

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



Agence Régionale
Pour l'Environnement

Etude du fonctionnement énergétique de carrières de granulats en Midi-Pyrénées et évaluation de leur contribution aux rejets de gaz à effet de serre (GES)

Septembre 2004

Réalisée par **Laure GERARD**

DESS Exploration et GEstion des Ressources Minérales
Université d'Orléans/
Université du Québec à Montréal

Sous la direction de
B. BONNEFOY et
C. XERRI (ARPE)
P. GOUZE (UNICEM)
V. TATRY (ADEME)

Remerciements

Je tiens à remercier M. Didier HOUÏ, pour m'avoir accueillie au sein de l'ARPE et m'avoir permis de réaliser ce stage.

Merci, également à Ms Bernard BONNEFOY, Christophe XERRI, Philippe GOUZE et Mme Véronique TATRY pour m'avoir suivie et apporté leur soutien technique durant toute cette période.

Je tiens également à remercier tous les professionnels de l'industrie du granulat, en Midi-Pyrénées, que j'ai pu rencontrer, pour leur très bon accueil au sein des carrières, leurs collaborations et leurs disponibilités.

Enfin, merci à tous les autres intervenants que j'ai pu solliciter, pour les informations qu'ils ont pu me communiquer.

Préambule

Le stage qui s'est déroulé du 5 avril au 10 septembre 2004, a été réalisé dans le cadre du DESS (Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées) Exploration et Gestion des Ressources Minérales, en vue de l'obtention de ce diplôme.

Ce stage professionnel a été effectué au sein de l'ARPE Midi-Pyrénées (Agence Régionale Pour l'Environnement) et en partenariat avec l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) et l'UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières Et Matériaux de construction; sous la direction de Bernard BONNEFOY et Christophe XERRI, coordinateur technique et adjoint (ARPE), de Véronique TATRY, responsable du pôle air et transports (ADEME) et de Philippe GOUZE, chargé de mission (UNICEM).

Ce stage représente une expérience professionnelle complémentaire. Il constitue une étude de terrain et un contact important avec le secteur de l'industrie du granulat. Il permet enfin de réaliser une analyse originale sur la problématique des émissions de gaz à effet de serre par l'activité extractive de matériaux de construction, en Midi-Pyrénées.

Résumé

Dans le cadre d'un partenariat entre l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), l'Agence Régionale Pour l'Environnement Midi-Pyrénées (ARPE) et l'Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction, une étude sur le fonctionnement énergétique de carrières de granulat en Midi-Pyrénées ainsi qu'une évaluation de leur contribution aux rejets de GES ont été réalisées.

A partir de onze sites témoins (six en alluvionnaires et cinq en roches massives) répartis sur toute la région, un diagnostic énergétique ainsi qu'une quantification des émissions de GES ont été effectués en prenant en compte chaque phase du cycle de vie du granulat (de l'extraction du matériau jusqu'à l'acheminement du produit fini sur les chantiers de construction). Ces sites représentent environ 20% de la production régionale totale.

Il en ressort qu'une carrière d'exploitation de granulat en Midi-Pyrénées rejette en moyenne 604 grammes équivalent carbone (g eqC) par tonne de roche extraite, plus 25 g eqC par tonne de granulat produit et transporté et par kilomètre parcouru jusqu'au lieu de livraison. Ces valeurs permettent d'estimer, au niveau national, des émissions de GES, liées à l'industrie du granulat, de 585 223 +/- 117 045 t eqC/an. Ils représenteraient 0,34% de la valeur des émissions nationales, tout secteur confondu, donnée en 2002 par l'organisme en charge de quantifier les émissions de GES chaque année en France.

Sur l'ensemble des phases (de l'extraction jusqu'à la livraison du granulat), le poste le plus consommateur d'énergie et émettant le plus de GES est celui du transport externe du granulat.

Sur le site d'exploitation, les postes qui rejettent le plus de GES sont ceux du transport du granulat du lieu d'extraction jusqu'au lieu de traitement et du déstockage et chargement du granulat pour les clients alors que les bureaux et laboratoires ainsi que l'entretien des engins et des installations sont des postes à émissions quasiment nulles.

Afin de réduire les émissions de GES, il est préconisé, sur le site d'exploitation d'employer de préférence des machines électriques lorsque cela est possible, sinon d'utiliser du diester comme produit de substitution au fioul dans les engins tels que les tombereaux (dumpers) et les chargeuses. En ce qui concerne la problématique du transport du produit fini vers les chantiers, la meilleure solution serait d'utiliser ici aussi du biocarburant couplé à une optimisation des trajets de livraison associé à une conduite économique.

Abstract

As part of a partnership between ADEME (Agency for environment and energy management), ARPE (Regional Agency for environment) and UNICEM (National Union of quarries industry and construction materials), a energy diagnosis of Midi-Pyrénées aggregate quarries and an evaluation of their greenhouse gas discharges were carried out.

Eleven quarries (six in alluvial formations and five in solid rocks), spread all over the region and representing 20% of the regional production, contributed to the inventory of energetic consumption and greenhouse gas emissions. Each shift of aggregate production (from quarrying to transport of products on sites and readworks) was studied.

The results underline that an aggregate quarry in Midi-Pyrénées region discharges on average 604 g C equivalent by tonne of extracted stone, plus 25 g C equivalent by tonne and by kilometre of aggregate transported. Thus, on national scale, emissions of aggregate industry estimated with the results of the study, would account for 0,34% of the total national emissions, all merged sectors.

The most energy consuming and greenhouse gas discharging of all phases is the transport of aggregate from quarry to delivery point.

On exploitation place, the aggregate transport from the extract location to the treatment location and the destocking and loading of the aggregate for customers are shifts which reject the most greenhouse gas whereas offices and laboratories have negligible emissions.

Several advises were put forward to reduce greenhouse gas.

For the aggregate delivery, the best solution would be both the use of bio carburant too and an economic driving.

In the quarry, it would be better :

- Using electric conveying belts (if possible);
- Substituting fuel by bio carburant, for machines such as dumpers and loaders.

Sommaire

TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	2
TABLE DES ANNEXES	3
INTRODUCTION.....	4
I. PRESENTATION DES PARTENAIRES DU PROJET.....	5
I.1. L'ADEME (AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE).....	5
I.2. L'ARPE MIDI-PYRENEES (AGENCE REGIONALE POUR L'ENVIRONNEMENT MIDI-PYRENEES)	6
I.3. L'UNICEM (UNION NATIONALE DES INDUSTRIES DE CARRIERES ET MATERIAUX DE CONSTRUCTION	7
II. RAPPELS SUR L'EFFET DE SERRE.....	9
II.1. LES GAZ A EFFET DE SERRE : PROPRIETES ET CONSEQUENCES SUR L'ATMOSPHERE.....	9
II.2. LE RECHAUFFEMENT ATMOSPHERIQUE ET LES SIMULATIONS DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES	10
II.3. LES ENGAGEMENTS POUR LA LUTTE CONTRE LES EMISSIONS DE GES ET LES RESULTATS AU NIVEAU INTERNATIONAL ET FRANÇAIS.....	12
III. PRESENTATION DE L'ACTIVITE EXTRACTIVE.....	16
III.1. QU'EST CE QUE LE GRANULAT ?	16
III.2. QUELQUES DONNEES SUR LES GRANULATS EN FRANCE ET EN MIDI-PYRENEES.....	16
III.3. "CYCLE DE VIE" DU GRANULAT : DE L'EXTRACTION A LA LIVRAISON DU PRODUIT.....	17
IV. BILAN ENERGETIQUE ET EMISSIONS DE GES DES CARRIERES DE GRANULAT EN MIDI-PYRENEES.....	21
IV.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	21
IV.2. MATERIELS ET METHODES.....	23
IV.3. RESULTATS	25
V. SYNTHESE ET DISCUSSION.....	34
V.1. EMISSIONS DE GES DES CARRIERES CALCULEES A PARTIR DES 11 SITES D'ETUDES.....	34
V.2. DISCUSSION.....	34
V.3. EVALUATION DES EMISSIONS DE L'INDUSTRIE DU GRANULAT AU NIVEAU REGIONAL ET NATIONAL.....	35
VI. PERSPECTIVES D'AMELIORATION.....	36
VI.1. PARTIE INTERNE	36
VI.2. PARTIE EXTERNE	37
VI.3. ETUDES DE FAISABILITE	39
CONCLUSION.....	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	42
ANNEXES.....	45
TABLE DES MATIERES	46

Table des illustrations

<i>Figure n° 1 : Bilan radiatif</i>	9
<i>Figure n°2 : Schéma du cycle du carbone</i>	10
<i>Figures n°3 : Résultats d'une simulation d'un changement de précipitation en France, pour un doublement de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère</i>	11
<i>Figure n°4 : Evolution de la répartition des émissions de CO₂, en France, de 1960 à 2002</i>	14
<i>Figure n°5 : Photos des différents types de granulats (de gauche à droite : alluvionnaire, éruptif, calcaire, sable marins et laitiers d'aciéries)</i>	16
<i>Figure n°6 : Photo du décapage d'un site d'exploitation</i>	17
<i>Figure n°7 : Photos d'extractions du granulat en alluvionnaire et en roche massive.....</i>	18
<i>Figure n°8 : Schéma du processus de production du granulat</i>	19
<i>Figure n°9 : Exemples de réhabilitation de carrières : espace de loisirs et revégétalisation</i>	20
<i>Figure n°10 : Carte de localisation des 11 sites d'étude</i>	22
<i>Figure n°11 : Schéma des différentes approches de la méthode Bilan CarboneTM</i>	24
<i>Figure n°12 : Tableau de facteurs d'émissions.....</i>	24
<i>Figure n°13 : Quantification des consommations énergétiques, poste par poste, lors de la production et de l'acheminement du granulat.....</i>	27
<i>Figures n° 14 et 14 bis: Quantification et répartition des émissions moyennes de GES par poste pour l'échantillon.....</i>	29
<i>Figures n° 15 et 15 bis : Quantification et répartition des émissions moyennes de GES générées par poste en alluvionnaire</i>	30
<i>Figure n°16 et 16 bis : Quantification et répartition des émissions moyennes de GES générées par poste par les carrières en roche massive.</i>	31
<i>Figure n°17 : Emissions de GES en fonction de la distance de livraison</i>	32
<i>Figure n°18 : Coûts liés au transport du granulat en fonction de la distance de livraison.....</i>	33
<i>Figure n°19 : Emissions de GES, pour une distance de 1000 m, en fonction du type de machine et de combustible utilisés</i>	36
<i>Figure n°20 : Emissions de GES en fonction du mode de transport et du carburant utilisé</i>	37
<i>Figure n° 21 : Emissions de GES dans le transport en fonction de la consommation du véhicule</i>	38

Table des annexes

ANNEXES.....45

ANNEXE 1 : Tableau CITEPA : inventaire des émissions de GES dans l'atmosphère en France métropolitaine, de 1990 à 2003.

ANNEXE 2 : Support technique pour la réalisation du diagnostic des consommations énergétiques au sein des carrières étudiées.

ANNEXE 3 : Tableau des contacts et des prises de rendez-vous.

ANNEXE 4 : Coût lié au transport du granulat.

ANNEXE 5 : Calcul des émissions générées par l'industrie du granulat, au niveau national.

Introduction

Dans le cadre d'un partenariat entre l'ADEME Midi-Pyrénées (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), l'ARPE Midi-Pyrénées (Agence Régionale Pour l'Environnement) et l'UNICEM Midi-Pyrénées (Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction), une évaluation sur les rejets de GES dans les carrières de granulats de la région a été réalisée.

Cette étude consistait, à partir de 11 sites témoins répartis dans toute la région, à effectuer d'abord un diagnostic énergétique sur chaque poste de la carrière ainsi que sur le déplacement du personnel et la livraison du granulat. Puis, à partir de ce bilan, il s'agissait de quantifier les émissions de GES en kg eqC/t de roche extraite afin d'évaluer la contribution de l'industrie du granulat en Midi-Pyrénées aux émissions de GES.

Il s'agissait également de mettre à disposition, pour les gestionnaires de sites, un outil technique d'évaluation des émissions de GES.

Enfin, à partir des résultats de l'étude, des voies d'améliorations devaient être proposées.

Le rapport rappelle d'abord des éléments d'ordre général sur le phénomène de l'effet de serre, sur la lutte contre le changement climatique et sur l'industrie du granulat au niveau national et régional.

Après une présentation de la zone d'étude, il décrit les méthodes et outils d'analyse utilisés.

Les résultats sont présentés et synthétisés.

Enfin plusieurs voies d'améliorations ainsi que leur faisabilité sont exposées ici.

I. Présentation des partenaires du projet

Avant d'exposer les résultats de l'étude, il paraît utile de présenter les différents acteurs qui ont participé à ce projet.

1.1. L'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

Créée en 1992, l'ADEME est un établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle conjointe du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie et du Ministère de la Recherche.

✓ Missions et domaines d'intervention :

L'ADEME est étroitement associée à la mise en œuvre des politiques de l'Etat dans les domaines de l'environnement et de l'énergie et contribue au respect des engagements internationaux pris par la France. Dans ce cadre, l'Agence a pour missions de susciter, d'animer, de coordonner, de faciliter ou de réaliser des opérations dans 7 grands domaines :

- Réduire la quantité de **déchets ménagers et industriels** en favorisant le recyclage et la valorisation, la réduction à la source, la pérennité des filières de traitement et de valorisation;
- Favoriser l'utilisation **d'énergies renouvelables**;
- Maîtriser la **consommation énergétique** en développant les techniques sobres en énergie dans l'industrie, l'agriculture, le résidentiel, le tertiaire, les transports...
- Réhabiliter les **sites pollués**;
- Préserver la **qualité de l'air** en développant la surveillance et la prévention des émissions polluantes et agir sur les aspects organisationnels et technologiques des **transports**;
- Lutter contre le **bruit** grâce à l'isolation des bâtiments à proximité des aéroports;
- Développer une **démarche environnementale globale** dans les entreprises, l'agriculture et les collectivités et promouvoir la Haute Qualité Environnementale;

✓ Effectif :

L'Agence compte 850 salariés répartis dans 3 services centraux (Angers, Paris et Valbonne), 26 délégations régionales, 3 représentations dans les Territoires d'Outre-Mer et un bureau à Bruxelles.

✓ Le budget égal à 2004 : 331 M€ se décompose de la manière suivante :

262 M€ pour le budget d'intervention et 69 M€ pour le budget de fonctionnement.

✓ L'ADEME en région Midi-Pyrénées :

La délégation régionale de l'ADEME en Midi-Pyrénées compte 32 salariés.

Ses activités s'articulent autour de 7 pôles :

- **Le pôle collectivité** : utilisation rationnelle de l'énergie/Energies renouvelables : bois-énergie, géothermie, bioénergies, production décentralisée d'électricité, énergie solaire et promotion pour le CESI (Chauffe Eau Solaire Individuel);
- **Le pôle collectivité** : déchets;
- **Le pôle entreprise** : recherche-transfert de technologies/déchets (ORDIMIP : observatoire régional des déchets industriels en Midi-Pyrénées) et management environnemental/utilisation rationnelle de l'énergie;
- **Le pôle transports, air, aménagement et approches territoriales**;
- **Le pôle bruit**;
- **Le pôle sites pollués** : site de Salsigne (Aude, 11);
- **Le pôle fonctionnel et actions transversales**;

Dans le cadre de l'étude présentée ci-après; l'ADEME Midi-Pyrénées est intervenue pour la problématique du **transport** et de la **pollution de l'air**.

1.2. L'ARPE Midi-Pyrénées (Agence Régionale Pour l'Environnement Midi-Pyrénées)

L'ARPE est une association de type loi 1901 créée en 1991 à l'initiative du Conseil Régional Midi-Pyrénées et des associations de protection de l'environnement.

Elle réunit aujourd'hui plus de 90 représentants (institutionnels, associatifs et/ou socioprofessionnels travaillant dans le domaine de l'environnement en Midi-Pyrénées).

Elle travaille en étroite collaboration avec de nombreux partenaires régionaux dont l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, l'ADEME, les collectivités territoriales, les chambres consulaires (Chambre du Commerce et de l'Industrie, Chambre d'agriculture, Chambre des métiers), les services déconcentrés de l'Etat : la DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement), la DIREN (Direction Régionale de l'ENvironnement), l'ensemble des administrations et organismes régionaux spécialisés (bureaux d'études, conservatoires) ou nationaux (Réseau des Agences Régionales de l'Environnement et de l'Energie, Ministère de l'Ecologie et du développement durable...), ainsi que des entreprises ou syndicats professionnels dont l'UNICEM.

✓ Ses missions et domaines d'interventions :

L'ARPE apporte son **soutien technique aux porteurs de projets** pour la protection de l'environnement. Elle est en charge d'assister quelques 400 projets par an en accord avec les directives nationales et régionales.

C'est aussi un **outil de sensibilisation, d'animation, de dialogue, de confrontation d'idées et de partenariats en matière d'environnement, d'énergie et de développement durable**.

Le savoir faire de cette Agence s'articule autour de quatre grands pôles de travail : Animation/Transfert, Education/Sensibilisation, Gestion des espaces naturels et Entreprise.

L'ARPE intervient dans des domaines très variés : prévention et gestion des déchets de l'activité économique, promotion du management environnemental, application territoriale du développement durable, maîtrise de l'énergie et promotion des énergies renouvelables, protection et gestion des espaces naturels, utilisation rationnelle de l'eau, promotion des transports propres, éducation à l'environnement, emploi/formation et solidarité.

✓ **Effectif :**

L'ARPE réunit 35 employés dont 15 conseillers techniques.

Dans cette étude, l'ARPE comme l'ADEME, agit comme conseiller technique auprès de son partenaire qu'est l'UNICEM.

1.3. L'UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières Et Matériaux de construction

L'UNICEM est une fédération, créée en 1840 sous le nom de Chambre syndicale des marchands carriers et fournisseurs du bâtiment. Aujourd'hui, cette organisation professionnelle compte plus de 3800 entreprises dans les domaines de l'extraction des matériaux, de leur transformation et de la prestation de services.

Les activités extractives regroupent des carrières de pierres et de roches destinées à la construction (granulats, roches ornementales, terres colorantes, galets de mer, gypse...) mais aussi à l'industrie (calcaire industriel, craie...).

Les activités de transformation sont représentées par les industries du béton prêt à l'emploi, des mortiers industriels, des résines synthétiques, des adjuvants pour bétons, du plâtre et des produits pour l'isolation.

La prestation de services comprend les exploitants de plates formes de tri et de centres de stockage de déchets et le Groupement National des Professionnels Clôturistes®.

✓ **Ses missions et domaines d'interventions :**

L'UNICEM a pour mission de défendre les intérêts collectifs et individuels des entreprises adhérentes.

Détentrice d'une expertise professionnelle reconnue, l'UNICEM s'exprime au nom de l'ensemble des entreprises qu'elle rassemble.

Son rôle consiste également à consulter, assister et informer les entreprises adhérentes dans des domaines aussi variés que la protection de l'environnement, la qualité des produits, la conjoncture économique, la législation...

Ainsi, l'UNICEM est amenée à :

- **Définir les politiques professionnelles;**

- **Dialoguer et négocier :**

L'UNICEM représente ses adhérents dans les dossiers gérés paritairemment, les discussions avec les services de l'Administration, les élus et les professions proches, l'étude des projets législatifs et réglementaires, techniques, l'organisation de la formation...

L'UNICEM est l'interlocuteur privilégié des services centraux et territoriaux de l'Etat. Elle entretient des relations suivies, en particulier avec les ministères chargés de l'industrie, de l'écologie et du développement durable, de l'équipement et des transports, du travail, de l'éducation nationale, de la culture...

▪ **Collecter et analyser l'information:**

A partir des informations collectées par le Service Statistique, le Service Economique réalise des études conjoncturelles, structurelles ou prospectives.

Une veille législative et réglementaire française et européenne est assurée par le Service Juridique, Fiscal et Social qui analyse et commente les nouveaux textes concernant les professions.

Les développements techniques des industries de carrières sont suivis et analysés ou proposés : normalisation, certification, marquage CE des matériaux de construction, maîtrise d'ouvrage d'études techniques...

▪ **Communiquer auprès d'un large public :**

Cela se traduit par l'organisation de Journées Portes ouvertes, la diffusion de plaquettes et de brochures, l'organisation de réunions d'informations, la création d'expositions, des interventions dans des conférences, l'organisation de colloques, la participation à des salons professionnels et grand public...

▪ **Conseiller et accompagner les entreprises adhérentes dans différents domaines :**

Ressources humaines et formations, application des conventions collectives, application de la réglementation, questions techniques...

✓ **Le personnel :**

Pour remplir ses missions, l'UNICEM dispose d'une structure nationale organisée autour de **services fédéraux**, animés par une équipe de permanents, et de commissions ou **groupes de travail**, présidés par des professionnels mandatés.

Elle comprend **les syndicats nationaux de branches, 19 syndicats régionaux** ainsi que des organismes de conseil et de soutien, notamment dans le domaine de l'environnement, de la formation et de la prévention des risques.

Dans le cadre de cette étude, l'UNICEM Midi-Pyrénées est le lien entre les professionnels de l'industrie du granulat et l'ADEME et l'ARPE. Elle a présenté le projet d'étude à ses adhérents pour trouver des sites.

II. Rappels sur l'effet de serre

II.1. Les gaz à effet de serre : propriétés et conséquences sur l'atmosphère

L'effet de serre est un phénomène physique naturel qui se caractérise par un réchauffement de l'atmosphère :

La Terre reçoit en moyenne 342 W/m^2 de rayonnement incident du Soleil, sous forme d'Ultra Violet. Environ un tiers de ce rayonnement est réfléchi (par les océans et les nuages) et directement ré-émis dans le domaine du visible. Les deux tiers restants sont absorbés par les divers composants de la Terre (sols, océans, atmosphères et nuages) et ré-émis sous forme de chaleur (domaine de l'infrarouge).

Environ la moitié de ce rayonnement infrarouge est alors absorbée et retenue par des gaz naturellement présents dans l'atmosphère tels que la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), l'ozone (O_3) etc. Ces gaz dits gaz à effet de serre (GES) retiennent donc la chaleur émise et permettent de maintenir une température de 15°C dans l'atmosphère au lieu de -18°C (cf. figure 1) (JANCOVICI, 2000).

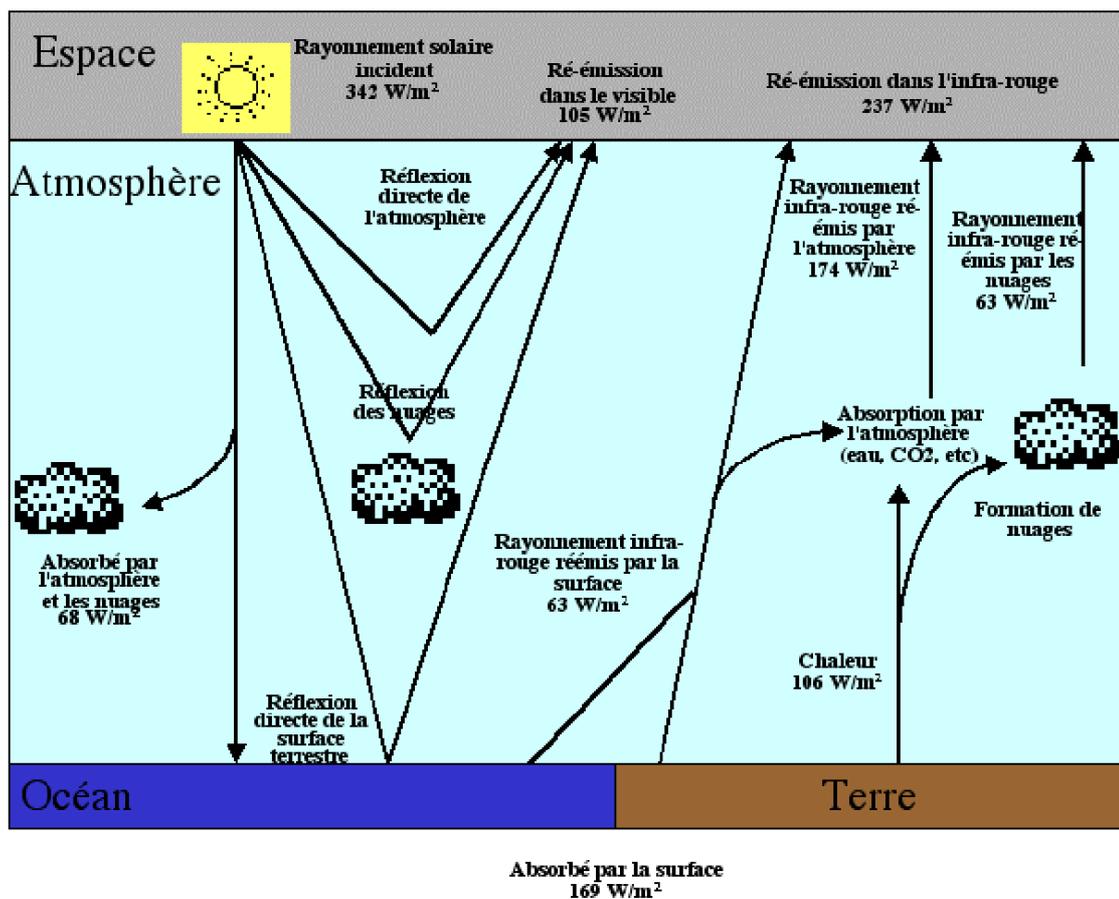


Figure n° 1 : Bilan radiatif

(source : http://www.x-environnement.org/Jaune_Rouge/JR00/jancovici.html)

II.2. Le réchauffement atmosphérique et les simulations de changements climatiques

Naturellement, ces gaz sont en équilibre dans l'atmosphère (taux d'émission = taux de captage), suivant le cycle du carbone. Ainsi, globalement, leur concentration ne varie pas au cours du temps.

Depuis le début de l'ère pré-industrielle (1750), les quantités de GES et notamment celles du dioxyde de carbone (CO_2 , +30%) et du méthane (CH_4 , +145%) ont augmenté dans l'atmosphère. Ce surplus d'émission de gaz est principalement dû à la combustion des énergies fossiles et à l'agriculture intensive. A ceci s'ajoute une diminution des puits de carbone causée par la déforestation (cf. figure 2).

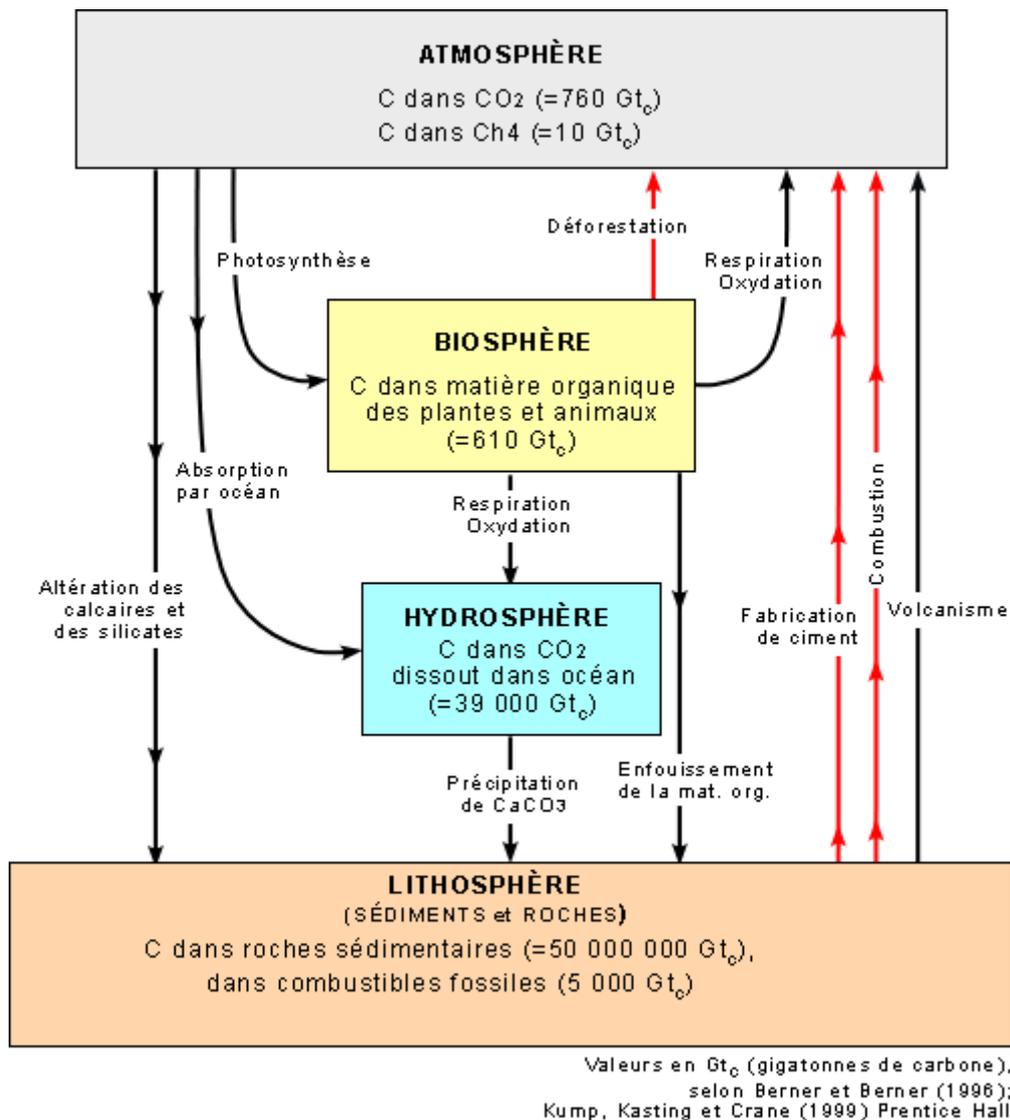


Figure n°2 : Schéma du cycle du carbone

(source : <http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/cycle.carbone.html>)

Ainsi, l'augmentation des émissions de GES et la diminution des zones de captage entraînent depuis près de deux siècles un déséquilibre du bilan carbone et une accumulation des GES dans l'atmosphère, causant un réchauffement climatique.

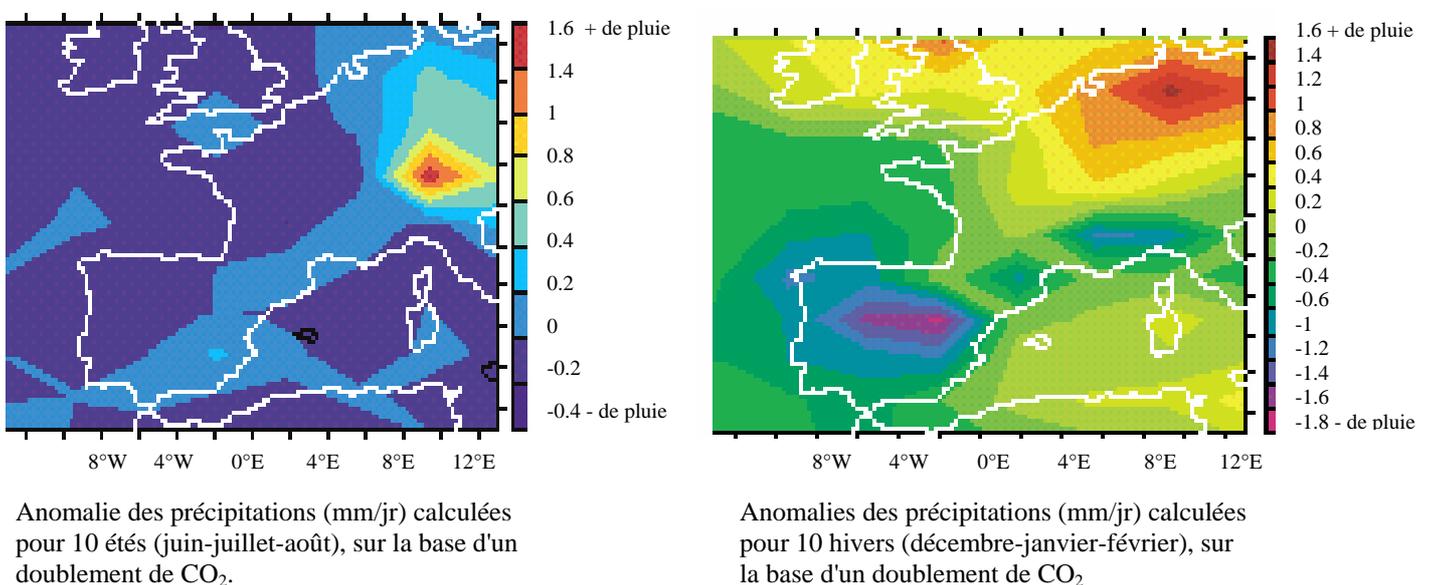
Globalement, depuis le début du XX^e siècle, un réchauffement de l'air au niveau du sol de 0,5°C a été observé sur l'ensemble de la Terre ainsi qu'une montée du niveau des océans de 10 à 25 cm. En France, la température moyenne annuelle a augmenté de 0,9°C (tiré du site de la mission interministérielle de l'Effet de Serre, <http://www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/savoir/savoir.htm>).

Il est actuellement difficile de prévoir l'évolution future et les changements occasionnés par le réchauffement climatique car certains processus naturels sont encore mal connus. Néanmoins, d'après le rapport du GIEC (Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), rendu en 2001, "d'ici 2100, selon différents scénarios liés au développement de la société, le réchauffement pourrait atteindre 1,4°C à 5,8°C et la mer monter de 9 à 90 cm (ceci principalement sous l'effet d'une dilatation thermique)". Cela entraînerait des sécheresses et des inondations plus intenses, pourrait modifier l'équilibre entre espèces et provoquer un dépérissement des forêts.

En France, une augmentation de température moyenne de 1°C à 2°C est prévue d'ici 2060. Elle se traduirait par une augmentation du niveau marin provoquant ainsi l'inondation permanente des espaces côtiers tels que le delta de la Camargue et le rivage à lagunes du Languedoc.

Elle entraînerait également une nette diminution (de 20 à 30%) de la durée de l'enneigement dans les Alpes à basse altitude (1500 m).

Une simulation du changement des précipitations réalisée par le LMD (Laboratoire de Météorologie Dynamique) du CNRS, montre que pour un doublement de CO₂ dans l'atmosphère (d'ici 2060 si l'augmentation des concentrations reste identique), en France, les précipitations diminueraient de façon générale en hiver et surtout en été (cf. figure n° 3)



Figures n°3 : Résultats d'une simulation d'un changement de précipitation en France, pour un doublement de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère
(source : Laboratoire de Météorologie Dynamique-CNRS in ADEME, 2001)

II.3. Les engagements pour la lutte contre les émissions de GES et les résultats au niveau international et français

II.3.1. Les Accords Internationaux et Européens : de la convention de Rio aux accords de Bonn et Marrakech

C'est en 1992 que se tint à Rio de Janeiro le premier Sommet sur les changements climatiques, qui réunit 153 pays membres des Nations Unies. Lors de cette rencontre, les gouvernements se sont engagés à agir contre leurs émissions de gaz à effet de serre en signant la **Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques**. L'objectif est de stabiliser les émissions de GES d'ici l'an 2000 au niveau des émissions de 1990.

En 1997, les représentants de 159 pays se retrouvent et signent le **protocole de Kyoto**. Ainsi, 38 pays industrialisés s'engagent à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre.

Ces GES sont au nombre de 6 : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF₆).

Les objectifs de réduction doivent être atteints pour 2008-2012 par rapport à l'année de référence de 1990, mais sont différents selon les pays. Par exemple les quinze états membres de l'Union Européenne se sont engagés à diminuer en moyenne leurs émissions de 8% (la France doit stabiliser ses émissions au même niveau qu'en 1990), le Japon et le Canada de 6%, la Russie de 0%...

Les pays en voie de développement, n'ont, quant à eux pris aucun engagement pour limiter les émissions de GES, afin de ne pas compromettre leur marge de croissance.

A cette même date, en France, les rejets totaux de GES sont de 143,47 Mt eq.C¹. Les émissions proviennent majoritairement de l'industrie (26%), du transport (23%), de l'agriculture (20%) et du secteur tertiaire/bâtiment (18%).

En novembre 2000, la Communauté Internationale s'est réunie à la Haye, afin de définir les modalités d'application du protocole de Kyoto.

En juin et novembre 2001, les accords de Bonn et Marrakech sont ratifiés. Ils visent à fixer les modalités de mise en œuvre du protocole de Kyoto autour de quatre grands thèmes :

- "Mise en œuvre pour chaque état d'un programme national de mesures avant le recours aux mécanismes prévus par le Protocole;
- Limite de la gestion des forêts en vue des réductions d'émissions;
- Création de trois fonds de financement additionnels pour les pays en développement;
- Définition du mécanisme de surveillance et de respect des engagements de réduction."

(tiré de la mission interministérielle de l'Effet de serre, <http://www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/accords/historik.htm>).

¹ eqC : équivalent carbone, correspond à la quantité de carbone contenue dans le gaz rejeté.

II.3.2. Les mesures de lutte contre le changement climatique prises en France

II.3.2.1 Le Programme National de Lutte contre le Changement Climatique (PNLCC)

Lors du protocole de Kyoto, en 1997, la France s'est engagée à ne pas émettre en 2010, plus de GES qu'elle n'en émettait en 1990 (139,31 Mt eqC, CITEPA 2004). C'est pourquoi la Commission interministérielle de l'effet de serre a confié, le 27 novembre 1998, à la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre (MIES), l'élaboration d'un nouveau Plan national de lutte contre l'effet de serre.

Le Premier ministre présente alors en janvier 2000 le **Programme National de Lutte contre le Changement Climatique**.

Ce programme a pour objectif de réduire de 16 Mt eqC les émissions de GES d'ici 2010.

Il comprend, en 2000, une centaine de mesures réglementaires et incitatives dites de première catégorie dans les secteurs suivants.² :

- Industrie : réglementation N₂O, mesures ciblées pour les gaz frigorigènes...
- Energie : relance du programme de maîtrise de demande d'électricité, développement des énergies renouvelables...
- Transports : soutien aux véhicules hybrides, limitation de vitesse, promotion du transport collectif et du transport combiné rail/route...
- Tertiaire/résidentiel : renforcement programmé de la réglementation thermique pour les bâtiments neufs, soutien bois-énergie, solaire thermique, géothermie...
- Agriculture/forêts : maîtrise du CH₄ de l'élevage et N₂O des sols, aides au boisement des terres agricoles...
- Déchets : réorientation de la politique en matière de déchets, approfondissement de l'analyse des différentes filières...

Ces mesures ont un potentiel attendu de réduction des émissions de GES de 7 Mt eqC.

A cela, s'ajoutent des mesures de types économiques telles que :

- Une taxation sur les consommations intermédiaires d'énergie;
- Une atténuation de la différence de taxation entre le gazole et l'essence;
- Une proposition de mise en place d'un taux réduit de la TVA pour les équipements électriques à haute performance énergétique;
- La vente de chaleur issue d'énergie renouvelables...

Ces mesures ont un potentiel attendu de réduction des émissions de GES de 6,7 Mt eqC.

Le tout est complété par un développement d'offres :

- D'infrastructures de transports alternatives au tout routier : ferroviaire, maritimes, fluviales;
- D'infrastructures énergétiques alternatives aux énergies fossiles;

² A ce jour (2004), certaines mesures comme la taxation des émissions de CO₂ d'origine énergétiques ont été abandonnées et remplacées par le Plan National d'Affectation des Quotas (janvier 2004).

Ces mesures ont un potentiel attendu de réduction des émissions de GES de 2,3 Mt eqC.

L'ADEME est un des acteurs principaux de la mise en œuvre de ces mesures, en particulier dans ses programmes de soutien à la recherche, d'aide à la décision et de soutien aux investissements.

II.3.2.2. Les inventaires annuels du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique)

Le CITEPA est un organisme qui réalise chaque année un inventaire détaillé des émissions de GES, secteur par secteur.

Ces études permettent de quantifier les émissions de chacun des 6 gaz à effet de serre et d'analyser leurs évolutions, secteur par secteur (cf. annexe 1). Comme, le montre la figure n°4, les émissions de CO₂ augmentent dans le secteur des transports de 1990 à 2002 (22% à 26% des émissions totales) alors qu'elles diminuent dans le secteur industriel (de 23% à 21%).

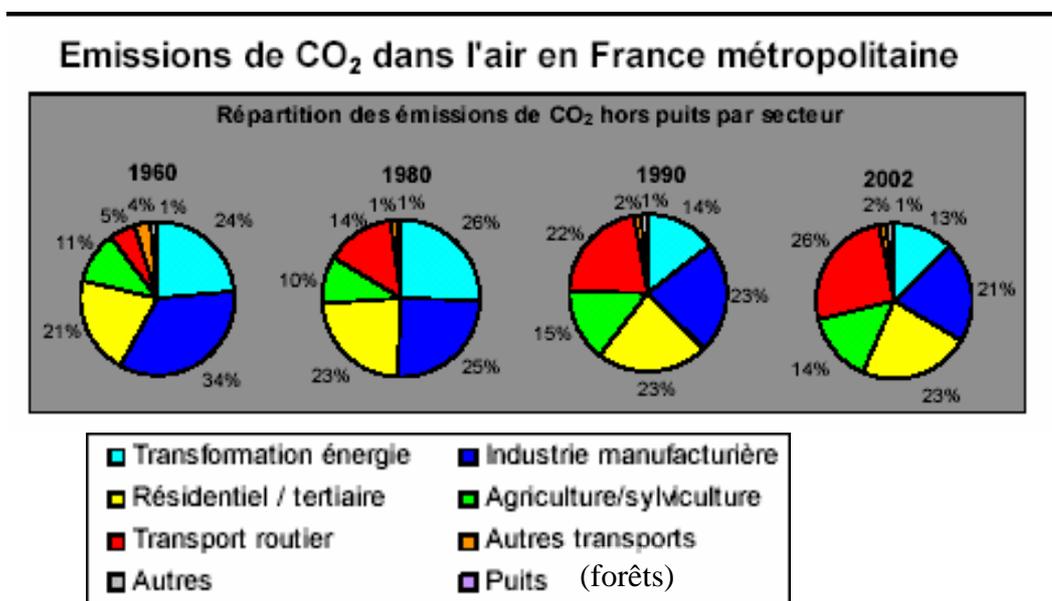


Figure n°4 : Evolution de la répartition des émissions de CO₂, en France, de 1960 à 2002 (source CITEPA, février 2004)

L'étude la plus récente donne les émissions de 2002 et une estimation des émissions de 2003. Les résultats sont les suivants (tiré de CITEPA, 2004):

"Emissions en 2002 : 489 Mt eq. CO₂ (émissions avec puits³)
 Maximum observé : 556 Mt eq. CO₂ en 1991 (émissions avec puits)
 Minimum observé : 489 Mt eq. CO₂ en 2002 (émissions avec puits)
 Evolution 2002 / 1990 : -7 % (émissions avec puits)"

³ Les puits de CO₂ sont générés par le stockage sous forme de biomasse (bois) du CO₂ atmosphérique. Ils représentent 140 Mt eqCO₂/an (ou 38,2 Mt eqC/an).

Le secteur qui nous intéresse ici par rapport à l'étude présentée ci-après est celui des minéraux non métalliques et matériaux de construction. Ce secteur englobe aussi bien l'industrie du granulat que celui des minéraux industriels (chaux, ciment, kaolin etc.).

En 2002, les rejets de ce secteur représentent 4,3% des émissions totales, soit 7,36 Mt eqC (hors puits).

Enfin, une dernière valeur approximative issue de la méthode "Bilan CarboneTM" de l'ADEME, sur la base des données CEREN (centre d'étude et de recherche économique sur l'énergie), indique des émissions, pour l'industrie extractive de la pierre, de 20 kg eqC/t de roche extraite en comptant une émission de 10 kg eqC/t pour l'extraction et le traitement de la roche et 10 kg eqC/t pour le transport. Cette valeur est donnée avec une incertitude de 80% (ADEME, 2003).

Nous venons de voir que les rejets de GES par les activités anthropiques sont importantes et pourraient influencer les changements climatiques. En France, les émissions de GES générées par l'industrie des minéraux non métalliques et matériaux de construction représentaient en 2002, 4,3% des rejets nationaux. Il serait donc intéressant de connaître la part des émissions liée à l'industrie du granulat. Pour cela, il paraît nécessaire de présenter cette activité et de l'étudier plus en détail.

III. Présentation de l'activité extractive

Depuis longtemps l'homme utilise des matériaux naturels pour la construction de son habitat et l'aménagement de son environnement. Les roches dures tels que le granite, le calcaire et le grès servent de pierres de construction. Leur exploitation est artisanale et locale.

A la fin du 19^e siècle, l'invention du ciment et du béton permettent de développer des constructions d'un genre nouveau. En même temps les grandes zones urbaines se développent ainsi que les réseaux de chemins de fer, les infrastructures routières et les ouvrages d'art. Tous ces grands travaux nécessitent une quantité importante de matériaux faisant augmenter leur demande. Leur production se transforme alors en une véritable industrie dont les granulats font partie.

III.1. Qu'est ce que le granulat ?

Le granulat est un matériau naturel qui peut provenir soit de roches massives (d'origine éruptive, métamorphique ou sédimentaire consolidé) soit de roches meubles (formations alluvionnaires, granulats marins et autres sables) ou soit enfin de produit de recyclage (réutilisation de matériaux issus de la destruction de bâtiment, de voirie... ou de sous produits de l'industrie comme les mâchefers et laitiers de hauts fourneaux) (cf. figure n° 5).

Leur taille est comprise entre 0 et 125 mm. Leur nature et leur forme varient en fonction du type de gisement et des techniques de production.



Figure n°5 : Photos des différents types de granulats (de gauche à droite : alluvionnaire, éruptif, calcaire, sable marins et laitiers d'aciéries)
(source UNICEM 1997)

III.2. Quelques données sur les granulats en France et en Midi-Pyrénées

III.2.1. Production et consommation de granulat au niveau national et au niveau régional

En France, la production annuelle se chiffre à environ 400 Mt.

Les besoins en granulats sont tout aussi importants. Il est consommé actuellement 7 tonnes/an et par habitant, soit 20 kg/jour et par habitant (données UNICEM, 2002).

25% de ces matériaux sont utilisés dans le secteur du bâtiment (logements neufs, autres bâtiments et entretien), et 75% dans le génie civil (construction de routes, autoroutes, et autres voiries, ouvrages d'art).

L'acheminement du granulat jusqu'aux chantiers est majoritairement réalisé par voie routière (91,6%). Le transport par voie fluviale représente 5% et est surtout développé sur la Seine et le Rhône. Enfin le fret ferroviaire représente 3,4% du transport total national.

En Midi-Pyrénées, la production moyenne annuelle est de 22 Mt. En 2002, cette région se place au 7^e rang en terme de production de granulat, en France.

L'agglomération toulousaine consomme à elle seule environ 6 Mt/an. La livraison du granulat dans la région se fait presque exclusivement par la route (plus de 99%, données UNICEM 2004).

III.2.2. L'origine des granulats en France et en Midi-Pyrénées

En France, 42% des granulats proviennent de roches meubles, 54% de roches massives et 4% sont issus du recyclage.

Contrairement à la tendance nationale, en Midi-Pyrénées, l'extraction de roche meuble est majoritaire (56%) et surtout d'origine alluvionnaire fluviale. Les granulats sont prélevés dans les paléosols et anciens chenaux des cours d'eau du grand bassin Adour-Garonne.

Les granulats produits à partir de roches massives sont plutôt d'origine sédimentaire (calcaires et roches détritiques).

En France, les granulats sont donc des matériaux indispensables à la construction de nombreux ouvrages. Il paraît donc intéressant de connaître les méthodes de production et d'acheminement.

III.3. "Cycle de vie" du granulat : de l'extraction à la livraison du produit

La production de granulats nécessite un certain nombre d'opérations dont les plus importantes sont l'extraction et le traitement.

Toutes les carrières utilisent un protocole opératoire identique même si les techniques diffèrent entre les extractions en roche massive et celles en alluvionnaire.

Ces étapes sont les suivantes :

- 1) **Le décapage** consiste à retirer les matériaux non exploitables. Il s'agit généralement de la terre végétale ainsi que des stériles (matériaux non commercialisables sous forme de granulat) (cf. figure n°6);



Figure n°6 : Photo du décapage d'un site d'exploitation
(source UNICEM 1997)

2) Lorsque le décapage est terminé, les formations rocheuses peuvent être exploitées. L'étape de l'**extraction** débute alors. Elle consiste à récupérer le matériau soit par dragage dans le cas de formations alluvionnaires, soit par abattage de la roche massive et récupération à l'aide d'une pelle (cf. figure n°7) ;



Figure n°7 : Photos d'extractions du granulat en alluvionnaire et en roche massive
(source : GERARD 2004 et UNICEM 1997)

3) Le matériau extrait est alors **transporté** jusqu'au lieu de traitement. Son acheminement peut s'effectuer soit à l'aide de bandes transporteuses (généralement en gravière) soit par des tombereaux ou soit par des camions dans le cas où le site d'extraction et les lieux de traitements sont éloignés de plusieurs kilomètres (cf. figure n°8) ;

4) Sur le lieu de **traitement**, les matériaux sont d'abord concassés jusqu'à la taille désirée (entre 0 et 125 mm), puis lavés et triés par taille granulométrique à l'aide de cribles (tamisage) (cf figure n°8). Les produits obtenus après le traitement sont alors **des granulats** ;

5) En attendant d'être vendus les granulats sont **stockés** par taille, au sol ou dans des trémies (silos) pour les fractions les plus fines (cf. figure n° 8);

6) Le **transport du granulat (livraison)** jusqu'aux chantiers se réalise avec des camions de type semi-remorques, des 6x4 (camions 6 roues avec 4 roues motrices) et 4x2 (camionnettes 4 roues avec deux roues motrices).



Figure n°8 : Schéma du processus de production du granulat
(source UNICEM, 1997)

Enfin, à l'expiration de l'arrêté préfectoral, le site doit être remis en état. Quelques exemples fréquents de réhabilitation sont des revégétalisations, la réalisation d'étendues d'eau et de base de loisirs... (cf. figure n°9).



Figure n°9 : Exemples de réhabilitation de carrières : espace de loisirs et revégétalisation
(source : <http://www.unicem.fr/lr/>)

IV. Bilan énergétique et émissions de GES des carrières de granulat en Midi-Pyrénées

IV.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude des bilans énergétiques dans les carrières de Midi-Pyrénées a été effectuée à partir de onze sites témoins couvrant toute la région (cf. figure n°10).

Six d'entre eux exploitent des formations alluvionnaires et les cinq autres des roches massives majoritairement calcaires, pour une production totale avoisinant en 2004 les 4,5 Mt/an, soit 20,5% des 22 Mt produits par an (2002).

Dans les formations alluvionnaires il s'agit de :

- Société Sograr à Varilhes (Ariège, 09);
- Morillon Corvol à St. Elix/Roques sur Garonne (Haute-Garonne, 31);
- Société M.G.M., à Castelnau d'Estretfonds, (Haute-Garonne, 31);
- Société Gama, à Cahuzac sur Adour (Gers, 32);
- Carrières de la Neste, à Montégut (Hautes-Pyrénées, 65);
- Sablières des Pyrénées à Chis (Hautes-Pyrénées, 65);

En roches massives, il s'agit de :

- Ets. François, à Luc/La Primaube (Aveyron, 12);
- S.A. Decremps, à St. Denis Catus (Lot, 46);
- Société des Carrières du Massif Central, à Bagnac sur Célé (46);
- Carrières de la Neste, à Hèches (Hautes-Pyrénées, 65);
- Carrières de la Grésigne, Montricoux (Tarn et Garonne, 82).



Figure n°10 : Carte de localisation des 11 sites d'étude
(réalisation : CASSAGNE F., ARPE, 2004)

Il s'agissait de réaliser un diagnostic énergétique le plus complet et le plus détaillé possible afin de quantifier les émissions de GES sur chaque phase du cycle de vie du granulat. Dans ce but, des outils d'analyses ont été utilisés et d'autres ont été élaborés spécifiquement pour cette étude. Ils sont présentés ci-après.

IV.2. Matériels et méthodes

IV.2.1. Méthode de quantification des émissions de GES

En s'appuyant sur la méthode "Bilan CarboneTM d'une activité industrielle ou tertiaire" éditée par l'ADEME en 2003, une quantification des émissions de GES générées par les sites d'études a été réalisée. Cette méthode a pour objectif "de permettre à (...) toute entité fournissant un produit ou un service, d'estimer les émissions de gaz à effet de serre dont elle est à l'origine, directement ou indirectement, c'est-à-dire d'évaluer son impact global en matière d'émissions de gaz à effet de serre" (ADEME, 2003).

Il s'agit donc de répertorier tous les flux physiques qui concernent l'activité (flux de personnes, d'objets, de matières premières...) et de les convertir en émissions de GES calculées en **équivalent carbone** (eqC), en utilisant des **facteurs d'émissions**. Les valeurs obtenues fournissent des ordres de grandeurs et permettent de connaître la répartition des émissions de GES. Si l'inventaire est réalisé de façon détaillée, l'**imprécision** sera inférieure à **20%** (identique à l'incertitude des inventaires réalisés au niveau national par le CITEPA par exemple).

Cette évaluation peut s'effectuer à trois échelles (cf. figure n° 11):

- **L'approche interne** : c'est l'analyse la plus restrictive. Elle tient uniquement compte des émissions générées par les installations de l'entreprise. Dans le cas d'une carrière, cela reviendrait à prendre en compte uniquement le site de la carrière en lui-même (extraction + traitement du granulat).
- **L'approche intermédiaire** : complète l'approche interne en considérant les déplacements du personnel et le transport des marchandises.
- **L'approche globale** : c'est l'approche la plus complète. Elle compte tous les flux entrants et sortants, c'est-à-dire toutes les émissions liées directement et indirectement à l'activité étudiée. Par exemple, seront prises en compte les émissions qui sont générées lors de la fabrication des engins qui serviront ensuite pour l'exploitation de la carrière.

IV.2.2. Bilan énergétique d'une carrière

Comme il a été vu dans le paragraphe précédent, l'estimation des émissions de GES par l'industrie des granulats passe par un bilan énergétique de la carrière. Ainsi, un canevas le plus exhaustif possible a été élaboré afin de relever toutes les consommations énergétiques, poste par poste aussi bien en interne (site de la carrière en lui-même) qu'en externe (livraison du granulats et déplacements du personnel) (cf. annexe 2).

Ce document a été présenté aux représentants des 11 carrières étudiées, lors de visites sur sites afin qu'ils puissent apporter le plus précisément possible les informations demandées (cf. annexe 3).

IV.3. Résultats

Tous les questionnaires ont été restitués et les données ont été compilées. Les résultats sont exposés ci-après.

IV.3.1. Types d'engins et de combustibles utilisés en fonction des différents postes

Chaque poste étudié utilise des engins spécifiques. Le tableau ci-après est une fiche synthèse réalisée à partir de la compilation des données des 11 sites.

Engins/ Appareils	Postes									Type de combustible		Consommation selon modèle		
	Décapage + remise en état	Extraction	Transport interne	Traitement	Décolmatage	Déstockage+ chargement du granulat	Bureaux et laboratoire	Transport externe du granulat	Déplacements du personnel	Electricité	FOD/gazole	kWh	L/h	L/100 km
Pelle	✓	✓									✓		20-50	
Chargeuse	✓	✓	✓			✓					✓		18-42	
Dumper	✓		✓			✓					✓		18-35	
Excavatrice à godet		✓								✓		90-135		
Dragline		✓									✓		50	
Drague flottante		✓										600		
Bulldozer	✓										✓		25	
Concasseur				✓						✓		30-200		
Crible				✓						✓		5,5-30		
Tapis de liaison			✓	✓						✓		2,2-45		
Pompe				✓						✓		6-132		
Agitateur				✓						✓		3		
Essoreur				✓						✓		4-37		
Débourbeur				✓						✓		135		
Semi-remorques			✓								✓			40-48
6X4			✓								✓			15-30
4X2			✓								✓			22
Train			✓							✓		-		
Bandes transporteuses			✓							✓		22-200		
Chauffage							✓			✓		1-5		
Ordinateur							✓			✓		0,2		
Canon à air					✓					✓		1-18,5		
Véhicule léger									✓		✓			5-7

Certains sites utilisent également un groupe électrogène pour pallier les coupures de courant (contrat "EJP" (Effacement Jour de Pointe) passé avec EDF (Electricité De France): 22 jours/an sans électricité).

Dans le tableau ci-avant, certains engins sont uniquement utilisés en alluvionnaire. C'est le cas de l'excavatrice à godet, de la drague flottante et de la dragline.

IV.3.2. Les incertitudes

Avant de présenter les résultats concernant le bilan énergétique et la quantification des émissions de GES poste par poste d'une carrière, voici les valeurs d'incertitudes utilisées:

- Les facteurs d'émissions issus de la méthode Bilan CarboneTM de l'ADEME sont donnés, pour les combustibles fossiles (gazole, fioul domestique et essence), avec une incertitude de 5% et la marge d'erreur est de 10 % pour l'électricité;
- Pour le transport externe, une incertitude de 10% a été prise arbitrairement pour la consommation des véhicules. La même valeur d'incertitude a été prise pour la distance parcourue.

IV.3.3. Consommation énergétique moyenne par poste

Les valeurs ci-dessous sont directement issues des relevés de consommations des 11 sites étudiés. Elles tiennent donc compte des distances de livraison (transport externe).

Ainsi, pour une distance moyenne de livraison calculée de **37 km**, les consommations énergétiques de chaque poste sont les suivantes (cf. figure n° 13)

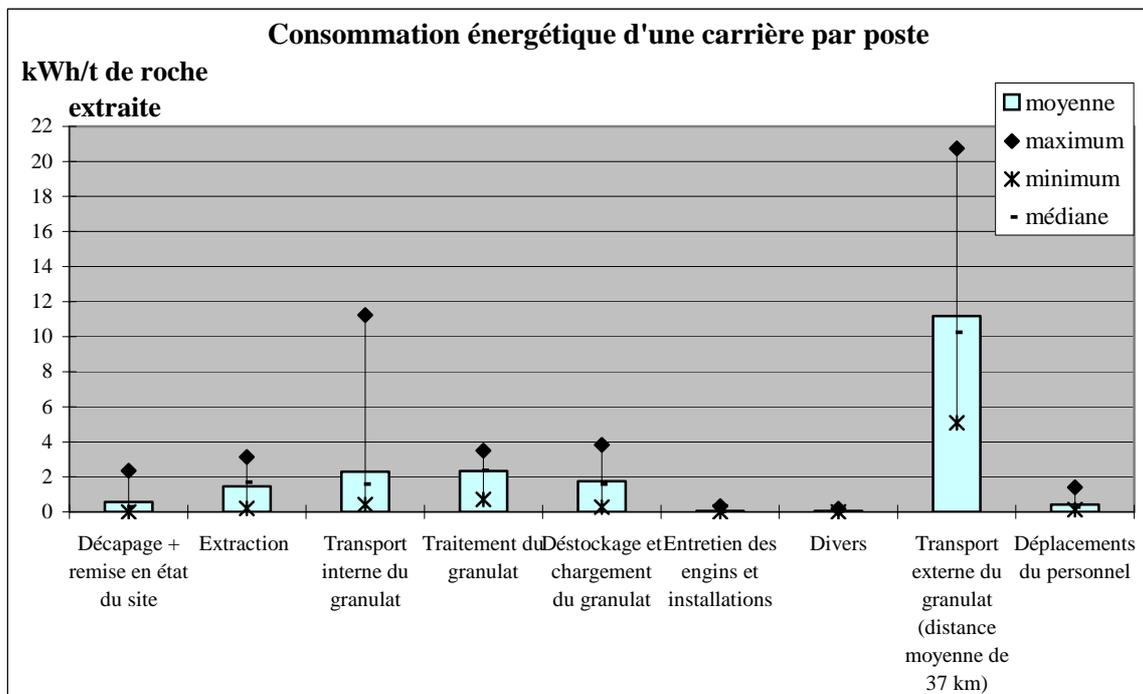


Figure n°13 : Quantification des consommations énergétiques, poste par poste, lors de la production et de l'acheminement du granulat

Ce graphe montre que le poste le plus consommateur d'énergie est celui du **transport externe** du granulat. Il représente à lui seul 58% des consommations énergétiques.

Sur le site d'exploitation, les postes de l'**extraction**, du **transport interne**, du **traitement** et du **déstockage** du granulat ont pratiquement les mêmes dépenses énergétiques avec environ 2 kwh/t de roche extraite.

Sont regroupés sous la rubrique "divers", les bureaux et laboratoires ainsi que d'autres éléments tels que les groupes électrogènes. Ce poste ainsi que celui de l'entretien des engins et installations ont une consommation énergétique négligeable comparativement à celle de l'ensemble des postes.

IV.3.4. Quantification et répartition des émissions moyennes de GES, par poste

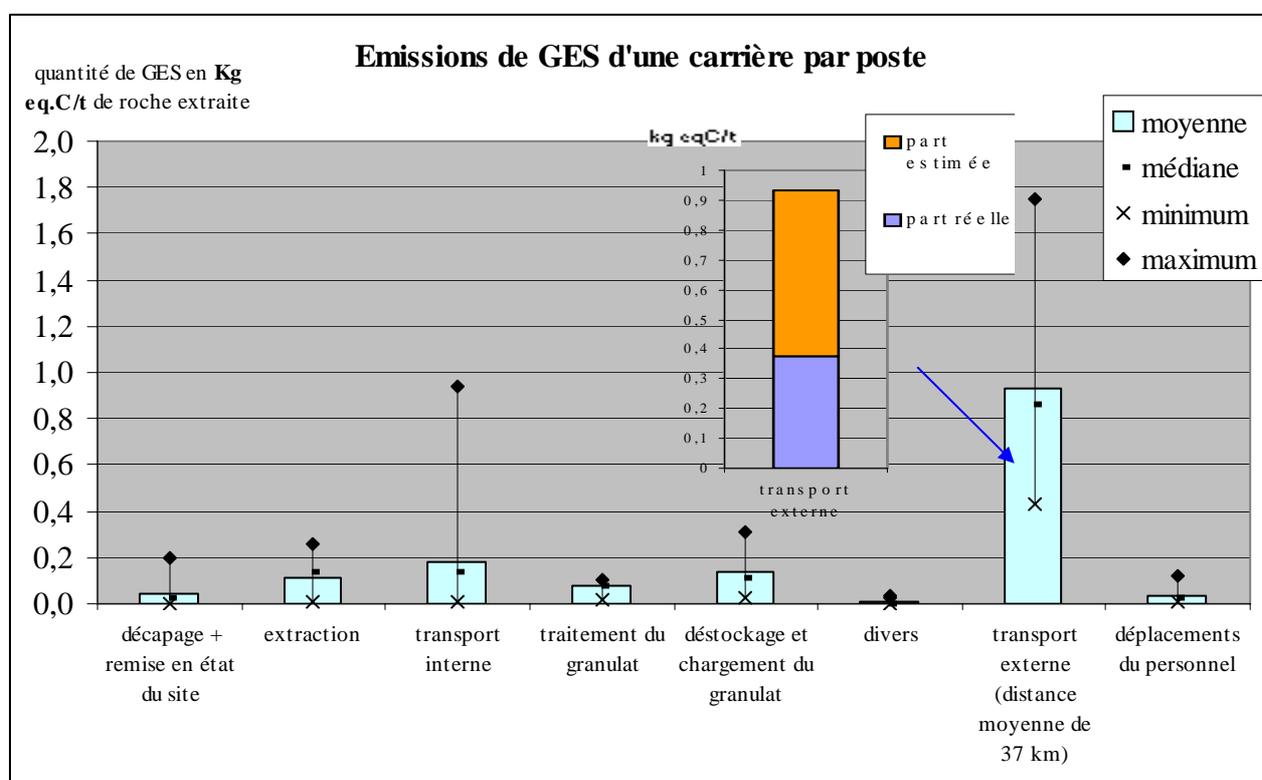
IV.3.4.1. Résultats bruts

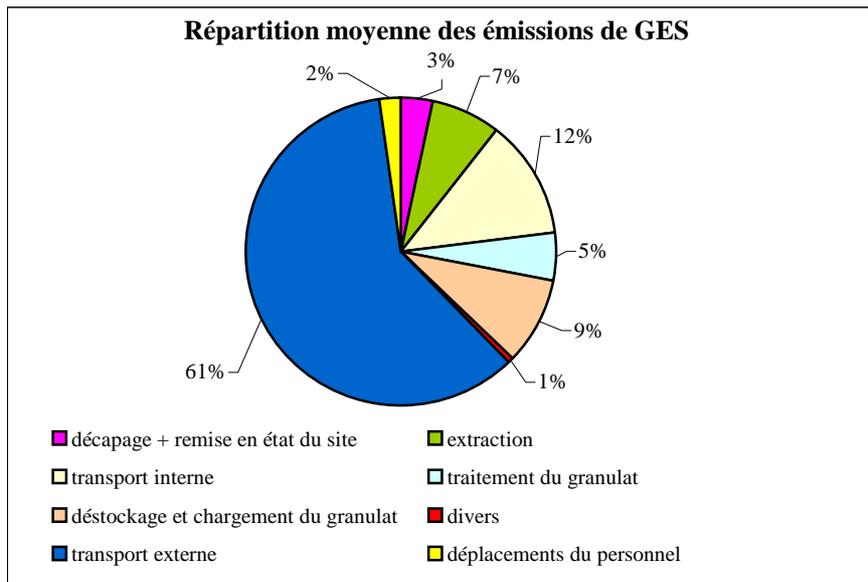
L'analyse des émissions de GES sur les 11 sites indique une valeur moyenne de :

1,537 +/- 0,277 kg eqC/t de roche extraite

Cette valeur tient compte d'une distance de livraison moyenne de 37 km.

Les graphes ci-après donnent la quantité moyenne de GES émis poste par poste ainsi que leur répartition (cf. figures n°14 et n°14 bis). Le décapage et la remise en état du site sont rassemblés en un même poste car ils sont souvent réalisés simultanément en alluvionnaire.





Figures n° 14 et 14 bis:
Quantification et répartition des émissions moyennes de GES par poste pour l'échantillon

D'après les graphes, c'est le poste du **transport externe** qui émet le plus de GES (61% des émissions) avec 0,933 kg eqC/t de roche extraite. La part réelle d'émissions

représente environ 40% et la valeur estimée est donnée avec 25% d'incertitude.

Sur le site d'exploitation, le transport interne émet deux fois plus de GES que le traitement du granulat avec 0,2 kg eqC/t de roche extraite et représente 12% des émissions totales.

Ainsi, au sein de la carrière, les postes les plus émetteurs sont ceux du transport interne (12% des émissions totales) et du déstockage et chargement du granulat pour les clients (9% des émissions). Les postes de l'extraction et du traitement du granulat représentent respectivement 7% et 5% des émissions totales de GES.

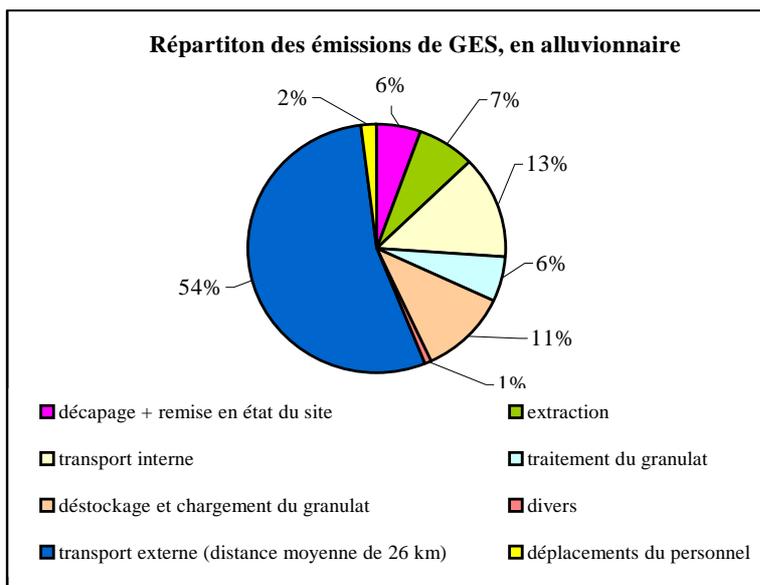
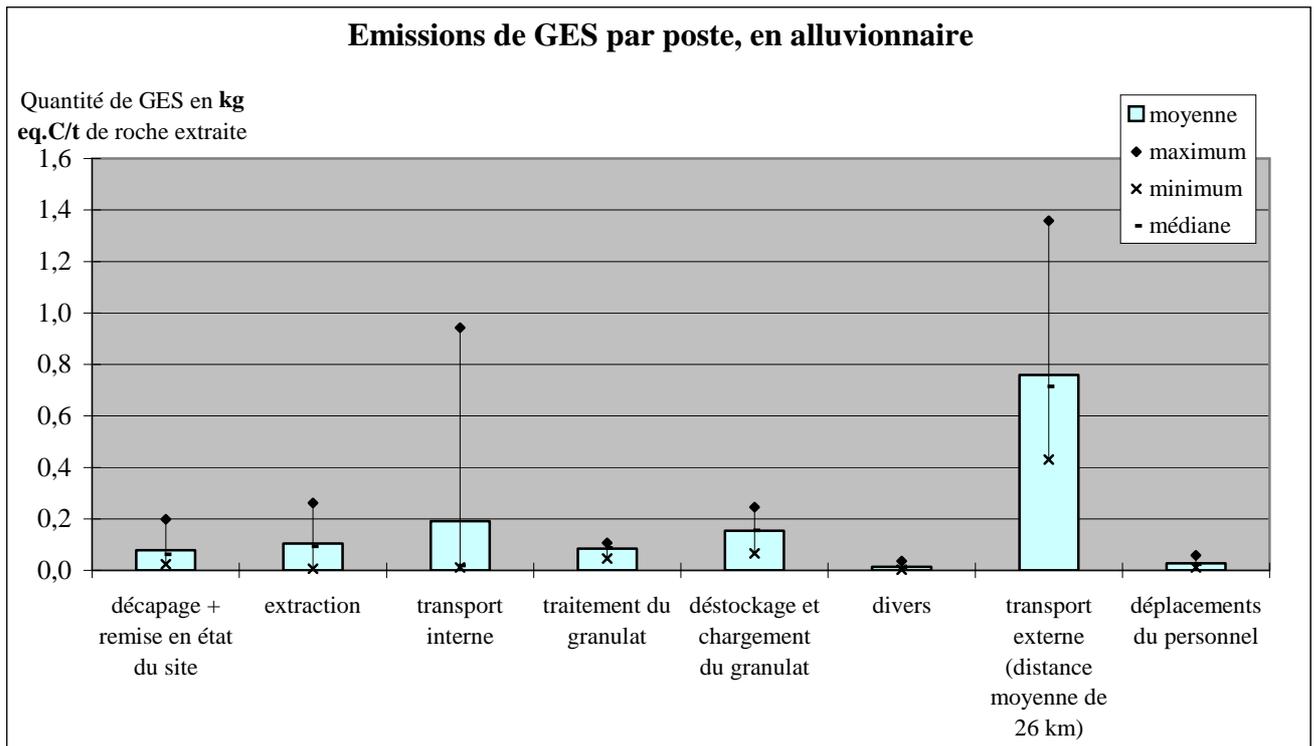
Les écarts importants observés entre la valeur minimale et la valeur maximale sur le poste du transport externe correspondent à une distance de livraison variable selon les sites étudiés et les consommations de véhicules.

Pour le transport interne cet écart est dû à l'utilisation de différents types d'engins : tombereaux ou bandes transporteuses.

L'étude des émissions par type de gisement donne les résultats suivants :

- En alluvionnaire

Pour une distance moyenne de livraison de 26 km (calculée sur la base des données des carrières en alluvionnaire, cf. figures n°15 et n°15 bis);



Figures n ° 15 et 15 bis :
Quantification et répartition des émissions moyennes de GES générées par poste en alluvionnaire

L'étude par type de gisement montre une répartition différente des rejets de GES. Ainsi, en alluvionnaire, le poste du transport externe est encore celui qui émet le plus de GES (54% des rejets) avec presque 0,8 kg eqC/t de roche extraite, mais les distances de livraison étant moins grandes que celles de

l'ensemble des carrières, ces émissions sont inférieures de 13%.

De plus, en alluvionnaire, les émissions liées à la phase du décapage sont pratiquement deux fois plus importante que celles de l'ensemble des carrières puisqu'elles représentent 6% des rejets totaux.

– Massif

Pour une distance moyenne de livraison de 48,5 km (cf. figures n°16 et n°16 bis);

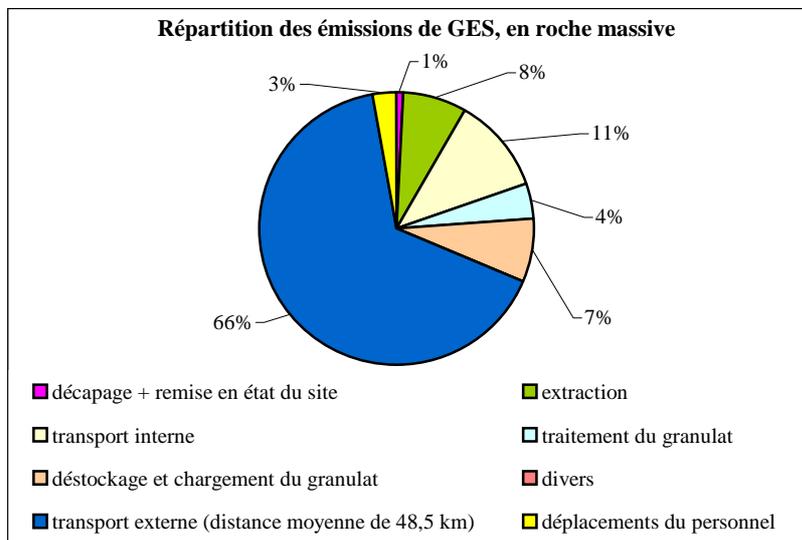
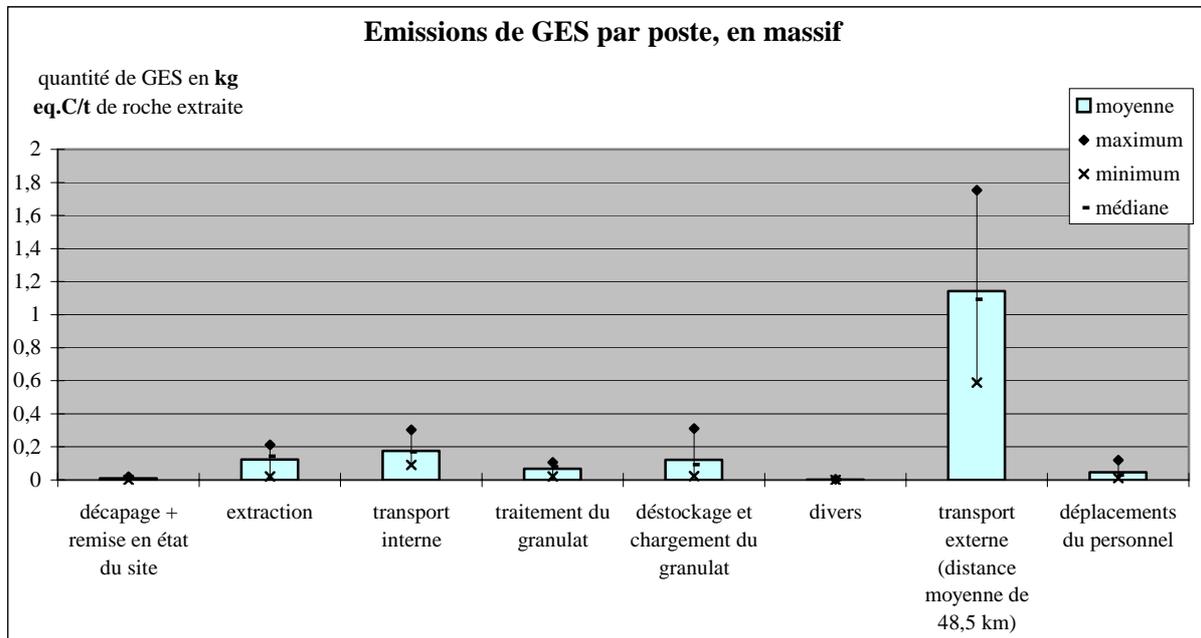


Figure n°16 et 16 bis : Quantification et répartition des émissions moyennes de GES générées par poste par les carrières en roche massive.

Ici encore c'est le transport externe qui représente le poste le plus émetteur (66% des rejets totaux) avec 1,14 kg eqC/t de roche extraite. Cette forte valeur est due aux distances de livraison qui sont plus importantes

qu'en alluvionnaire.

En revanche, contrairement aux gravières, ici la phase du décapage est un poste négligeable puisqu'il représente 1% des émissions totales.

IV.3.4.2. Emissions moyennes de GES et coût du transport en fonction de la distance de livraison du granulat

Le graphe ci-après a été réalisé en séparant les émissions moyennes de GES fixes engendrées par le site d'exploitation et les émissions moyennes variables, du transport externe, qui dépendent de la distance de livraison (cf. figure n° 17).

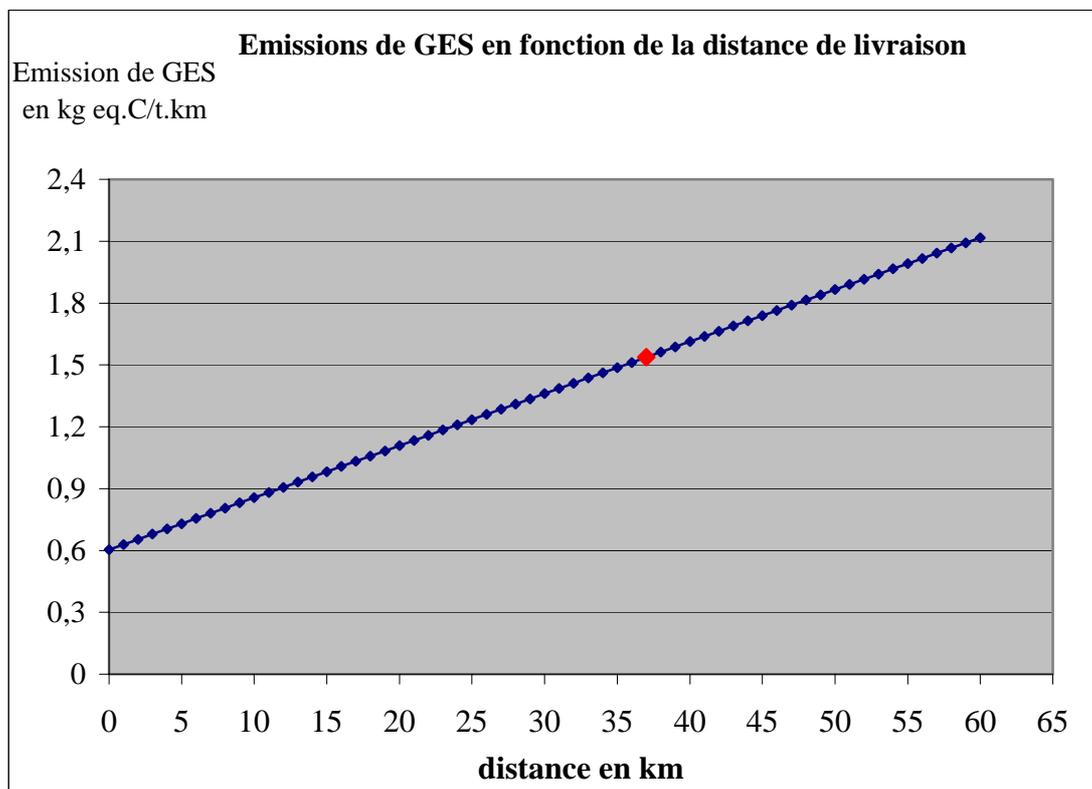


Figure n°17 : Emissions de GES en fonction de la distance de livraison

Il montre que **les émissions** liées au **site d'exploitation** sont en moyenne de **0,604 kg eqC/t** de roche extraite et à cela s'ajoute **0,025 kg eqC/t.km parcouru** pour la **livraison**.

Ainsi, sur les sites étudiés, les émissions liées à la production et à l'acheminement du granulat sont :

$$\boxed{0,604 + 0,025 * \text{distance de livraison (km)} \text{ kg eqC/t}}$$

Aspect économique :

Le graphe ci-après montre les coûts de transports liés à la distance de livraison du granulat (cf. figure n°18). Il a été réalisé à partir de valeurs théoriques fournies par quelques sites d'études (cf. annexe 4). Les valeurs réelles sont légèrement différentes et varient d'un site à l'autre. Toutefois ce graphe permet de donner un ordre d'idée.

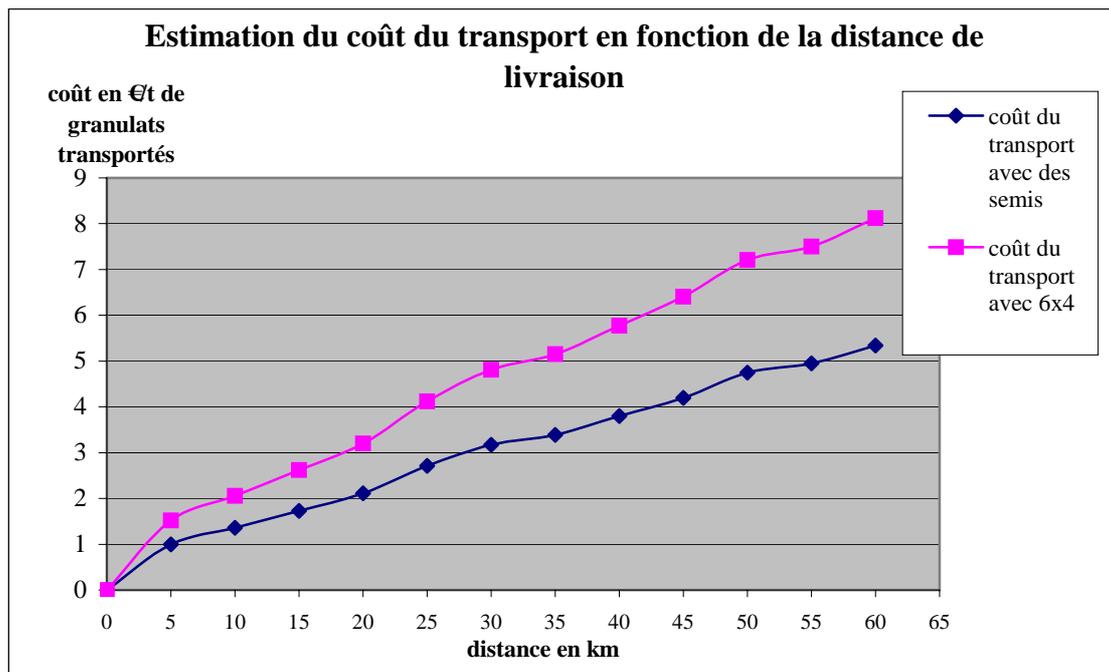


Figure n°18 : Coûts liés au transport du granulat en fonction de la distance de livraison

Ce graphe est donné à titre indicatif et permet de montrer que la distance de livraison est un paramètre important puisque par exemple le coût lié au transport double entre une livraison effectuée à 5 km et celle effectuée à une distance de 20 km, alors que les émissions de GES double après 10 km.

Ainsi, la problématique du transport du granulat semble être importante aussi bien sur le plan environnemental que sur le plan économique. Il serait donc intéressant de réaliser une étude plus approfondie sur ce dernier point.

V. Synthèse et discussion

V.1. Emissions de GES des carrières calculées à partir des 11 sites d'études

L'inventaire des consommations énergétiques effectué sur les 11 sites d'études permet de quantifier les émissions moyennes de GES attribuées à l'exploitation du granulat.

Ce calcul donne une valeur moyenne de **1,537 +/- 0,277 kg eq.C/t** de roche extraite pour une **distance de livraison moyenne de 37 km**. L'incertitude sur le calcul est de 18%.

Ainsi, en séparant les émissions fixes liées au **site d'exploitation** et les émissions variables liées à la **distance de livraison**, on obtient :

$$0.604 +/- 0,109 + (0.025 +/- 0.004) * \text{distance de livraison (km)} \text{ kg eqC/t de roche extraite.}$$

Cela montre que pour une distance supérieure ou égale à 25 km, les émissions totales doublent.

Il met donc en évidence que le transport externe constitue une part majeure des rejets de GES générés par la production et l'acheminement du granulat.

Sur l'ensemble des sites, il représente à lui seul 61% des rejets.

Sur le site d'exploitation, ce sont les phases du transport interne et du déstockage et chargement du granulat pour les clients qui émettent le plus de GES avec environ 0,2 kg eqC/t de roche extraite.

Les postes tels que l'entretien des engins et des installations ainsi que les bureaux et laboratoires représentent une part négligeable (1%) de l'ensemble des émissions de GES.

L'étude des émissions par type de carrière montre néanmoins quelques différences. En effet, en alluvionnaire les GES générés par le décapage et la remise en état du site représente 6% des émissions totales en alluvionnaire alors que cette part est négligeable en roche massive.

En revanche, dans ce cas d'étude, les distances de livraison en roche massive sont plus grandes qu'en alluvionnaire. Les émissions générées par le transport externe sont donc ici plus importantes en roche massive qu'en alluvionnaire, et représentent 66% des rejets totaux.

Ce résultat n'est valable que pour les sites étudiés et ne peut en aucun cas être généralisé.

V.2. Discussion

Les résultats trouvés à partir des 11 sites d'études, en Midi-Pyrénées semblent cohérents et fiables.

En effet la distance de livraison calculée, de 37 km +/- 3,7 km, est proche de la valeur moyenne nationale qui est de 34 km (UNICEM, 2003).

De plus, les émissions de GES générées par le transport externe, de 25 +/- 5 g eqC/t.km, sont aussi pratiquement égales à celles fournies par l'ADEME, c'est-à-dire 29,4 g/t.km générés par des semi-remorques (ADEME, 2003).

V.3. Evaluation des émissions de l'industrie du granulat au niveau régional et national

A partir des résultats donnés ci-avant et des informations recueillies concernant la production et l'acheminement du granulat au niveau national, une estimation des rejets régionaux et nationaux a été réalisée. La valeur est donnée avec 20% d'incertitude.

V.3.1. En Midi-Pyrénées

Dans cette région, 99,5% des livraisons sont effectuées par la route. Pour l'estimation des rejets au niveau régional nous prendrons comme hypothèse un transport 100% routier avec une distance moyenne de livraison de 37 km (valeur trouvée à partir de l'étude des 11 sites).

Ainsi les émissions de GES liées à l'industrie du granulat en Midi-Pyrénées sont estimées à : $(0,604 + 0,0025*37)*22*10^6 = 33\ 638\ 000$ kg eqC/an soit **33 638 t eqC/an**.

V.3.2. Au niveau national

Pour le transport des granulats, les données UNICEM, 2003, indiquent les valeurs suivantes (moyenne annuelle calculée sur une période de 10 ans, de 1991 à 2001) :

	%	Distances moyennes en km
Route	91,4	34
Fer	3,4	190
Eau	4,7	100

Ainsi, pour une production nationale de 400 Mt/an (cf. annexe 5):

La part des émissions liée à la production puis transport par route est de 535 970 +/- 107 194 t eqC/an;

Celle liée à la production et à l'acheminement par voie fluviale est de 37 901 +/- 7580 eqC/an et celle liée à la production et à l'acheminement par voie ferrée est de 16 129 +/- 3226 t eqC/an.

Ainsi, les émissions nationales de l'industrie du granulat s'élèveraient à

585 223 +/- 117 045 t eqC/an

Cette valeur représenterait **8% des rejets** du secteur de **l'industrie des minéraux non métalliques et matériaux de construction** et **0,34%** des **rejets nationaux**, tout secteur confondu. Cette part a été calculée à partir des résultats de l'étude et constitue une valeur originale.

VI. Perspectives d'amélioration

VI.1. Partie interne

Le graphe ci-dessous a été réalisé en prenant comme hypothèse une distance moyenne de 1000 m, entre le lieu d'extraction et le lieu de traitement.

Une consommation moyenne des tombereaux de 25 L/h et une puissance moyenne de 0.2 kwh/m pour les bandes transporteuses.

Ici, le biocarburant est considéré comme un mélange à 70% de gazole et 30% d'esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV de colza ou de tournesol).

D'après l'étude réalisée par le PricewaterhouseCoopers pour l'ADEME et la DIREM (Direction des Ressources Energétiques et Minérales), intitulée "Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de combustion des biocarburants en France", déc. 2002, les **émissions** générées par le **EMHV** (en comptant sa production et sa combustion totale), sont de l'ordre de **0,175 Kg eq.C/L de carburant**.

Ainsi, un **biocarburant** (avec 30% de EMHV et 70% de gazole) va émettre environ **0.640 Kg eqC/L**.

Le graphe ci-après représente, pour une distance de 1000 m, la quantité de GES émis en fonction du type d'engin et du type de carburant utilisés (cf. figure n°19).

La consommation des tombereaux ainsi que celle des bandes transporteuses découlent des données de terrain.

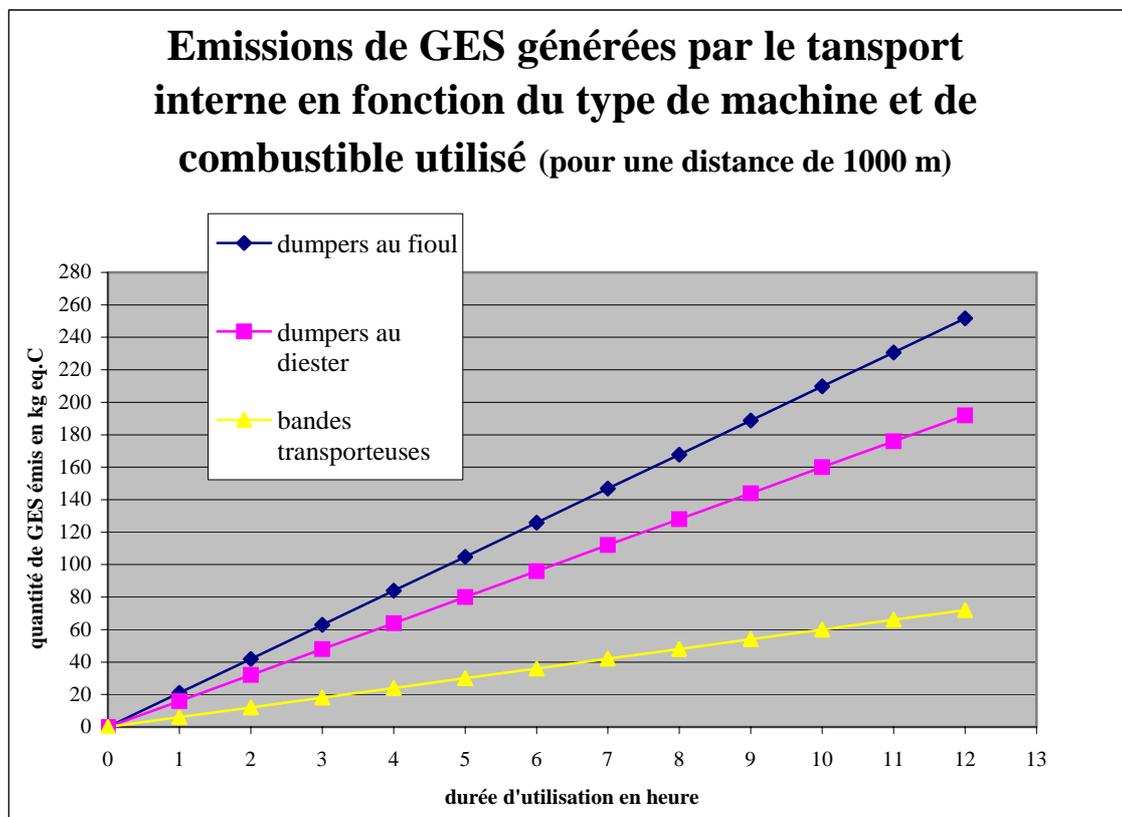


Figure n°19 : Emissions de GES, pour une distance de 1000 m, en fonction du type de machine et de combustible utilisés

Il montre que l'utilisation de diester à la place du gazole pour les tombereaux permettrait un gain de 24% sur les rejets de GES.

Néanmoins, pour une même distance de transport, et une même durée d'utilisation, les émissions liées au fonctionnement des bandes transporteuses sont presque trois fois moins importante que celles générées par le fonctionnement de tombereaux au diester.

VI.2. Partie externe

VI.2.1. Evaluation des émissions de GES en fonction du type de combustible utilisé

Le graphe ci-dessous a été réalisé avec l'hypothèse d'un transport routier effectué à 100% par des semi-remorques et avec une consommation moyenne de 43L/100 km (cf. figure n°20). La valeur des émissions de GES générées par les semi-remorques, utilisée ici, est une valeur théorique calculée à partir d'une charge utile moyenne de 12,5 tonnes (un trajet à vide + un trajet en pleine charge de 25 t), soit des émissions de 29 g eqC/t.km.

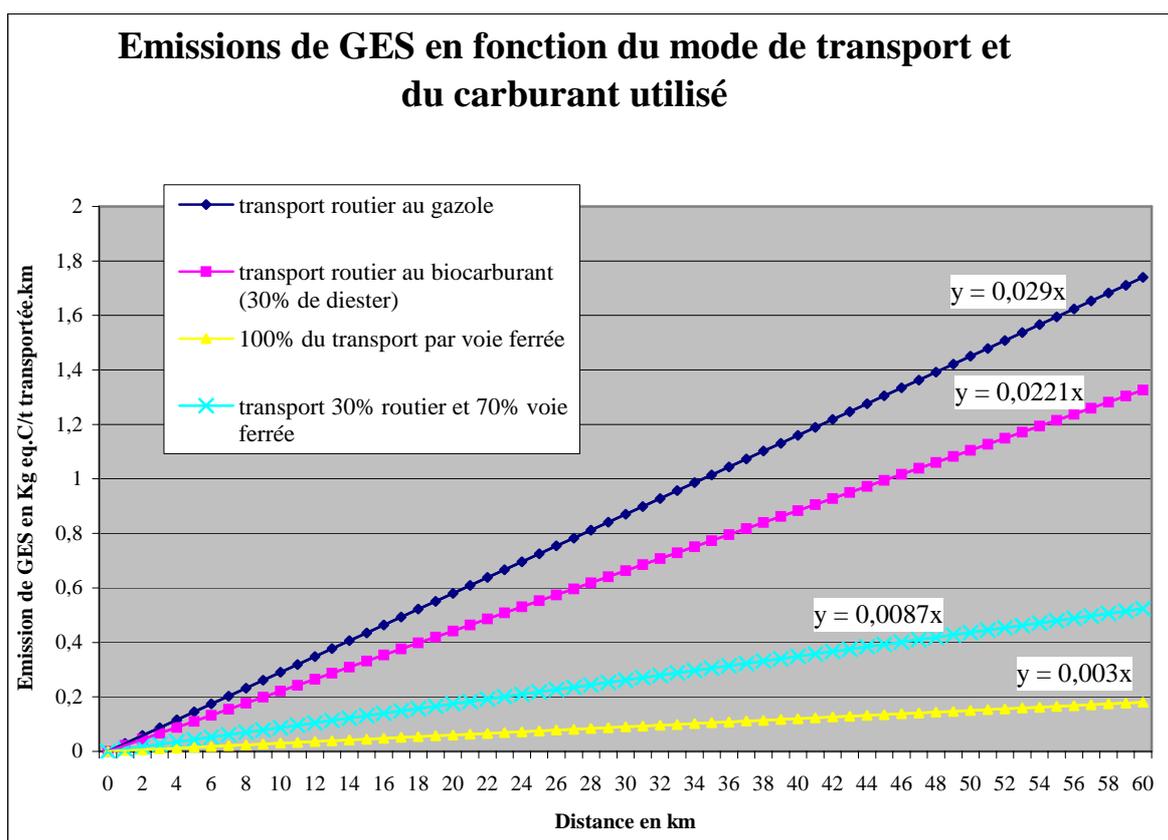


Figure n°20 : Emissions de GES en fonction du mode de transport et du carburant utilisé

Ce graphe montre qu'un transport de fret à 100% **ferroviaire** serait la meilleure option pour le transport externe puisqu'il **émet pratiquement 10 fois moins de GES** que le transport par camion roulant au gazole. Par contre il reste difficilement réalisable car il implique que le

granulat soit directement chargé dans les wagons depuis le site d'exploitation et ensuite livré directement sur le chantier.

Un scénario un peu plus réaliste serait un transport effectué à 30% par la route et à 70% par voie ferrée. Cette option est également intéressante car **les émissions sont 3,3 fois moins importantes** que celles générées par un transport 100% par voie routière.

L'utilisation du diester comme carburant de substitution au gazole permet un gain de **7 g eqC/t.km parcouru** soit **24% d'émissions de GES évitées**. Ainsi, le biocarburant pourrait s'avérer être un bon compromis à l'utilisation du gazole.

Remarque : ici, le transport par voie fluviale n'est pas représenté car il n'y a pas possibilité en Midi-Pyrénées.

VI.2.2. Optimisation des consommations avec une meilleure conduite

Pour connaître les émissions de GES évitées avec une conduite adaptée de poids lourds, l'hypothèse d'une consommation **minimum** de **40L/100 km** et d'une consommation **maximum** de **48L/100 km** a été posée. Ces valeurs correspondent au minimum et au maximum de consommation observés sur les différents sites étudiés (cf. figure n°21).

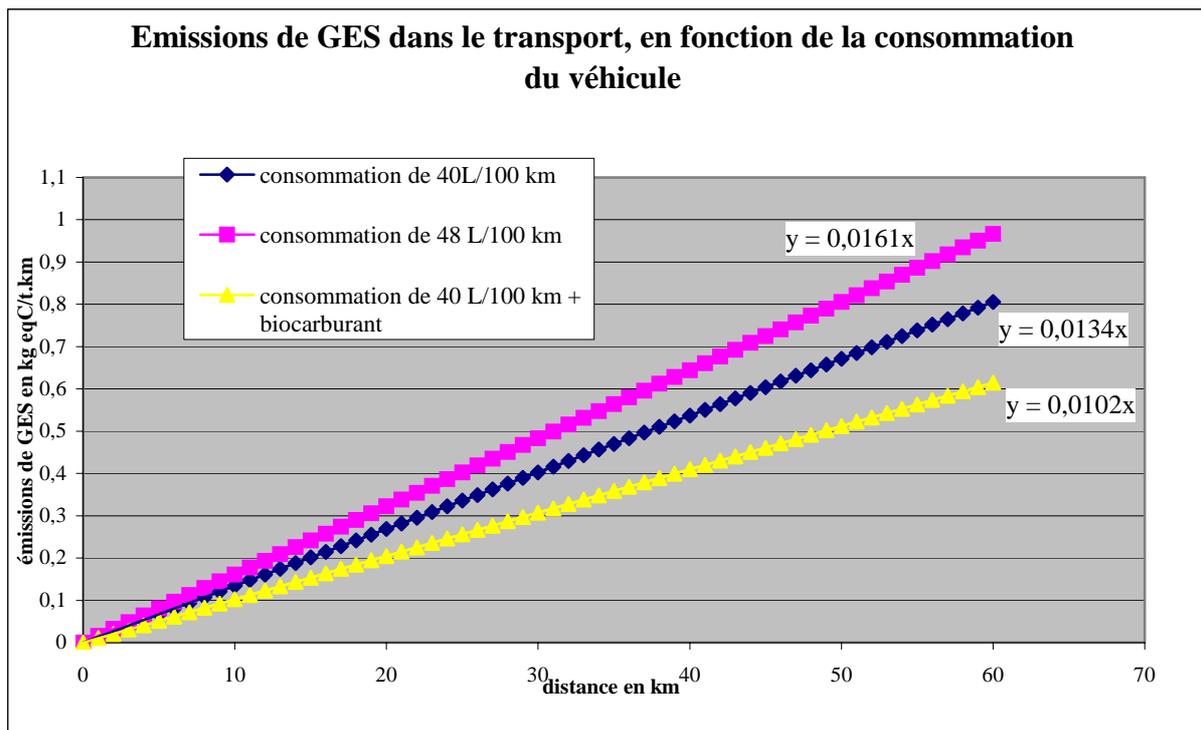


Figure n° 21 : Emissions de GES dans le transport en fonction de la consommation du véhicule

Le graphe montre d'une part qu'en utilisant un même carburant (100% gazole) mais avec une conduite modérée, permettrait **de diminuer les rejets de 17%**.

D'autre part une conduite modérée couplée avec l'utilisation de diester comme carburant engendrerait une **diminution de 37% des émissions de GES**.

VI.3. Etudes de faisabilité

Dans la partie précédente, des solutions ont été exposées afin de réduire les émissions de GES.

Toutes les voies proposées ne sont pas forcément applicables par l'ensemble des sites et demanderaient d'effectuer des propositions au cas par cas.

En effet, sur le site d'exploitation, l'utilisation de bandes transporteuses s'adresse en priorité aux gravières.

La question du transport externe est importante et l'utilisation de la voie ferrée pour transporter le granulats serait la meilleure option. Néanmoins actuellement, le fret ferroviaire n'est pas suffisamment développé même si un accord a été signé le 16 juin 2004 entre la SCNF et l'UNPG (l'Union Nationale des Producteurs de Granulats) afin d'augmenter le fret ferroviaire du granulats et de passer de 10 Mt à 30 Mt d'ici 5 ans. Ainsi, cette voie représente plus, actuellement, une solution d'avenir.

L'utilisation du diester peut s'avérer être un bon compromis. En France, il est produit par la société Diester Industrie et est vendu par les distributeurs de combustibles classiques au même prix que le gazole. Les sites intéressés par cette option peuvent réaliser un devis auprès des distributeurs.

Enfin, une formation sur la conduite économique ainsi qu'une optimisation des trajets de livraison peuvent être proposée aux conducteurs d'engins roulant sur le site ainsi qu'aux chauffeurs de poids lourds des sociétés de transport, et être réalisée dans des organismes de formations.

Conclusion

Le diagnostic énergétique et l'évaluation des émissions de GES générées par l'industrie du granulat réalisés à partir de onze sites volontaires de la région Midi-Pyrénées, ont permis de mettre en évidence plusieurs faits.

D'abord, que les données de la littérature sur les émissions du GES sont actuellement imprécises et concernent un secteur plus large que celui de l'industrie du granulat. Ainsi, l'étude qui vient d'être réalisée et les résultats qui en découlent, semblent pour le moment être des valeurs originales.

La compilation des données issues des onze sites d'études donnent des émissions totales de GES de **1,537 +/- 0,277 kg eqC/t de roche extraite** pour une **distance moyenne calculée de livraison de 37 km**. Ce résultat est donné avec 18% d'incertitude.

L'analyse met en évidence que les rejets de GES liés au site d'exploitation ont une valeur fixe alors que ceux générés par le transport externe du granulat sont variables et augmentent avec la distance de livraison. Cela se traduit par **0,604 +/- 0,109 + (0,025 +/- 0,004) * distance de livraison (en km) kg eqC/t de roche extraite**.

Ces valeurs montrent qu'une livraison qui s'effectue au delà de 25 km entraîne un doublement des émissions sur l'ensemble du site. Ainsi le **transport externe** constitue une part majeure des rejets de GES générés par la production et l'acheminement du granulat. Il représente d'ailleurs sur les onze sites d'étude, **61% des rejets totaux**.

S'agissant seulement des GES, l'augmentation constatée de la distance entre les lieux de production et de consommation ne contribue pas à la diminution de leurs émissions.

Sur le **site d'exploitation**, les 604 g eqC/t de roche extraite sont essentiellement générés par la phase du **transport du granulat du lieu d'extraction jusqu'au lieu de traitement** (33%), mais aussi par le poste **du déstockage et du chargement des matériaux pour les clients** (25%). Les postes tels que l'entretien des engins et installations ainsi que les bureaux et laboratoires représentent une part négligeable (1%) de l'ensemble des émissions de GES.

Les rejets de GES liés au décapage et la remise en état des sites constituent également une part assez négligeable dans les carrières en roches massives (1% des émissions totales) alors qu'en alluvionnaire, ces phases représentent 6%.

Enfin, les postes de l'extraction et du traitement du granulat représentent respectivement 7% et 12% de l'ensemble des émissions.

Pour que les exploitants de granulat puissent réaliser le même diagnostic que celui qui a été présenté ici, un outil d'autoévaluation de ses émissions de GES, a été réalisé et mis à disposition.

L'**échantillon** qui a été pris pour l'étude est assez **représentatif** car certaines valeurs calculées se rapprochent des données nationales. C'est le cas pour la distance moyenne de livraison, qui est ici de 37 km +/- 3,7 km contre 34 km (moyenne nationale calculée sur une période de 10 ans par l'UNICEM); mais aussi pour les émissions générées par le transport qui s'élèvent dans l'étude à 25 g +/- 5 g eqC/t.km contre 29,4 g eqC/t.km (chiffres ADEME 2003).

A partir des valeurs exposées ici, les émissions de GES liées à l'industrie du granulat en France ont été estimées. Elles représenteraient **8% des rejets** dans le secteur **de l'industrie des minéraux non métalliques et matériaux de construction** et seulement **0,34% des émissions nationales tous secteurs confondus**.

Malgré cette très faible contribution aux émissions, des pistes d'améliorations sont proposées afin de réduire les rejets.

Elles concernent principalement la problématique du **transport du granulat**.

Ainsi, une simulation sur l'utilisation de différents modes de transport et de différents types de combustibles, montre que l'utilisation de la **voie ferrée** serait la **meilleure solution** puisque un fret à 70% par voie ferrée et à 30% par camions émettrait 3,3 fois moins de GES qu'un transport effectué à 100% par camions roulants au gazole. Néanmoins, actuellement, le fret ferroviaire n'est pas suffisamment développé dans la région. Cette voie représente donc plus une solution d'avenir.

Par contre l'utilisation du **diester** comme carburant de substitution au gazole couplé à une conduite économique permettrait de **réduire dès à présent de 37% les émissions de GES**.

Ainsi cette option semble être actuellement la meilleure solution.

Sur **le site d'exploitation**, l'utilisation d'engins électriques est préconisé notamment sur les postes les plus émetteurs de GES, à savoir le transport du granulat jusqu'au lieu de traitement et le déstockage et chargement du granulat pour les clients. Ici encore une simulation montre que l'utilisation de **bandes transporteuses électriques** à la place de tombereaux utilisant du fioul comme combustible permettrait de **rejeter 3,5 fois moins de GES**. Mais cette solution peut surtout être proposée aux carrières de type alluvionnaire.

En revanche, l'utilisation de **diester** comme produit de substitution au fioul permettrait de **diminuer les rejets de 24%**.

Finalement cette étude aura permis de quantifier des informations pressenties par les professionnels du secteur d'activité de l'extraction de la pierre, à savoir la problématique du transport.

Afin de conduire les études de faisabilité associées à ces différentes voies d'amélioration, les porteurs de projets pourront faire appel aux compétences techniques des différents partenaires que sont l'UNICEM, l'ARPE et l'ADEME.

Des aides financières pourront être étudiées au cas par cas avec l'ADEME au regard des procédures en vigueur.

Cette analyse technique et financière peut également faire l'objet d'une étude économique sur la maîtrise des coûts par rapport à la maîtrise des GES.

Références bibliographiques

▪ Références sur l'effet de serre :

Documents

ADEME, 2001, *Le changement climatique, un défi majeur*, publication ADEME, 22 p.
<http://www.ademe.fr/htdocs/publications/publipdf/22pages.pdf>

Mission interministérielle de l'Effet de Serre, 2002, *Changements climatiques : de la convention de Rio aux accords de Bonn et Marrakech. Guide explicatif des accords internationaux-2002*, publié par la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre-Service du Premier Ministre, 26p.
<http://www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/accords/Guide.pdf>

Pages web htm et html :

ADEME, *L'effet de serre*,
<http://entreprises.ademe.fr/polluants/themes/problematiques/EffetSerre.asp>

JANCOVICI J.M., 2000, *Le réchauffement climatique : réponse à quelques questions élémentaires*.
http://www.x-environnement.org/Jaune_Rouge/JR00/jancovici.html

Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, *Accords Internationaux et Accords Européen*.
<http://www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/accords/historik.htm>

Mission interministérielle de l'Effet de Serre, *L'essentiel sur l'effet de serre*
<http://www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/savoir/savoir.htm>

▪ Références sur les émissions de GES :

Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique, Avr. 2004, *Emissions dans l'air en France métropole, substances impliquées dans le phénomène d'accroissement de l'effet de serre*, publication CITEPA, 24 p.

http://www.citepa.org/emissions/nationale/Ges/Emissions_FRmt_GESavr04.pdf

Ecobilan/PricewaterhouseCoopers pour l'ADEME et la DIREM, déc. 2002, *Bilans Energétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France – Note de Synthèse*, publication Agrice, 19p.

http://www.ademe.fr/partenaires/agrice/publications/documents_francais/synthese_bilans_energetiques_fr.pdf

FONTELLE J.P., SERVEAU L. et al, fév. 2004, *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France - séries sectorielles et analyses étendues*, Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique, 232 p.
http://www.citepa.org/emissions/france_objectifs/secten-2003.pdf

JANCOVICI J.M. pour l'ADEME, déc. 2003, *Bilan CarboneTM d'une activité industrielle ou tertiaire _ Description de la méthode (version 2.1) : objectifs, résultats exploitables, choix méthodologiques*, publications ADEME, 207 p.
<http://www.ademe.fr/Outils/BilanCarbone/Default.htm>

Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, mars 2000, *Programme de Lutte Contre le Changement Climatique*, 218 p.
http://www.effet-de-serre.gouv.fr/pdf/effetserre/effet_de_serre.pdf

Site du UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) : Inventaire des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondiale
<http://ghg.unfccc.int> (greenhouse gas inventory database (GHG))

▪ **Références sur l'industrie du granulat**

DUPAQUET J.P., 2003, *Le transport des granulats : un enjeu économique et environnemental*, p.13-22 in revue bimestrielle de l'UNICEM (Union, Nationale des Industries de Carrières et de Matériaux de construction, n°725, 31p., UNICEM, PARIS.

MICHEL F., 1997, *Les Granulats : Industrie, Géologie, Environnement*, UNPG (Union Nationale des Producteurs de Granulats), PARIS, 39p.

UNPG, *Le marché des granulats en 2002*, UNPG, 2002, dépliant 6p.

▪ Références sur les biocarburants :

http://www.ademe.fr/partenaires/agriculture/publications/documents_francais/synthese_bilans_energetiques_fr.pdf (bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants, ademe)

Proléa, *Diester, le diesel vert*, dossier proléa, 18p.
<http://www.prolea.com/dossiers/diester/Diester.pdf>

▪ **Intervenants :**

Professionnels du granulat :

- M. Michel AZIMONT, Sablières des Pyrénées, Malet;
- M. Patrick BELAYGUE, Morillon Corvol Sud-Ouest;
- M. Jean-Marc CANITROT, Groupe M.G.M. Sablières Réunion;
- M. Christophe CLUZON, Carrières de la Grésigne, Lafarge Granulat;
- M. Xavier CAILHOL, Société des Carrières du Massif Central, Colas;
- M. Francis DURIEZ, Ets. FRANCOIS;
- M. Bernard FORMENT, GAMA, SCREG/Colas;
- M. Jean-Paul FORMENT, Carrières de la Neste, SCREG/Colas;
- M. Guy FRANCOIS, Ets. FRANCOIS;
- M. Alain GUBINELLI, Sablières des Pyrénées, Malet;
- M. Fabrice MARTIN, Ets. Siadoux et Sograr, Colas;

- M. Pierre PECOUT, GAMA, SCREG/Colas;
- M. Vincent RAYNAUD, Morillon Corvol Sud-Ouest;
- M. Jean-Claude SOUBIE, Carrières de la Neste, SCREG/Colas;
- M. Jean-Pierre THERON, S.A. Decremps;
- M. André VILLEMUR, Groupe M.G.M. Sablières Réunies;

Autres :

- M. Fabrice AMADIS, Groupe 3A;
- Mme Cathy FRESLON, Partenaires Diester, Prolea;
- M. Marc VANDECANDELAERE, Diester Industrie, Prolea;

Annexes

Table des matières

SOMMAIRE	1
TABLE DES ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES ANNEXES	3
INTRODUCTION	4
I. PRESENTATION DES PARTENAIRES DU PROJET	5
I.1. L'ADEME (AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE).....	5
I.2. L'ARPE MIDI-PYRENEES (AGENCE REGIONALE POUR L'ENVIRONNEMENT MIDI-PYRENEES)	6
I.3. L'UNICEM (UNION NATIONALE DES INDUSTRIES DE CARRIERES ET MATERIAUX DE CONSTRUCTION)	7
II. RAPPELS SUR L'EFFET DE SERRE	9
II.1. LES GAZ A EFFET DE SERRE : PROPRIETES ET CONSEQUENCES SUR L'ATMOSPHERE.....	9
II.2. LE RECHAUFFEMENT ATMOSPHERIQUE ET LES SIMULATIONS DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES	10
II.3. LES ENGAGEMENTS POUR LA LUTTE CONTRE LES EMISSIONS DE GES ET LES RESULTATS AU NIVEAU INTERNATIONAL ET FRANÇAIS.....	12
II.3.1. <i>Les Accords Internationaux et Européens : de la convention de Rio aux accords de Bonn et Marrakech</i>	12
II.3.2. <i>Les mesures de lutte contre le changement climatique prises en France</i>	13
II.3.2.1 Le Programme National de Lutte contre le Changement Climatique (PNLCC)	13
II.3.2.2. Les inventaires annuels du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique).....	14
III. PRESENTATION DE L'ACTIVITE EXTRACTIVE	16
III.1. QU'EST CE QUE LE GRANULAT ?	16
III.2. QUELQUES DONNEES SUR LES GRANULATS EN FRANCE ET EN MIDI-PYRENEES.....	16
III.2.1. <i>Production et consommation de granulats au niveau national et au niveau régional</i>	16
III.2.2. <i>L'origine des granulats en France et en Midi-Pyrénées</i>	17
III.3. "CYCLE DE VIE" DU GRANULAT : DE L'EXTRACTION A LA LIVRAISON DU PRODUIT.....	17
IV. BILAN ENERGETIQUE ET EMISSIONS DE GES DES CARRIERES DE GRANULAT EN MIDI-PYRENEES	21
IV.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	21
IV.2. MATERIELS ET METHODES.....	23
IV.2.1. <i>Méthode de quantification des émissions de GES</i>	23
IV.2.2. <i>Bilan énergétique d'une carrière</i>	25
IV.3. RESULTATS	25
IV.3.1. <i>Types d'engins et de combustibles utilisés en fonction des différents postes</i>	25
IV.3.2. <i>Les incertitudes</i>	27
IV.3.3. <i>Consommation énergétique moyenne par poste</i>	27

IV.3.4. <i>Quantification et répartition des émissions moyennes de GES, par poste</i>	28
IV.3.4.1. Résultats bruts	28
IV.3.4.2. Emissions moyennes de GES et coût du transport en fonction de la distance de livraison du granulat	32
V. SYNTHÈSE ET DISCUSSION	34
V.1. EMISSIONS DE GES DES CARRIÈRES CALCULÉES À PARTIR DES 11 SITES D'ÉTUDES.....	34
V.2. DISCUSSION	34
V.3. ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE L'INDUSTRIE DU GRANULAT AU NIVEAU RÉGIONAL ET NATIONAL.....	35
V.3.1. <i>En Midi-Pyrénées</i>	35
V.3.2. <i>Au niveau national</i>	35
VI. PERSPECTIVES D'AMÉLIORATION	36
VI.1. PARTIE INTERNE	36
VI.2. PARTIE EXTERNE	37
VI.2.1. <i>Évaluation des émissions de GES en fonction du type de combustible utilisé</i>	37
VI.2.2. <i>Optimisation des consommations avec une meilleure conduite</i>	38
VI.3. ÉTUDES DE FAISABILITÉ	39
CONCLUSION	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	42
ANNEXES	45
TABLE DES MATIÈRES	46