité, quant à elle, arrive aux carrières pour la première fois vers 1892 (25 ans avant qu'elle ne soit distribuée aux maisons particulières de Soignies). Elle égalise la machine à vapeur en puissance mais gagne en souplesse et variabilité des applications. Ainsi, on l'utilise pour le transport, l'exhaure, l'éclairage, l'alimentation des grues, treuils, cabestans, etc.

C'est aussi vers la fin du XIXe et début du XXe siècle que les carrières de calcaires de Meuse et celles de Tournai arrêtent l'extraction de pierre en tant que roches ornementales pour orienter leurs productions vers la chaux (calcaire de Meuse) ou des pierres pour des cimenteries (Tournai). La raison en est que les nouvelles Pierres Bleues de Soignies ont une qualité mécanique et une homogénéité supérieures.

Le XXe siècle est celui des progrès techniques constants qui permettent d'augmenter de façon exponentielle la production de pierre. Les ponts roulants pour le déplacement des charges, les fils pour la découpe des blocs de pierre, les scieries pour l'obtention de tranches d'épaisseurs sur mesure, etc. Mais c'est aussi le siècle des grands conflits sociaux. Comme exemple, à la veille de la Première Guerre mondiale le Syndicat des Ouvriers carriers, fondé en 1897, a 1650 membres sur un total d'environ 2000 ouvriers employés dans les carrières sonnégiennes.

Les périodes de prospérité et de crise se succèdent au long de ce siècle. Les causes sont aussi variées que complexes : instabilités économiques, guerres mondiales, revendications sociales, marchés vulnérables, concurrence, etc. Nous rapportons le lecteur aux ouvrages de référence pour obtenir tous les détails sur l'évolution des carrières de Pierre Bleue dans cette période.¹⁸

¹⁸ Notamment, BAVAY Gérard (1998), « 110 ans de la S.A. Carrières du Hainaut », pp. 35 et suivantes.

3.4 Situation géographique des carrières de Pierre Bleue en exploitation

Comme nous l'avons vu, les gisements de Pierre Bleue s'étendent sur le territoire des provinces wallonnes du Hainaut, de Namur et de Liège (fig. 3-4). Actuellement, il y a plusieurs sites actifs d'extraction de la Pierre Bleue. Le gros de cette extraction s'effectue, néanmoins, dans la province du Hainaut.

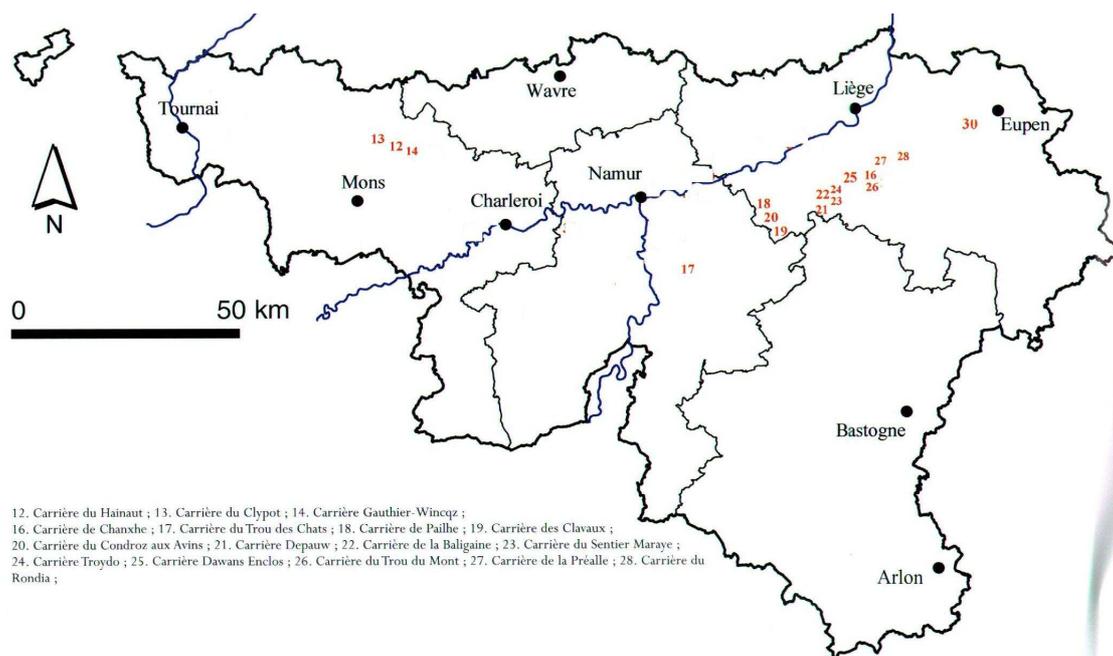


Figure 3-4. Situation géographique des carrières de Pierre Bleue actives en 2002

Le bassin de Soignies, dans la province du **Hainaut**, regroupe les plus grandes carrières de Pierre Bleue, dite « Petit-granit » en Wallonie. Il y a actuellement trois sites en exploitation :

- Carrières du Hainaut, à Soignies, exploités par la S.A. Carrières du Hainaut (nous nous basons sur cette carrière pour évaluer l'état de l'environnement dans les carrières wallonnes de Pierre Bleue, chapitres 4 et 5).
- Carrières du Clypot, à Neufvilles, exploités par la S.A. Pierre Bleue Belge ;
- Carrières Gauthier & Wincqz, à Soignies, exploités par la S.A. Pierre Bleue Belge ;

La région de Spontin abrite la seule carrière de Pierre Bleue, dite « Petit-granit de l'Ourthe », de la province de **Namur**. Il s'agit de la carrière du Trou des Chats, à Dorinne, exploité par la S.A. Entreprises Nutons.

Enfin, une quinzaine de carrières de petite taille se trouvent dans la province de **Liège** notamment dans les vallées de l'Ourthe et de l'Amblève :

- Carrière des Avins, à Les-Avins-en-Condroz, exploitée par la S.A. Carrières du Condroz ;
- Carrière de Pailhe, à Pailhe, exploitée par la S.A. Carrières Jullien ;
- Carrière des Clavaux à Clavier, exploitée par la S.A. C.D.R. Management ;
- Carrière Depauw, exploitée par la S.A. Carrières Depauw ;
- Carrière de Chanxhe, à Chanxhe, exploitée par la S.A. Carrières de Sprimont ;
- Carrière de la Préalles, à Chanxhe, exploitée par la S.A. Carrières de la Préalles-Sprimont ;
- Carrière de Sprimont, à Sprimont, exploitée par la S.A. Carrières de Sprimont ;
- Carrière de Rondia, à Sprimont, exploitée par la S.A. Carrières de Sprimont ;
- Carrière Dawans Enclos, à Anthisnes, exploitée par la S.A. Carrières de Sprimont ;
- Carrière du Trou du Mont, à Comblain-au-Pont, exploitée par la S.P.R.L. Flay-Co ;
- Carrière de la Baligaine, à Ouffet, exploitée par la S.A. Carrières Van Reeth – Hoefkens ;
- Carrière au Sentier Maraye, à Ouffet, exploitée par la S.A. Carrières Van Reeth – Hoefkens ;
- Carrière Troydo, par la S.A. Carrière Troydo ;
- Carrière Bende-Jenneret, à Bende-Durbuy, exploitée par la S.P.R.L. Carrières Van Reeth – Hoefkens.

3.5 Composition de la Pierre Bleue

La Pierre Bleue étant un matériau naturel, sa composition n'est pas tout à fait identique d'un gisement à l'autre. Il y a néanmoins une série d'éléments qui apparaissent constamment. Nous allons décrire les composants chimiques ainsi que la faune fossile la plus remarquable.

3.5.1 Les composants chimiques

La Pierre Bleue est constituée à 93 – 98% de carbonate de calcium (CaCO_3).¹⁹ Celui-ci est le composant chimique principal des organismes qui se sont accumulés pendant l'âge tournaisien et qui ont donné naissance au fil des temps à la Pierre Bleue. Ces organismes sont décrits en détail dans la section suivante.

Une série de composants secondaires partagent les 2 – 7% restant. Malgré cette petite contribution quantitative, ils sont à la base de quelques-unes des caractéristiques les plus remarquables de la Pierre Bleue, comme par exemple sa coloration. Voici les plus importants :

- Le carbonate de magnésium (MgCO_3), dont la concentration varie entre 1% et 6% selon la richesse en crinoïdes et la situation par rapport au « délit à la terre bleue ». Le magnésium semble venir des squelettes de crinoïdes.
- La silice (SiO_2), dont la teneur reste aux alentours de 2%. Elle se présente sous la forme soit de cristaux bipyramides, soit de plaques minces aux contours arrondis. La présence de grains de quartz est pourtant très rare. La silice semble venir de dépouilles siliceuses de certains organismes marins apportés en même temps que les sédiments terrigènes.

¹⁹ LEGRAND R. (1946), *Étude géologique du Petit Granit de la région de Soignies*, Thèse de Doctorat, U.C.L. pp 60-62.

- La pyrite (FeS₂), dont la concentration varie entre 0,5% et 1,5%. Elle se présente soit en forme de cubes visibles à l'œil nu, soit en forme de sphérules de sulfure imprégnant le minéral argileux cité en-dessous.
- Le carbone (C), dont la teneur est inférieur à 0,5%. Il est d'origine organique et se présente très finement divisé. Sa forte dispersion confère à la roche son pouvoir colorant intense. (voir sous-chapitre 3.6.2)
- L'argile, dont la teneur est de l'ordre de 0,1%. Dans une si petite quantité, elle ne diminue pas la résistance mécanique de la roche.
- La séricite, le zircon, la tourmaline, le rutile et la fluorine sont parfois présents mais en concentrations négligeables.

Le tableau suivant reprend les composants de la Pierre Bleue :

Composant	Formule chimique	Pourcentage (%)
Carbonate de calcium	CaCO ₃	93-98
Carbonate de magnésium	MgCO ₃	1-10
Silice	SiO ₂	2
Pyrite	FeS ₂	0,5-1,5
Carbone	C	<0,5
Argile	-	0,1
Séricite, zircon, rutile, tourmaline, fluorine	-	Traces

Tableau 2 : composants chimiques de la Pierre Bleue.

3.5.2 La faune fossile

L'origine organique de la Pierre Bleue est facilement visible lorsque l'on jette un coup d'œil sur une surface polie ou érodée de la roche. Nous y retrouvons des fossiles d'organismes qui existaient dans cette mer tournaisienne peu profonde et qui se sont plus ou moins bien conservés jusqu'au nos jours. Parmi ces organismes, les crinoïdes sont le plus présents dans la composition de la roche, environ 80%, ce qui justifie l'appellation « calcaire crinoïdique » donnée par les géologues.

Les crinoïdes, comme les oursins ou les étoiles de mer, sont des animaux qui appartiennent à l'embranchement des Echinodermes. Ceux-ci se fossilisent d'une façon notable car, une fois l'animal mort, son squelette se transforme en calcite cristallisée, très résistante.

D'un point de vue morphologique, les crinoïdes ressemblent à des plantes (leur nom dérive du grec *krinos* = lys, et *eidōs* = forme). D'ailleurs, ils étaient considérés comme tels pendant des siècles et ce n'est qu'au XVIII^e siècle que l'on démontra leur appartenance au règne animal. Leur structure courante comporte une racine, une tige, une calice et des bras (figure 3-5). Ces éléments sont, à leur tour, composés de milliers de pièces calcaires de formes diverses, ayant probablement la fonction de préserver les organes vitaux de l'animal des intenses pressions existant au fond de la mer.

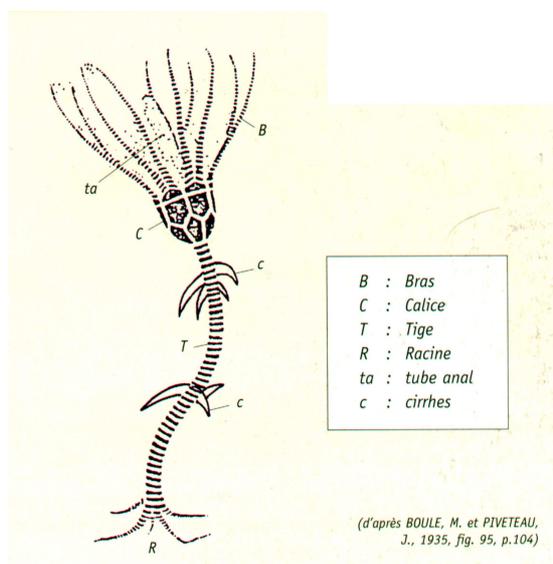


Figure 3-5. Structure d'un crinoïde

Il existe environ 800 espèces fossiles de crinoïdes. Ils étaient particulièrement abondants pendant le Carbonifère mais aussi pendant le Triassique et le Jurassique. Ils existent encore actuellement dans certaines mers chaudes du monde.

Parmi les autres organismes qui ont aussi contribué à la formation de la Pierre Bleue on distingue les suivants (voir quelques-uns dans la figure 3-6) :

- Les Paléchinides, un autre groupe d'Echinodermes dont les plaques constitutives se transforment aussi en calcite cristallisée.
- Les Polypiers, des coraux soit solitaires, soit coloniaux dont la présence confirme que la Pierre Bleue s'est constituée dans un milieu marin stable et calme.

- Les Bryozoaires, des invertébrés dont la conservation n'est pas bonne à cause de leur très faible concentration en calcite.
- Les Brachiopodes, des organismes bivalves à coquilles non symétriques, très fréquents dans le tournaisien belge dont la taille et forme est très variée.
- Les Lamellibranches, aussi des bivalves mais à coquille symétrique, dont des espèces de 13 cm de longueur ne sont pas rares dans les roches belges.
- Les Gastéropodes, des mollusques avec une coquille univalve spiralée, assez abondants dans le calcaire carbonifère.
- Les Spongiaires, des éponges représentées soit par des spicules isolées, soit par des individus complets.
- Les Poissons, assez rares et dont on ne retrouve que des restes disséminés. Ils étaient pourtant assez abondants dans la mer tournaisienne mais ils n'avaient pas les mêmes propriétés de fossilisation que les autres animaux marins.

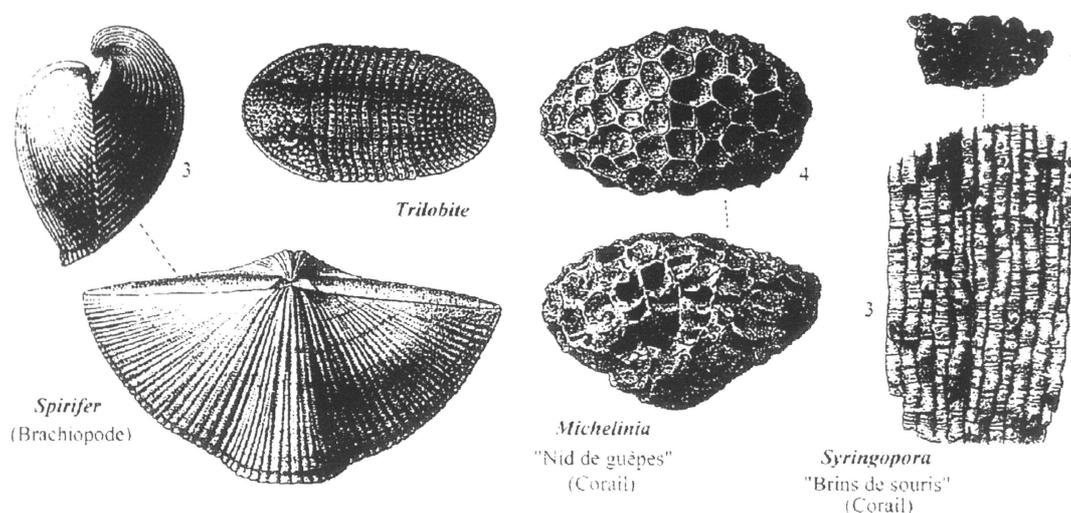


Figure 3-6. Faune fossile outre les crinoïdes que on retrouve dans la Pierre Bleue

3.6 Propriétés de la pierre bleue

3.6.1 Caractéristiques techniques

La Pierre Bleue est un excellent matériau de construction. Ses qualités techniques lui ont valu d'occuper la première place entre les pierres naturelles utilisées en Belgique. La caractéristique la plus remarquable est qu'elle ne s'altère pratiquement pas. Effectivement, elle est inerte au gel, à la pluie, aux vents chargés de sels marins et aux polluants atmosphériques tels que les fumées sulfurées.

L'Union belge pour l'Agreement technique dans la construction (UBAtc) a établi les caractéristiques techniques de la Pierre Bleue dans les différents gisements existants en Wallonie. Les valeurs moyennes sont reprises dans le tableau suivant²⁰.

Caractéristique	Unité	Valeur ^(a)
Masse volumique apparente	kg/m ³	2.687
Porosité (vide de 98,66 kPa)	vol. %	0,28
Résistance à la compression	N/mm ²	157,9
Résistance à la flexion	N/mm ²	16,7
Vitesse du son	m/s	5.527
Module d'élasticité statique	N/mm ²	86.900
Usure	mm/1.000 m	2,87
Dilatation thermique	mm/mK	0,0046

(a) Valeur moyenne des résultats d'essai

Tableau 3 : caractéristiques techniques de la Pierre Bleue.

3.6.2 Coloration

La couleur bleutée caractéristique de la Pierre Bleue est due principalement au carbone mais aussi aux sphérules de pyrite présentes dans la roche.

Le carbone, nous l'avons vu, est d'origine organique. La putréfaction et la décomposition des organismes vivants donne naissance à des hydrocarbures du groupe des pétroles qui, sous l'effet de la pression et de la température, évoluent vers un stade

²⁰ Source : Pierres et Marbres de Wallonie – Pierres – Pierre Bleue de Belgique, http://pierresetmarbres.be/fr/html/fichespierres/pdf/petit_granit.pdf.

bitumineux créant la matière colorante.²¹ Cette matière est sous forme de résidu microscopique et très dispersée.

Les sphérules de pyrite, avec un diamètre de l'ordre de quelques micromètres, sont considérées comme étant, à pourcentage égal, un colorant plus intense que le carbone.²²

Des variations dans la coloration existent d'un lieu d'extraction à l'autre. C'est souvent le cas dans les carrières situées en province de Liège, où on arrive à distinguer des pierres bleues foncées, bleues pâles et grises bleuâtres. Ces différences sont pourtant minimales dans les autres carrières wallonnes.

3.6.3 Fétilité

La Pierre Bleue, ainsi que certains autres calcaires, dégage une odeur très désagréable lors d'un choc ou de l'attaque d'un acide. Ce phénomène a été attribué aux matières bitumineuses et à la présence de sulfures dans la roche. Cependant, il faut trouver la véritable cause de la fétilité dans la phosphamine, une substance issue du phosphore de calcium créé lors de la putréfaction des matières organiques contenues dans les débris des coquilles originales. Le phosphore de calcium aurait réagi avec l'eau chargée d'acide carbonique pour donner naissance à du carbonate de calcium et à de la phosphamine.²³

En général, plus la Pierre Bleue contient des débris fossiles, plus elle possède cette odeur fétide.

3.6.4 Défauts

La Pierre Bleue est un matériau naturel qui a été soumis à différents processus géologiques depuis sa formation. Elle n'est pas dès lors exempte de défauts, même si

²¹ CAMERMAN C. (1954), « Le Petit Granit », dans MARTÍN PEÑA Miguel (1983), *op. cit.*, p 62.

²² LESCOT J.M. (1974), « Le Petit Granit », dans MARTÍN PEÑA Miguel (1983), *op. cit.*, p 62.

²³ SPRING W. (1889), *Sur la cause de la fétilité de certains calcaires*, in Annales de la Société Belge de Géologie, t. XVI, pp. 66-73.

ceux-ci sont assez négligeables par rapport à l'ensemble rocheux. Les défauts les plus remarquables sont les veines, les cavités, les nodules, les taches blanches et les fossiles.

Les veines et fils sont les défauts les plus fréquents dans la Pierre Bleue. En général, quel que soit le type de veine, la qualité mécanique de la roche va être affectée.

Les cavités sont moins fréquentes mais moins faciles à découvrir que les veines. Elles sont pourtant encore plus dangereuses car elles provoquent l'éclat de la pierre quand elles se situent trop près de la surface. Les cavités peuvent être remplies de cristaux de calcite (géodes), de substances terreuses (moies) ou d'eau (fontaines).

Les nodules sont très rares et non dangereux pour la résistance de la roche. Ils affectent pourtant la taille de la pierre car ils sont souvent beaucoup plus durs que le reste.

Les taches blanches ne sont que des agrégats de calcite pure ayant différentes formes. Elles ne sont nuisibles pour l'aspect de la pierre que lorsqu'elles se présentent en grand nombre ou en grandes dimensions.

Enfin, les fossiles ne sont considérés comme défauts que lorsqu'ils provoquent des difficultés pour la taille à la main. Ils ne présentent aucun danger pour la cohésion de la pierre, bien au contraire, ils contribuent à lui donner un caractère unique et particulier.

Le type et la répartition des défauts dans un bloc de roche déterminent sa qualité. La qualité de la pierre influence les finitions que l'on peut lui appliquer ainsi que son usage final. La pierre peut même être refusée lorsque les défauts atteignent des cotes trop élevées. Néanmoins, contrairement à ce que l'on pourrait penser, ceci n'a pas trop de conséquences pour l'environnement, car les morceaux rejetés servent dans la plupart des cas à la fabrication de concassés et donc ils ne sont pas des déchets. Les processus qui se déroulent à ce moment-là sont développés dans le Chapitre 4.

3.7 Usages de la pierre bleue

La Pierre Bleue a depuis longtemps été utilisée comme matériau de construction. Les maisons, églises et palais d'antan étaient souvent construites et soutenues par des blocs massifs de cette roche. Aujourd'hui, même si les pièces massives ont été substituées par d'autres matériaux, le principal usage de la Pierre Bleue est toujours la construction, soit dans les travaux publics, soit dans le secteur du bâtiment. Les différentes finitions auxquelles elle est soumise avant de quitter la carrière (voir Section 4.2.1.3) permettent son usage tant à l'extérieur qu'à l'intérieur des immeubles. Les principaux éléments de construction que l'on obtient à partir de la Pierre Bleue sont des dalles extérieures et intérieures ; les seuils de portes et de fenêtres ; les couvre-murs ; les plinthes de soubassement ; les encadrements de portes et de fenêtres ; les marches d'escalier intérieur et extérieur ; les plinthes intérieures et les tablettes de fenêtre.

Les plans de travail dans les cuisines, les tables, les dessus de meubles, les couvre-cheminées et les tablettes de lavabo sont aussi des usages en tant que matériau de construction mais qui apportent un élément décoratif ajouté à l'intérieur des bâtiments.

Finalement, dans une moindre mesure, la Pierre Bleue est aussi utilisée en sculpture. Ici, on peut inscrire les activités liées à la taille des monuments funéraires, notamment des pierres tombales.

3.8 Aspects socio – économiques liés à l'exploitation de la Pierre Bleue

Le chiffre d'affaires du sous-secteur des carrières de Pierre Bleue wallonnes était de 80 millions d'euro dans l'année 2003. Cette chiffre c'est à comparer avec les 90 millions d'euro pour le secteur des carrières de pierre ornementale. La Pierre Bleue représente donc 89% du total de ce genre d'exploitation.

Les carrières de Pierre Bleue emploient environ 1.000 personnes de façon directe. Les chiffres d'emploi indirect varient d'une source à l'autre mais on peut les estimer à quelque 3.000 personnes.

En ce qui concerne les exportations, on estime entre 20 et 25% la production à destination de l'étranger. Environ 80% de ces exportations se dirigent vers les Pays Bas, la France et l'Allemagne. Le 20% restant partent vers les Etats-Unis, la Pologne et l'Angleterre.

Le marché belge est, quant à lui, occupé pour 75% par la Pierre Bleue nationale. Le 25% restant provient de l'Irlande (15%), du Vietnam et de Chine.

3.9 Perspectives futures

Les réserves de Pierre Bleue étant assurées pour plusieurs décennies, l'aspect qui préoccupe d'avantage les exploitants de ce genre de carrière, en ce qui concerne leurs perspectives futures, est la concurrence de pierres similaires arrivant de pays exotiques à des prix beaucoup plus bas.

Le marché belge témoigne en effet aujourd'hui d'une implantation grandissante de Pierres Bleues irlandaises et vietnamiennes. La Pierre Bleue irlandaise, apparue sur le marché belge dans la seconde moitié des années 80, est déjà bien implantée chez nous tandis que celle du Vietnam commence à se retrouver de plus en plus fréquemment dans les catalogues des grossistes. Les marchés publics ont été attirés par ces nouvelles Pierres Bleues dû à leur prix parfois hors concurrence. Mais on n'a pas tenu compte des effets néfastes que ce genre d'achats génère sur les producteurs nationaux et donc sur l'État lui-même. Ce n'est que très récemment qu'il a été estimé que seul un différentiel de prix d'entre 31 et 44% rendait l'achat de Pierre Bleue exotique plus avantageuse pour l'État. Malheureusement pour les producteurs belges, ce différentiel tend déjà à persister pour les pierres vietnamiennes. Il serait intéressante d'analyser de plus près les moyens utilisés par ce pays pour proposer un tel niveau de prix, car on suspecte non seulement la pratique du dumping (exporter à un prix inférieur de celui qui est pratiqué dans le pays d'origine), mais aussi des abus par rapport au travail des enfants et dans les contrôles douaniers.

Chapitre 4 : État zéro environnemental des carrières de Pierre Bleue

4.1 Introduction

Quels sont les opérations qui ont lieu au sein d'une carrière ? Qu'impliquent-elles en termes de flux énergétiques et de matières ? De quelle façon ces opérations vont-elles porter atteinte à l'environnement ? Nous allons essayer de répondre à ces questions tout au long de ce chapitre. Il ne s'agit plus ici des aspects généraux des activités extractives mais bien d'entrer au cœur d'une carrière et d'analyser son fonctionnement et les conséquences de celui-ci sur l'environnement.

4.2 Diagramme de flux d'une carrière de Pierre Bleue. Variantes existantes.

4.2.1 Introduction

La mise sur le marché d'une quantité donnée de Pierre Bleue, quelle que soit son format et sa finition, requiert l'enchaînement d'une série d'étapes au sein d'une carrière. Depuis l'extraction jusqu'à la finition en passant par le sciage, la Pierre Bleue est soumise à plusieurs procédés qui se retrouvent d'une manière plus ou moins constante dans l'ensemble des exploitations. Evidemment, toute carrière présente des spécificités dans son diagramme de flux, notamment en fonction des caractéristiques du gisement, de la morphologie du terrain, du nombre d'étapes de finition disponibles et des avancées technologiques incorporées. Nous pouvons néanmoins distinguer deux types de diagrammes de flux dans l'ensemble des carrières de Pierre Bleue wallonnes : ceux des grandes carrières du bassin de Soignies et ceux des exploitations plus petites du bassin de Sprimont.

Ainsi, nous allons analyser en premier lieu le diagramme de flux d'une des grandes carrières du bassin de Soignies (celui de la Carrière du Hainaut), puis nous montreront les principales caractéristiques propres au diagramme de flux d'une plus petite carrière appartenant au bassin de Sprimont (celui de la Carrière de la Préalles).

4.2.2 Diagramme de flux général d'une carrière de Pierre Bleue

La figure 2 dans l'annexe présente le diagramme de flux de la Carrière du Hainaut, la plus grande carrière de Wallonie en termes de tonnes produites, de surface du gisement et du nombre d'employés.

Nous pouvons diviser le diagramme de flux d'une carrière en 3 zones principales par rapport aux étapes de travail qui s'y déroulent : la zone d'extraction, l'usine de traitement et l'atelier de finition. Nous allons décrire tout de suite ces trois zones plus en détail. Il y a encore une quatrième zone qui n'apparaît pas tel quel dans ce diagramme. Elle concerne les intervenants qui n'entrent pas en contact direct avec la pierre, tels que les bureaux d'études, les garages ou les bureaux administratifs. Ils sont décrits à la fin de ce sous-chapitre.

4.2.2.1 L'extraction

L'extraction de Pierre Bleue dans la Carrière du Hainaut comporte les opérations de mise en découverte, l'extraction proprement dite des blocs et le transport de ceux-ci vers la zone de l'usine de traitement.

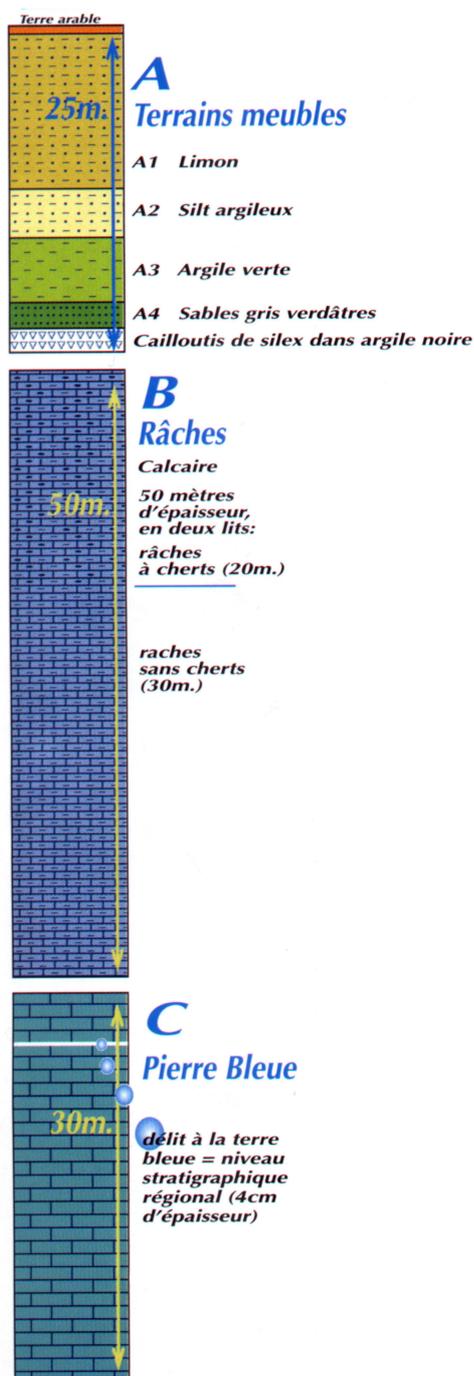
4.2.2.1.1 La mise en découverte

La première chose à faire avant de pouvoir extraire une roche du sous-sol consiste à enlever la couche de terrain « stérile » qui la cache. Ces travaux de mise en découverte doivent assurer un bon accès au bancs de pierre à court-terme, mais doivent aussi tenir compte de l'évolution spatiale de la carrière à moyen voire à long-terme. Les installations de traitement de ces matériaux « stériles » ainsi que les éventuels dépôts de matériaux divers ne sont pas facilement déplaçables une fois leur emplacement fixé et, en tout cas, pas à un coût raisonnable. Une bonne planification minière se basant sur une connaissance précise du gisement est essentielle pour bien aborder cette question.

Le gisement de Pierre Bleue exploité par la S.A. Carrières du Hainaut étant connu depuis longtemps, les grandes lignes directrices des travaux ont été fixées depuis des années. Cette programmation prévoit un avancement de la carrière vers une

direction bien précise et donc c'est dans cette partie de la zone d'exploitation que se déroulent aujourd'hui ces travaux préparatoires.

Les travaux de mise en découverte comportent l'enlèvement des couches de terrain suivantes (voir figure 4-1) :



a) Couche de terre arable : il s'agit d'une couche très mince, d'une épaisseur inférieure à 50 cm, mais très importante d'un point de vue écologique car elle comporte un pourcentage élevé de matière organique et elle est très riche en nutriments. Elle est soigneusement ramassée par une pelle chargeuse, puis transportée jusqu'à la zone de stock. La hauteur du stock reste inférieur à 5-6 m pour que la terre ne perde pas ses propriétés naturelles, notamment son niveau de compacité original. Cette terre reste stockée jusqu'au moment où elle sera utilisée pour le réaménagement des zones de dépôts de stériles.

b) Couche de terrains meubles : ayant 25 m d'épaisseur, elle englobe plusieurs sous-couches qui contiennent des apports de matériaux divers venant

d'étapes géologiques différentes. Leurs caractéristiques sont donc très différentes, tout comme les choix de traitement et de valorisation. En tout cas, presque tous ces matériaux sont valorisés par des sociétés externes qui sont en charge aussi de l'extraction et du transport jusqu'à leurs usines. La carrière ne retire aucun bénéfice si ce n'est que l'épargne du coût d'extraction. Les voici :

- Les limons : environ 100.000 t/an sont ramassées à l'aide de pelles chargeuses pour être ensuite transportées par une société externe (N.V. Desimpel) qui les valorise en fabriquant des briques « faites main » (moulées).
- Le silt argileux : environ 50.000 t/an sont ramassées puis employées dans la fabrication de ciment. C'est aussi la société réceptrice externe (S.A. Ciment d'Obourg) qui est en charge du chargement, du transport et du traitement dans son usine. Néanmoins, des variations dans la qualité du matériau, notamment son pourcentage de quartz, ont exigé récemment un contrôle de qualité plus important pour cet usage et ont conduit la carrière à trouver d'autres applications encore en phase d'essai (par exemple comme terre arable après un traitement spécifique).
- Argile verte : entre 50.000 et 300.000 t/an sont ramassées puis transportées pour être employées comme couche d'étanchéité par des Centres d'Enfouissement Technique (CET) ou pour la réhabilitation des friches industrielles désaffectées.
- Sables gris verdâtres : ils sont ramassés à l'aide de pelles chargeuses puis transportés dans des dumpers jusqu'aux endroits de stock correspondants. Après tamisage, ils sont mélangés à des poussières provenant des concasseurs des râches (voir point (c) ci-dessous). Le produit de ce mélange est employé comme sable stabilisé. Sans traitement, le sable peut être utilisé comme matériel de remblai dans la création et le maintien des pistes, couverture de terrains exploités, etc.

- Cailloutis de silex dans argile noire : leur épaisseur étant très variable et, en général, presque négligeable, ils sont ramassés puis stockés sans qu'il existe à présent des méthodes de valorisation.

- c) Couche de « râches » : il s'agit d'une couche de roche calcaire qui fait en moyenne environ 50 m d'épaisseur. Son caractère argileux et l'absence de fossiles la rend impropre à l'emploi comme roche ornementale. La couche de râches a été divisée en plusieurs gradins pour permettre un abattage efficace moyennant forage et minage à l'explosif non brisant. Cette méthode d'abattage permet de désagréger la roche et facilite son chargement à l'aide de pelles chargeuses. La roche ainsi morcelée est tout de suite transportée dans des dumpers jusqu'à une unité de concassage installée à l'intérieur des terrains de la carrière mais appartenant à la société GRALEX. Plus de 1 million de tonnes de râches entrent dans cette usine chaque année pour être transformées en produits concassés qui sortent avec toute une série de granulométries différentes.

En ce qui concerne le rythme des travaux de mise en découverte, il doit s'adapter à celui de l'extraction qui le suit car il n'est pas envisageable d'avancer trop lentement, ce qui empêcherait la production des blocs de Pierre Bleue.

4.2.2.1.2 L'extraction proprement dite des blocs

La Pierre Bleue, le matériau que l'on recherche, se situe juste en dessous du niveau de râches citée précédemment. Elle apparaît comme une couche de roche compacte, d'environ 30 m d'épaisseur, constituée d'une vingtaine de bancs séparés par des arrêts de sédimentation (les bancs sont donc non adhérents les uns aux autres). Elle présente une pente régulière de 12° vers le sud (voir figure 4-2). Cette couche de Pierre Bleue semble tout à fait régulière dans son ensemble. Néanmoins, pour l'exploitation on distingue une série d'éléments remarquables qui ont permis de diviser cette couche en 4 zones d'extraction différentes.

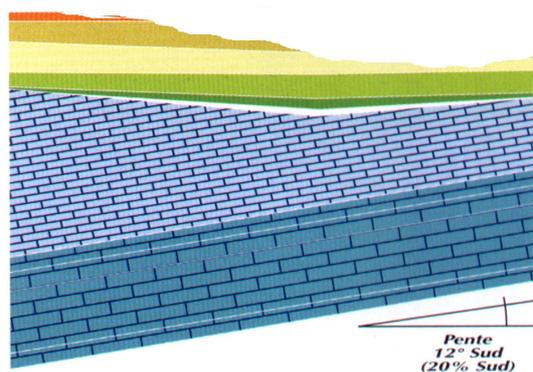


Figure 4-2. Pente du gisement de Pierre Bleue

Le premier élément qui nous interpelle c'est une jointe non-pierreuse dénommée « délit à la terre bleue » (voir plus d'explications sur son origine et sa composition au sous-chapitre 3.2). Elle se situe entre deux zones : en dessous de la zone 1 et au-dessus de la zone 2. Les blocs qui sortent de ces deux niveaux sont destinés à être sciés dans les armures de sciage puis travaillés dans l'unité de marbrerie.

En dessous de ces deux niveaux de Pierre Bleue, plutôt foncés, on trouve un troisième niveau plus clair. Il est destiné aux ateliers de taille manuelle pour la fabrication de pièces épaisses.

Finalement, un autre délit non-pierreux sépare la Pierre Bleue claire et le quatrième niveau. Les blocs que l'on tire de ce niveau sont aussi destinés aux ateliers de taille manuelle pour la fabrication de pièces épaisses.

Les travaux d'extraction de la Pierre Bleue se déroulent dans ces quatre niveaux pierreux en même temps. Mais pour que la taille des blocs extraits soit adéquate et pour permettre un meilleur déroulement des travaux, il faut diviser la couche de Pierre Bleue en banquettes d'une hauteur régulière, égale ou inférieure à l'épaisseur de chacun des quatre niveaux.

L'opération pour extraire un bloc d'une des banquettes comprend les phases suivantes :

- a) Sciage de la face verticale parallèle au front de la banquette : il s'agit d'effectuer une découpe longitudinale dans l'épaisseur des banquettes

correspondant à la face verticale postérieure du bloc. Cette opération est réalisée par des haveuses, des machines qui coupent la roche grâce à l'action d'un bras orientable muni d'une chaîne diamantée. La haveuse se déplace sur des rails le long de la banquette au fur et à mesure que le bras pénètre la roche.

- b) Sciage des deux faces verticales perpendiculaires au front de la banquette : deux machines, placées parallèlement l'une à côté de l'autre, actionnent chacune un câble diamanté qui scie la roche pour obtenir une surface latérale parfaitement plate. Une foreuse a dû préalablement effectuer deux perforations horizontales, perpendiculaires au front d'exploitation et parallèles entre elles pour pouvoir insérer le fil diamanté avant qu'il ne commence à couper la roche.
- c) Bascutage et chargement du bloc : dans une banquette classique, il resterait à couper la surface horizontale inférieure du bloc, mais grâce à l'existence des arrêts de sédimentation dont on a parlé à la page précédente, le bloc est déjà prêt à être enlevé de la banquette. Il suffit de le basculer à l'aide d'un rétro excavateur et de le charger sur une pelle à pneus.

La Pierre Bleue subit ensuite un premier contrôle visuel pour séparer les bons des mauvais blocs. Environ 200.000 m³/an de Pierre Bleue sont extraits suivant la méthode décrite et quelques 30 à 35% sont déjà écartés à ce stade-ci. Les blocs rejetés vont au concasseur. Les autres peuvent suivre leur chemin vers l'usine de traitement.

4.2.2.1.3 Le transport des blocs

Les blocs sélectionnés à l'étape précédente sont amenés du front d'exploitation jusqu'à l'usine de traitement. Celle-ci se situe entre 75 et 100 m au-dessus du premier. Pour surmonter ce dénivelé on utilise presque toujours des chargeuses sur pneus (voir figure 4-3). Une autre option consiste à hisser les blocs à l'aide d'un pont roulant situé au bord de la paroi verticale qui donne sur le trou d'exploitation (voir figure 4-4). Aujourd'hui, cette deuxième possibilité n'est mise en pratique que très rarement, et pour des blocs exceptionnellement grands et donc lourds.



Figure 4-3. Chargeuse pour monter les blocs de Pierre Bleue



Figure 4-4. Ponts roulants surplombant la carrière

4.2.2.2 L'usine de traitement

La Pierre Bleue en forme de bloc brut arrive à l'usine de traitement pour être soumise à une série d'étapes qui permettent soit de la transformer en tranches directement vendables, soit de la rendre prête à être façonnée dans les ateliers de finition. On distingue deux étapes consécutives : le chantier brut et le sciage.

4.2.2.2.1 Le chantier brut

Le chantier brut permet tout d'abord d'examiner, de trier et éventuellement d'équarrir les blocs bruts. Ainsi, après un examen visuel, on trie les blocs à deux fins : ceux qui sont déjà suffisamment réguliers sont destinés aux armures de sciage, tandis que les plus irréguliers et les plus petits, les « blocains », sont destinés à être sciés au

grand disque. L'opération d'équarrissage (voir figure 4-5) qui précède élimine les angles saillants et génère une quantité non négligeable de déchets qui sont valorisés pour obtenir des concassés.



Figure 4-5. Équarrissage d'un bloc

Les blocs équarris sont ensuite chargés et ajustés sur des chars en utilisant des ponts roulants. Ces chars sur rails déplacent les blocs jusqu'à la zone de sciage (voir figure 4-6).



Figure 4-6. Blocs sur chars prêts à entrer dans l'usine de sciage

4.2.2.2.2 Le sciage

Le sciage des blocs aboutit à l'obtention de tranches de Pierre Bleue d'épaisseurs variées. Cette étape se déroule tant en utilisant les armures de sciage qu'en utilisant le grand disque.

- a) Les armures de sciage : il s'agit d'une batterie de lames diamantées disposées en parallèle (voir figure 4-7) et soutenues par toute une structure dénommée « châssis d'armure ». Cet ensemble de lames scie le bloc de Pierre Bleue grâce à deux mouvements composés : un mouvement descendant des lames vers le bloc à travers une vis sans fin ; et un mouvement de va-et-vient imprimé par un volant-excentrique et transmis par des bielles (voir figure 4-8). Comme on analysera dans le sous-chapitre 4.4, ce procédé exerce un certain nombre de pressions sur l'environnement, notamment comme conséquence de l'utilisation d'une quantité non négligeable d'eau de refroidissement.



Figure 4-7. Lames diamantées en train de scier un bloc de Pierre Bleue



Figure 4-8. Les bielles transmettent le mouvement rotatif du volant-excentrique dans un mouvement de va-et-vient

Le résultat de la découpe est un paquet de tranches qui est prêt à être examiné pour en trier et classer les tranches suivant leur qualité. Une partie des tranches est refusée à ce stade et revalorisée moyennant concassage pour en suite être utilisée dans les pistes de transport de la carrière. Le reste est envoyé soit vers le stock des tranches vendables telles quelles, soit vers l'atelier de finition.

- b) Le grand disque : les « blocains » provenant de l'équarrissage au chantier brut sont soumis à une découpe au grand disque. Il s'agit d'un disque diamanté d'environ 2,5 m de diamètre qui sert à obtenir des tranches épaisses des blocains de moins d'un mètre de hauteur (voir figure 4-9). Ces tranches épaisses sont presque entièrement destinées à l'atelier de finition pour le façonnage de pièces massives, quoiqu'une partie part aussi pour le stock des tranches vendables.



Figure 4-9. Grands disques pour le sciage des blocains

Les pertes de pierre ne sont pas négligeables à ce stade-ci, notamment à cause de la géométrie irrégulière des blocains.

4.2.2.3 L'atelier de finition

Après avoir été extraite dans la carrière et préparée dans l'usine de traitement, la Pierre Bleue est prête à être travaillée pour obtenir toute une série de finitions. On distingue les services suivants en fonction des techniques utilisées :

4.2.2.3.1 La marbrerie

Le service de marbrerie reçoit des tranches minces, épaisseur 2 et 3 cm, en état brut et provenant des armures de sciage. Ces tranches sont soumises à un traitement de la surface dans des trains polissoirs (voir figure 4-10). Il s'agit de polir la surface brute originale à l'aide de segments abrasifs giratoires pour arriver à obtenir, en fonction de la finesse de grain du segment, des surfaces adoucies claires, adoucies foncées ou polies brillantes. Malheureusement, on ne dispose pas de données concernant la durée de vie et la consommation de ces éléments.



Figure 4-10. Trains polissoirs pour traiter la surface des tranches brutes

Ensuite, les tranches peuvent être destinées à la vente finale ou bien être soumises à des travaux complémentaires pour fabriquer des pièces plus élaborées avec travail des chants, coins arrondis, découpes spécifiques, etc.

Un contrôle de qualité postérieur vise à éliminer les pièces présentant un défaut quelconque. Tout comme les autres déchets pierreux de l'atelier de finition, les pertes dans la marbrerie servent à alimenter le concasseur pour produire des granulats utilisés dans les pistes de la carrière.

4.2.2.3.2 Le service de production d'éléments piétonniers

Le service de production d'éléments piétonniers est alimenté par des tranches épaisses (épaisseur inférieure à 7 cm) provenant aussi des armures de sciage. Il constitue

un véritable centre de traitement de surfaces, débitage et clivage où l'on obtient du dallage de tous les formats et finitions possibles.

D'abord, on débite la tranche pour obtenir des dalles. Il s'agit de faire passer la tranche par une première débiteuse multidisque, où l'on réalise des traits de sciage dans une direction déterminée, pour ensuite la faire passer par une deuxième débiteuse multidisque, où l'on fait le trait de sciage perpendiculaire. Les formats des dalles que l'on peut obtenir avec ce processus varient du 10x10 cm jusqu'à la tranche complète, les formats les plus habituels étant les 20x20 cm, 30x30 cm, 40x40 cm, 20x40 cm et 30x60 cm.

Ensuite, les dalles brutes sont soumises à un traitement de surface. Le traitement de surface consiste à tailler mécaniquement l'une des surfaces des dalles à l'aide d'accessoires divers qui, par percussion, fraisage ou flamme, tentent de reproduire les tailles manuelles traditionnelles. Une image des finitions possibles se trouve dans la figure 3 de l'annexe.

Les dalles passent ensuite un contrôle de qualité visuel. Du personnel spécialisé repère les défauts et rejette les pièces ayant des imperfections. Ces rejets partent régulièrement vers le concasseur.

4.2.2.3.3 Les tailles mécanique et manuelle

Ce service est le seul à recevoir les tranches épaisses obtenues soit lors du sciage au grand disque, soit dans les armures pour les tranches épaisses. Il est aussi le seul à produire des éléments massifs.

Les tranches épaisses sont d'abord soumises à des traitements de surface uniquement sur une face, avec les mêmes finitions que dans le service de production de produits piétonniers (voir annexe). Ensuite, elles sont débitées à disque en suivant des plans réalisés par le bureau d'appareillage. Les produits qui sortent des machines débiteuses présentent donc un aspect proche du produit final mais la dernière touche peut être donnée par la main de l'homme. Ceci est dû au fait que les produits épais présentent souvent plusieurs surfaces qui restent visibles et il reste donc encore des

surfaces à tailler. Ceci s'applique aussi aux pièces spéciales, telles que les pièces courbes, éléments décoratifs, surfaces moulurées, etc.

Les rejets à ce stade sont aussi envoyés au concasseur.

4.2.2.3.4 Le conditionnement

Toute une série de techniques d'emballage permettent d'effectuer en toute sécurité le maniement, le transport et la livraison des produits obtenus dans les trois services de finition précédents. Les matériaux les plus utilisés sont le bois (sous forme de palettes et de poteaux) (voir figure 4-11), les plastiques (voir figure 4-12), les frigolites, les mousses, etc. À titre d'exemple, pour montrer le volume que ces produits représentent, environ 550 t de bois en forme de palettes sont utilisées tous les ans pour le conditionnement des produits finaux et 25% de ces palettes reviennent à la carrière pour être réutilisées.



Figure 4-11. Palettes de bois pour le conditionnement des produits finis



Figure 4-12. Produits finis emballés

4.2.2.4 Autres services

Il y a deux services principaux qui ne sont pas repris dans le diagramme de flux de la carrière mais qui sont intimement liés aux opérations de la carrière. Ce sont les bureaux et le garage.

Les bureaux hébergent les départements de production, de planification, financier et commercial. Ces départements influencent d'une façon ou d'une autre toutes les démarches reprises dans le diagramme de flux.

Le garage reste aussi en connexion avec une bonne partie des procédés. Il est essentiel pour assurer le bon déroulement des travaux tant au niveau des actions d'entretien préventif qu'au niveau des réparations. Il joue un rôle important au niveau de la collecte des déchets, surtout en ce qui concerne les huiles usagées.

4.2.3 Variantes existantes

Jusqu'à présent, dans ce chapitre, nous avons décrit l'ensemble de procédés qui se déroulent au sein d'une grande carrière de Pierre Bleue. La façon de procéder est tout à fait similaire dans les autres grandes exploitations du bassin de Soignies. Elle représente donc le modèle le plus habituel si on tient compte du fait qu'environ 80% de la production de Pierre Bleue belge provient de ces exploitations.

Néanmoins, toute une série de carrières de plus petite taille situées dans les provinces de Liège et Namur présentent plusieurs variantes tant au niveau de l'extraction qu'au niveau des usines de traitement ou de la gestion. Il nous semble intéressant de mettre en relief ces variantes étant donné que ce type de carrières représente en Wallonie 15 exploitations sur un total de 18.

4.2.3.1 Variantes au niveau de l'extraction

Il y a des différences dans la façon de procéder pour extraire la Pierre Bleue en province liégeoise et namuroise par rapport au Hainaut. La cause de ces différences sont

la topographie ainsi que la structure des gisements (voir le sous-chapitre 3.2 pour des détails concernant les processus géologiques qui ont menés à la différenciation de ces gisements). Les méthodes et les techniques d'exploitation ont dû s'adapter aux contraintes naturelles existantes pour essayer d'optimiser leur rendement dans des conditions parfois plus, parfois moins avantageuses.

L'une des premières différences est la quasi-absence de matériaux de couverture sur les bancs exploitables. Ce n'est pas dû au fait qu'il y a pas eu d'apports de matériaux postérieurs à la formation de la Pierre Bleue, mais que l'ensemble a été basculé puis érodé pour se présenter aujourd'hui dans une disposition variant de l'horizontalité à la presque verticalité. Pour pouvoir accéder aux couches de Pierre Bleue il ne faut pas des grandes opérations de mise en découverte mais plutôt des travaux pour ouvrir un front d'exploitation suffisamment large pour permettre le travail des équipements d'extraction. Ceci se traduit par une nécessité bien moindre de terrassements et de mouvements de terres stériles. De plus, ces matériaux stériles servent souvent à la réalisation des pistes et comme remblais. Très peu est donc envoyé vers des unités de concassage externes, situées dans la plupart des cas à quelques dizaines de kilomètres de la carrière source.

Une autre différence notable entre les grandes et les petites carrières est l'extraction proprement dite de la Pierre Bleue. Les machines qui servent à scier les blocs de pierre dans les exploitations du Hainaut (haveuse, fil diamanté) se trouvent toujours dans les fronts d'exploitation liégeois ou namurois, mais elles travaillent dans des conditions beaucoup plus difficiles dû aux conditions du terrain.

4.2.3.2 Variantes au niveau des usines

Fréquemment, l'usine de traitement et de façonnage de la Pierre Bleue extraite dans une carrière liégeoise ou namuroise ne se situe pas au pied de l'exploitation, mais à plusieurs kilomètres de distance. Comme ces carrières n'assurent parfois qu'une production régulière minimale, ces usines reçoivent souvent les blocs de plusieurs exploitations.

Les usines qui reçoivent la Pierre Bleue en provenance des petites carrières transforment souvent la matière première en des produits finis, tandis que les grandes carrières produisent d'avantage de produits semi-finis.

4.2.3.3 Variantes au niveau de la gestion

Les carrières plus petites sont en principe plus vulnérables face aux changements dans la conjoncture économique. Leurs investissements sont plus faibles que ceux des grandes exploitations mais leurs retombées sont aussi beaucoup plus faibles. De plus, elles ne profitent pas des économies d'échelle que génèrent les grandes exploitations. Enfin, leur capacité d'adaptation reste assez limitée.

Du fait de ces contraintes, les petites carrières ne disposent souvent pas d'un bureau d'études qui planifie les avancements du front d'exploitation à long terme. Assurer la production quotidienne reste leur principal souci, tout comme dans les grandes carrières mais, à la différence de celles-ci, il y a peu de place pour la recherche de méthodes et de techniques plus respectueuses de l'environnement, à part celles qui sont imposées par la législation.

4.3 Flux de matières et d'énergie

Jusqu'ici nous avons montré les opérations qui permettent l'exploitation de la Pierre Bleue dans les carrières wallonnes, sans pour autant nous intéresser aux besoins énergétiques et en matières diverses. Nous allons détailler ces besoins énergétiques et de matériaux en décrivant tant les flux entrants (matières consommables, énergie, eau) que les flux sortants (rejets solides, atmosphériques, aqueux), aussi bien externes (la carrière prise dans son ensemble) qu'internes (opération par opération). Les données présentées correspondent toujours à celles fournies par la S.A. Carrières du Hainaut, à Soignies. Ces chiffres servent à montrer les ordres de grandeur des flux entraînés par une telle exploitation.

Le sous-chapitre 4.3.3 fait le bilan des flux rapportés à une tonne de Pierre Bleue utile. La figure 4-13 présente déjà ici de manière schématique les entrées et les sorties de matières et d'énergie dans l'ensemble de l'exploitation. Analysons-les.

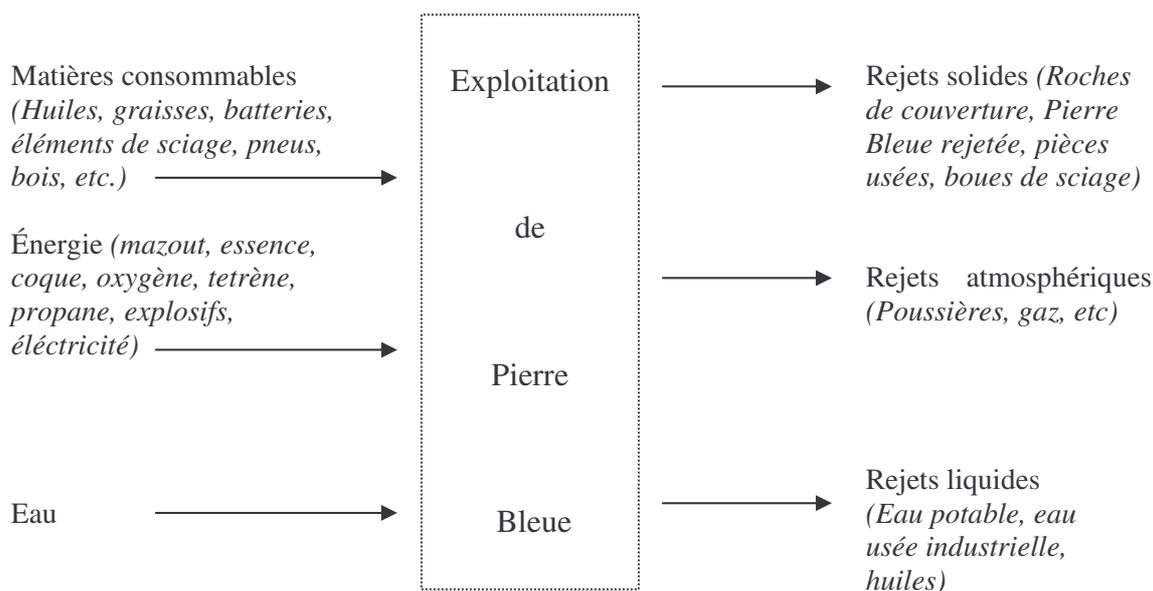


Figure 4-13. Flux entrants et sortants dans l'ensemble de l'exploitation

4.3.1 Flux entrants

Nous différencions trois types de flux entrants à la carrière : les matières consommables, l'énergie et l'eau.

4.3.1.1 Matières consommables

Voici le détail des matières consommables qui entrent dans la carrière avec des explications quant à leurs utilisations et parcours internes :

- Huiles/graisses : la carrière utilise environ 50 sortes différentes d'huiles/graisses par an, concrètement 82.000 l d'huiles et 11 t de graisses par an. Huiles et graisses sont utilisées dans presque toutes les phases du schéma de production. Les huiles servent aussi bien comme réfrigérants, que comme lubrifiants ou comme actionneurs hydrauliques. Les graisses s'emploient pour réduire les frictions entre les éléments, normalement métalliques, qui entrent en contact et aussi comme réfrigérants.

- Batteries : environ 3.500 kg de batteries sont utilisées et reprises chaque année dans la carrière. Elles permettent le fonctionnement des moteurs à explosion des équipements d'extraction (pelles, chargeuses, camions) ainsi que ceux des véhicules utilitaires employés par les travailleurs lors des déplacements à l'intérieur de la carrière.
- Éléments de sciage : on ne dispose pas de données concernant la consommation de têtes de perforation par les foreuses ; de fil diamanté par les machines de sciage des blocs ; de lames de sciage par les armures ; et de grands disques.
- Pneus : 26 nouveaux pneus sont achetées par an, avec un poids global d'environ 13.500 kg. Ce sont des grands pneus pour les équipements de charge et de transport.
- Matières diverses pour le conditionnement des produits finis : on compte ici du bois en forme de palettes (550 t/an), du plastique pour l'emballage des palettes de dalles et d'autres produits piétonniers, de la frigolite et des mousses pour éviter le contact entre éléments délicats, etc.
- Autres : ce poste inclut les outils utilisés dans l'atelier de finition (plateaux d'abrasifs ou de diamant pour meuler, petits disques circulaires pour ciseler, sclyper et gradiner, etc), dont nous ne disposons pas de données de consommation ; produits d'assemblage tels que les colles, les mastics ou les joints d'étanchéité (environ 2900 pièces/an) ; les produits d'entretien tels que les substances nettoyantes et dégraissantes (environ 9.000 l/an), employées notamment pour enlever les graisses avant d'entamer l'entretien des équipements ; les liquides anti-gel, destinés notamment aux systèmes réfrigérateurs des moteurs ; les produits de nettoyage industriels, tels que les savons ; et les vêtements pour les employés.

4.3.1.2 Énergie

La carrière emploie plusieurs sources d'énergie lors du processus de production, principalement sous la forme d'hydrocarbures ou d'électricité mais aussi sous forme d'explosifs ou de gaz. Les voici plus en détail :

- Hydrocarbures : environ 1,7 millions de litres de mazout et 30.000 litres d'essence alimentent chaque année toute une série de machines au long de la carrière. Ce sont surtout les équipements mobiles de grandes dimensions opérant dans l'extraction de la pierre (pelles, chargeuses, dumpers, foreuses, etc.) qui reçoivent le mazout. L'essence est essentiellement consommée par les véhicules tout-terrain.
- Électricité : toute une panoplie d'équipements, que ce soit lors de l'extraction (haveuses, fils diamantés), lors du traitement (équarrissage, armures de sciage, grand disque) ou lors de la finition (trains polissoirs, débiteuses) sont actionnés par de l'électricité. De même pour tout ce qui est des pompes dans le circuit de l'eau. L'illumination représente aussi une partie importante de la consommation. En tout, la carrière consomme 19 millions de kWh par an, dont environ 80% sont consommés dans l'usine de traitement. Un transformateur situé à l'entrée de l'exploitation convertit les 10.500 V de tension d'arrivée dans une basse tension de 500 V, adaptée aux moteurs des équipements de travail.
- Coque : utilisé pour le chauffage des abris des tailleurs de pierre, la consommation de coque s'élève à 56 t/an.
- Gaz : la carrière emploie trois types de gaz : de l'oxygène, du propane et du tetrène. La consommation d'oxygène atteint les 41.000 l/an. Lui, ensemble avec le tetrène (20.000 l/an), ils servent à éclater la pierre pour aboutir à la finition dite « flammée ». Le propane, quant à lui, sert au chauffage des installations. Sa consommation est de 34 t/an.

- Explosifs : l'opération d'enlèvement des « râches » calcaires, lors de la mise en découverte de la couche de Pierre Bleue, non seulement admet l'emploi d'explosifs mais le nécessite. Étant donné le niveau de compacité de la roche, l'énergie nécessaire pour en retirer une tonne en utilisant que des équipements d'abattage est beaucoup plus élevée que celle employée lors de l'action combinée des explosifs et des tels équipements d'abattage. On ne dispose pas de données par rapport à la consommation d'explosifs.

4.3.1.3 L'eau

Que ce soit comme réfrigérant ou comme fluide porteur des résidus de sciage, l'eau joue un rôle essentiel dans presque toutes les phases du processus de production de Pierre Bleue. Les entrées d'eau à la carrière se font par deux voies : l'eau qui jaillit naturellement à partir d'une source située au fond de la carrière et l'eau de pluie. Une troisième voie, l'eau fournie par le réseau de distribution général, ne sert que pour alimenter les petites consommations des bureaux.

L'eau potable provenant de la source (600 m³/h) peut suivre trois chemins : (a) canalisation directe et versement à la rivière Plantin (65%), où elle servira de source à la Société wallonne des Eaux (SWDE) pour fournir de l'eau potable ; (b) exhaure pour être versée à la rivière Cognebeau ou Calais (25%) ; (c) utilisation interne (10%) selon un cycle qui débute dans la zone d'extraction, qui continue dans les usines de traitement et de finition et qui se termine dans la station d'épuration. L'eau est ensuite réutilisée dans les usines sauf une petite quantité qui est versée aux rivières Cognebeau ou Calais en tant qu'eau usée industrielle. Ce déversement permet d'introduire régulièrement de l'eau « fraîche » en provenance de la source.

L'eau de pluie qui tombe sur l'exploitation tend naturellement à se diriger vers les zones les plus basses. Celle qui tombe sur les 42 Ha de la zone d'extraction se dirige par ruissellement vers le fond de la carrière. Celle qui tombe sur le reste des surfaces du site, environ 78 Ha, peut soit s'infiltrer dans le sous-sol (50%), soit s'écouler vers le fond de la carrière (50%). Cette eau qui stagne dans la partie la plus basse de la carrière suit le même parcours que l'eau utilisée en interne.

Analysons plus en détail le parcours de l'eau qui circule en interne pour être utilisée dans les différents procédés :

Une partie de l'eau de source est déjà utilisée dans la zone d'extraction pour réfrigérer les opérations de forage et de sciage de la roche. Que ce soit dans les foreuses, dans les haveuses ou dans les fils diamantés, l'eau sortant de ces opérations porte des particules en suspension qu'il faut éliminer. L'eau est canalisée alors vers les bassins de décantation (voir description au sous-chapitre 5.3.2). Celle qui reste pour être utilisée en interne doit être pompée vers l'usine de traitement. Une fois sur sa cote, elle est tout de suite canalisée vers les différentes zones de l'usine (équarrissage, armures, grands disques, débiteuses, polissoirs, etc.) où elle sert à réfrigérer les contacts entre divers éléments et la roche. À la sortie de ces opérations, l'eau porte à nouveau des particules en suspension, notamment du CaCO_3 , ainsi que des gouttelettes d'huile et de graisse provenant des armures de sciage. Elle est alors canalisée vers la station d'épuration. Après un traitement physico-chimique, l'eau peut être soit réutilisée dans les installations précédentes (presque l'entièreté), soit versée à la rivière (plus de détails sur la station d'épuration au chapitre 5.3.2).

4.3.2 Flux sortants

Nous pouvons identifier trois types de flux sortant de la carrière : ceux de rejets solides, ceux de rejets atmosphériques et ceux de rejets aqueux. Voyons-les plus en détail.

4.3.2.1 Rejets solides

Les opérations qui se déroulent au sein de la carrière génèrent deux types de rejets solides : ceux appelés « pierreux » et les autres. Les rejets pierreux sont les plus importants en termes de poids et volume. Ils comprennent à la fois les différentes couches de roche « stérile » que l'on enlève lors des travaux de découverte, que la Pierre Bleue que l'on élimine dans les étapes d'extraction, de traitement ou de finition. Les compositions et propriétés de ces matériaux sont très diverses, ce qui fait que leurs options de valorisation sont aussi variées. Le tableau suivant reprend les tonnages et le devenir de ces rejets pierreux, déjà adressés avec plus de détail dans le sous-chapitre

4.2.1.1.1. La colonne de droite reprend le bilan des tonnages mis en œuvre pour obtenir une tonne de Pierre Bleue utile (en sachant que la S.A. Carrières du Hainaut produit environ 325.000 t de Pierre Bleue par an).

Matériau	t/an	Valorisation	Bilan pour 1 t de Pierre Bleue utile (t)
Terre arable	-	Réaménagement dépôts stériles	-
Limon	100.000	Briques moulées	0,31
Silt argileux	50.000	Ciment ou terre arable	0,15
Argile verte	50.000 - 300.000	Couches d'étanchéité	0,15 – 0,92
Sable gris verdâtre	-	Sable stabilisé ou remblai	-
Cailloutis de silex dans argile noire	-	Non valorisé	-
Râches	> 1.000.000	Concassés	3,08
Pierre Bleue rejetée	215.000	Concassés	0,66

Tableau 1 : tonnages et valorisations des rejets pierreux. Bilan global pour la production d'une tonne de Pierre Bleue utile.

Les « autres » rejets solides correspondent aux éléments, pièces ou mécanismes que l'on rejette une fois leur vie utile terminée. Ils comprennent les rejets suivants :

- Éléments de forage : les têtes de perforation constituent les pièces qu'il faut le plus souvent remplacer dans une machine de forage. Elles présentent une série d'incrustations de diamants industriels qui partent dans la boue de forage après une vie utile donnée. Le fournisseur reprend ces têtes et réinsère les éléments diamantés.
- Éléments de sciage : tels que les fils diamantés ou les lames et disques de sciage. Ils sont récupérés par les fournisseurs, qui parviennent à remettre en bon état ceux qui ne sont pas cassés, en incluant de nouvelles particules diamantées et en affinant les dents.
- Pièces d'abattage et chargement : les dents des poches d'abattage et de chargement peuvent être affinés dès qu'elles perdent leur capacité de pénétration dans la roche. Après seulement quelques affinages elles doivent être rejetées.

- Pneus : environ 25 pneus par an sont rejetés comme n'étant plus utilisables. Ils sont stockés en interne puis récupérés par les fournisseurs.
- Autres : il y a toute une panoplie de petits outils et pièces qui sont rejetés une fois leur vie utile finie. Ils proviennent notamment des ateliers de finition ainsi que de dégâts dans les systèmes électro-mécaniques et hydrauliques des machines. Leur quantification dépasse l'objectif de ce travail mais on peut signaler l'existence d'un système de récupération sélective de pièces métalliques, plastiques, etc. On inclut aussi dans ce poste les rejets à caractère ménager produits dans les bureaux.

4.3.2.2 Rejets atmosphériques

L'une des caractéristiques des exploitations carrières de pierre naturelle, au contraire d'autres exploitations minières, est le caractère quasi²⁴ exclusivement diffus des émissions vers l'atmosphère. L'opération de calcination dans le cas du magnésium, ou de combustion dans le cas du charbon, pour ne citer que deux exemples, nécessitent des cheminées pour l'émission des composants gazeux produits dans les réactions respectives. Ce n'est pas le cas ici, où les opérations qui se déroulent dans l'usine de traitement ne concernent que des façonnages et des traitements de surface. On peut donc conclure que dans ce genre d'exploitations « il n'y a pas de cheminée ».

On distingue deux types principaux de rejets atmosphériques en fonction de leur état physique : les particules solides et les gaz et vapeurs.

- (a) Les particules solides se présentent sous forme de poussières avec des diamètres de 1 à 1.000 µm. Elles sont émises lors de l'action du vent sur les surfaces excavées, lors des opérations d'abattage et de charge des matériaux pierreux et lors du passage des machines mobiles sur les pistes dans

²⁴ Quasi, car il y a souvent une installation de chauffage qui possède évidemment sa cheminée pour évacuer les gaz. En tout cas, le flux émis reste très inférieur par rapport, par exemple, à celui d'une cheminée de calcination, dans le cas du magnésium, ou de combustion, dans le cas du charbon.

l'ensemble de l'exploitation. Malheureusement, on ne dispose pas de données concernant ce genre d'émissions.

- (b) Les émissions de gaz proviennent principalement des réactions de combustion dans les moteurs des machines employées dans l'ensemble de l'exploitation. Elles sont constituées principalement de CO₂, CO, NO_x et SO_x. D'autres émissions, moins importantes en volume, sont les gaz de combustion émis par les systèmes de chauffage des différents bâtiments, ou les gaz et vapeurs issus des tirs de mines. Il nous paraît adéquat de signaler que ces rejets atmosphériques gazeux constituent aussi souvent des rejets thermiques.

4.3.2.3 Rejets liquides

L'eau étant présente dans presque toutes les opérations tant au niveau de l'extraction qu'au niveau du traitement et de la finition, son rejet, aussi bien à l'état pur que portant des charges en suspension, reste très répandu. Nous allons nous concentrer ici sur les rejets liquides qui sortent des limites de la société. En même temps nous allons nous intéresser au devenir de produits liquides comme les huiles, graisses, etc.

4.3.2.3.1 L'eau

L'eau quitte les limites de la société par l'un des deux chemins suivants : (a) par infiltration au sous-sol ; et (b) par déversement aux rivières :

- (a) L'eau peut s'infiltrer dans le sous-sol au moment où elle stagne dans les bancs de Pierre Bleue et dès qu'elle tombe sous forme de pluie sur n'importe quelle surface sans revêtement. Dans le premier cas, il s'agit d'un mélange entre l'eau provenant de la source naturelle, potable, et l'eau sortant des opérations de sciage de la Pierre Bleue, portant des particules en suspension. Dans le deuxième cas, l'eau s'infiltré telle qu'elle tombe du ciel avec une possibilité de dissolution de certaines substances qui pourraient se trouver sur ces surfaces sans revêtements (voir figure 4-14).



Figure 4-14. Eau de pluie sur une surface sans revêtement

(b) Il y a trois déversements vers les rivières : (a) celui vers la Plantin en tant qu'eau d'exhaure ($400 \text{ m}^3/\text{h}$), provenant directement de l'eau de source et valorisée plus tard par la SWDE comme eau potable ; (b) celui vers les rivières Cognebeau ou Calais ($200 \text{ m}^3/\text{h}$), aussi en tant qu'eau d'exhaure ; et (c) celui vers les rivières Cognebeau ou Calais ($50 \text{ m}^3/\text{h}$), en tant qu'eau usée industrielle, provenant de la station d'épuration des eaux usées originaires des différents stades de l'exploitation. Le processus physico-chimique qui permet de traiter l'eau sortant des usines de traitement et de finition dans la station d'épuration est décrit au sous-chapitre 5.3.2.

4.3.2.3.2 Les huiles et graisses

L'utilisation d'huiles et de graisses, comme celle de l'eau, est très répandue dans l'ensemble de la carrière. Virtuellement tous les mécanismes nécessitent l'un ou l'autre type de lubrifiant, réfrigérant, etc. Les rejets présentent donc des origines aussi diverses.

Les huiles usagées, qu'elles proviennent du garage (exemple : huiles moteurs et hydrauliques des équipements mobiles) ou des usines de traitement et de finition (huiles lubrifiantes des armures de sciage), sont collectées puis versées dans l'une des trois citernes prévues pour les héberger. Ces citernes sont vidées régulièrement par une société externe qui s'occupe des traitements finaux. Environ 30.000 l d'huiles usées sortent par an de la carrière. Ceci représente environ 37% des huiles entrantes. Les 63% restant correspondent aux fuites dans les systèmes hydrauliques et de réfrigération des

équipements ainsi qu'aux éclaboussures et pertes diverses. Ces dernières finissent soit par s'infiltrer dans le sous-sol, soit par se mélanger aux eaux usées sortant notamment des armures de sciage (voir le sous-chapitre 5.5.1 pour plus de détails sur l'origine de ces pertes), et se retrouvent donc à la station d'épuration.

Les graisses, quant à elles, ne sont pas du tout récupérées, à cause de leur condition même. Il s'agit de produits semi-solides qui s'appliquent régulièrement à des points de contact entre surfaces métalliques qui se trouvent, dans la plupart des cas, exposés aux intempéries. Les graisses tombent au sol ou partent dans l'eau au fur et à mesure qu'elles perdent leurs propriétés semi-solides. Les 11 t de graisses qui entrent dans la carrière chaque année sortent donc par l'une de ces deux voies. Un vecteur particulièrement important de sortie des graisses sont les eaux de réfrigération dans les armures de sciage. Nous nous intéresserons aux possibles améliorations de ce poste au chapitre 5.5.1.

4.3.3 Bilan des flux nécessaires pour produire une tonne de Pierre Bleue utile

Le tableau 2 reprend les chiffres vus tout au long de ce chapitre pour quantifier les flux nécessaires à la production d'une tonne de Pierre Bleue utile en sachant que la S.A. Carrières du Hainaut produit 325.000 t de Pierre Bleue par an.

Matériau	Quantité entrant ou sortant par an	Bilan pour 1 t de Pierre Bleue utile
Huiles	82.000 l	0,25 l
Graisses	11 t	34 g
Batteries	3,5 t	11 g
Éléments de sciage	-	-
Pneus	13,5 t	41,5 g
Bois des palettes	550 t	1,7 kg
Dégraissants	9.000 l	0,03 l
Mazout	1,7 Ml	5,2 l
Essence	30.000 l	0,09 l
Coque	56 t	0,17 kg
Oxygène	41.000 l	0,13 l
Tétrène	20.000 l	0,06 l
Propane	34 t	0,1 kg
Explosifs	-	-
Electricité	19 M kWh	58,46 kWh
Eau ^(a)	5,78 Mm ³	17,8 m ³
Terre arable	-	-
Limon	100.000	0,31
Silt argileux	50.000	0,15
Argile verte	50.000 - 300.000	0,15 – 0,92
Sable gris verdâtre	-	-
Cailloutis de silex dans argile noire	-	-
Râches	> 1.000.000	3,08
Pierre Bleue rejetée	215.000	0,66
Poussières	-	-
Gaz de combustion ^(b)	22,1 Mm ³	68 m ³
Boues de sciage	27.000 t	83 kg

Tableau 2 : bilan global pour la production d'une tonne de Pierre Bleue utile.

- (a) Nous comptons ici l'eau qu'il faut gérer pour produire 1 tonne de Pierre Bleue même si ce n'est que 10% de cet eau qui est réellement utilisée dans l'usine de traitement. La valeur de 5,78 millions de m³ par an sort de sommer les 600 m³/h de l'eau de source aux environ 60 m³/h provenant de l'eau de pluie. Cette dernière a été calculé en supposant une précipitation moyenne de 1.300 l/m² par an sur une surface de 42 Ha.
- (b) Seulement à partir de la combustion du mazout.

4.4 Pressions sur l'environnement

Vu les flux de matières et d'énergie qui entrent et sortent de la carrière, nous pouvons nous demander quels sont les pressions que ces flux exercent sur l'environnement, c'est à dire, quels sont les caractéristiques connues de ces flux qui peuvent, d'une façon ou d'une autre, porter atteinte à l'environnement. Nous allons approcher cette analyse en divisant les éventuelles pressions selon leur action sur la qualité de l'air, le changement climatique, la pollution de l'eau, la génération de déchets, les bruits et vibrations et la qualité paysagère.

Cependant, l'identification des pressions exercées sur l'environnement n'est pas une finalité en soi. L'objectif final de cette analyse est de montrer les mesures qui ont déjà été prises pour contrôler ces nuisances ainsi que de suggérer de nouvelles pistes pour des traitements plus respectueux de l'environnement. Ceci fera l'objet du Chapitre 5.

Commençons donc par identifier les pressions que les activités extractives de Pierre Bleue exercent sur l'environnement.

4.4.1 Qualité de l'air

La pollution de l'air causée par des activités extractives en général, et des carrières de Pierre Bleue en particulier, se produit suite aux rejets atmosphériques de particules solides et de gaz et vapeurs (voir 4.3.2.2).

Les rejets atmosphériques sous forme de poussières constituent la principale pression sur la qualité de l'air aux alentours de l'exploitation. Il s'agit de particules d'entre 1 et 1.000 μm dont les plus grandes tendent à se déposer sous l'action de la gravité. Les effets de ces particules sur l'environnement ne se limitent pas à une diminution de la qualité de l'air, ce qui peut se passer dès que leurs concentrations dépassent certaines limites. Mais elles provoquent aussi des dégâts sur les éléments mobiles des équipements industriels, des dommages sur la végétation et des pertes de valeurs esthétiques. Par ailleurs, les plus fines particules sont très nuisibles pour la santé.

La composition chimique des particules de poussière varie en fonction du terrain original. En ce qui concerne les particules provenant de la Pierre Bleue, étant donnée sa composition vue au sous-chapitre 3.5.1, elles sont composées principalement de CaCO_3 mais portent aussi du soufre sous forme de pyrite. Ce soufre peut intervenir dans les phénomènes de corrosion des lames de scie et également favoriser des croissances bactériennes et une acidification des circuits de refroidissement.

Plusieurs études ont établi les émissions de poussières suite à des opérations minières. Pour ce faire, on a défini des facteurs d'émission, c'est-à-dire, des moyennes statistiques des vitesses auxquelles les polluants sont libérés vers l'atmosphère. Quelques valeurs basées sur des mesures dans des sites miniers particuliers sont présentées dans le tableau 3.²⁵

Opération	Nombre d'estimations	Facteur d'émission
Mouvement des stériles de recouvrement	5	0,024 – 0,05 kg/t de stérile 0,004 – 0,23 kg/t de minéral
Chargement de camions à l'aide d'une pelle	5	>0,5 kg/t de minéral
Pistes de transport	4	0,25 – 0,69 kg/km parcouru
Déchargement d'un camion dans le dépôt de stériles	3	0,00017 – 0,02 kg/t de minéral

Tableau 3 : facteurs d'émission de poussières pour quelques opérations minières classiques

En ce qui concerne les gaz et vapeurs, l'intensité de leurs émissions reste bien inférieure à celles des poussières. Cependant, dans le cas des gaz issus des moteurs, il faut considérer que la combustion complète d'un kilogramme de mazout suppose une captation de 15 kg d'air et une émission d'environ 13 m³ de gaz. Le fait que la combustion dans les moteurs en situation réelle est incomplète et que des impuretés sont présentes dans les carburants, occasionne l'émission de toute une série de substances

²⁵ Jutze (1976), in "Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería", Instituto Tecnológico Geominero de España, 1996, pp. 76.

indésirables sous forme gazeuse. On a établi les facteurs d'émission pour plusieurs équipements de travail. Le tableau 4²⁶ montre les données pour un dumper de 30 t.

Polluant	Facteur d'émission (g/km)
Particules	0,75
SO _x	1,50
CO	12,75
HC	2,13
NO _x	21,25
Aldéhydes	0,19
Acides organiques	0,19

Tableau 4 : facteurs d'émission de substances gazeuses secondaires pour un dumper de 30 t qui consomme 0,45 l de combustible par km

La détonation d'explosifs peut aussi diminuer la qualité de l'air suite à la libération des gaz et vapeurs associés aux mêmes. La concentration de ces gaz et vapeurs reste élevée pendant quelques minutes en proximité du lieu de l'explosion. La quantité et la composition des gaz issus des tirs de mines varient en fonction du type d'explosif utilisé.

4.4.2 Changement climatique

Les 6 gaz à effet de serre identifiés par le Protocole de Kyoto comme étant capables de capter la chaleur rayonnée par la terre et donc potentiellement responsables des changements du climat sont la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), le protoxyde d'azote (N₂O), le méthane (CH₄), l'hexafluorure de soufre (SF₆) et les hydrofluorocarbures (HFCs). Ceux d'entre eux que l'on trouve dans le bilan des émissions d'une carrière de Pierre Bleue sont le dioxyde de carbone (CO₂) et le protoxyde d'azote (N₂O).

Le CO₂ provient de la combustion des énergies fossiles. Dans la carrière, ces combustibles sont utilisés au niveau des installations de chauffage, que ce soit du coque ou du gaz, et au niveau des moteurs des divers équipements de travail, essence ou gasoil. Le facteur d'émission de CO₂, défini comme étant la quantité de CO₂ émise par

²⁶ US EPA (1973), in "Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería", Instituto Tecnológico Geominero de España, 1996, pp. 76.

unité d'énergie consommée, varie pour chaque type de combustible en fonction de sa teneur en carbone. Le tableau 5 reprend les valeurs pour ces quatre types de combustibles fossiles.

Vecteur	Facteur d'émission (kg CO ₂ /GJ)
Coque	95
Gaz naturel	53
Essence	70
Gasoil	72

Tableau 5 : facteurs d'émission en CO₂ des combustibles utilisés dans la carrière

Le N₂O, quant à lui est aussi émis lors des réactions de combustion dans les moteurs des véhicules, quoique dans une beaucoup plus faible quantité. Il a un pouvoir de réchauffement global (PRG) 310 fois plus élevé que celui du CO₂ sur une période de 100 ans, c'est-à-dire, 1 tonne de N₂O équivaut à 310 tonnes de CO₂ du point de vue de son pouvoir de réchauffement climatique sur cette durée.

4.4.3 Pollution de l'eau

Les activités minières dans la carrière de Pierre Bleue étudiée exercent une pression sur les deux flux d'eau sortants de l'exploitation (voir le sous-chapitre 4.3.2.3.1). En effet, tant la qualité des eaux souterraines que celle des eaux de surface versées à la rivière peuvent se voir, d'une manière ou d'une autre, affectées par les opérations extractives. Entrons dans les détails.

Il y a deux types de dommages possibles sur la qualité des **eaux souterraines**. Le premier danger est une pollution par l'infiltration au sous-sol de certaines substances indésirables. Cela peut se passer aussi bien au niveau du fond de la carrière, là où l'eau stagne en attendant d'être pompée vers le bassin de décantation, qu'au niveau de n'importe quelle surface de terrain dans le site, là où l'eau de pluie tombe puis s'infiltré. Dans le premier cas, l'eau est mélangée avec de la boue provenant du sciage des blocs de Pierre Bleue et donc sa caractéristique la plus remarquable c'est sa turbidité. La capacité d'infiltration de l'eau dans le massif de Pierre Bleue reste cependant très marginale et donc il ne paraît pas probable que ce soit une source importante de

pollution. Par contre, l'infiltration de l'eau de pluie dans d'autres surfaces du site d'exploitation semble plus facile étant donné qu'il s'agit de terrains meubles de couverture. Ici, le risque comporte l'infiltration en parallèle de substances indésirables tels que des huiles, graisses, hydrocarbures ou même des métaux lourds par oxydation puis lixiviation de pièces métalliques exposées aux intempéries. Le cas des huiles et graisses semble particulièrement préoccupant aux alentours de l'usine de traitement comme conséquence des pertes au niveau des armures de sciage. Nous aborderons plus en détail cette problématique et proposerons des pistes d'amélioration dans le chapitre 5.5.

Le deuxième danger au niveau de la qualité des eaux souterraines est la possibilité d'une modification trop importante du niveau de la nappe phréatique originale avec des conséquences sur les débits des sources d'eau naturelles à quelques kilomètres de distance de l'exploitation. Néanmoins, le caractère calcaire du sous-sol local fait que la nappe n'a pas la forme d'un aquifère continue mais celle d'un flux de drainage. Ce flux correspond à l'eau de source qui jailli dans la zone d'extraction.

En ce qui concerne les **eaux de surface**, le principal danger provient des propriétés physico-chimiques des eaux versées aux différentes rivières. Néanmoins, les trois types de déversements effectués (voir 4.3.2.3.1.b) respectent les dispositions normatives existantes à présent. D'ailleurs, les déversements d'eau vers la rivière Plantin et ceux vers la Cognebeau ou la Calais, catalogués toutes deux comme des eaux d'exhaure, ne doivent pas payer des taxes de déversement étant donnés leurs teneurs en matières en suspension (MES) inférieures à 20 mg/l. Dans le cas de la Plantin, étant donnée sa valorisation comme eau potable par la SWDE, on respecte aussi les valeurs de turbidité ainsi que les teneurs en fer et en manganèse. En ce qui concerne le déversement en provenance de l'usine d'épuration des eaux usées, d'après les mesures effectuées annuellement, celle-ci présente les caractéristiques reprises au tableau 6. Il faut souligner l'absence de rejets thermiques comme conséquence du déversement des eaux dans les rivières.

Caractéristique	Unité	Rejet
DCO décantée 2H	mg O ₂ /l	<5
Phosphore total	mg/l	<0,1
Azote total	mg/l	1,8
MES	mg/l	7
Plomb	µg/l	<1
Cadmium	µg/l	<0,1
Zinc	µg/l	6
Cuivre	µg/l	1,5
Nickel	µg/l	<1
Chrome	µg/l	<1
Mercure	µg/l	<0,5
Argent	µg/l	<0,1
Arsenic	µg/l	1

Tableau 6 : composition de l'eau rejetée en provenance de la station d'épuration

4.4.4 Déchets

Qu'ils soient suivis d'un processus de valorisation ou d'une simple mise en décharge, les produits sortants des opérations d'extraction et de façonnage de la Pierre Bleue peuvent exercer diverses pressions sur l'environnement. Cependant, peu de produits sont catalogués comme déchets à la sortie du site d'exploitation. Presque tous sont repris par les fournisseurs mêmes ou par d'autres sociétés pour être réutilisés ou pour être reconvertis dans d'autres applications.

Les huiles et graisses usées constitue peut être l'exemple où les pressions sur l'environnement peuvent être les plus répandues. La société de notre exemple utilise environ 50 types différentes d'huiles et de graisses. Chacune possède ses propres caractéristiques physico-chimiques et donc chacune devrait idéalement être traitée en fin de vie d'une façon différente. Évidemment, les conditionnements de ces huiles et graisses sont aussi très divers. Le cas des graisses est le plus flagrant car souvent elles se présentent dans de petits emballages en forme de cartouche ou similaire, ce qui requiert un poids et un volume d'emballage accrus pour une même quantité de produit. Des pistes seront proposées au sous-chapitre 5.5 pour améliorer cette situation.

Un autre déchet fondamental ce sont les boues de sciage, qu'elles soient reprises dans les bassins de décantation ou dans la station d'épuration. Elles sont constituées

principalement de CaCO_3 , ce qui permet leur valorisation comme amendement calcaire des sols agricoles. Cependant, dans leur composition se trouvent aussi d'autres éléments présents dans la composition de la Pierre Bleue, tels que le soufre de la pyrite, et bien sûr de la graisse et des huiles en provenance des pertes existantes au niveau des armures de sciage (ceci seulement dans les boues de la station d'épuration).

4.4.5 Bruits et vibrations

Les activités industrielles sont souvent des sources majeures de bruit et de vibrations. Les carrières, en tant que sites industriels, n'échappent pas à ce constat. Mais, en plus, les carrières en tant que sites extractifs, provoquent des vibrations spéciales suite aux tirs de minage.

Les deux sources principales de bruit dans les carrières sont les équipements de sciage dans les usines de traitement et les équipements mobiles de charge et de transport au niveau de l'extraction. On ne dispose pas de données sur les niveaux de bruit à proximité des machines de sciage au sein des usines. Par contre, une étude de l'US Bureau of Mines montre que ces niveaux se situent entre 80 et 90 dB(A)²⁷ à l'intérieur des cabines de mande des différents équipements mobiles.

Les vibrations dans la carrière, quant à elles, se produisent uniquement lors des tirs de mine. Même si les mécanismes qui jouent dans l'abattage d'une roche par la détonation d'une charge explosive sont assez complexes, on sait que les vibrations sont principalement causées lorsque les gaz libérés suite à la détonation des explosifs poussent très fortement et ouvrent les fissures qui ont été créées par une première onde de fracture. En surface, cette poussée des gaz confinés génère une onde de basse fréquence qui se traduit par une vibration du terrain. Ces vibrations peuvent être évaluées en mesurant les déplacements, les vitesses ou les accélérations des particules du terrain. En général, la vitesse des particules reste le paramètre le plus utilisé lors des études sur les tirs de mines.

²⁷ L'unité de mesure du niveau d'intensité acoustique est le décibel (dB). Mais l'ouïe humaine filtre les fréquences qu'elle reçoit d'une façon complexe. Pour mieux comparer le bruit mesuré avec la sensation sonore perçue, on simule dans les appareils de mesure le type de filtre que nous avons dans notre organisme. Parmi les trois types d'échelle que l'on utilise pour corriger ces mesures, A, B et C, c'est la première qui s'adapte le mieux aux sensations sonores perçues dans des milieux industriels.

Les études faites jusqu'à présent sur les vibrations ne sont pas parvenues à évaluer proprement les effets sur l'environnement, notamment en ce qui concerne les effets sur la faune. Par contre, on a une connaissance approfondie des effets sur la santé humaine ainsi que sur les structures.

En tout cas, le niveau de technicité requis pour aborder la question des vibrations dépassant l'objectif de ce mémoire, nous nous limitons à dire qu'il y a toute une gamme de paramètres au niveau du design des tirs qui permettent de diminuer notablement les nuisances causées par la détonation de charges explosives au sein des massifs rocheux.

4.4.6 Paysage

Les activités extractives à ciel ouvert comportent par définition une modification importante du paysage. Ces modifications paysagères peuvent générer un impact visuel important ou non en fonction des mesures que l'on adopte ou non. Les sources principales d'impact visuel sont en général les zones d'extraction, les terrils, les installations fixes, les équipements mobiles et la pollution de l'air par des poussières.

La zone d'extraction de la Carrière du Hainaut n'est visible que dès qu'on rentre dans les limites de la concession car il s'agit d'une excavation en profondeur sur terrain plat.

Les terrils de matières stériles, par contre, sont visibles à plusieurs kilomètres de distance, notamment depuis la ville de Soignies. Cependant, il n'exercent pas d'impacts visuels car ils ont été reboisés avec des espèces autochtones variées.

Ce sont les installations fixes, situées au niveau du terrain original, qui causent l'impact visuel le plus important. Surtout du fait que la ligne de train Bruxelles-Mons passe le long du site industriel, à quelques dizaines de mètres à peine.

Les mesures prises à l'égard de la conservation du paysage (voir chapitre 5.3.5) ont fait, entre autres, que l'impact visuel dû aux poussières reste assez limité aux alentours du site d'exploitation.

Chapitre 5 : Contrôle et diminution des nuisances

5.1 Introduction

Les méthodes développées pour contrôler et diminuer les nuisances liées aux activités extractives émanent souvent des contraintes imposées par la législation. D'habitude, les gérants des exploitations minières regardent avec inquiétude les nouvelles dispositions car, dans la plupart des cas, il s'agit de limites ou des normes à respecter qui se traduisent par des investissements de capital pour l'acquisition de nouvelles technologies. Cependant, l'application de telles mesures implique souvent des améliorations inattendues telles que des augmentations du rendement des procédés ou des réductions des coûts d'entretien, par exemple.

Nous allons voir de façon succincte les principaux textes légaux qui concernent les activités extractives wallonnes avant de nous focaliser sur les mesures déjà prises par les exploitants des carrières dans le but de réduire les atteintes à l'environnement. Les derniers sous-chapitres aborderont les pistes envisageables pour l'implantation concrète de technologies et de méthodes de gestion plus respectueuses de l'environnement ainsi que leurs impacts économiques et sociaux.

5.2 Législation.

La plupart des textes légaux existantes en Région wallonne régulant les aspects environnementaux de l'industrie extractive émanent de Directives européennes. Les activités minières suivent à ce respect la Directive Seveso II. Comme exemple de ce processus constant de transposition de Directives en législation régionale, il existe à présent une proposition de Directive en phase de négociation entre le Parlement européen et le Conseil sur la gestion des déchets en provenance de l'industrie extractive. Elle a suscité de nombreuses réactions des pays membres car, entre autres, la classification des déchets ne semble pas très cohérent avec leurs impacts potentiels sur l'environnement ou la santé.

En Région wallonne, c'est la Division de la Prévention et des Autorisations (DPA), qui dépend de la Direction Générale de Ressources naturelles et de l'Environnement (DGRNE), l'organisme en charge d'assurer l'application de la législation spécifique aux mines et aux carrières.

La Wallonie possède toute une structure de textes légaux visant la régulation des activités extractives, que ce soit des mines ou des carrières, souterraines ou à ciel-ouvert. Il existe à la fois des législations pour les activités en cours (par rapport à l'air, le bruit, les déchets, l'eau, le sol ou le sous-sol) et pour les demandes d'ouverture de nouvelles exploitations (Permis d'environnement, Permis unique).

Le tableau 1 montre les textes légaux plus récents dont les exploitations existantes doivent tenir compte lors de leurs activités.²⁸

²⁸ Beaucoup plus de détails sur les textes légaux en Wallonie sont disponibles sur le portail environnement de la Région wallonne : <http://mrw.wallonie.be/dgrne/legis/index.htm>

Sujet	Décision du	Titre	Date de parution
Air	13.11.2002	Arrêté du Gouvernement wallon fixant des plafonds d'émission pour certains polluants atmosphériques	14.12.2002
Bruit	13.05.2004	Arrêté du Gouvernement wallon relatif à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement	12.07.2004
Déchets	15.01.1998	Arrêté du Gouvernement wallon adoptant le Plan wallon des déchets "Horizon 2010"	21.04.1998
	25.04.2002	Arrêté du Gouvernement wallon instaurant une obligation de reprise de certains déchets en vue de leur valorisation ou de leur gestion	18.06.2002
	16.01.1997	Décret portant approbation de l'accord de coopération concernant la prévention et la gestion des déchets d'emballages , modifié par le décret du 15 mai 2003 approuvant l'accord de coopération portant sur l'introduction de l'euro (M.B. 10.06.2003) Accord de coopération du 30 mai 1996 concernant la prévention et la gestion des déchets d'emballages	15.03.1997
Eau	30.04.1990	Décret instituant une taxe sur le déversement des eaux usées industrielles et domestiques , modifié par les décrets régionaux wallons du 25 juillet 1991 (M.B. 15.10.1991 et M.B. 16.10.1991), 23 décembre 1993 (M.B. 23.02.1994), 23 juin 1994 modifiant le décret du 7 octobre 1985 sur la protection des eaux de surface contre la pollution (M.B. 15.07.1994), 7 mars 1996 (M.B. 09.03.1996), par le décret-programme du 17 décembre 1997 portant diverses mesures en matière d'impôts, taxes et redevances, de logement, de recherche, d'environnement, de pouvoirs locaux et de transports (M.B. 27.01.1998), par le décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement (M.B. 08.06.1999), 15 avril 1999 relatif au cycle de l'eau et instituant une Société publique de gestion de l'eau (M.B. 22.06.1999), 31 mai 2001 (M.B. 08.06.2001), par l'arrêté du Gouvernement wallon du 20 décembre 2001 portant exécution du décret du 18 juillet 2001 relatif à l'introduction de l'euro dans la réglementation et dans les programmes informatiques de la Région wallonne, en ce qui concerne les matières relatives à l'eau et relevant du Ministre de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Environnement (M.B. 30.01.2002), par le décret du 12 décembre 2002 (M.B. 14.12.2002 - err.10.09.2003) et par le décret du 22 octobre 2003 modifiant les décrets du 7 octobre 1985 sur la protection des eaux de surface contre la pollution, du 30 avril 1999 instituant une taxe sur le déversement des eaux	10.11.1990

		usées industrielles et domestiques, du 15 avril 1999 relatif au cycle de l'eau et instituant une Société publique de Gestion de l'Eau, et du 7 mars 2001 portant réforme de la Société wallonne des Distributions d'Eau (M.B. 27.11.2003)	
Sol	02.10.2003	Arrêté du Gouvernement wallon portant exécution du décret du 4 juillet 2002 sur les carrières et modifiant certaines dispositions du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement	24.10.2003
Explosifs	04.08.1959	Arrêté royal réglementant l'emploi en roche des explosifs dans les exploitations des minières et des carrières, modifié par les arrêtés royaux du 25 mars 1966, 9 avril 1976 et du 9 octobre 1985 (M.B. 06.11.1985)	03.10.1959

Tableau 1 : textes légaux plus récents dont les exploitations existantes doivent tenir compte lors de leurs activités

En ce qui concerne les demandes d'ouverture de nouvelles exploitations carrières, elles doivent se soumettre à la procédure de Permis d'environnement ou de Permis unique. Le Permis d'environnement est donc le régime d'autorisation administrative préalable à l'exploitation de très nombreuses activités et installations, dont les mines et carrières. Instauré par le décret du 11 mars 1999, il est entré en vigueur le 1^{er} octobre 2002. Son utilité réside dans le fait qu'il rassemble en un seul acte administratif, avec une seule procédure et une seule autorité compétente, des actes autrefois distincts tels que :

- le permis d'exploiter ;
- l'autorisation de déversement des eaux usées ;
- l'autorisation de prise d'eau ;
- l'autorisation de gestion de déchets ;
- l'autorisation spécifique aux explosifs, etc.

Cette intégration est très poussée, puisqu'un projet nécessitant à la fois un permis d'environnement et un permis d'urbanisme ne devra plus disposer que d'un seul permis, appelé « Permis unique ». Il faut souligner que le Permis d'environnement concerne aussi les sociétés dont le permis d'exploiter doit être renouvelé.

Le Permis d'environnement classe les activités en trois types (1, 2 et 3) selon un ordre décroissant de nuisance pour l'environnement. Seules les activités de classe 3

peuvent ne présenter qu'une déclaration, plus simple, au lieu du Permis d'environnement. Les carrières, en fonction de leur superficie, appartiennent aux classes 1 (>25 Ha) ou 2 (<25 Ha). Les dépendances des carrières, telles que les ateliers de travail de la pierre, appartiennent aussi aux classes 1 ou 2.

5.3 Méthodes de traitement existantes

Nous décrivons dans les sections suivantes les méthodes déjà appliquées au sein des exploitations carrières de Pierre Bleue qui permettent de contrôler et diminuer les pressions sur l'environnement identifiées au chapitre précédent. Nous prenons toujours comme exemple la S.A. Carrières du Hainaut, à Soignies. L'impossibilité d'accéder aux données pour la Carrière de la Préalpe ne nous permet pas d'analyser les problèmes spécifiques aux plus petites carrières des provinces de Liège et de Namur et donc nous ne pouvons pas proposer des pistes d'amélioration environnementale pour ce genre de carrières.

5.3.1 Qualité de l'air

Les carrières en général, et celles de Pierre Bleue en particulier, disposent de toute une gamme de méthodes pour lutter contre la pollution de l'air, notamment contre l'émission de poussières. Quelques-unes de ces méthodes sont déjà utilisées par la carrière de notre exemple. Nous citons les deux d'entre elles qui réduisent d'avantage les pressions sur l'environnement : les capteurs de poussières et le traitement des pistes de transport.

Les capteurs de poussières installés sur les équipements industriels de forage éliminent non seulement l'exposition des ouvriers aux fines particules ayant des effets nocifs sur la santé mais permettent aussi de réduire notablement les coûts d'entretien et de forage et d'augmenter les vitesses de perforation. Ce type de capteur est à présent installé sur la foreuse chargée de perforer les fleurets pour les tirs de mine ainsi que sur celle qui fore la Pierre Bleue pour introduire le fil diamanté (voir figure 5-1).



Figure 5-1. Capteur de poussière installé sur une foreuse

En ce qui concerne le traitement des pistes (voir figure 5-2), on utilise deux méthodes. La première, assez efficace, consiste à arroser les pistes avec de l'eau. Pour ce faire, on emploie un camion-citerne qui circule aux moments les plus secs de l'année sur l'ensemble des pistes les plus fréquentées. La deuxième méthode, encore plus efficace, consiste à traiter le sol avec des stabilisants. Ce sont des sels, tels que le chlorure de sodium ou le chlorure de calcium, qui empêchent les particules de se libérer de la surface en attirant l'humidité de l'air vers le sol et en retardant l'évaporation de l'eau contenue dans le sol. Par contre, cette deuxième méthode peut avoir des impacts au niveau de la qualité des eaux d'infiltration et au niveau de la corrosion des engins.



Figure 5-2. Pistes de transport à l'intérieur de l'exploitation

5.3.2 Pollution de l'eau

La carrière de Pierre Bleue de notre exemple, comme il a été décrit au sous-chapitre 4.4.3, exerce diverses pressions aussi bien sur les eaux souterraines que sur les eaux de surface. Nous allons parler tout de suite des efforts, non négligeables, faits dans le passé pour diminuer ces pressions. Quelques pistes envisageables pour améliorer les situations problématiques encore existantes sont exposées au sous-chapitre 5.5.

Les actions visant le contrôle et la diminution des impacts sur les eaux dans la carrière se sont focalisées sur les eaux de surface plutôt que sur les eaux souterraines. Il y a plusieurs raisons pour ceci : premièrement, l'exploitant de la carrière doit agir pour respecter les dispositions légales concernant la qualité des eaux versées dans les rivières ; deuxièmement, les technologies disponibles pour traiter les eaux de surface sont bien connues et leur efficacité a été prouvée, même si elles nécessitent parfois de procédés assez complexes ; et troisièmement, le volume des eaux de surface reste beaucoup plus élevé que celui des eaux d'infiltration.

La carrière dispose de deux grandes installations pour traiter les eaux de surface : le bassin de décantation et la station d'épuration. Le premier vise à réduire la turbidité des eaux tandis que la deuxième vise à contrôler leur composition chimique.

Le bassin de décantation, d'une part, consiste en trois grandes « piscines » connectées en ligne, de façon à ce que l'eau circule très lentement de l'une à l'autre permettant ainsi la déposition des particules solides qu'elle emporte. La première piscine reçoit donc l'eau provenant du front d'exploitation de Pierre Bleue. Les particules solides les plus grosses tendent à sédimenter dès que l'eau perd sa vitesse en arrivant à ce premier bac et donc l'eau qui passe vers le deuxième porte beaucoup moins de particules en suspension. Le processus reste le même dans les deux bacs suivants faisant en sorte que l'eau sortant à la fin ne présente qu'une très faible turbidité.

La station d'épuration (voir figure 5-3), d'autre part, consiste en un cône de décantation où l'on réussit à nettoyer les eaux par l'application d'un processus physico-chimique. La station reçoit les eaux usées provenant de l'usine de traitement. À l'entrée de la station, en haut du cône, l'eau contient des particules de CaCO_3 en suspension

ainsi que des gouttelettes d'huile et de graisse. À ce stade on ajoute un flocculant qui regroupe les petites particules pour qu'elles pèsent d'avantage et tombent vers le bas du cône. On retire alors une boue riche en CaCO_3 qui servira à l'amendement calcaire des sols agricoles. Cette boue, comme on l'a déjà remarqué au sous-chapitre 4.4.4, porte donc aussi ces gouttelettes de substances lubrifiantes. L'eau claire libérée de particules, d'un autre côté, sort par le haut du cône pour être réutilisée dans l'usine de traitement ou pour être versée à la rivière.



Figure 5-3. Station d'épuration des eaux usées industrielles

Le contrôle et la diminution des effets néfastes sur les eaux souterraines reste un problème à résoudre. Le principal danger provient de l'infiltration des huiles et des graisses utilisées dans les différentes parties de l'exploitation, notamment dans la zone des armures de sciage ou suite à des pertes accidentelles. Nous montrerons plusieurs solutions à ces problèmes dans les sous-chapitres 5.5.1 et 5.5.2. Nous devons néanmoins signaler ici l'utilisation courante d'une série d'équipements qui facilitent le maniement propre de ce genre de substances, tels que des distributeurs mobiles, des cuves métalliques à double paroi d'acier ou des petits bacs de rétention pour des fûts (voir figure 4 dans l'annexe).

5.3.3 Déchets

La carrière a souvent établi des accords avec les fournisseurs pour la reprise de pièces, outils et produits nécessaires à la production de Pierre Bleue. Ces pièces, outils et produits subissent souvent des traitements qui permettent leur réutilisation soit dans la carrière elle-même, soit ailleurs. C'est le cas des éléments de sciage tels que les fils

diamantés, les lames ou les disques ; les batteries des véhicules ; les boues de sciage ; les fûts des hydrocarbures, etc.

5.3.4 Bruits et vibrations

Il y a trois moyens d’agir pour diminuer le bruit : réduire le niveau de bruit à l’origine ; isoler la source émettrice ; et absorber ou atténuer le bruit quelque part entre la source et le récepteur. Les deux premiers systèmes sont les plus effectifs, mais aussi les plus coûteux. Les sources principales de bruit dans l’exploitation sont les équipements de sciage ainsi que les équipements mobiles de chargement et de transport, tous deux achetées à des firmes externes. La société carrière ne peut donc que se soumettre aux évolutions technologiques proposées par ces fournisseurs. Des améliorations ont été introduites à ce propos pendant ces dernières années, notamment au niveau des échappements et des moteurs. L’entretien correct des machines reste la seule action qui doit être bien gérée par la carrière au niveau des réductions de bruit à l’origine.

Là où la carrière peut agir le plus facilement c’est sur l’atténuation du bruit. L’action à long terme la plus efficace à ce niveau a été le positionnement des mottes de produits pierreux stériles comme barrière sonore entre l’exploitation et la zone d’habitat proche à la ville de Soignies (voir figure 5-4), même si des nuisances ont été causées au moment de leur construction. De plus, l’effet de ces barrières sur la diminution du bruit a été augmenté par le reboisement avec des espèces végétales de différentes hauteurs.



Figure 5-4. Anciens dépôts de stériles situés entre la zone d’exploitation (devant) et la zone d’habitat (derrière)

Les éléments de protection personnelle pour les oreilles, obligatoires pour les personnes employées dans les postes les plus bruyants, permettent aussi de diminuer efficacement les nuisances qui subissent les travailleurs.

En ce qui concerne les vibrations produites lors des tirs de mines, les techniciens en charge sont parvenus à connaître assez précisément les valeurs des paramètres qu'interviennent au moment de l'abattage. La connaissance de ces valeurs permet de profiter d'une façon optimale des énergies libérées par la détonation et donc d'éviter les excès ou les fautes d'énergie qui se traduiraient par des vibrations inutiles. Néanmoins, on fait des mesures des vibrations à chaque tir.

5.3.5 Paysage

Les actions entreprises afin de diminuer l'impact visuel de l'exploitation sont, à notre avis, parmi les plus abouties. Les dépôts de matériaux pierreux stériles cités sous le point précédent ont été modelés puis reboisés de façon à ce que leur aspect final corresponde plutôt à celui d'une colline naturelle. La couche de terre arable enlevée lors de la mise en découverte des bancs de Pierre Bleue joue ici un rôle fondamental (voir figure 5-5). Elle garde toujours ses propriétés nutritives, ce qui permet la pousse rapide des espèces végétales qui y sont plantées.



Figure 5-5. Recouvrement d'un dépôt de stériles avec de la terre arable. Les espèces végétales commencent à pousser dans les zones déjà finis

5.4 Sous-produits valorisés

La valorisation de sous-produits reste l'un des atouts des carrières de Pierre Bleue en général. Ceci est aussi le cas à la carrière de notre exemple. En réalité, il y a très peu de produits considérés comme déchets. Peut être, le cas le plus illustratif de ce profit maximal correspond à celui des matériaux pierreux qui recouvrent le massif de Pierre Bleue. Nous avons détaillé dans le sous-chapitre 4.3.2.1 les différentes applications de ces matériaux divers (briqueterie, cimenterie, étanchéité, concassés, etc.).

D'autres exemples de sous-produits valorisés ce sont les boues de sciage sortant des bassins de décantation et de la station d'épuration (utilisées comme amendement calcaire des sols agricoles) ainsi que l'eau de source valorisée comme eau potable par la Société wallonne des Eaux après décantation puis déversement dans la rivière Plantin. Le sous-chapitre 5.3.2 détaille les traitements subis par ces deux sous-produits.

Une autre valorisation importante est celle subie par les huiles usagées récupérées. Suite à leur collecte, elles sont enlevées puis traitées par une société externe qui arrive finalement à récupérer une partie pour de nouveaux usages tels que la génération d'énergie. Le sous-chapitre 5.5.2 détaille la gestion des huiles et graisses utilisées dans la carrière.

5.5 Pistes envisageables pour des traitements plus propres

Les deux sous-chapitres précédents regroupent l'ensemble de mesures prises jusqu'à présent par la SA Carrières du Hainaut pour diminuer les pressions de ses activités extractives sur l'environnement. Mais il y a toujours des aspects susceptibles d'être améliorés. Les soucis des ingénieurs du bureau d'études se centrent à présent sur la possibilité d'améliorations techniques au niveau des armures de sciage et sur la gestion intégrée des huiles et graisses. Voyons ces deux aspects plus en détail, juste avant de proposer d'autres petites améliorations.

5.5.1 Améliorations possibles au niveau des armures de sciage

À présent, l'une des opérations qui exerce le plus de pressions sur l'environnement est le sciage des blocs de Pierre Bleue dans les armures de sciage. Le procédé tel qu'il fonctionne maintenant (voir sous-chapitre 4.2.1.2.2) génère non seulement beaucoup de boue avec pertes de pierre, mais il est aussi polluant à l'égard des eaux de surface (pertes de lubrifiants dans les eaux) ainsi que des eaux souterraines (grande consommation d'eau, provenant de la source souterraine, pour le refroidissement des outils et pour l'évacuation des particules, même si une partie est recyclée après traitement dans la station d'épuration). On connaît l'évolution des modèles proposés sur le marché, plus pointus techniquement et plus respectueux de l'environnement que ceux que on a utilisé précédemment. Donc on suit plusieurs pistes d'amélioration y compris (a) le changement du type de lame de sciage, (b) le changement du type de châssis d'armure et (c) le changement du système de graissage des armures. Étudions-les :

(a) Les lames de sciage sont les éléments métalliques disposés en parallèle qui, comme des couteaux, coupent le bloc de roche pour obtenir des tranches de Pierre Bleue. Plus concrètement, une lame est constituée d'un corps en acier et des segments diamantés soudés sur son bord inférieur. La figure 5-6 indique les dimensions de ces pièces. Ce que l'on envisage c'est le remplacement de ces types de lames par les lames dites « minces ».

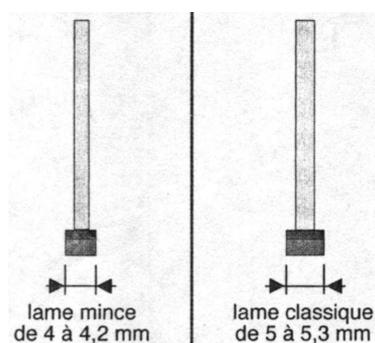


Figure 5-6. Dimensions des lames minces et des lames classiques

La seule différence morphologique entre les « lames minces » et les lames classiques c'est leur épaisseur. Le corps de la lame passe des 3 mm actuelles à 2,5 mm

tandis que les segments diamantés passent d'environ 5 mm à environ 4 mm. En somme, il y a un gain d'un millimètre par lame. Ceci présente plusieurs avantages.

Premièrement, on utilise mieux les ressources en générant moins de pertes ce qui se traduit par une réelle économie du gisement. Pour une machine réglée pour la coupe de tranches de 20 mm d'épaisseur et comportant environ 70 lames dans le cadre, l'économie réalisée est de 70 mm soit environ 3 tranches. En admettant que l'armure ne soit remplie en moyenne qu'à 80% de sa capacité, on utilisera environ 58 lames minces au lieu de 56 lames classiques et donc l'économie se traduira par 2 tranches supplémentaires à chaque coupe. En considérant que la durée de vie d'une lame est d'environ 250 mètres linéaires de descente, le nombre de tranches supplémentaires récupérées équivaut au minimum à 5 blocs (pour une hauteur de bloc de 1,6 m et 2 tranches en plus par bloc).

Deuxièmement, le trait de sciage étant 1 mm plus étroit par lame, on génère moins de boues de sciage. Avec le même nombre de lames que dans le calcul précédent, en utilisant les lames minces on génère un trait total de 232 mm par bloc, tandis que ce trait est de 280 mm pour les lames classiques. Ceci se traduit par un gain global de 48 mm par bloc. Supposant un bloc moyen de 2 m de long par 1,6 m de hauteur on obtient une réduction totale de 0,15 m³ de boues par bloc, c'est-à-dire, une réduction de 17% dans la quantité totale de boues à traiter dans la station d'épuration.

Néanmoins, l'opération de sciage dans les armures étant fondamentale pour assurer la production finale, le changement d'un type de lame à l'autre ne se fait que d'une façon progressive, après des périodes d'essai convenables.

(b) Les armures de sciage que l'on utilise aujourd'hui dans la carrière sont des modèles « bloc fixe », c'est-à-dire, ce sont les lames qui descendent au fur et à mesure qu'elles coupent le bloc, qui reste fixe au sol. Mais il existe une nouvelle technologie qui consiste en des modèles « bloc mobile » où c'est le bloc qui monte au fur et à mesure qu'il est coupé par les lames, qui restent fixes. Les résultats des essais montrent que le modèle « bloc mobile » permet un sciage des blocs plus performant que celui du « bloc fixe ». Ceci se traduit par les caractéristiques suivantes :

- L'énergie nécessaire pour couper la roche étant inférieure, le moteur principal qui donne le mouvement aux lames nécessite une puissance de 132 kW au lieu des 160 kW actuels. Ceci représente déjà une économie d'énergie non négligeable ;
- Le cadre porte-lames restant toujours fixe, les deux bielles qui transmettent le mouvement peuvent toujours travailler de manière horizontale et non inclinés. Ceci se traduit par une augmentation du rendement de la découpe par réduction des forces inutilisées ;
- Ce modèle incorpore un système coupleur hydraulique. Cet équipement permet de démarrer en douceur en atténuant les pointes de courant et en réduisant les déclenchements qui consomment à présent une quantité accrue d'énergie ;
- Dans le modèle « bloc mobile », la vie utile des lames est 1,5 fois plus longue, ce qui se traduit par une moindre génération de déchets d'outils usés ;
- Finalement, le modèle « bloc mobile » coûte 2/3 du prix du modèle « bloc fixe ».

Les seules incertitudes que comporte ce modèle concernent la rapidité d'adaptation des ouvriers au nouveau système.

(c) Le système de lubrification des armures tel qu'il est maintenant représente une source de pollution aussi bien pour les eaux de surface que sur les eaux souterraines. Les divers produits que l'on utilise suivent différents circuits, mais il y a un phénomène généralisé de mélange entre les huiles et les graisses usagées et l'eau sortant du sciage des blocs de Pierre Bleue. On retrouve l'origine de ces pertes dans les vis sans fin graissés qui se trouvent sans aucune protection dans les colonnes des châssis d'armures qui permettent la montée et la descente des cadres porte-lames (voir figure 5-7). De même il y a des pertes dans les mécanismes de guidance du cadre porte-lames dans son mouvement alternatif qu'il soit en forme de glissières graissées ou huilées ou qu'il fonctionne à l'aide de galets en bain d'huile.



Figure 5-7. Les colonnes hébergent des vis sans fin graissées, exposées aux intempéries

Plusieurs modèles existants sur le marché proposent des solutions telles que des protections des colonnes graissées avec bac collecteur (voir figure 5-8), des systèmes pendulaires pour le mouvement alternatif du cadre porte-lames au lieu des glissières graissées (voir figure 5-9) ; et l'élimination des bacs à galets huilés, soumis à des mouvements alternatifs trop brusques (source d'éclaboussures).



Figure 5-8. Colonne protégée pour éviter les pertes incontrôlées de huile et de graisse

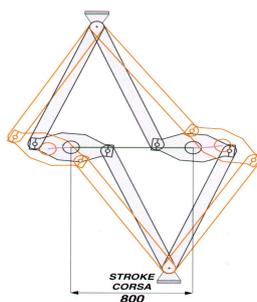


Figure 5-9. Système pendulaire pour le mouvement alternatif du cadre porte-lames

L'introduction de ces améliorations techniques évite une partie des pertes de lubrifiants dans les colonnes des armures et en éclaboussures d'huile dans les bacs à galets. Il en résulte une réduction nette de la pollution de l'eau sortant. De plus, il y a de moins de gaspillage d'huiles et de graisses.

Les incertitudes liées à l'adoption de ces nouveaux systèmes concernent le niveau de robustesse du système pendulaire, mais les expériences d'autres carrières, jusqu'à présent semblent indiquer des bonnes performances.

Une autre démarche qui réduirait notablement les pressions des huiles et des graisses sur l'environnement consisterait à la substitution des huiles et graisses actuelles par des huiles et graisses biodégradables. Il s'agit de produits qui ne laissent pas de trace dans l'environnement après une série de transformations naturelles, mais elles coûtent 3 fois plus chères que les huiles et graisses actuelles. L'absence d'une législation obligeant à l'usage de ce genre de produits ne stimule pas la demande et donc les prix restent trop élevés. Étant donnée leur durée de vie similaire à celle des produits classiques et l'absence d'une évolution clairement à la baisse des prix, on ne peut s'attendre qu'à une très faible utilisation de ce genre de produits. En tout cas, la carrière de notre exemple essaie déjà depuis quelques mois de travailler avec une huile et une graisse biodégradables dans les glissières d'une armure.

Une dernière possibilité consisterait à implanter des systèmes plus performants pour le dosage des huiles et graisses utilisées dans les armures de sciage. Il existe déjà un tel système de dosage mais il y a sur le marché des appareils plus performants. L'optimisation des consommations d'huiles et de graisses générerait moins de pertes et donc moins de déchets. Cependant, il reste à prouver la valeur ajoutée de ces systèmes, en termes du coût des appareils et de performance réelle, par rapport à ceux existant aujourd'hui.

5.5.2 Gestion des huiles et graisses

L'analyse de la gestion plus propre des huiles et graisses au sein de la S.A. Carrières du Hainaut constitue l'aspect où on a plus profondément fait des recherches pour aboutir à proposer des pistes concrètes d'amélioration environnementale. On a mis en évidence deux constats dès le départ :

(a) Une telle carrière nécessite des huiles et des graisses pour de nombreuses applications. Quelques exemples sont la lubrification des contacts entre éléments métalliques dans les équipements articulés (en utilisant des huiles ou des graisses lubrifiantes pour les transmissions ou les paliers) ; la réfrigération de ces mêmes contacts ainsi que celles des moteurs (huiles ou graisses réfrigérantes) ; ou la transmission de mouvements à certains éléments articulés tels que les bras des chargeuses, roues de machines ou engins (huiles hydrauliques).

(b) Chaque type d'huile ou de graisse présente des propriétés physico-chimiques différentes pour s'adapter aux sollicitations précises auxquelles elles sont soumises.

Ces deux constats permettent de comprendre la situation actuelle où l'on est arrivé à des achats réguliers de plus de 50 types différents d'huiles et de graisses, ce qui commence à poser de vrais problèmes de gestion. Alors, la question se pose : y a-t-il moyen de réduire, par substitution, le nombre d'huiles et de graisses utilisées tout au long de la carrière ?

La réduction du nombre d'huiles et de graisses diminuerait le volume des stocks et faciliterait le contrôle sur les consommations, l'échange de communications avec les administrations et, au niveau environnemental, un traitement plus facile et performant de ces produits en fin de vie.

La démarche suivie pour répondre à cette question comprend les étapes suivantes : (1) Recueil des fiches techniques de toutes les huiles et graisses utilisées dans la carrière ; (2) Identification de leurs propriétés physico-chimiques fondamentales ; (3) Classification selon leurs propriétés, usages et sociétés

fournisseurs ; (4) Analyse des possibilités de substitution en collaboration avec les fournisseurs.

(1) La carrière garde les fiches techniques de toutes les huiles et graisses utilisées à présent et dans le passé. Ceci constitue un bon point de départ pour définir notre problème, mais il faut donc faire le tri entre les fiches des produits qui ne sont plus utilisés et celles des produits qui le sont toujours. Pour ce faire nous nous sommes basés sur le tableau des consommations de l'année 2003 fournit par le bureau d'études. À ce stade, on a pu constater que même si le tableau des consommations regroupe environ 80 types d'huiles et graisses différentes, il n'y a que 55 d'entre elles qui sont encore utilisées, dont 36 dépassent les 100 l ou les 100 kg de consommation par an. En réalité, une première démarche visant la rationalisation des achats ainsi que celle des usages avait été faite dans les années 90. Les fardes hébergeant les fiches techniques contiennent aussi le résultat de cette démarche. Il s'agit d'un tableau où l'on trouve le nom commercial du produit, le code assigné à ce produit par la carrière, sa description, ses applications et ses propriétés fondamentales. Cette démarche avait aussi permis d'établir un plan de graissage, alors inexistant, pour ne plus continuer avec les mauvaises habitudes de graissages aléatoires dans le temps en utilisant n'importe quelle type de graisse.

(2) Une fois les fiches techniques collectées, nous nous sommes lancés dans l'identification des propriétés physico-chimiques les plus importantes. En ce qui concerne les huiles, les caractéristiques qui différencient l'une de l'autre sont la masse volumique, la viscosité, le point d'éclair et le point d'écoulement. Le glossaire reprend les définitions de ces termes ainsi que leurs valeurs typiques. Pour les graisses, ce sont la consistance ou pénétration, le point de goutte, la stabilité et les résistances à l'eau et à la charge qui servent à les identifier.

(3) Les produits étant identifiés et définis, il faut les classer. Mais le niveau de connaissance technique requis pour établir une classification en fonction des propriétés physico-chimiques dépasse l'objectif de ce travail. Nous avons alors opté pour une classification se basant sur la société fournisseur avec l'objectif de nous adresser à eux pour évaluer les possibilités de substitution des produits. Ainsi, nous avons pu constater que parmi les 36 huiles et graisses qui dépassent les 100 l ou les 100 kg de

consommation par an, environ 2/3 sont fournis par MOBIL. Il y a néanmoins une tendance de substitution récente des produits MOBIL par des produits TOTAL. C'est vers ces deux sociétés que nous nous sommes dirigés pour des renseignements.

(4) Les sociétés fournisseurs sont les premières intéressées par une réduction du nombre de produits. Cela simplifierait non seulement leurs procédés de fabrication, mais aussi les éventuelles traitements en fin de vie dont elles vont devoir se charger dans un avenir proche. Les ingénieurs du service « spécialités » de TOTAL ont répondu tout de suite à notre question originale : oui, il y a certainement moyen de réduire, par substitution, le nombre d'huiles et graisses utilisées à présent dans la plupart des activités industrielles dont les exploitations carrières. Mais les produits de substitution sont limités par quatre facteurs : la viscosité, la miscibilité, les températures maximales et minimales d'utilisation et la préconisation du fabricant. Par ailleurs, même si ces facteurs semblent compatibles, il faut toujours passer par des périodes d'essai d'entre 10 et 15 semaines. Pendant les périodes d'essai on contrôle l'apparition d'usures ou de grippages accélérés.

En tout cas, les tableaux 2, 3, 4 et 5 montrent les possibilités de réduction de plusieurs huiles et graisses d'après l'avis de TOTAL.

Code CdH	Produit MOBIL	Produit TOTAL équivalent	Condition.	Consomm. (l)	Substituable par
1024	DTE 24	AZOLLA ZS 32	Fût 208 l	14.000	-
1025	DTE 25	AZOLLA ZS 46	Fût 208 l	830	1024
1026	DTE 26	AZOLLA ZS 68	Fût 208 l	0	1024
1027	DTE 27	AZOLLA ZS 100	Fût 60 l	0	1024
10321	DTE 21	AZOLLA ZS 22	Fût 208 l	208	1024
1013	DTE 13 M	EQUIVIS ZS 32	Fût 208 l	1.250	-
1092	DTE 11 M	EQUIVIS ZS 15	Fût 20 l	0	1013
10125	FLUID 125	AZOLLA VTR 32	Fût 20 l	40	-

Tableau 2 : substitutions possibles des huiles hydrauliques. Résultat : 3 huiles au lieu de 8. Les consommations correspondent à celles de l'année 2003.

Code CdH	Produit MOBIL	Produit TOTAL équivalent	Condition.	Consomm. (l)	Substituable par
10627	GEAR 627	CARTER EP 100	Fût 60 l	0	10336
10629	GEAR 629	CARTER EP 150	Fût 20 l	60	10336
10630	GEAR 630	CARTER EP 220	Fût 208 l	208	10336

10632	GEAR 632	CARTER EP 320	Fût 208 l	1.040	10336
10336	GEAR 636	CARTER EP 680	Vrac	1.700	-

Tableau 3 : substitutions possibles des huiles réducteurs. Résultat : 1 huile au lieu de 5.
Les consommations correspondent à celles de l'année 2003.

Code CdH	Produit MOBIL	Produit TOTAL équivalent	Condition.	Consomm. (l)	Substituable par
1021	VACTRA 2	DROSER MS 68	Fût 208 l	415	1041
1041	VACTRA 4	DROSER MS 220	Fût 208 l	2.900	-
1020	VACTRA 4	DROSER MS 220	Vrac	9.000	-

Tableau 4 : substitutions possibles des huiles des glissières. Résultat : 2 huiles au lieu de 3.
Les consommations correspondent à celles de l'année 2003.

Code CdH	Produit MOBIL	Produit TOTAL équivalent	Condition.	Consomm. (l)	Substituable par
11010	MOBILUX EP 0	MULTIS EP 0	Fût 20 kg	140	10902
10902	MOBILUX EP 1	MULTIS EP 1	Fût 180 kg	4.680	-

Tableau 5 : substitutions possibles des graisses. Résultat : 1 graisse au lieu de 2.
Les consommations correspondent à celles de l'année 2003.

MOBIL, de son côté, semble moins concerné par cette démarche de substitution. Néanmoins, il confirme aussi les résultats précédents.

Mais le souci de mieux gérer les flux d'huiles et de graisses ne se limite pas aux réductions citées ci-dessus. Les améliorations concernant les armures de sciage, notamment au niveau des systèmes d'évitement des pertes, de l'utilisation de graisses biodégradables et des systèmes de dosage (voir sous-chapitre 5.5.1), entrent pleinement dans cette démarche de contrôle intégré de ces produits.

La construction d'un nouveau bâtiment spécial pour le stockage des huiles et graisses constitue la prochaine phase dans la démarche de gestion de ce genre de produits. Sa mise en route est prévue pour le début de l'année 2005. Il s'agit d'un bâtiment destiné à héberger exclusivement ce type d'hydrocarbures arrivant soit en vrac, soit en fût. L'objectif est d'éviter les fuites incontrôlées vers l'environnement. Pour ce faire, le bâtiment dispose d'un plan incliné qui donne vers un bac de rétention dimensionné pour la collecte de fuites possibles d'hydrocarbures.

5.5.3 D'autres propositions d'amélioration environnementale

Les deux points précédents abordent deux des améliorations les plus pointues auxquelles la société carrière de notre exemple doit faire face dans un avenir proche. Il y a cependant d'autres aspects pas tout à fait liés à la démarche « technologie propre » mais dont la mise en pratique pourrait avoir des effets bénéfiques pour l'environnement. Nous citons ici deux actions envisageables pour les réductions respectives des pressions sur la qualité de l'air et sur la qualité du paysage :

(1) Une première action consiste à l'installation d'un bac d'eau pour le nettoyage des pneus des camions sortant de l'exploitation vers la voie publique. Les camions qui entrent dans le domaine de l'exploitation, pour déposer des marchandises ou pour les charger, circulent sur les pistes non pavées. Ensuite, dès qu'ils quittent l'exploitation, ils apportent de la boue ou des poussières vers la route pavée. Il existe déjà un système manuel de nettoyage mais qui ne s'avère pas très efficace. L'implantation de ce nouveau système réduirait d'avantage la présence de poussières et améliorerait la qualité générale de l'air aux alentours de l'exploitation.

(2) Finalement, on envisage la construction d'une barrière visuelle face à la voie ferrée qui passe à coté de l'exploitation (voir figure 5-10). Il s'agit du seul axe de communication d'où l'on voit la carrière et donc on pourrait facilement diminuer l'impact visuel généré par celle-ci. La Société nationale des Chemins de fer belges (SNCB) prévoit plusieurs solutions comme barrière visuelle en fonction de l'espace disponible pour sa construction. Pour le cas de la carrière, étant donné qu'on ne dispose que d'environ 5 mètres de largeur utile, on ne peut pas planter des espèces arborées hautes car on risque qu'elles tombent sur les rails à un moment donné. Ce que l'on envisage c'est donc la construction d'un terre-plain d'environ 2 m de hauteur, 5 m de large et quelques centaines de mètres de long, où l'on ferait pousser des espèces arbustives allant des petites aux moyennes tailles.



Figure 5-10. Une barrière verte éviterait la vision de l'exploitation depuis les trains

5.6 Impact économique de l'application des technologies plus propres

L'implémentation des mesures abordées au sous-chapitre précédent aurait des bénéfices pour l'environnement. Mais, est-ce que ceci aurait aussi des bénéfices du point de vue économique ? Pour essayer de répondre à cette question, nous allons analyser au cas par cas les différentes mesures proposées.

5.6.1 Améliorations dans les armures de sciage

La première action que l'on conçoit en ce qui concerne les possibles améliorations au niveau des armures c'est le changement du type de lame de sciage. Le passage des lames classiques aux lames minces permet de tirer d'avantage de tranches sur un même bloc de Pierre Bleue. Dans le cas de l'obtention de tranches de 2 cm d'épaisseur, on arrive à sortir au moins 2 tranches en plus par bloc, ce qui suppose un gain, au moins, de 3,5% dans la quantité de pierre produite pour une même quantité de pierre extraite. Dans d'autres mots, en considérant que l'on charge une armure avec 58 lames minces (avec un trait de sciage de 4 mm d'épaisseur chaque une) au lieu de 56 classiques (avec un trait de sciage de 5 mm d'épaisseur), on épargne 5 cm de pierre par bloc. Étant donnée que l'on coupe une surface d'environ 1.300.000 m² de roche par an, ces 5 cm représentent un volume d'environ 650 m³/an de roche qui n'est pas perdue. En supposant un prix de vente moyen des tranches brutes (épaisseur 2 cm) aux alentours de 40 €/m², ceci implique un gain d'environ 870.000 €/an. Ce calcul n'est cependant très précis étant donnée la grande variété de prix de vente en fonction de la finition, épaisseur, etc.

La deuxième amélioration prévue au niveau des armures consiste à l'implémentation des châssis type « bloc mobil » au lieu du type « bloc fixe ». Au moindre coût des modèles « bloc mobil » (2/3 des modèles « bloc fixe ») il faut ajouter la moindre consommation d'électricité (moteurs de 132 kW au lieu de 160 kW, ce qui pour un prix de 0,1 €/kWh se traduit par un épargne de 2,8 € par kW consommé) et la réduction des déclenchements qui eux aussi consomment une quantité accrue d'énergie.

Le troisième volet concerne le changement du système de lubrification des armures. Les trois pistes explorées la-dessus génèrent des impacts économiques différentes. D'entre elles, l'usage de lubrifiants biodégradables ne paraît pas, à l'heure actuelle, suffisamment satisfaisant d'un point de vue économique étant donné leur prix 3 fois plus cher que celui des lubrifiants classiques. Les deux autres pistes ne causeraient des impacts économiques directement bénéfiques que lors du jour où une législation plus stricte sur la gestion des huiles serait existante.

5.6.2 Gestion des huiles et graisses

Le seul gain économique direct que l'on déduirait d'une gestion plus propre des produits lubrifiants dans la carrière serait celui dérivé d'un contrôle plus performant des consommations. C'est-à-dire, on s'attendrait surtout à une réduction des pertes inconnues ainsi qu'à une réduction des heures de travail perdues comme conséquence des difficultés de gestion actuelles. Il pourrait y avoir aussi une éventuelle réduction du prix des lubrifiants à cause de la consommation accrue de certains d'entre eux (ceux choisis comme étant lubrifiants « génériques » de substitution).

Le reste des impacts économiques directs serait en termes d'investissements pour adapter les installations aux nouvelles normes prévues sur la gestion des lubrifiants. Ceci inclut la construction du nouveau bâtiment pour le stockage de ce genre de produits.

Les impacts indirects seraient plus bénéfiques à long terme. Les investissements présents situeraient à la carrière dans une position de force par rapport à des possibles législations plus contraignantes à l'avenir. Les fournisseurs seraient aussi bénéficiaires

de cette démarche car ils devraient fabriquer moins de produits et donc leurs procédés seraient moins coûteux.

5.6.3 D'autres améliorations

Les deux autres améliorations du point de vue environnemental (l'installation d'un bac d'eau pour éviter l'apport de poussières vers la voie publique et la construction d'une barrière visuelle face à la voie du chemin de fer) nécessitent des investissements sans qu'il y ait des bénéfices directs à court terme. Mais la législation impose parfois ce genre de mesures et donc leur mise en œuvre évite des possibles sanctions qui coûteraient encore plus chères à la société. En plus, il y a un gain économique, très difficile à évaluer, dérivé du développement d'une image positive de la société dans le respect de l'environnement. Cette perception joue surtout au niveau des clients mais aussi au niveau des fournisseurs ou des riverains.

5.7 Impact social de l'application des technologies plus propres

En général, l'implantation de technologies de traitement plus propres a non seulement des effets sur l'environnement ou l'économie mais aussi sur la santé des travailleurs. Cependant, ces effets sont souvent difficiles à évaluer car, même si ce genre de traitements génère souvent des améliorations dans la qualité de l'environnement du poste de travail, les études épidémiologiques requises ne sont ni fréquentes ni évidentes à mettre en œuvre.

À partir des pistes vues au sous-chapitre 5.5, on peut s'attendre à des améliorations dans la qualité de l'air et dans la propreté aux alentours des armures de sciage. Les risques d'effets nocifs pour la santé diminueraient en limitant l'exposition à des particules d'huiles et de graisse en forme d'éclaboussures. L'absence de ce genre de produits au sol diminuerait aussi le risque d'accidents par glissement.

En ce qui concerne l'introduction d'un système « bloc mobile », d'une part ceci améliore les conditions de travail du fait qu'il y a moins de déclenchements, obligeant à moins d'actions de remise en route du sciage. Mais d'autre part, il peut y avoir des

problèmes d'adaptation des travailleurs à la nouvelle méthode qui pourraient se traduire par des accidents.

Pour ce qui est de la gestion des huiles et graisses, les impacts sociaux nous semblent très diffus et vagues. On pourrait penser à des améliorations indirectes à long terme. Peut-être sous la forme de réductions des effets nocifs sur la santé à cause d'une éventuelle réduction des émissions lors de l'arrêt dans la fabrication des produits substitués.

Finalement, la réduction des poussières aux alentours de l'exploitation (comme conséquence de l'installation du bac d'eau pour le nettoyage des pneus des camions) pourrait avoir des effets positifs sur la santé des riverains exposés quotidiennement à ce genre de particules dans leur air ambiant.

Chapitre 6 : Conclusions

La Pierre Bleue est la roche ornementale la plus largement exploitée en Wallonie (voir **chapitre 2**). Il s'agit d'une roche sédimentaire calcaire, extraite activement depuis le Moyen Âge, dont ses propriétés font en sorte qu'elle soit très appréciée comme matériaux de construction. Plus concrètement, la Pierre Bleue est extraite dans quelques 18 carrières à ciel-ouvert situées dans les provinces du Hainaut, de Namur et de Liège. Le plus gros de la production provient néanmoins de 3 grandes carrières situées dans la région de Soignies, Hainaut (dont la S.A. Carrières du Hainaut, prise comme modèle dans notre étude) (voir **chapitre 3**).

Une carrière de Pierre Bleue est un site industriel où l'on extrait la roche brute, on la transforme et on l'applique des traitements de finition. Les différents procédés qui se déroulent au sein d'une telle exploitation, depuis l'extraction jusqu'à la finition, nécessitent de flux entrants sous forme de matières consommables (huiles, graisses, éléments de sciage, pneus, matières de conditionnement, etc.), d'énergie (sous forme d'hydrocarbures, gaz, coque, électricité ou encore des explosifs) et d'eau. Mais ces procédés génèrent aussi des flux sortants sous forme de rejets solides (rejets pierreux, boues de sciage, éléments de sciage, etc.), rejets atmosphériques (poussières, gaz, vapeurs) et rejets liquides (eaux souterraines, eaux de surface, huiles). Le bilan des flux de matières et d'énergie nécessaires à la production d'une quantité donnée de Pierre Bleue (1 tonne, par exemple) permettrait éventuellement de comparer la filière Pierre Bleue avec d'autres filières concurrentes (voir **chapitre 4**).

Les flux de matières et d'énergie identifiés précédemment exercent des pressions sur l'environnement. On distingue des impacts sous forme de pollution de l'air et des eaux, sous forme de génération de déchets, sous forme de bruit et vibrations ou encore des influences sur le climat. À ce respect, souvent comme conséquence des contraintes législatives, on applique déjà toute une série de méthodes de traitement et de techniques de valorisation pour contrôler et diminuer les nuisances de ces pressions sur l'environnement. Il se fait, par ailleurs, que pas mal de ces mesures entraînent des gains économiques inattendus par l'augmentation du rendement des procédés ou par la

diminution des coûts d'entretien. En tout cas, toute carrière devrait appliquer au minimum les mesures suivantes :

- Installer des capteurs de poussières sur les machines de forage.
- Par temps sec, arroser régulièrement les pistes de transport soit avec de l'eau toute simple, soit en ajoutant des sels stabilisants.
- Construire un bac d'eau pour nettoyer les pneus des véhicules sortant de l'exploitation.
- Faire passer les eaux d'exhaure par des bassins de décantation avant de les verser aux rivières.
- Épurer, par l'application de processus physico-chimiques, les eaux portant des substances dangereuses (soufre, métaux lourds, hydrocarbures, etc.) avant de les verser aux rivières en tant que eaux usées industrielles.
- Revêtir, là où ce soit possible, les surfaces du sol susceptibles de recevoir des pertes de substances dangereuses telles que les huiles et les graisses, notamment dans les usines de traitement et finition.
- Établir des accords avec les sociétés fournisseurs pour la reprise des éléments utilisées et donc éviter au maximum la mise en décharge interne.
- Explorer les possibilités de valorisation de sous-produits tels que les couches de terres de couverture.
- Suivre correctement un plan d'entretien pour les engins.
- Créer des barrières sonores entre la zone d'exploitation et les zones d'habitat en situant, si possible, les dépôts de stériles entre les deux.
- Veiller à l'utilisation correcte des éléments de protection auditive par les employés.
- Adapter le type d'explosif, la charge et la géométrie du tir aux caractéristiques des bancs de pierre.
- Stocker la mince couche de terre arable dans des dépôts inférieurs à 5 m de hauteur pour qu'elle ne perd pas ses propriétés avant d'être réutilisée dans le réaménagement des dépôts de stériles.

- Reboiser les dépôts de stériles ainsi que les limites externes de l'exploitation pour diminuer l'impact visuel, notamment depuis les axes de communication (route, voie ferrée, etc.)

Mais outre ces mesures minimum, dont leurs effets bénéfiques sur l'environnement et la santé sont bien connus, il y a encore des aspects améliorables du point de vue environnemental. La gestion plus propre des huiles et des graisses constitue un des aspects les plus problématiques. Jusqu'à présent, on emploie un grand nombre de produits différents, chacun pour une application très spécifique. Nous démontrons qu'il y a moyen de substituer certains de ces produits par d'autres « génériques » et donc de diminuer le nombre de huiles et graisses utilisées sans pour autant diminuer les performances des procédés.

Nous recommandons aussi d'autres mesures supplémentaires, bénéfiques aussi bien d'un point de vue environnemental que d'un point de vue économique :

- Changement du type de lame de sciage dans les châssis d'armures (lames minces au lieu des lames classiques).
- Utilisation d'armures de sciage type « bloc mobile » au lieu des actuelles « bloc fixe ».
- Implantation de systèmes de lubrification moins polluants dans les armures de sciage.
- Construction de bâtiments spéciaux pour héberger les hydrocarbures, conçus pour éviter les fuites incontrôlées.

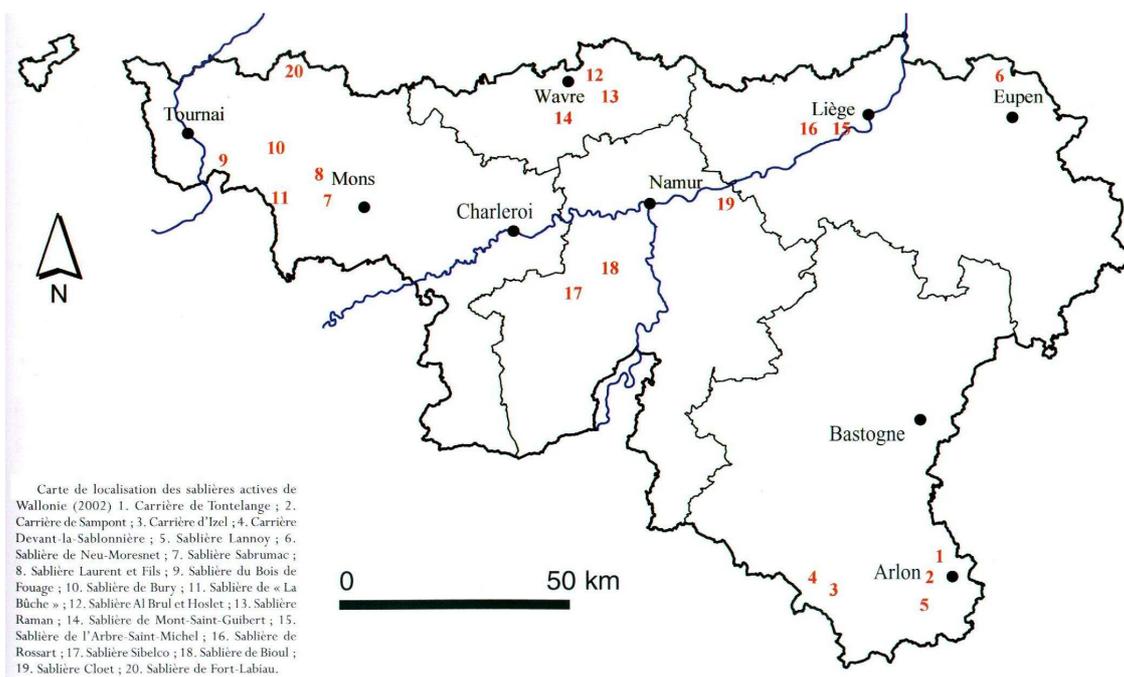
Finalement, une tendance très positive à l'égard de l'environnement mais qui ne résulte encore économiquement viable est l'utilisation de huiles et graisses biodégradables. En attendant l'arrivée d'une législation régulant ce sujet, et donc une diminution généralisée des prix, nous ne recommandons pas par l'instant le changement vers ce type de produits.

Annexes

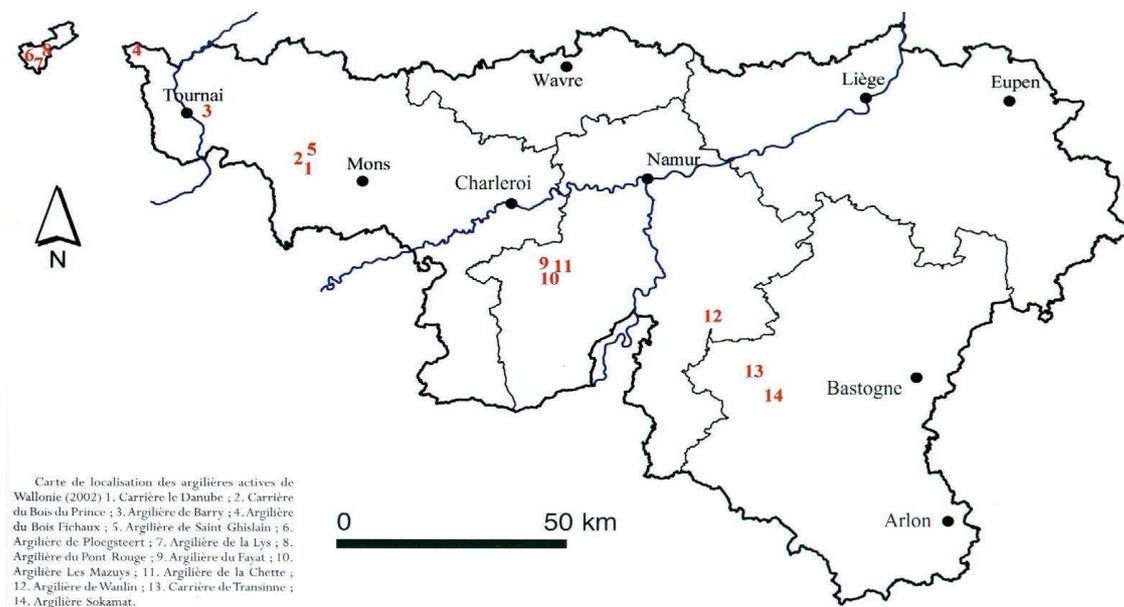
Figure 1. Vue d'ensemble de l'exploitation de la S.A. Carrières du Hainaut.....	2
Figure 2. Diagramme de flux général dans une carrière de Pierre Bleue.....	3
Carte 1. Sablières actives en Wallonie en 2002.....	4
Carte 2. Argilières actives en Wallonie en 2002.....	4
Carte 3. Carrières actives exploitant les quartzites et quartzophyllades cambro- ordoviciens en Wallonie en 2002.....	5
Carte 4. Carrières actives exploitant les grès, quartzites, quartzophyllades et phyllades du dévonien inférieur en Wallonie en 2002.....	5
Carte 5. Carrières actives exploitant les grès famenniens et les grès namuriens en Wallonie en 2002.....	6
Carte 6. Carrières actives exploitant du porphyre en Wallonie en 2002.....	6
Figure 3. Finitions données à la Pierre Bleue.....	7
Figure 4. Bac de rétention sous les fûts des huiles (avant-plan) et cuve métallique en double paroi d'acier (arrière-plan).....	8



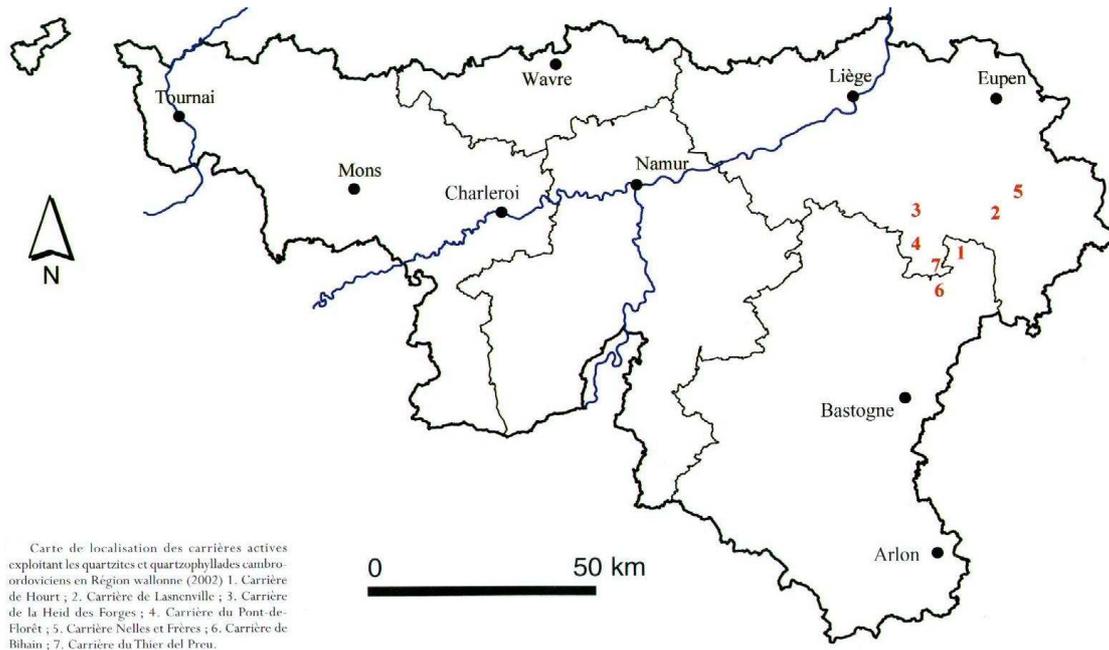
Figure 1. Vue d'ensemble de l'exploitation de la S.A. Carrières du Hainaut



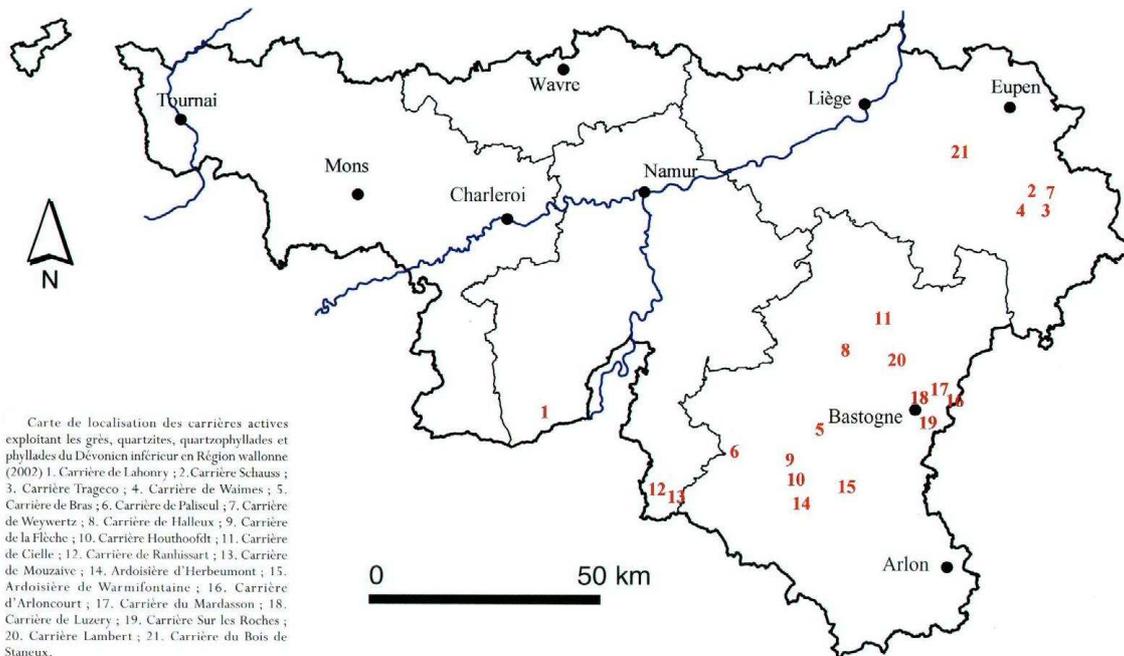
Carte 1. Sablières actives en Wallonie en 2002



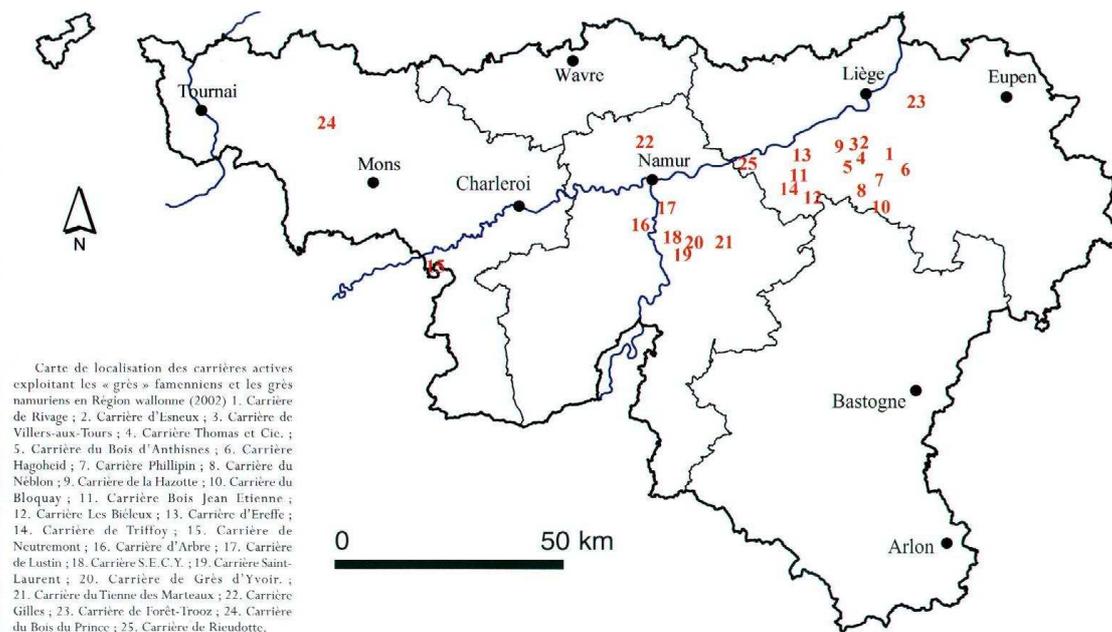
Carte 2. Argilières actives en Wallonie en 2002



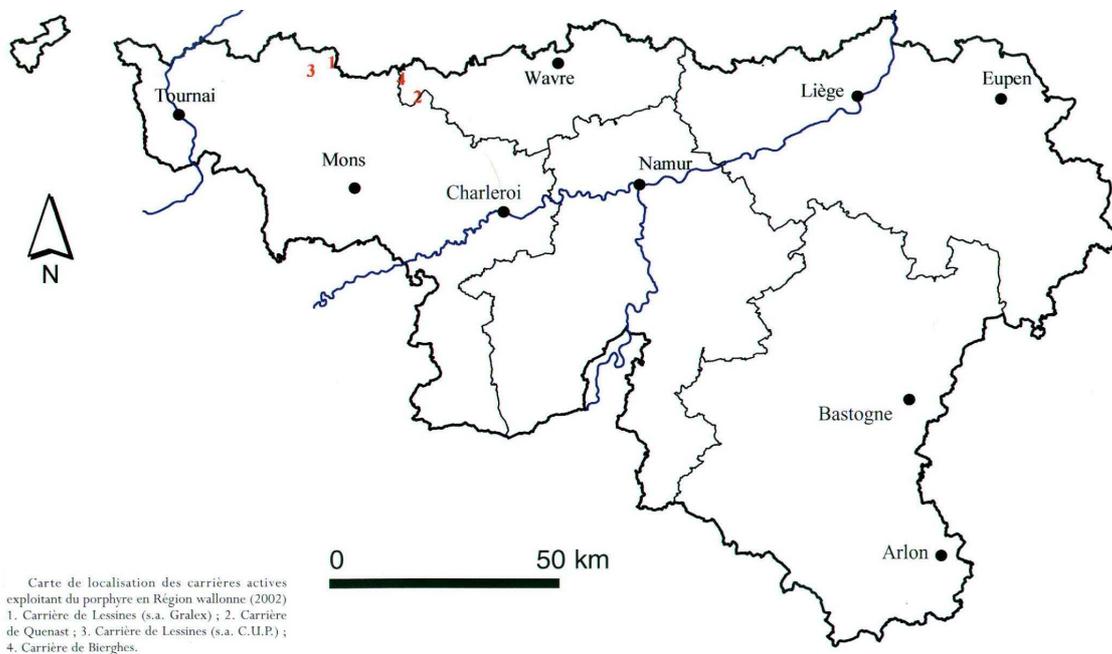
Carte 3. Carrières actives exploitant les quartzites et quartzophyllades cambro-ordoviciens en Wallonie en 2002



Carte 4. Carrières actives exploitant les grès, quartzites, quartzophyllades et phyllades du dévonien inférieur en Wallonie en 2002



Carte 5. Carrières actives exploitant les grès famenniens et les grès namuriens en Wallonie en 2002



Carte 6. Carrières actives exploitant du porphyre en Wallonie en 2002



Figure 3. Finitions données à la Pierre Bleue



Figure 4. Bac de rétention en-dessous des fûts des huiles (avant-plan) et cuve métallique en double paroi d'acier (arrière-plan)

Glossaire

Blocains : en jargon carrier, ce sont les blocs irréguliers qui doivent être coupés au grand disque.

Consistance : pour une graisse, c'est sa résistance à la déformation. Cette caractéristique s'évalue par la mesure de la « Pénétration » ; cet essai consiste à mesurer à 25°C l'enfoncement dans la graisse d'un cône de forme et de poids déterminés, pendant un temps fixe. Elle s'exprime en Grades NLGI (de 000 jusqu'à 6), en mm de pénétration (de 445 à 85) ou nominativement (de très fluide à extra dure).

Dumper : grand camion pour le transport de matériaux à l'intérieur d'une exploitation minière.

Exhaure : eau qui tend à inonder de façon naturelle le fond d'une exploitation minière. Elle provient de la nappe phréatique.

Gangue : au contraire du minerai, c'est la partie du gisement non intéressante d'un point de vue économique à cause des basses concentrations de l'élément recherché. Terme utilisé surtout pour les gisements de minéraux métalliques.

Limons : particules de sol avec des dimensions entre 0,002 et 0,06 mm. Plus fins donc que les sables et plus gros que les argiles.

Masse volumique : masse de l'unité de volume d'un liquide à une température donnée. Pour les produits pétroliers, elle est donnée à 15°C et elle s'exprime en kg/m³ ou kg/dm³.

Métamorphisme : processus géologique interne, impliquant des hautes températures et pressions, qui arrive à recristalliser les particules des roches sédimentaires et ignées en formant des nouvelles roches appelées métamorphiques.

Orogenèse : mouvement tectonique majeur qui fait soulever des chaînes montagneuses et, en général, modifier la structure géologique précédente. Exemples : l'orogénèse hercynienne et l'orogénèse alpine.

Point de goutte : pour une graisse, c'est la température à laquelle elle commence à s'écouler, sous forme de goutte, sous l'action de son poids et de la température.

Point d'éclair : lorsque l'inflammation d'une huile est provoquée et non suivie de la combustion de l'huile. Il s'exprime en degrés Celsius. Au contraire, le point de feu est suivie de combustion.

Point d'écoulement : c'est la plus basse température à laquelle l'huile coule encore quand elle est refroidie sans agitation dans des conditions normalisées. S'exprime en degrés Celsius.

Râches : en jargon carrier hennuyer, c'est la couche de pierre calcaire absente de fossiles située en-dessus de la Pierre Bleue exploitable.

Roche ignée : roche formée directement à partir du magma profond. Elle peut être intrusive, formée à l'intérieur de la croûte terrestre et solidifiée très lentement (le granit, par exemple), ou extrusive, forme par solidification rapide sur la surface externe (basalte ou roches volcaniques, par exemple).

Roche sédimentaire : roche formée aux niveaux les plus superficiels de la croûte terrestre (températures et pressions faibles) à partir de sédiments et d'une substance plus fluide faisant de ciment.

Silt argileux : roche sédimentaire formée par du sable de quartz et de l'argile dont les grains sont reliés par un ciment calcaire.

Viscosité : résistance d'un liquide à l'écoulement. L'indice de viscosité mesure la variation de la viscosité avec la température. Un indice de viscosité élevé indique une faible variation avec la température.

Bibliographie

Références consultés pour la rédaction de ce travail

Cnudde, Harotin, Majot (1987), *Pierres et marbres de Wallonie*, A.A.M. Éditions ; Ministère de la Région wallonne ; Direction générale des Ressources naturelles et de l'environnement ; Service Ressources du sous-sol. Namur.

Groessens (2001), *La géologie et le petit-granit*, Service Géologique de Belgique. Bruxelles.

Groessens (1991), *Les marbres et pierre blanches de Belgique*, Service Géologique de Belgique. Bruxelles.

Groessens (1994), *L'origine et l'évolution de l'expression « petit-granit »*, Service Géologique de Belgique. Bruxelles.

Hoste, Glineur, Tourneur, Bavay, Netels, Debast, de Kemmeter, Pauwels, Sibille (1998), *110 ans de la S.A. Carrières du Hainaut*, Pierre Bleue du Hainaut. Enghien.

López Jimeno (1996), *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, Instituto Tecnológico Geominero de España ; Ministerio de Industria y Energía. Madrid.

Martín Peña (1983), *La Pierre Bleue crinoïdique*, Service Géologique de Belgique. Bruxelles.

Pierres et Marbres de Wallonie a.s.b.l (2003), *Pays de pierres, pierres de pays : carrières de pierres ornementales en Wallonie*. Sprimont.

Pierres et Marbres de Wallonie a.s.b.l (2002), *Vies de pierres. La pierre ornementale en Belgique : état de la question*. Sprimont.

Poty, Chevalier (2004), *L'activité extractive en Wallonie : situation actuelle et perspectives*, Ministère de la Région wallonne ; Direction générale de l'Aménagement du Territoire, du Logement et du Patrimoine ; Cellule « Aménagement - Environnement ». Namur.

Servatius (2001), *Analyse du contexte de la compétitivité du secteur de la pierre bleue en Wallonie*, Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade d'ingénieur de gestion ; Université Libre de Bruxelles ; École de Commerce Solvay. Bruxelles.

TOTAL, *Les lubrifiants et la maintenance industrielle*. Usage interne.

Site web de la Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement : <http://environnement.wallonie.be/>

Site web de l'asbl Pierres et Marbres de Wallonie : <http://www.pierresetmarbres.be/>

D'autres ouvrages intéressants sur divers aspects touchant la Pierre Bleue belge

Camerman (1961), *Les pierres naturelles de construction*, « Annales des Travaux publics de Belgique », n° 4. Gand.

Carte géologique de Wallonie au 1 :25.000 (plus notice explicative). Ministère de la Région wallonne, DGRNE. Namur.

Fediex (1992), *La carrière cette méconnue*. Bruxelles.

Note d'information technique (NIT 220) (2002), *La Pierre Bleue dite petit granit d'âge géologique tournaisien*, Centre scientifique et technique de la Construction. Bruxelles.

Poty, Chevalier, Caudron (1995-2001), *Inventaire des ressources du sous-sol de la Région wallonne*, Ministère de la Région wallonne, DGATLP, (document non accessible au public dans son intégralité). Namur.

Van Belle (1990), *Les maîtres de carrières d'Arquennes sous l'Ancien Régime. Un métier. Des Hommes*, Crédit Communal, collection Histoire, série in-8°, n° 80. Bruxelles.

ERROR: syntaxerror
OFFENDING COMMAND: --nostringval--

STACK:

/Title
(
/Subject
(D:20080704170656)
/ModDate
(
/Keywords
(PDFCreator Version 0.8.0)
/Creator
(D:20080704170656)
/CreationDate
(Edwin)
/Author
-mark-