



ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX POTENTIELS

DE LA PRODUCTION DE GRANULATS EN FRANCE

SOMMAIRE

1 - AVANT-PROPOS	11
1.1 VERS UN DÉVELOPPEMENT DURABLE	11
1.2 ANALYSE DE CYCLE DE VIE ET ÉCO-CONCEPTION	11
1.3 RESSOURCES MINÉRALES ET DÉVELOPPEMENT DURABLE	12
2 - ÉVALUATION de la production de granulats en france	13
2.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE	13
2.1.1 Le marché des granulats en France	13
2.1.2 Présentation du procédé de production de granulats	14
2.1.3 Répartition nationale par type de ressource extraite	15
2.2 PRÉSENTATION DU GROUPE DE TRAVAIL	16
2.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	16
2.4.1 L'Analyse de Cycle de Vie (ACV)	17
2.4.2 Réalisation d'une ACV	17
2.5 BESOIN DE REVUE CRITIQUE	18
2.6 DÉFINITIONS	18
2.7 GUIDE DE LECTURE	18
3 - UNITÉ FONCTIONNELLE et frontières du système	19
3.1 UNITÉ FONCTIONNELLE	19
3.2 FRONTIÈRES DU SYSTÈME ÉTUDIÉ	19
3.2.1.1 Éléments pris en compte	19
3.2.1.2 Éléments non pris en compte	20
3.2.1.3 Cas particuliers des granulats recyclés	20
3.2.1.4 Cas particuliers des déchets et autres matières issus des sites de production	21

3.3	FLUX ÉLÉMENTAIRES PRIS EN COMPTE	21
	3.2.1.4 Cas particuliers des déchets et autres matières issus des sites de production	21

■ **4 - PRÉSENTATION** 23

des types de productions étudiées

4.1	LES GRANULATS ISSUS DE ROCHES MASSIVES	23
4.2	LES GRANULATS ISSUS DE ROCHES MEUBLES	24
4.3	LES GRANULATS RECYCLÉS	26

■ **5 - RECUEIL** de données 29

5.1	CONFIDENTIALITÉ DES DONNÉES COLLECTÉES ET CODIFICATION DES SITES	29
5.2	RÉPARTITION DES SITES ET ET RÈGLES DE PONDERATION	29
5.2.1	Répartition nationale par capacité de production de granulats pour les roches massives et meubles	30
5.2.2	Répartition de l'échantillon par classe de production de granulats pour les roches massives et meubles	31
5.2.3	Cas particulier des granulats marins	32
5.2.4	Pondération de l'échantillon des sites de production de granulats pour les roches massives et meubles	32
5.2.5	Répartition nationale par type d'installation pour les granulats recyclés	33
5.2.6	Répartition de l'échantillon par type d'installation de granulats recyclés	33
5.2.7	Pondération de l'échantillon des sites de recyclage	34

■ **6 - CALCUL** 35

des impacts environnementaux potentiels

6.1	PRÉSENTATION GÉNÉRALE	35
6.2	LA NORME FDES NF P01-010	35
6.2.1	Présentation générale	35

6.2.2	Principes	36
6.2.3	Contenu	36
6.2.4	Présentation détaillée des dix indicateurs d'impacts potentiels	38
6.2.4.1	Indicateur Consommation de ressources énergétiques	38
6.2.4.2	Indicateur Épuisement de ressources	38
6.2.4.3	Indicateur Consommation d'eau	38
6.2.4.4	Indicateur Déchets solides	38
6.2.4.5	Indicateur Changement climatique	38
6.2.4.6	Indicateur Acidification atmosphérique	38
6.2.4.7	Indicateur Pollution de l'air	39
6.2.4.8	Indicateur Pollution de l'eau	39
6.2.4.9	Indicateur Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	39
6.2.4.10	Indicateur Formation d'ozone photochimique	39
6.2.5	Impacts évités	39

7 - INVENTAIRE

du cycle de vie (ICV) et modélisation

41

7.1 SOURCES DE DONNÉES

41

7.1.1 Catégories de données et exigences de qualité

7.1.2 Données collectées

41

7.1.3 Qualité et sensibilités liées aux données collectées

41

7.1.4 Bases de données ICV

42

7.1.5 Hypothèses

42

7.2 MODÉLISATION DES FLUX ÉNERGIE ET MATIÈRE

42

7.3 LIMITES DE L'ÉTUDE

43

7.4 EXTERNALITÉS LOCALES ET DOMMAGES GLOBAUX

43

8 - COMPARAISON

entre productions de granulats

45

9 - ANALYSE des impacts potentiels du cycle de vie de l'activité d'extraction de granulats à partir de roches massives et interprétation des résultats

47

- 9.1 **GRILLE DE LECTURE DES GRAPHIQUES ET TABLEAUX POUR LES GRANULATS ISSUS DE ROCHES MASSIVES** 47
- 9.2 **IMPACT GLOBAL DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MASSIVES** 48
- 9.3 **ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MASSIVES** 49
 - 9.3.1 **Analyse globale des impacts potentiels de la production d'une tonne de granulats issue de roches massives** 49

10 - ANALYSE des impacts potentiels du cycle de vie de l'activité d'extraction de granulats à partir de roches meubles et interprétation des résultats

51

- 10.1 **GRILLE DE LECTURE DES GRAPHIQUES ET TABLEAUX POUR LES GRANULATS ISSUS DE ROCHES MEUBLES** 51
- 10.2 **IMPACT GLOBAL DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MEUBLES** 52
- 10.3 **ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MEUBLES** 53

11 - ANALYSE des impacts potentiels du cycle de vie de l'activité de production de granulats recyclés et interprétation des résultats

55

- 11.1 **GRILLE DE LECTURE DES GRAPHIQUES ET DES TABLEAUX POUR LES GRANULATS RECYCLÉS** 55
- 11.2 **IMPACT GLOBAL DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS RECYCLÉS** 56
- 11.3 **ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS RECYCLÉS** 57
 - 11.3.1 **Analyse globale des impacts potentiels de la production**

	d'une tonne de granulats recyclés	57
	12 - CONCLUSION	59
	13 - BIBLIOGRAPHIE	61
	ANNEXE 1 : hypothèses de modélisation	63
	ANNEXE 2 : prise en compte des impacts évités par le recyclage	67
	PRISE EN COMPTE DES IMPACTS ÉVITÉS POUR LES GRANULATS ISSUS DE ROCHE MASSIVE	67
	PRISE EN COMPTE DES IMPACTS ÉVITÉS POUR LES GRANULATS ISSUS DE ROCHE MEUBLE	68
	PRISE EN COMPTE DES IMPACTS ÉVITÉS POUR LES GRANULATS RECYCLÉS	69
	ANNEXE 3 : données d'entrées pondérées	70
	ANNEXE 4 : matrice de Weidema et Wesnaes	71
	ANNEXE 5 : inventaire des flux au format FDES	73
	ANNEXE 6 : tableau des impacts au format FDES	78

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1	Étapes de fabrication du granulat	14
FIGURE 2	Cycle de vie de la production de granulats à partir de roches massives	23
FIGURE 3	Schéma des éléments et flux pris en compte dans l'étude pour les granulats issus de roches massives	24
FIGURE 4	Cycle de vie de la production de granulats issus de roches meubles	25
FIGURE 5	Schéma des éléments et flux pris en compte dans l'étude pour les granulats issus de roches meubles	25
FIGURE 6	Cycle de vie de la production de granulats recyclés	26
FIGURE 7	Schéma des éléments et flux pris en compte dans l'étude pour les granulats recyclés	27
FIGURE 8	Exemple d'inventaire pour une FDES d'éléments architecturaux en béton	36
FIGURE 9	Exemple de tableau d'impacts potentiels pour une FDES d'éléments architecturaux en béton	37

LISTE DES GRAPHIQUES

GRAPHIQUE 1	Consommation de granulats en France en millions de tonnes en 2007	13
GRAPHIQUE 2	Répartition de la production nationale de granulats par type de ressource extraite en 2007	15
GRAPHIQUE 3	Production nationale annuelle de granulats issus de roches massives et de roches meubles par capacité de production en millions de tonnes	31
GRAPHIQUE 4	Répartition des impacts potentiels de la production d'une tonne de granulats issue de roches massives	49
GRAPHIQUE 5	Répartition des impacts potentiels pour la fabrication d'une tonne de granulats issue de roches meubles	53
GRAPHIQUE 6	Répartition des impacts potentiels de la production d'une tonne de granulats recyclés	57

LISTE DES TABLEAUX

TABEAU 1	Production nationale de granulats par type de ressource extraite en million de tonnes en 2007	15
TABEAU 2	Production nationale annuelle de granulats issus de roches massives et de roches meubles par capacité de production en millions de tonnes	30
TABEAU 3	Répartition des échantillons par capacité de production	31
TABEAU 4	Pondération des sites en roches massives et meubles de l'échantillon	32
TABEAU 5	Répartition des échantillons par type d'installation de recyclage	33
TABEAU 6	Pondération des installations de recyclage de l'échantillon	34
TABEAU 7	Résultats chiffrés des impacts potentiels pour la fabrication d'une tonne de granulats issue de roches massives	48
TABEAU 8	Répartition des impacts potentiels de la production d'une tonne de granulats issue de roches massives	49
TABEAU 9	Résultats chiffrés des impacts potentiels de la production d'une tonne de granulats issue de roches meubles	52
TABEAU 10	Répartition des impacts potentiels pour la fabrication d'une tonne de granulats issue de roches meubles	53
TABEAU 11	Résultats chiffrés des impacts potentiels de la production d'une tonne de granulats recyclés	56
TABEAU 12	Répartition des impacts potentiels de la production de granulats recyclés	57
TABEAU 13	Comparaison des impacts globaux pour une tonne de granulats issue de roche massive entre la méthode des stocks et la méthode des impacts évités	67
TABEAU 14	Comparaison des impacts globaux pour une tonne de granulats issue de roche meuble entre la méthode des stocks et la méthode des impacts évités	68
TABEAU 15	Comparaison des impacts globaux pour une tonne de granulats recyclés entre la méthode des stocks et la méthode des impacts évités	69
TABEAU 16	Tableau d'inventaires des flux au format FDES	74
TABEAU 17	Tableau des impacts au format FDES	79



1

AVANT-PROPOS

Bien analyser pour mieux agir

1.1 VERS UN DÉVELOPPEMENT DURABLE

La problématique environnementale occupe une place de plus en plus centrale et devient aujourd'hui un facteur important dans les prises de décision politiques, économiques, industrielles et individuelles.

Depuis plusieurs décennies, l'économie de croissance est supportée par une consommation dynamique et un accroissement démographique rapide. Cette double tendance conduit à la surexploitation des ressources naturelles, à l'aggravation de la pollution de l'air et de l'eau, à l'extinction d'espèces animales et végétales et à la prolifération des déchets. Pour sortir de cet engrenage, il devient urgent de « produire mieux avec moins » : répondre aux besoins

de la population mondiale en termes de biens et services tout en limitant les déchets et en évitant gaspillage et pollution.

De cette prise de conscience est né le concept de « développement durable ». Consacré par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement dans le Rapport Brundtland (1987), le développement durable (ou « développement soutenable ») est, selon la définition proposée, « *un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* ».

La démarche est aujourd'hui adoptée par les entreprises, qui inscrivent le développement durable au cœur de leurs stratégies.

1.2 ANALYSE DE CYCLE DE VIE ET ÉCO-CONCEPTION

Tout bien de consommation, même « écologique », a des répercussions négatives sur l'environnement. Sa fabrication nécessite des matières premières, de l'énergie, de l'eau, ... Il doit ensuite être emballé et transporté pour être utilisé, puis finir à l'état de déchet.

Jusque dans les années 90, la prise en compte de la pression sur l'environnement n'avait pas encore réuni les outils d'une réflexion systémique, si bien que n'émergeait pas une vision claire de l'ensemble des chantiers à réaliser en la matière. L'impact des activités humaines était considéré comme se réduisant essentiellement à des problèmes de « pollution de l'environnement », la solution classique consistant à traiter la pollution par le biais de divers dispositifs techniques intervenant généralement en fin de processus (approche « *end of pipe* »).

C'est à partir des années 90 que se met en place une approche multicritères qui prend en compte l'ensemble du cycle de vie d'un

produit et qui inventorie à chaque étape son bilan environnemental. Cette « analyse du cycle de vie » est issue de l'exigence de développement durable. Elle fournit une méthode qui permet de quantifier les impacts potentiels sur l'environnement d'un produit, d'un service ou d'un procédé. L'analyse du cycle de vie ne s'attache pas qu'au produit. Elle étudie également la fonction du produit et permet donc la comparaison des produits entre eux pour une fonction donnée.

Dans la prolongation des études d'analyses de cycle de vie, l'éco-conception propose de s'appuyer sur l'information globale qu'elles fournissent afin d'en faire un outil d'aide à la décision en matière de choix industriels (conception, amélioration, ...). L'objectif est d'améliorer l'éco-efficience des biens et services en minimisant leurs impacts potentiels durant l'ensemble du cycle de vie du produit, tout en maintenant leurs performances lors de leur utilisation.

1.3 RESSOURCES MINÉRALES ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Il est nécessaire de garder à l'esprit que le développement exceptionnel des sociétés modernes a avant tout reposé sur l'exploitation accélérée de ressources minérales naturelles. Les ressources naturelles, dont celles du sous-sol, sont au centre des enjeux du développement durable : elles sont indispensables au développement et à la croissance socio-économique mais leur exploitation et leur consommation peuvent générer des risques : épuisement de ressources non renouvelables, dégradation de l'environnement, atteinte à l'intégrité ou à la santé des personnes, etc.

À ce titre, la production des granulats est au cœur des problématiques du développement durable. En effet, les granulats répondent à un besoin important des sociétés industrielles : la construction de logements et d'infrastructures. C'est ainsi une ressource vitale, consommée en grande quantité pour l'entretien et le développement des espaces urbanisés et des

infrastructures modernes (confection des mortiers, des bétons, des couches de fondation, ...).

Comme toute activité industrielle, la production de granulats a des répercussions sur l'environnement à différents niveaux.

Le renforcement de la réglementation et les efforts des industriels depuis trente ans ont permis de mieux gérer la production de granulats avec une réduction des nuisances générées par les exploitations, une meilleure intégration dans le milieu environnant, une amélioration de la maîtrise des externalités environnementales, ainsi que le réaménagement des sites en fin d'exploitation. La mise en œuvre de l'étude d'analyse de cycle de vie présentée dans ce document s'inscrit dans cette volonté d'amélioration continue des acteurs du granulat.

2

ÉVALUATION

de la production de granulats en France

2.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

2.1.1 Le marché des granulats en France

La problématique environnementale occupe La définition des granulats est donnée par la norme XP-P 18 545 : « *ensemble de grains de dimensions comprises entre 0 et 125 mm destinés notamment à la confection des mortiers, des bétons, des couches de fondation, de base, de liaison et de roulement des chaussées, des assises et ballasts de voies ferrées, des remblais* . »

On peut produire des granulats soit à partir de roches meubles, en exploitant directement les alluvions détritiques non consolidées, de types sables et graviers de rivières, soit par concassage des roches massives : granites, diorites, basaltes, calcaires, quartzites... Les professionnels distinguent trois

catégories principales de granulats, en fonction de leur nature et de leur origine :

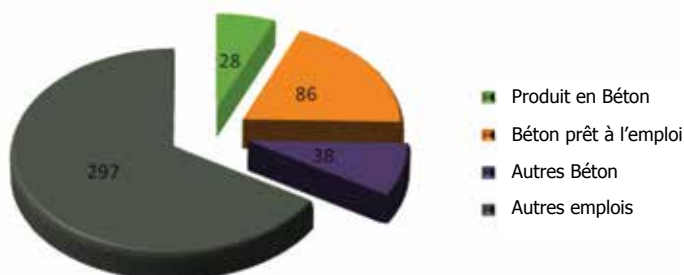
- les granulats de roches massives, roches éruptives, calcaires, autres roches sédimentaires et roches métamorphiques ;
- les granulats d'origine alluvionnaire, alluviale, marine et autres dépôts ;
- les granulats de recyclage et artificiels : bétons recyclés, ...

En 2007, le marché français des granulats consommait plus de 449 millions de tonnes. Il s'agit de la deuxième ressource naturelle consommée après l'eau (7 tonnes de granulats par an et par habitant).

GRAPHIQUE 1

CONSOMMATION

DE GRANULATS EN FRANCE EN MILLIONS DE TONNES EN 2007¹



¹Source : UNPG (Union Nationale des Producteurs de Granulats), le marché du granulat en 2007

2.1.2 Présentation du procédé de production de granulats

La fabrication des granulats consiste en l'extraction de roche, suivie de son concassage, son calibrage et son lavage avant commercialisation.

Les granulats peuvent être produits à partir de plusieurs ressources minérales, les roches massives éruptives ou calcaires, les roches meubles en eau ou hors d'eau, et enfin les matériaux de déconstruction.

Le procédé de production de granulats issus de roches massives ou meubles est relativement simple et varie peu d'une carrière à l'autre. Globalement, la fabrication de granulats suit plusieurs grandes étapes (Figure 1).

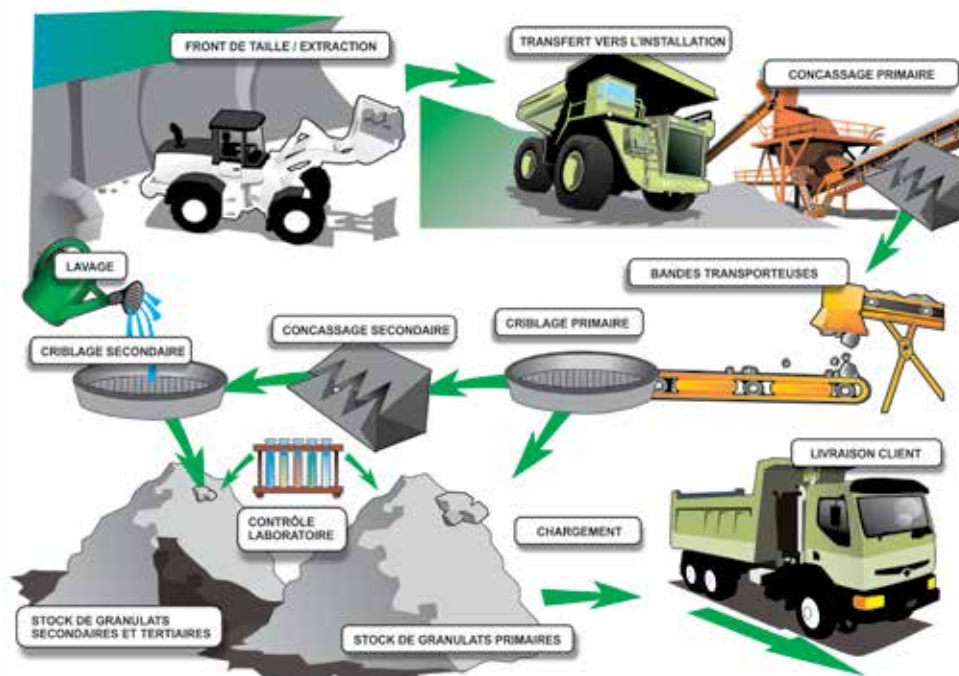
- Dans un premier temps les niveaux non exploitables sont excavés afin de mettre à jour le gisement.
- La matière première est ensuite extraite selon des techniques (explosif, chargeuse, dragueline) variant en fonction du type de gisement.
- La roche abattue ou extraite est acheminée vers l'unité de traitement. Le traitement se décompose en plusieurs phases (concassage, criblage, lavage) pouvant intervenir zéro, une ou plusieurs fois en fonction du type de production.
- À l'issue de ce traitement, les granulats sont conditionnés et commercialisés.

Pour les granulats recyclés, les déchets de déconstruction sont concassés, broyés, débarrassés de la ferraille, puis ils sont conditionnés et commercialisés.

la fabrication de granulats suit plusieurs grandes étapes

FIGURE 1

ÉTAPES de FABRICATION DU GRANULAT²



²Source : UNICEM Bretagne

2.1.3 Répartition nationale par type de ressource extraite

La production française de granulats est classée en trois types de ressources (les roches meubles, les roches massives et les granulats recyclés) qui se répartissent comme suit :

GRAPHIQUE 2

RÉPARTITION DE LA PRODUCTION
NATIONALE DE GRANULATS PAR TYPE
DE RESSOURCE EXTRAITE EN 2007

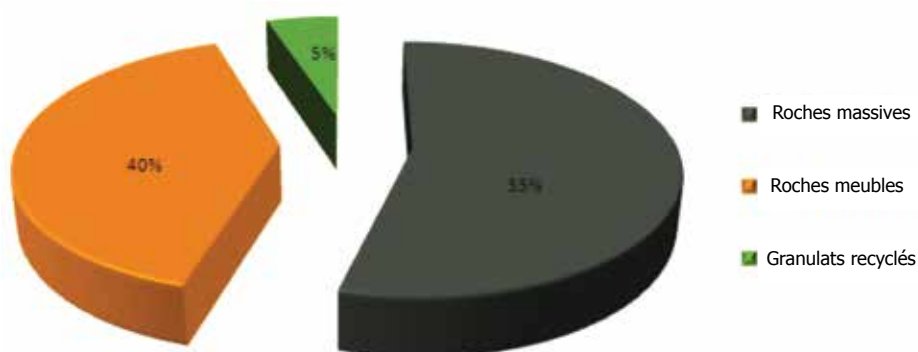


TABLEAU 1

PRODUCTION NATIONALE DE GRANULATS
PAR TYPE DE RESSOURCE EXTRAITE EN
MILLION DE TONNES EN 2007³

Type de roche	Production nationale annuelle en million de tonnes
Roches massives	243
Roches meubles	180
Granulats recyclés	23
TOTAL produit	446

³Source : UNPG, le marché du granulat en 2007

2.2 PRÉSENTATION DU GROUPE DE TRAVAIL

La présente étude a été commanditée par l'UNPG (Union Nationale des Producteurs de Granulats) affiliée à l'UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction).

« L'UNICEM fédère 20 branches d'activités qui se situent, pour la plupart, en amont du BTP. Plus précisément, cette fédération couvre trois domaines d'activités :

- l'extraction de ressources minérales et leur traitement (granulats bien sûr, mais aussi blancs de craie, chaux, plâtre, roches ornementales et minéraux industriels). Ainsi, l'UNICEM regroupe la quasi-totalité des branches de ce secteur extractif, le ciment ainsi que les tuiles et briques étant en outre partenaires de l'Union pour leur dimension extractive ;

- une partie importante de la filière béton (avec le béton prêt à l'emploi) ;

- des industries et services connexes (adjuvants pour béton, résines synthétiques, mortiers industriels, pompage du béton, fibres-ciment et exploitation des déchets).

L'UNICEM assiste et informe ses entreprises adhérentes dans des domaines tels que la protection de l'environnement, la qualité

des produits, la conjoncture économique, la législation, ... L'Union gère la convention collective des Carrières et Matériaux. Elle a mis en place 19 syndicats régionaux qui assurent aux entreprises un service de proximité.

La fédération a en outre créé des organismes de conseil et de soutien qui apportent aux entreprises adhérentes des compétences spécifiques dans le domaine de l'environnement (ENCEM), de la formation (CEFICEM, CFA-UNICEM et OPCA3+) et de la prévention des risques (PREVENCEM) »⁴.

Dans le cadre de sa commission Environnement, l'UNPG a commandité la réalisation d'une analyse de cycle de vie des granulats en France métropolitaine. Un groupe de travail spécifique a été créé, réunissant les principaux acteurs de la production nationale de granulats.

La réalisation de l'étude a été confiée aux bureaux d'études **Systèmes Durables** pour la réalisation de l'évaluation environnementale des impacts environnementaux potentiels et **EVEA** Conseil pour la mise au format des fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES), possédant tous-deux de solides compétences en Analyse de Cycle de Vie et de nombreuses expériences dans le domaine du Bâtiment et des Travaux Publics.

2.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

La présente étude a pour objectifs :

- d'évaluer l'impact environnemental de la production de granulats en France métropolitaine depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la porte du site de production ;

- d'alimenter les bases de données d'analyse

de cycle de vie avec des informations précises sur les granulats d'origine française.

Cet apport aux bases de données d'analyse de cycle de vie est primordial pour permettre une mesure ultérieure objective des impacts environnementaux potentiels des produits et projets intégrant du granulat.

2.4 PUBLIC VISÉ ET UTILISATION DES RÉSULTATS

La présente étude a été réalisée à la demande de l'UNPG. Le public visé est l'ensemble des adhérents à l'UNICEM. L'objectif premier est de leur apporter des éclairages sur l'impact environnemental de la production de granulats. Dans un second temps, l'UNPG souhaite utiliser les résultats de cette étude pour une

communication externe plus large à destination de tous les utilisateurs de granulats qui en feront la demande. Les inventaires au format FDES s'adressent donc aux praticiens des analyses de cycle de vie (entreprises, bureaux d'études, centres techniques, fédérations, ...).

⁴Source : site Internet UNICEM, www.unicem.fr/?IDINFO=405, [07/01/09]

2.4.1 L'Analyse de Cycle de Vie (ACV)

L'analyse de cycle de vie permet d'analyser les impacts environnementaux potentiels d'un produit tout au long de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières à la fin de vie, en passant par les différentes transformations, les phases de transport et d'utilisation. C'est une méthode normalisée.

Cette étude est une ACV partielle puisqu'elle étudie les impacts environnementaux potentiels de la production de granulats en s'arrêtant à la porte du site de production. La méthodologie relative aux ACV a été respectée.

Cette évaluation des impacts environnementaux potentiels a donc été réalisée conformément à la série des normes ISO 14040 relative à l'ACV. L'étude concernant un produit potentiellement utilisé dans le bâtiment et pour plus de cohérence avec l'ensemble du secteur, la méthodologie de la norme NF P01-010 (2004) relative aux FDES a également été respectée.

Les normes régissant cette étude sont donc :

- l'ISO 14040:2006 « Management environnemental -- Analyse du cycle de vie -- Principes et cadre » ;
- l'ISO 14044:2006 « Management environnemental -- Analyse du cycle de vie -- Exigences et lignes directrices » ;
- la NF P01-010 « Déclaration

environnementale et sanitaire des produits de construction ».

Les impacts environnementaux ont été calculés à l'aide des coefficients de conversion de la norme NF P01-010. Pour plus de détails, se reporter au chapitre 6 *Impacts environnementaux représentatifs des produits de construction* de ladite norme, et tout particulièrement aux points 6.1.1 et 6.1.2.

2.4.2 Réalisation d'une ACV

La méthode ACV repose sur quatre phases essentielles :

- la clarification des objectifs, le choix de l'unité fonctionnelle et la délimitation du périmètre de l'étude ;
- l'inventaire des différentes consommations et rejets du système étudié (Inventaire du Cycle de Vie : ICV), rapporté à l'unité fonctionnelle retenue ;
- la traduction de ces consommations et rejets en impacts environnementaux potentiels ;
- l'analyse et l'interprétation des résultats.

La clarification des objectifs de l'étude et du fonctionnement des systèmes mis en jeu permet de bien délimiter le périmètre de l'ACV.

Une fois ce périmètre établi, il convient de dresser l'inventaire de tous les flux entrants

et sortants de ce système.

Ensuite, ces flux sont traduits en impacts environnementaux potentiels (contribution à l'effet de serre, acidification de l'atmosphère, eutrophisation, ...), via des méthodes de calcul (IPCC, Eco-indicator 99, CML, ...) ou des coefficients de conversion (norme NF P 01-010,...).

Ces outils permettent de traduire une quantité de matière ou d'énergie en impacts environnementaux potentiels : par exemple, exprimer qu'un kilogramme de ciment contribue pour x kg équivalent CO₂ (indicateurs réchauffement climatique) au réchauffement climatique, y kg équivalent SO₂ (indicateur acidification atmosphérique) à l'acidification de l'air, ... Ces facteurs d'impacts potentiels varient selon les pays car les modes de production changent. Ainsi, le mix énergétique français comporte beaucoup moins de CO₂ que ses homologues européens car la production française d'électricité est essentiellement nucléaire.

2.5 BESOIN DE REVUE CRITIQUE

Afin de s'assurer que l'étude est transparente, claire et qu'elle respecte les recommandations et les étapes (définition des objectifs et du champ, inventaire, évaluation, interprétation, revue critique) de réalisation d'une ACV définies par la série des normes ISO 14040, un expert méthode externe a mené la revue critique de cette étude. Cette démarche a été jugée nécessaire compte tenu des utilisations potentielles de l'étude, notamment en ce qui concerne sa possible diffusion auprès d'un large public.

Ce travail a été réalisé par Yannick Le Guern de l'entreprise **BIO Intelligence Service**.

Cette revue critique a été effectuée après que l'ensemble de l'étude ait été réalisé ; l'entreprise **BIO Intelligence Service** n'a pas été associée aux différentes étapes de

son déroulement, notamment la définition de l'objet de l'étude, la collecte des données, et les conclusions. Ceci permet d'assurer l'indépendance et l'objectivité de l'expert vis-à-vis de l'étude.

Afin de s'assurer de la validité des données, des hypothèses, de la qualité et de la représentativité de l'échantillon, le groupe de travail de l'UNPG a sollicité 2 experts métier indépendants : MM. Put et Spitzensteder.

Ainsi, l'entreprise **Systèmes Durables** a pris en compte l'ensemble des remarques de la revue critique des différents relecteurs afin de rédiger la présente version du rapport. Pour plus de détails, se référer au document «DT201007PMG_Réponse à revue critique_v5.00.doc».

2.6 DÉFINITIONS

Pour des questions de lisibilité et de clarté, dans la suite du document, les termes suivants auront le sens définis ci-après.

2.6.1.1 Granulats⁵

La définition des granulats est donnée par la norme XP-P 18 545 comme étant un ensemble de grains de dimensions comprises entre 0 et 125 mm destinés notamment à la confection des mortiers, des bétons, des couches de fondation, de base, de liaison et de roulement des chaussées, des assises et ballasts de voies ferrées, des remblais.

2.6.1.2 Granulats naturels⁶

Granulats d'origine minérale n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique

2.6.1.3 Granulats artificiels⁵

Granulats d'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des transformations thermiques ou autres.

NOTE - Les MIOM (Mâchefers d'Incinération d'Ordures Ménagères) sont considérés comme des granulats artificiels.

2.6.1.4 Granulats recyclés⁵

Granulats obtenus par traitement d'une matière inorganique précédemment utilisée dans la construction.

2.6.1.5 Grave

Mélange, naturel ou non, à granularité continue, de cailloux, de graviers et de sable, avec parfois des particules plus fines.

2.6.1.6 Roche⁷

Tout matériau, consolidé ou non, constitutif de la Terre, à l'exclusion des sols et des êtres vivants, formé d'un agrégat de minéraux et présentant une homogénéité de composition. On classe les roches suivant leur mode de formation, leur composition chimique ou minéralogique, leurs propriétés mécaniques, etc.

2.7 GUIDE DE LECTURE

Le format d'affichage des données est le suivant :

l'ensemble des résultats est affiché en format scientifique.

Exemple de lecture : -3,7 E-05 = -3,7 x 10⁻⁵ = -0,000037

⁵Source : norme XP-P 18 545

⁶Source : norme XP-P 18 545

⁷Source : encyclopédie Larousse

3

UNITÉ FONCTIONNELLE

et frontières du système

3.1 UNITÉ FONCTIONNELLE

L'analyse d'impact environnemental implique une grande rigueur, notamment lorsqu'elle alimente la décision. Lors de la comparaison entre plusieurs situations, comme par exemple entre deux ou plusieurs produits, il convient donc de comparer des fonctions similaires.

Par exemple, une voiture sert à « transporter des personnes », une machine à laver sert à « laver du linge ». Cette fonction ne suffit toutefois pas à comparer plusieurs produits de façon rigoureuse. En effet, une voiture A peut être hors service au bout de 200 000 km alors que la voiture B peut parcourir 300 000 km au cours de sa vie. Il faudrait produire 3 voitures A pour parcourir 600 000 km, avec tous les impacts que cela implique alors que 2 voitures B suffiraient.

La nécessité d'avoir recours à une voiture

supplémentaire peut considérablement jouer sur la comparaison de ces produits à cause des impacts potentiels liés à la production. Il convient donc de trouver une unité de comparaison en plus de la fonction : « transporter 5 personnes sur 600 000 km » pourrait être une bonne unité. Il s'agirait donc de comparer 3 voitures A parcourant 200 000 km chacune et 2 voitures B parcourant 300 000 km.

Cette unité de comparaison est appelée « l'unité fonctionnelle ».

L'unité fonctionnelle est définie comme « la performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une analyse de cycle de vie. » (ISO 14 040).

L'unité fonctionnelle choisie pour cette étude est la suivante :

Mise à disposition d'une tonne de granulats à la porte du site, avec les moyens représentatifs des technologies extractives françaises de 2007⁸

3.2 FRONTIÈRES DU SYSTÈME ÉTUDIÉ

Les limites du système ont été définies conjointement par l'UNPG et **Systèmes Durables**. L'analyse environnementale réalisée ne prend pas en compte la totalité du cycle de vie des processus élémentaires mis en œuvre pour la réalisation de l'unité fonctionnelle. L'ensemble des processus élémentaires pour lesquels les données étaient accessibles dans la littérature UNPG et/ou dans les bases de données d'ACV a été pris en compte pour chacune des étapes du cycle de vie.

Il est important de rappeler que l'étude du cycle de vie du granulat en tant que tel s'arrête à la porte du site de production mais qu'est étudié l'ensemble des étapes du cycle de vie des

éléments permettant la production de granulats (par ex. : consommables, engins,...).

3.2.1.1 Éléments pris en compte

- l'ensemble des étapes du cycle de vie des matières premières sollicitées, de leur extraction jusqu'à leur fin de vie ;
- les matières premières minérales et leur transport ;
- les moyens de production ;
- les consommations énergétiques ;
- les flux de matières liés à la production (hors éléments non pris en compte) ;
- les déchets produits.

⁸Les conditions de production et chiffres retenus sont ceux de l'année 2007

3.2.1.2 Eléments non pris en compte

L'objectif premier de l'étude est de fournir des données environnementales précises permettant dans l'avenir d'alimenter des analyses de cycle de vie de produits qui incorporent des granulats français. Il a donc été décidé de ne pas étendre le champ de l'étude au-delà de la porte du site de production, point à partir duquel les ACV de produit contenant des granulats pourront se greffer.

Lors de l'ACV d'une utilisation du granulat, la partie « transport du site de production vers le lieu d'utilisation » doit être considérée. Dans le cas présent, le fait de ne pas prendre en compte cette phase logistique aval évite ainsi tout risque de double comptage lors de la phase d'utilisation future de ces données.

L'établissement des frontières du système présentées précédemment exclut également :

• les consommables en très petite quantité

Les consommables suivants sont considérés comme n'ayant pas d'impacts notables, soit parce qu'ils sont utilisés en très petite quantité, soit parce qu'ils sont orientés vers les filières de traitement appropriées (par ex. : batterie, filtres,...) :

- ☐ consommables engins (lave-glace, batteries, filtres, cartouches, ...) ;
- ☐ consommables bureau (papier, crayons, classeurs, écran, ...) ;
- ☐ vêtements et sécurité (gants, chaussure, casque, ...) ;
- ☐ signalisation (panneaux, piquets bois, ...) ;
- ☐ quincaillerie (boulonnerie, visserie, ...) ;
- ☐ manutention (brouettes, transpalettes, pompes, ...) ;
- ☐ hygiène (papier essuie-tout, produits nettoyants, ...) ;
- ☐ consommables sites (oxygène, acétylène, ...) ;
- ☐ floculant : dans cette étude, les floculants n'ont pas été pris en compte car les quantités mises en œuvre sont faibles et, en l'état des connaissances actuelles, les floculants ne présentent pas de dangerosité particulière. Cependant, il est à noter que des études sont en cours pour évaluer précisément leurs impacts sur l'environnement.

En effet, selon la norme ISO 14 044, il est possible de définir une règle de coupure en fonction « du niveau de signification environnementale associé aux processus élémentaires ». Pour cette évaluation, la règle de coupure pour la prise en compte des composants a été fixée à 5 % de la masse totale. Il est important de noter que la somme des composants non pris en compte ne dépasse pas non plus les 5 % de la masse totale produite.

• le transport amont des matériaux consommables entrants.

3.2.1.3 Cas particuliers des granulats recyclés

- Éléments pris en compte

La production de granulats recyclés prend en compte uniquement le traitement des matériaux issus de chantier de démolition, rabotage ou terrassement. Ainsi, tout matériau issu d'un chantier de démolition, rabotage ou terrassement, subissant une opération de traitement (tri et/ou concassage et/ou criblage) dans une installation adaptée (fixe ou mobile) est pris en compte dans cette étude.

La production de granulats recyclés peut se faire à partir :

- de bloc de béton,
- de déchets d'enrobés (croûte ou fraisât),
- de ballast,
- de graves traitées au liant hydraulique,
- de graves naturelles,
- ou d'un mélange de ces produits issus de chantiers de terrassements.

- Éléments non pris en compte

Le transport amont des matériaux de déconstruction vers le site de recyclage n'est pas pris en compte dans cette étude car ce transport aurait, quoi qu'il arrive, eu lieu vers un site de stockage des déchets inertes.

Les ajouts de liants et autres activants (liants hydrauliques, liants routiers, chaux, ...), qui peuvent intervenir après la production de granulats recyclés, ne sont pas pris en compte dans cette étude.

3.2.1.4 Cas particuliers des déchets et autres matières issus des sites de production

L'activité de production de granulats génère un certain nombre de déchets et autres matières qui peuvent être orientés vers des filières de recyclage. En remettant la matière en circulation, les filières de recyclage permettent la fabrication de matière secondaire, et évitent ainsi une nouvelle extraction de matière première. La méthodologie utilisée lors de la réalisation de FDES est la méthode des stocks où il est uniquement demandé de préciser qu'un stock de matière recyclée est alimenté. Cette méthode ne permet pas de mettre en évidence l'intérêt réel du recyclage. C'est pourquoi la mesure de ces impacts potentiels évités a été considérée en annexe 2 pour apporter un regard croisé sur la méthode.

3.3 FLUX ÉLÉMENTAIRES PRIS EN COMPTE

Afin de traduire les processus élémentaires (production de combustibles fossiles, transports, ...) en termes d'impacts environnementaux potentiels, l'ensemble des flux élémentaires présents dans les bases de données a été pris en compte dans l'étude :

- consommation de ressources naturelles (métaux, minéraux, biomasse, ...) ;
- consommation d'énergie (combustibles fossiles, énergie renouvelable, ...) ;
- émissions de substances dans l'air (CO_x, NO_x, dioxine, HAP,) ;
- émissions de substances dans l'eau (Nitrates, SO_x, ...) ;
- émissions de substances dans le sol (NH₄, métaux lourds, ...) ;
- production de déchets.



4

PRÉSENTATION

des types de productions étudiées

4.1 LES GRANULATS ISSUS DE ROCHES MASSIVES

Cette partie décrit le fonctionnement habituel d'un site de production de granulats à partir de roches massives.

Il existe deux types de roches massives : les roches éruptives et les roches calcaires. La production nationale est d'environ 125 millions de tonnes pour les roches éruptives et d'environ 117 millions de tonnes pour les roches calcaires.

Les procédés de production de granulats à partir de roches massives éruptives et

calcaires sont sensiblement les mêmes, et se distinguent des autres productions de granulats par l'utilisation d'explosifs. C'est pourquoi ils sont traités conjointement dans l'étude.

Le cycle de production de granulats issus de roches massives est présenté sur la figure 2, qui illustre le déroulé du procédé de production des granulats issus de roches massives. La figure 3 a pour objectif d'illustrer le champ d'application de l'étude pour les granulats issus de roches massives.

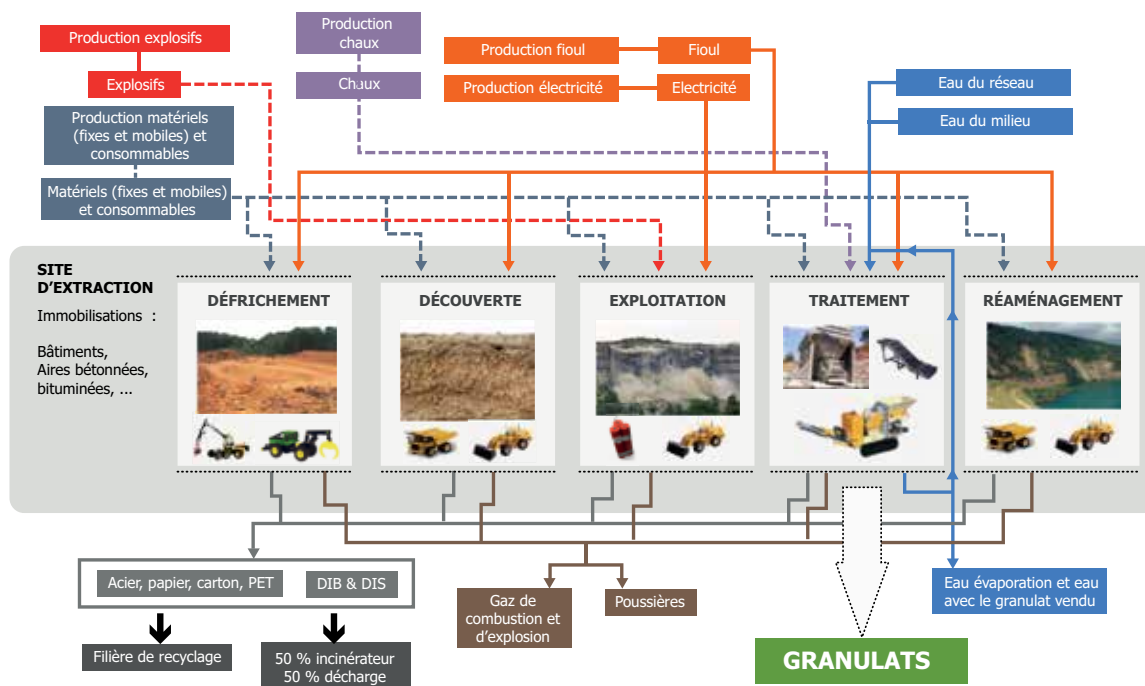
FIGURE 2

CYCLE de VIE DE LA PRODUCTION GRANULATS À PARTIR DE ROCHES MASSIVES



FIGURE 3

SCHEMA DES ÉLÉMENTS ET FLUX PRIS EN COMPTE DANS L'ÉTUDE POUR LES GRANULATS ISSUS DE ROCHES MASSIVES⁹



La figure 3 a pour objectif d'illustrer le champ d'application de l'étude pour les granulats issus de roches meubles.

⁹Les flux logistiques en pointillé ne sont pas pris en compte dans l'étude (cf. Frontières du système étudié)

4.2 LES GRANULATS ISSUS DE ROCHES MEUBLES

Cette partie décrit le fonctionnement habituel d'un site de production de granulats à partir de roches meubles.

Les roches meubles, qui peuvent parfois être désignées sous le terme de roches alluvionnaires sont issues de l'altération des roches par les éléments. L'eau, le vent et le gel ont altéré les roches massives dont les fragments se retrouvent dans les alluvions. Ce sont les alluvions qui constituent le stock de roches meubles.

Les roches meubles sont classées en deux catégories en fonction de leur position par rapport au niveau hydrostatique :

- les roches meubles « en eau » se caractérisent par leur immersion dans la nappe phréatique ;
- les roches meubles « à sec » ou « hors d'eau » se caractérisent par leur élévation au dessus du niveau hydrostatique.

Le cycle de production de granulats issus de roches meubles est présenté sur la figure 4 qui illustre le déroulé du procédé de production des granulats issus de roches meubles.

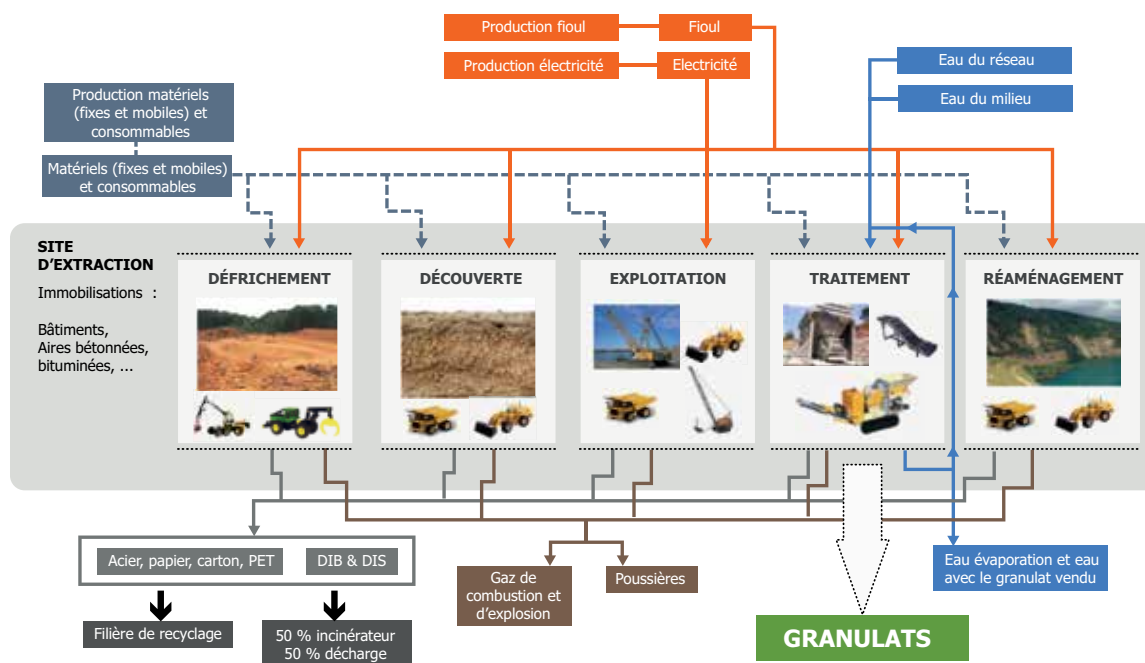
FIGURE 4

CYCLE DE VIE DE LA PRODUCTION DE GRANULATS ISSUS DE ROCHES MEUBLES

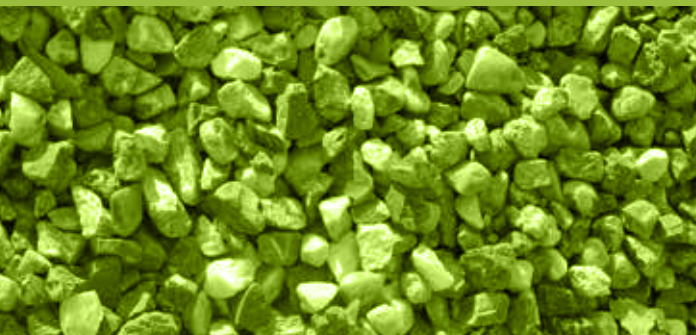


FIGURE 5

SCHEMA DES ÉLÉMENTS ET FLUX PRIS EN COMPTE DANS L'ÉTUDE POUR LES GRANULATS ISSUS DE ROCHES MEUBLES¹⁰



¹⁰Les flux logistiques en pointillé ne sont pas pris en compte dans l'étude [cf. Frontières du système étudié]



Le cycle de production de granulats recyclés est présenté sur la figure 6, elle qui illustre le déroulé du procédé de production des granulats issus de granulats recyclés.

4.3 LES GRANULATS RECYCLÉS

Les granulats recyclés répondent à une problématique contemporaine de gestion des déchets. En effet, les déchets de déconstruction des bâtiments et autres ouvrages d'art sont généralement dirigés vers des sites d'enfouissement de déchets inertes. Le recyclage est donc une alternative à l'enfouissement qui permet de donner une seconde vie à la matière tout en évitant d'extraire à nouveau une matière première.

Les déchets de déconstruction sont tout d'abord débarrassés des éléments non recyclables (isolants, réseaux divers, ...), puis une étape de séparation de la partie minérale et de la partie métallique est opérée. La partie métallique est dirigée vers la filière adéquate et la partie minérale est traitée comme une roche (concassage, criblage, ...) pour obtenir du granulat.

Deux modes opératoires existent pour recycler les déchets de déconstruction en granulats :

- soit les déchets sont acheminés jusqu'à un site de recyclage (site fixe) ;
- soit une unité mobile est amenée jusqu'au site de déconstruction du bâtiment (installation mobile).

FIGURE 6

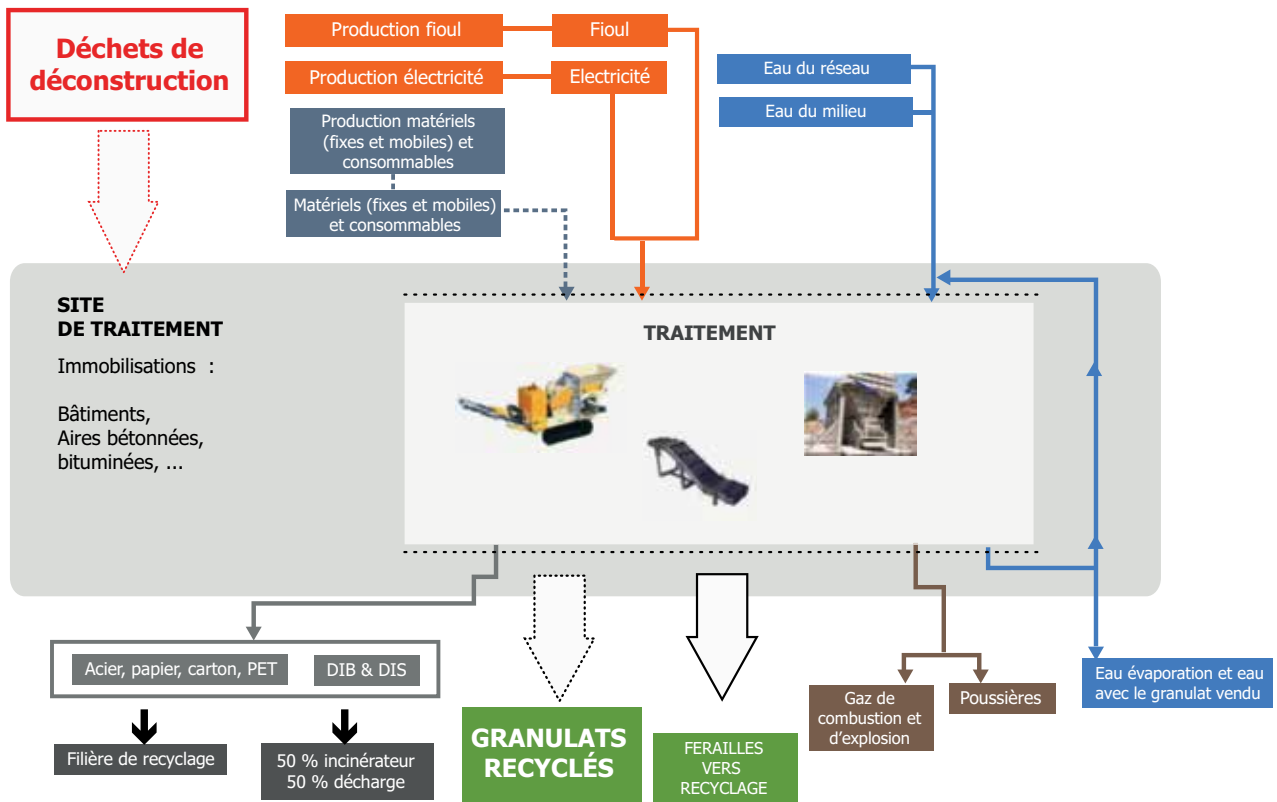
CYCLE DE VIE DE LA PRODUCTION DE GRANULATS RECYCLÉS



La figure 7 illustre le champ d'application de l'étude pour les granulats recyclés.

FIGURE 7

SCHÉMA DES ÉLÉMENTS ET FLUX PRIS EN COMPTE DANS L'ÉTUDE POUR LES GRANULATS RECYCLÉS¹¹



¹¹Les flux logistiques et éléments en pointillé ne sont pas pris en compte dans l'étude (cf. Frontières du système étudié)



5

RECUEIL

de données

Afin d'être la plus proche de la réalité, la réalisation d'une analyse de cycle de vie doit s'appuyer au maximum sur des données de terrain.

Cette étape de recueil de données demande de mettre en place un protocole d'échantillonnage permettant d'identifier les sites représentatifs des productions nationales. La difficulté est de considérer un échantillon le plus large possible pour augmenter la représentativité, sans que cela n'accapare trop de temps.

Pour cette étude, cinq sites de production ont été visités et quinze sites ont été interrogés par voie postale.

Ont été visités :

- deux sites exploitant des roches massives,

soit un site en éruptifs et un site en calcaires ;

- deux sites exploitant des roches meubles, soit un site en eau et un site hors d'eau ;

- une installation de recyclage fixe.

Ont été questionnés par voie postale :

- six sites exploitant des roches massives, soit trois sites en éruptives et trois sites en calcaires ;

- six sites exploitant des roches meubles, soit quatre en eau, un site hors d'eau et un site à 60 % en eau et 40 % à sec ;

- sept installations de recyclage, trois sites fixes et quatre installations mobiles.

L'ensemble de ces sites a été choisi pour être représentatif de la production nationale en fonction de critères de répartition de la production présentés en 5.2.

5.1 CONFIDENTIALITÉ DES DONNÉES COLLECTÉES ET CODIFICATION DES SITES

Pour des raisons de confidentialité entre les différents membres de l'UNPG, une codification a été mise en place afin que les données stratégiques de chaque site ne soient pas reconnaissables.

À chaque site ont été attribués trois lettres et un chiffre :

- les deux premières lettres indiquent la nature de la roche extraite. Les sites en roches massives ont, pour être identifiés, les lettres « MA », les sites en roches meubles les lettres « ME » et les sites de recyclage les lettres « RE » ;

- la troisième lettre indique si le site a fait l'objet d'une visite ou d'un questionnaire par voie postale. Les sites visités portent la lettre « V » et les sites questionnés par voie postale la lettre « P » ;

- le chiffre final permet aux experts réalisant les ACV et au responsable de l'UNPG d'identifier précisément les sites sans que les membres du groupe de travail puissent corréler une donnée stratégique avec un site en particulier.

5.2 RÉPARTITION DES SITES ET RÈGLES DE PONDÉRATION

Afin d'être le plus représentatif possible de la production nationale française, il est nécessaire d'appliquer une pondération aux différents types de sites étudiés, ceci afin de s'approcher de la répartition nationale. L'UNPG a caractérisé les carrières de roches massives et meubles en fonction :



Pour réaliser l'étude, l'UNPG a partagé la production nationale française de 2007 en quatre classes de capacité de production :

- du type de ressources (massives ou meubles)
- de leur production annuelle.

Ce même travail a été réalisé pour les granulats recyclés en fonction :

- de la mobilité ou non de l'installation
- de la production annuelle.

5.2.1 Répartition nationale par capacité de production de granulats pour les roches massives et meubles

Afin d'être le plus représentatif possible de la production nationale française, il est nécessaire d'appliquer une pondération aux différents types de sites étudiés, ceci afin de s'approcher de la répartition nationale. L'UNPG a caractérisé les carrières de roches massives et meubles en fonction :

- du type de ressources (massives ou meubles) et
- de leur production annuelle.

Ce même travail a été réalisé pour les granulats recyclés en fonction :

- de la mobilité ou non de l'installation
- de la production annuelle.

Chaque type de granulats (meubles, massifs et recyclés) fait l'objet d'une attention particulière dans cette étude et les résultats seront présentés indépendamment pour chacun d'eux.

TABLEAU 2

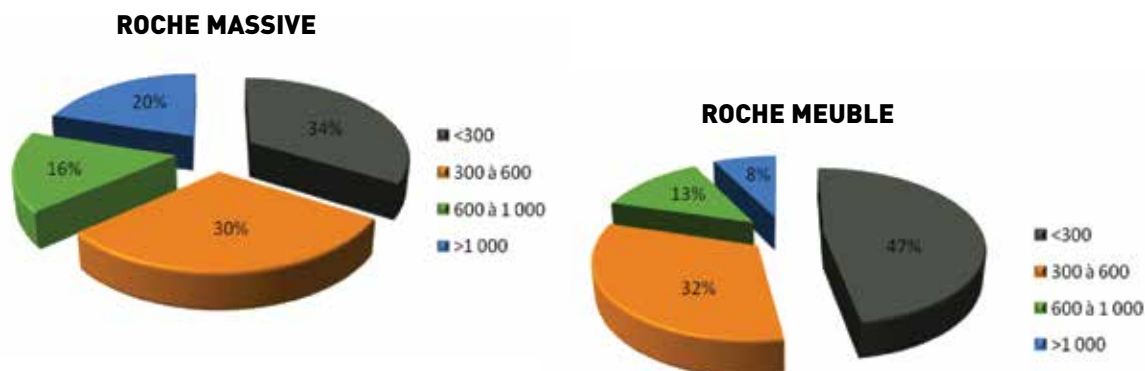
PRODUCTION NATIONALE ANNUELLE DE GRANULATS ISSUS DE ROCHES MASSIVES ET DE ROCHES MEUBLES PAR CAPACITÉ DE PRODUCTION EN MILLIONS DE TONNES¹²

Classe de production en million de tonnes	Roches massives Production nationale 2007	Roches meubles Production nationale 2007
< 300 000 t	82 000 000 t	85 000 000 t
300 000 à 600 000 t	73 000 000 t	58 000 000 t
600 000 à 1 000 000	39 000 000 t	23 000 000 t
> 1 000 000 t	49 000 000 t	14 000 000 t
TOTAL	243 000 000 t	180 000 000 t

¹²Source : UNPG, le marché du granulat en 2007

GRAPHIQUE 3

PRODUCTION NATIONALE ANNUELLE DE GRANULATS ISSUS DE ROCHES MASSIVES ET DE ROCHES MEUBLES PAR CAPACITÉ DE PRODUCTION EN MILLIONS DE TONNES¹³



Chacun des pourcentages du graphique 3 définit le premier facteur de pondération des sites. Par exemple, une tonne de granulats produite dans un site de roches meubles produisant moins de 300 000 tonnes par an aura un facteur de pondération par classe de production de 0,47.

5.2.2 Répartition de l'échantillon par classe de production de granulats pour les roches massives et meubles

L'échantillon de carrière d'extraction de granulats pour les roches massives et meubles est constitué de 16 sites, réparti comme suit :

TABEAU 3

RÉPARTITION DES ÉCHANTILLONS
PAR CAPACITÉ DE PRODUCTION

Classe de production en million de tonnes	Nombre de sites en roches massives dans l'échantillon	Nombre de sites en roches meubles dans l'échantillon
< 300 000 t	2	2
300 000 à 600 000 t	3	2
600 000 à 1 000 000 t	1	3
> 1 000 000 t	2	1
Production de l'échantillon	5 565 804 tonnes	5 306 090 tonnes

Chaque site est pondéré à l'intérieur de sa classe de production en fonction de sa production annuelle.

Par exemple, le site en roches massives dans la classe de capacité de production comprise entre 600 000 et 1 000 000 de tonnes aura un facteur de pondération de 1 puisqu'il est le seul de l'échantillon dans cette catégorie.

Les sites ont été choisis par les experts métier du groupe de travail comme étant

représentatifs de la production nationale française métropolitaine en terme de type de roche (meuble, massives, calcaire, granitique, ...), de position géographique, de taille et de moyens techniques d'extraction et de traitement. La participation active des entreprises membres du groupe de travail a permis au prestataire de disposer de données réelles et vérifiées par des experts indépendants.

5.2.3 Cas particulier des granulats marins

La production de granulats marins ne représente que 1,6 % de la production totale de granulats (446 millions de tonnes). Aucun site de production de granulats marins n'a donc été retenu dans l'échantillon des sites questionnés. La production des granulats marins est considérée en première approche comme assimilable à celle de roches meubles.

5.2.4 Pondération de l'échantillon des sites de production de granulats pour les roches massives et meubles

Un facteur de *pondération par production* est calculé à l'aide d'un rapport entre la production du site et la totalité de la production des sites présents dans la classe de production de l'échantillon. Pour des raisons de confidentialité, les productions annuelles des sites ont été masquées.

Les facteurs de *pondération par production* et facteurs de pondération par classe de production sont multipliés et donnent un facteur de pondération (en bleu dans le tableau 4) unique pour chaque site.

TABEAU 4

PONDÉRATION DES SITES EN
ROCHES MASSIVES ET MEUBLES DE L'ÉCHANTILLON

Capacité de production en Kt	Roches massives					Roches meubles				
	Code du site	Production annuelle en tonnes	Pondération par production	Pondération par classe de production	Facteur de pondération du site	Code du site	Production annuelle en tonnes	Pondération par production	Pondération par classe de production	Facteur de pondération du site
< 300	MAP5		0,31	0,34	0,10	MEP2		0,53	0,47	0,25
	MAV1		0,69		0,23	MEP3		0,47		0,22
300 à 600	MAP3		0,36	0,30	0,11	MEV1		0,49	0,32	0,16
	MAP4		0,22		0,07	MEP4		0,51		0,16
	MAP6		0,42		0,13					
600 à 1 000	MAV2		1,00	0,16	0,16	MEP1		0,26	0,13	0,03
						MEP5		0,41		0,05
						MEP6		0,33		0,04
> 1 000	MAP1		0,38	0,20	0,08	MEV2		1,00	0,08	0,08
	MAP2		0,62		0,12					

5.2.5 Répartition nationale par type d'installation pour les granulats recyclés

La variabilité des sites de production de granulats recyclés est basée sur la mobilité ou non de l'installation de recyclage. En effet, deux solutions techniques peuvent être mises en place ; soit les déchets de déconstruction sont acheminés jusqu'à un site de traitement habilité, soit une unité de recyclage mobile est transportée jusque sur le chantier de déconstruction.

La répartition entre les installations de recyclage mobiles et les sites de recyclage fixes a été établie, par défaut, à partir de données issues d'un acteur du recyclage membre du groupe de travail de l'UNPG dont 14 % de sa production est des granulats recyclés. **La répartition pour cet acteur est de 35 % de granulats recyclés produits avec une installation fixe et de 65 % à l'aide d'une installation mobile et servira de base pour l'étude.**

Chacun de ces pourcentages définit le premier facteur de pondération des sites. Par exemple, une tonne de granulats produite dans une installation de recyclage mobile aura un facteur de *pondération par type d'installation* de 0,65.

5.2.6 Répartition de l'échantillon par type d'installation de granulats recyclés

L'échantillon de site de production de granulats recyclés est constitué de sept sites, répartis comme suit :

TABEAU 5

RÉPARTITION DES ÉCHANTILLONS
PAR TYPE D'INSTALLATION
DE RECYCLAGE

	Installation de recyclage fixe	Installation de recyclage mobile
Nombre de sites dans l'échantillon	3	4
Production de l'échantillon	336 484 tonnes	771 623 tonnes

Chaque site est pondéré à l'intérieur de son type d'installation en fonction de sa production annuelle par rapport à la production totale des sites présents dans la catégorie de type d'installation



5.2.7 Pondération de l'échantillon des sites de recyclage

Les facteurs de *pondération par production* et les facteurs de *pondération par type d'installation* sont multipliés et donnent un facteur de pondération (en bleu) unique pour chaque site.

TABLEAU 6

PONDÉRATION DES INSTALLATIONS DE RECYCLAGE DE L'ÉCHANTILLON

Installation de recyclage fixe					Installation de recyclage mobile				
Code du site	Production annuelle en tonnes	Pondération par production	Pondération par type d'installation	Facteur de pondération du site	Code du site	Production annuelle en tonnes	Pondération par production	Pondération par type d'installation	Facteur de pondération
REV1		0,580	0,350	0,233	REP1		0,451	0,650	0,29
REP 5		0,09		0,032	REP 4		0,081		0,052
					REP 6		0,405		0,263
REP2		0,330		0,116	REP3		0,063		0,041

6

CALCUL

des impacts environnementaux potentiels

6.1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Afin d'évaluer les impacts environnementaux potentiels d'une activité ou d'un produit, il est intéressant de traduire des flux de matières et d'énergie issus de l'inventaire du cycle de vie en impacts environnementaux potentiels. Le choix des indicateurs doit être suffisamment exhaustif pour être réellement objectif.

Le choix de la méthode est fondamental puisqu'il conditionne directement les résultats de l'étude. De plus, il détermine les flux de l'inventaire qui seront pris en compte dans l'analyse des impacts environnementaux potentiels, les catégories d'impacts analysées et les indicateurs présentés, et enfin, il détermine comment les flux sont classés et pondérés dans chaque type d'impact.

En concertation entre l'UNPG et Systèmes Durables, les normes ISO 14 040 et 14 044 ont été choisies tout en utilisant la méthode et les facteurs de caractérisation d'impacts de la norme NF P01-010 spécifiques aux produits de construction.

Cette décision a été prise car, selon le chapitre 1 de la norme NF P01-010 consacré au « Domaine d'application »,

« Les matériaux, composants, semi-produits généralement composants majeurs du produit fini n'ont pas d'unité fonctionnelle en tant que telle ;, ils ne peuvent donc pas faire l'objet d'une FDES respectant la présente norme ».

Les granulats en tant que tels ne peuvent donc être l'objet d'une FDES au sens de la norme. Toutefois, il est possible d'utiliser la méthodologie et le format FDES pour réaliser les inventaires et l'analyse environnementale.

Même si les résultats obtenus ne peuvent être considérés comme des FDES, ils pourront, grâce à ce format, alimenter de futures FDES de produits intégrant des granulats.

Le référentiel FDES NF P01-010 impose une méthode de calcul prédéfinie, détaillée dans le paragraphe suivant.

6.2 LA NORME FDES NF P01-010

6.2.1 Présentation générale

Les Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires ont été créées au début des années 2000 à la demande des professionnels français du bâtiment. Avec la montée en puissance des questions environnementales dans le bâtiment (démarche HQE, ...), il était nécessaire de définir un référentiel clair et homogène pour pouvoir comparer, sur des bases identiques, différents produits élémentaires utilisés dans ce secteur d'activités (par ex. : comparer une fenêtre bois avec une fenêtre aluminium). La spécificité du produit final « bâtiment » (habitations, bureaux, ...), qui est souvent un lieu de vie, a conduit à prendre en compte également les impacts sanitaires potentiels des produits

élémentaires faisant l'objet d'une FDES.

Cette démarche a fait l'objet d'une normalisation en 2004 : la norme NF P01-010 (2004).

Les résultats de ces études sont censés alimenter une base de données pour les produits du bâtiment, INIES (www.inies.fr), qui a été conçue pour capitaliser ces informations et qui est gérée par le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment). Cependant, bon s nombres d'entres elles ne sont pas diffusées par les industriels qui préfèrent les mettre à disposition seulement si une demande est formulée.

6.2.2 Principes

Les méthodes de réalisation de l'inventaire des flux, de calcul et d'allocation des impacts potentiels (selon l'existence de plusieurs coproduits) sont définies par la norme NF P 01-010 (2004).

Pour certains flux, elles doivent correspondre, dans la mesure du possible, aux données réelles de consommations ou de rejets :

- eau,
- énergie
- déchets.

Pour d'autres, des données génériques sont acceptées (données de la profession par exemple). Des bases de données d'inventaire de cycle de vie peuvent compléter les données réelles.

La forme de présentation du résultat est également définie très précisément par la norme (en particulier la liste et le contenu des différents tableaux).

La partie sanitaire se focalise sur l'évaluation des risques sanitaires et le confort des usagers.

6.2.3 Contenu

180 types de flux élémentaires doivent être recherchés (par ex. : bauxite, calcaire, uranium, eau de nappe, zirconium, biomasse, HAP émis, DCO, ...). La figure 8 illustre un exemple de résultats de FDES.

FIGURE 8

EXEMPLE D'INVENTAIRE POUR UNE FDES D'ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX EN BÉTON

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en oeuvre	Vie en oeuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	Pour toute la DVT
Antimoine (Sb)	Kg							
Argent (Ag)	Kg							
Argile	Kg	1.44E-01					1.44E-01	1.44E+01
Arsenic (As)	Kg							
Beauxite (Al ₂ O ₃)	Kg	1.08E-05					1.15E-05	1.15E-03
Bentonite	Kg	1.74E-06					1.80E-06	1.80E-04
Bismuth (Bi)	Kg							
Bore (B)	Kg							
Cadmium (Cd)	Kg							
Calcaire	Kg	6.12E-01	3.79E-06			2.04E-06	6.12E-01	6.12E+01
Carbonate de Sodium (Na ₂ CO ₃)	Kg							
Chlorure de Sodium (NaCl)	Kg	4.84E-04	1.88E-06			1.01E-06	4.87E-04	4.87E-02
Chrome (Cr)	Kg							
Cobalt (Co)	Kg							
Cuivre (Cu)	Kg							1.85E-06
Dolomie	Kg	8.56E-05					8.56E-05	8.56E-03
Etain (Sn)	Kg							
Feldspath	Kg							
Fer (Fe)	Kg	9.99E-04	1.35E-06				1.00E-03	1.00E-01
Fluorite (CaF ₂)	Kg							
Gravier	Kg	7.66E-05	1.00E-05			5.41E-06	9.29E-05	9.29E-03
Lithium (Li)	Kg							

À partir de ces informations, la norme NF P01-010 (2004) définit 10 impacts potentiels devant être obligatoirement évalués. Il s'agit des impacts suivants :

- consommation de ressources énergétiques,
- épuisement des ressources,

- consommation d'eau,
- déchets solides,
- changement climatique,
- acidification atmosphérique,
- pollution de l'air,
- pollution de l'eau,
- destruction de la couche d'ozone,
- formation d'ozone photochimique.

Les tableaux de résultats (inventaire et impacts) doivent scrupuleusement respecter la forme indiquée dans la norme présentée sur la figure 9.

FIGURE 9

EXEMPLE DE TABLEAU D'IMPACTS

POTENTIELS POUR UNE FDES D'ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX EN BÉTON

N°	Impact environnemental		VALEUR		Unité	
			Par UF	par mètre carré d'éléments architecturaux		
1	Consommation de ressources énergétiques :					
	- Energie primaire totale		7,56	755,93	MJ	
	dont énergie récupérée		0,56	56,24	MJ	
	- Energie renouvelable		0,56	55,59	MJ	
	- Energie non renouvelable		7	700,31	MJ	
2	Indicateur d'épuisement de ressources (ADP)		2,42.10 ⁻³	2,42.10 ⁻¹	kg équivalent antimoine	
3	Consommation d'eau		4,02	402,47	litres	
4	Déchets solides	Valorisés	6,31.10 ⁻²	6,31	kg	
		Éliminés	- Déchets dangereux	1,51.10 ⁻³	0,15	kg
			- Déchets non dangereux (DIB)	6,39.10 ⁻²	0,64	kg
			- Déchets inertes	2,91	291,31	kg
			- Déchets radioactifs	6,40.10 ⁻⁵	6,40.10 ⁻³	kg
5	Changement climatique		0,67	67,02	kg éq CO ₂	
6	Acidification atmosphérique		2,76.10 ⁻³	0,28	kg éq CO ₂	
7	Pollution de l'air 8.56E-05		52,05	5 204,76	m ³ 8.56E-03	
8	Pollution de l'eau		0,33	32,98	m ³	
9	Destruction de la couche d'ozone stratosphérique		3,31.10 ⁻¹⁹	3,31.10 ⁻¹⁷	kg CFC-11 éq.	
10	Formation d'ozone photochimique		2,74.10 ⁻⁴	2,74.10 ⁻²	kg d'éthylène eq.	

La partie sanitaire recommande de fournir toutes les informations utiles pour le calcul des risques sanitaires tout au long du cycle de vie. Il n'y a pas obligation de les calculer, ni de les fournir tous. Les caractéristiques sanitaires regardées sont :

- les quantités de substances dangereuses intentionnellement introduites dans le produit,
- les données d'émission de composés chimiques dans l'air, l'eau, le sol,
- les données d'émission de rayonnements ionisants,
- les données relatives à la croissance de micro-organismes.

La norme fournit une liste indicative de flux à identifier.

Dans le cadre de cette étude ACV, seule la phase de production est étudiée. Celle-ci ne présente pas de risque sanitaire identifié. L'analyse des risques sanitaires concerne généralement les produits finis en contact avec un utilisateur pendant de nombreuses années durant la phase d'usage. L'étude portant sur un composant d'un produit de construction, et non sur un produit fini, les impacts sanitaires ne seront pas étudiés.

6.2.4 Présentation détaillée des dix indicateurs d'impacts potentiels

6.2.4.1 Indicateur Consommation de ressources énergétiques

Il s'agit de trois indicateurs énergétiques :

- la consommation d'énergie primaire totale,
- la consommation de ressources énergétiques non renouvelables,
- la consommation de ressources énergétiques renouvelables.

6.2.4.2 Indicateur Épuisement de ressources

Cet indicateur, qui était absent de la norme expérimentale XP P01 -010, tient compte des consommations de ressources énergétiques ou non énergétiques (sauf l'eau) en pondérant chaque ressource par un coefficient correspondant à un indice de rareté (l'antimoine a une valeur de 1 par convention). Une valeur supérieure à 1 pour une ressource indique que l'on consomme une ressource plus rare que l'antimoine. Les ressources, dont la valeur de

l'indicateur est très faible (inférieure à 0,001), sont considérées comme non épuisables à l'échelle humaine. L'indicateur est calculé en faisant la somme pondérée (par les coefficients de rareté) des quantités consommées par le produit pendant tout son cycle de vie. Donc, plus cet indicateur est grand, plus le produit « épuise » les ressources. Il s'exprime en kg antimoine équivalent (kg Sb eq).

6.2.4.3 Indicateur Consommation d'eau

Les consommations d'eau sont prises en compte selon leur provenance (rivière, nappe phréatique, réseau d'eau potable, ...).

6.2.4.4 Indicateur Déchets solides

La méthode recense tous les déchets, par nature (métal, plastique, biomasse, ...) et énergie, qui sont générés par le cycle de vie du produit. Les déchets valorisés (recyclés ou réutilisés) en interne (par exemple, chutes ou casses de fabrication d'un produit réintroduits dans la fabrication de ce même produit) ne

figurent pas dans ce tableau. Par contre, ils peuvent être présentés dans la déclaration à titre d'information. Le recyclage conduit à une économie de matières premières, prise en compte dans la quantification des entrants et des sortants.

6.2.4.5 Indicateur Changement climatique

La méthode évalue la contribution du produit à l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre. L'augmentation de l'effet de serre entraîne des modifications du climat de la Terre, et notamment une augmentation de la température moyenne. Cet indicateur est exprimé en kg équivalent CO₂ (dioxyde de carbone ou gaz carbonique) et regroupe

toutes les émissions de gaz à effet de serre. Tous les gaz n'ont pas le même effet. Ainsi, un kilogramme de méthane (CH₄) contribue 21 fois plus à l'effet de serre qu'un kilogramme de CO₂, et un kilogramme de protoxyde d'azote (N₂O) 310 fois plus. Pour chaque kilogramme émis, certains gaz contribuent plusieurs milliers de fois plus que le CO₂ à l'effet de serre.

6.2.4.6 Indicateur Acidification atmosphérique

Certains composés émis dans l'atmosphère, notamment le dioxyde de soufre (SO₂) et les oxydes d'azote (NOx) sont susceptibles d'être oxydés et de se transformer en acides (acide sulfurique, acide nitrique). Ces acides sont ensuite lessivés par les précipitations (pluies acides) et se retrouvent dans les eaux de ruissellement et de surface. Cette acidification

conduit à des impacts importants sur la faune et la flore. Cet indicateur est construit comme l'indicateur changement climatique, en prenant pour référence la contribution du SO₂ à l'acidification (valeur 1 du coefficient d'agrégation). Il est donc exprimé en kg équivalent SO₂.

6.2.4.7 Indicateur Pollution de l'air

Cet indicateur a pour but d'évaluer les impacts toxiques et écotoxiques des émissions dans l'air du produit. Ce sont surtout les métaux et les composés organiques qui contribuent à cet impact. Dans le cadre de la norme, l'indicateur est exprimé en m³ d'air nécessaire à diluer les émissions du produit en se basant sur

les valeurs limites de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Cet indicateur permet d'avoir une représentation simple (un volume d'air) de l'impact potentiel du produit sur la qualité de l'air dans l'environnement.

6.2.4.8 Indicateur Pollution de l'eau

Cet indicateur a pour but d'évaluer les impacts toxiques et écotoxiques des émissions dans l'eau et dans le sol du produit. Ce sont surtout les métaux et les composés organiques qui contribuent à cet impact. L'indicateur est exprimé en m³ d'eau nécessaire à diluer les émissions du produit en se basant sur les valeurs limites de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Comme pour la pollution de l'air, cet indicateur permet d'avoir une représentation simple (un volume d'eau) de l'impact potentiel du produit sur la qualité de l'eau dans l'environnement.

6.2.4.9 Indicateur Destruction de la couche d'ozone stratosphérique

Cet indicateur cherche à évaluer la contribution du produit à la destruction de la couche d'ozone dite stratosphérique. L'ozone est une molécule présente dans l'atmosphère (jusqu'à 50 km) et de manière plus concentrée dans la stratosphère (entre 8 et 18 km) où elle forme une « couche ». Cette couche joue un rôle de filtrage des rayons ultraviolets dangereux (UV-

B). Cet indicateur se calcule en agrégeant les émissions dans l'air des composés susceptibles de réagir avec l'ozone de la stratosphère (et notamment les chlorofluorocarbures : CFC, HCFC). La molécule de référence est le CFC 11. L'indicateur s'exprime en kg équivalent CFC 11.

6.2.4.10 Indicateur Formation d'ozone photochimique

Alors que l'ozone est un gaz protecteur dans les hautes couches de l'atmosphère (voir destruction de la couche d'ozone stratosphérique), l'ozone troposphérique est au contraire un gaz dangereux (irritant respiratoire) présent dans les basses couches de l'atmosphère (troposphère) où nous vivons et respirons. Cet indicateur sert donc à évaluer la contribution des émissions dans l'air de composés susceptibles de participer à la formation d'ozone troposphérique. L'ozone

résulte de la transformation chimique de l'oxygène au contact d'oxydes d'azote et d'hydrocarbures, sous l'effet du rayonnement solaire et d'une température élevée (phénomène de smog photochimique ou « pics d'ozone »).

La molécule de référence pour cet indicateur est l'éthylène (C₂H₄). Il s'exprime donc en kg équivalent éthylène.

6.2.5 Impacts évités

La norme FDES FD P 01 -010 préconise pour la fin de vie l'utilisation de la méthode des stocks. C'est-à-dire que les impacts du recyclage ne sont considérés que jusqu'à un stock de matière recyclée. La méthode des stocks ne permet malheureusement pas d'attribuer des bénéfices au producteur de déchets qui les oriente vers le recyclage et, par conséquent, n'encourage pas forcément cette pratique. Cependant, l'utilisateur de cette matière recyclée bénéficiera d'une matière n'ayant pas d'impacts, cela ce qui influencera positivement son bilan environnemental.

Cette méthode des stocks n'est réellement pertinente que dans les boucles de recyclage fermées (cas de figure où le déchet recyclé sert

pour produire exactement le même matériau). Le groupe de travail a donc souhaité élargir le champ de vision de la méthode des stocks en appliquant la méthode des impacts évités. Cette méthode a pour avantage de pouvoir rendre compte de l'intérêt du recyclage pour le producteur de matière recyclée. En effet, dans le cas où la demande en matière recyclée est plus forte que l'offre, il est d'usage que le fournisseur de matière recyclée soit favorisé car il apporte un service à l'environnement. À l'inverse, l'utilisateur de matière recyclée ne fait que priver un autre consommateur.

Les résultats de l'étude avec la méthode des impacts évités sont consultables en Annexe 2.

7

INVENTAIRE

du Cycle de Vie (ICV) et modélisation

Ce chapitre présente les sources des données utilisées pour l'étude et les hypothèses retenues pour les modélisations des cycles de vie des productions de granulats.

7.1 SOURCES DE DONNÉES

7.1.1 Catégories de données et exigences de qualité

Pour chaque catégorie de données, Systèmes Durables a donné la priorité aux sources en fonction d'impératifs de qualité et d'indépendance. Ainsi, ont été privilégiées :

- les données provenant des sites pour tout ce qui concerne les consommations d'énergie et de matières liées aux procédés ;
 - les bases de données ICV pour tout ce qui concerne les matériels et matériaux support au procédé (ex : engins, machines, ...).
- Les hypothèses prises pour modéliser les deux scénarios sont listées en Annexe 1 de ce rapport.

7.1.2 Données collectées

L'ensemble des données relatives au fonctionnement et aux différentes consommations proviennent des questionnaires réalisés pour l'année 2007 (données quantitatives relatives à la production de granulats, aux déchets, aux consommations d'énergie, ...). Il s'agit de données spécifiques aux sites sondés pour l'année 2007, soit lors de visites (5 sites), soit par voie postale (15 sites).

Les données collectées pondérées utilisées pour la modélisation sont consultables en Annexe 3.

7.1.3 Qualité et sensibilités liées aux données collectées

Les données utilisées dans la modélisation ayant été identifiées comme les moins fiables par la matrice de Weidema et Wesnaes (Annexe 4) ont été analysées avec attention.

Il en résulte que ces données ne représentent pas d'impacts majeurs et qu'une variation faible de leur valeur n'entraîne aucune modification notable des résultats et des conclusions de l'étude.

7.1.4 Bases de données ICV

Pour l'ensemble des données concernant les émissions polluantes des étapes du cycle de vie étudiées, **Systèmes Durables** a utilisé les bases de données présentes dans l'outil d'ACV SimaPro¹⁴ (impacts potentiels liés à la production du carburant utilisé par les engins, ...).

L'outil SimaPro comporte un grand nombre de bases de données. Cependant, afin de limiter les incertitudes liées aux différentes méthodes de collecte (les périmètres d'analyse et les éléments physico-chimiques pris en compte peuvent varier d'une base de données à l'autre), **Systèmes Durables** a systématiquement utilisé les données provenant de la Base Ecoinvent v2.0¹⁵ (mise à jour en 2007) proposant

des données spécifiques aux technologies mises en œuvre par les industries européennes.

Le choix de la base de données Ecoinvent a été motivé par le fait qu'elle est largement utilisée et reconnue par la communauté des praticiens de l'ACV. Ecoinvent comprend plus de 4000 inventaires du cycle de vie de matières (matériaux et produits agricoles, substances chimiques, métaux, plastiques, verre, bois, papier et carton) et de procédés (production d'énergie et procédés de transport). Les mises à jour régulières permettent d'avoir des données représentatives de la réalité (du point de vue temporel, géographique et technologique). De plus, Ecoinvent contient des données d'incertitudes, ce qui permet de vérifier que les résultats sont significatifs.

7.1.5 Hypothèses

Un certain nombre d'hypothèses a dû être réalisé afin de pallier l'absence de certaines données (masses des engins et du matériel sur site, ...). Ces hypothèses ont été créées en utilisant plusieurs approches. Dans l'ordre de priorité d'utilisation :

- extrapolation à partir des données recueillies sur des sites de l'échantillon utilisant un outil de production de même famille ;
- utilisation de la base de données Ecoinvent lors d'une absence totale de données (composition matière du convoyeur à bandes).

Ces hypothèses sont disponibles en Annexe 1 et les données ayant fait l'objet d'extrapolation sont présentées en jaune dans le tableau DT201001PMG_données inventaire UNPG_v5.02.xls consultable à l'UNPG.

7.2 MODÉLISATION DES FLUX ÉNERGIE ET MATIÈRE

Pour réaliser l'ICV et l'évaluation des impacts environnementaux potentiels des sites de production de granulats, le logiciel SimaPro a été utilisé. SimaPro est un logiciel permettant de réaliser les ACV, commercialisé par PRÉ Consultants.

Il possède des bases de données très riches (Buwal, Ecoinvent, ETH-ESU, Idemat, ...) qui permettent de modéliser l'ICV de divers

produits et de nombreux matériaux et procédés industriels ainsi que des méthodes pour analyser les impacts environnementaux potentiels de ces produits et procédés.

Pour la présente étude, **Systèmes Durables** et EVEA Conseil ont enrichi l'outil avec les coefficients de conversion de la norme FDES NF-P01 010.

¹⁴ Pour plus d'informations, consulter www.pre.nl/software.htm, [19/02/09]

¹⁵ Pour plus d'informations, consulter <http://ecoinvent.ch/>, [19.2.2009]

7.3 LIMITES DE L'ÉTUDE

Au-delà des incertitudes inhérentes aux méthodes présentées plus haut, les limites de l'étude sont liées à la qualité des données et aux hypothèses de modélisation.

- **Données collectées sur sites** : ces données sont de bonnes qualités dans la mesure où elles proviennent directement d'enquêtes de terrain. Les données ont donc pu être recoupées et vérifiées. D'autre part, il s'agit de données récentes (2007) spécifiques à chaque site, et correspondant à une année moyenne (sans pics de production ou d'événement exceptionnels).
- **Base Ecoinvent** : les données Ecoinvent sont spécifiques aux technologies et industries européennes. Ces données d'inventaire ont été utilisées pour modéliser les flux élémentaires entrant et sortant des systèmes étudiés.
- **Norme FDES** : il est à noter que certains coefficients de conversion de la norme ne sont pas à jour, comme par exemple les coefficients de conversion de l'impact changement climatique qui ont évolué avec l'IPCC 2007. Une mise à jour des coefficients de conversion de la norme NF P 01-010 est prévue prochainement. De plus, la norme NF P01-010 mélange des indicateurs qui sont des données physiques (consommation d'eau en litre, quantité de déchets solides en kg et consommation d'énergie en MJ) avec d'autres indicateurs qui sont des données d'impact (tous les autres indicateurs).

7.4 EXTERNALITÉS LOCALES ET DOMMAGES GLOBAUX

La présente étude évalue le cycle de vie d'un système relativement complexe mobilisant des outils industriels répartis sur plusieurs continents (par ex. : production de carburant, ...).

Hormis pour quelques phénomènes très localisés (bruits, odeurs, impacts visuels, occupation des sols), l'ensemble des externalités générées localement a aussi un impact global (changement climatique, destruction de la couche d'ozone, émission dans l'air de substances cancérigènes persistantes, polluants inorganiques dispersés sur de grandes distances dans l'atmosphère, pollution des eaux, ...).

Ainsi, l'émission de gaz à effet de serre par un

site n'implique pas un micro-réchauffement climatique au niveau de celui-ci et, inversement, l'émission de substances cancérigènes persistantes au niveau des raffineries sur le continent américain aura tôt ou tard un impact sur la santé des citoyens européens.

Il est extrêmement important de garder cela à l'esprit afin de pouvoir interpréter correctement les résultats présentés par la suite : une réduction des impacts environnementaux potentiels d'un cycle de vie n'a de sens que si elle est observée globalement. Le déplacement d'une source de pollution d'un territoire à un autre ne protège pas ses habitants de ses impacts potentiels globaux

8

COMPARAISON

entre productions de granulats

Cette étude permet d'avoir une indication sur les impacts de chaque production et pourra alimenter par la suite des analyses comparatives intégrant un périmètre d'étude élargie. Si la comparaison entre les différentes natures de granulats est envisageable pour les roches meubles et massives, ce n'est pas le cas avec les granulats recyclés. Dans le cas d'une telle comparaison, il faudrait élargir le champ de l'étude à l'enfouissement des déchets.

En effet, le recyclage de déchets de déconstruction évite d'enfouir le déchet et de produire de nouvelles matières premières. Le service rendu n'est donc pas le même.

De plus, la position géographique des sites de recyclage fixes et des installations de recyclage mobiles à proximité immédiate des producteurs limite le transport par rapport au transport du déchet vers le lieu d'enfouissement.

Par conséquent, il en est de même pour la livraison car le recyclage est réalisé à proximité des consommateurs.



9

ANALYSE

des impacts potentiels du cycle de vie de l'activité d'extraction de granulats à partir de roches massives et interprétation des résultats

9.1 GRILLE DE LECTURE DES GRAPHIQUES ET TABLEAUX POUR LES GRANULATS ISSUS DE ROCHES MASSIVES

Les composants étudiés ont été regroupés dans les catégories suivantes :

- **poussières sur site** : comprend les poussières émises lors des phases de traitement des granulats. Pour plus de détails, se référer aux hypothèses présentées en Annexe 1 ;
- **eau de process** : comprend les différentes sources de prélèvement d'eau (eau du réseau et eau prélevée dans le milieu naturel) ;
- **énergie** : comprend l'électricité, la fabrication et la combustion des combustibles fossiles utilisés :
 - fioul : comprend la production, la distribution et la combustion du fioul ;
 - électricité : comprend la production, la distribution de l'électricité ;
 - gaz naturel : comprend la production, la distribution et la combustion du gaz ;
- **matériel** : comprend les engins fixes (concasseurs, convoyeurs à bande, ...) et mobiles (dumpers, pelleteuses, chargeuses, ...), et les consommables (pneus, lubrifiants, pièces d'usure en acier, ...) ;
- **explosifs** : comprend la fabrication des explosifs ainsi que les gaz et substances émis lors de l'utilisation. Pour plus de détails, se référer aux hypothèses présentées en Annexe 1 ;
- **chaux** : comprend l'utilisation et la production de chaux ;
- **déchets sur site** : comprend les scénarios de fin de vie des déchets du site et la remise à disposition de l'acier dû au recyclage ;
- **immobilisation** : comprend les bâtiments de type préfabriqués, les bâtiments en dur, les hangars métalliques, les sols bétonnés, les sols bitumés et les silos en acier ;
- **roche extraite** : comprend les différents types de roches extraites.

Les graphiques et tableaux suivants représentent la répartition des éléments participant aux différents impacts potentiels étudiés par la norme FDES. Les barres des histogrammes et les lignes des tableaux sont indépendantes. Par conséquent, toute lecture transversale serait erronée. Il faut adopter une lecture impact par impact. Les inventaires de flux au format FDES sont consultables en Annexe 5.

9.2 IMPACT GLOBAL DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MASSIVES

TABLEAU 7

RÉSULTATS CHIFFRÉS DES IMPACTS POTENTIELS POUR LA FABRICATION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MASSIVES

Impacts	Unité	Total	Écart type
Énergie primaire totale	MJ	6,09E+01	
Énergie renouvelable	MJ	7,11E-01	
Énergie non renouvelable	MJ	6,02E+01	
Épuisement de ressources (ADP)	kg éq Sb	1,68E-02	
Consommation d'eau totale	l	2,76E+01	
Déchets éliminés	kg	3,87E-01	
Déchets dangereux	kg	8,82E-03	
Déchets non dangereux	kg	2,39E-01	
Déchets inertes	kg	1,39E-01	
Déchets radioactifs	kg	3,48E-04	
Changement climatique	kg éq CO ₂	2,57E+00	
Acidification atmosphérique	kg éq SO ₂	6,15E-02	
Pollution de l'air	m ³	1,09E+03	
Pollution de l'eau	m ³	2,30E+00	
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg éq CFC-11	2,66E-07	
Formation d'ozone photochimique	kg éq C ₂ H ₄	4,00E-03	
Eutrophisation	kg éq PO ₄ ³⁻	1,18 E-02	

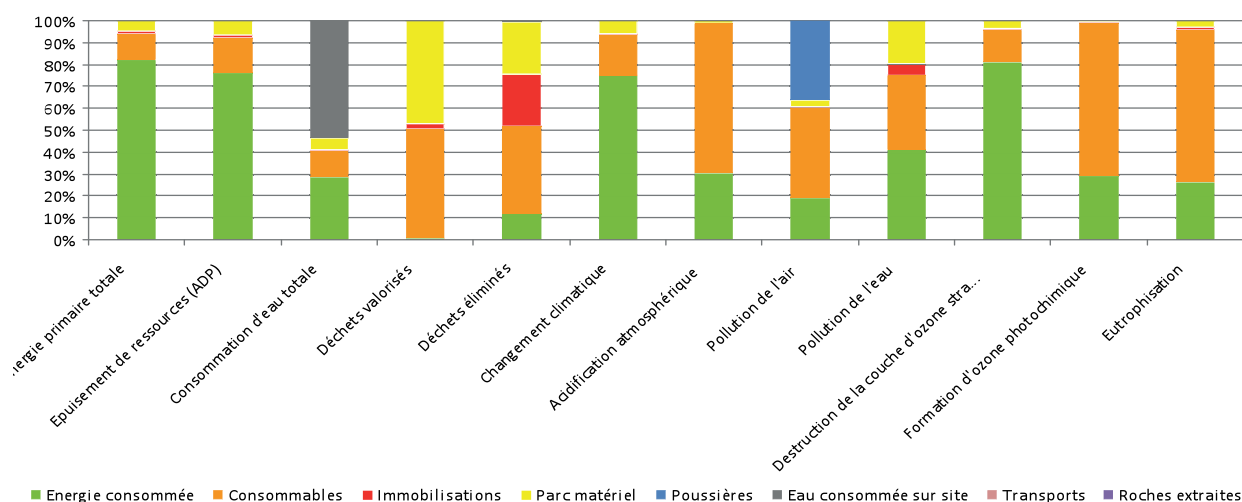
Le Tableau 7 présente les résultats des impacts potentiels du cycle de vie pour la production de granulats issus de roches meubles. Il s'agit de la consolidation pondérée des cycles de vie de chaque site étudié (Tableau 4).

Il est important de rappeler qu'il s'agit de la totalité des impacts potentiels inclus dans le périmètre de l'étude et non uniquement des impacts potentiels sur site.

9.3 ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MASSIVES

9.3.1 Analyse globale des impacts potentiels de la production d'une tonne de granulats issue de roches massives

GRAPHIQUE 4 RÉPARTITION DES IMPACTS POTENTIELS DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MASSIVES



Le Graphique 4 et le Tableau 8 nous permettent de voir les principaux éléments qui contribuent aux impacts environnementaux potentiels de la production d'une tonne de granulats issue de roches massives.

TABLEAU 8 RÉPARTITION DES IMPACTS POTENTIELS DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MASSIVES

Impacts	Unité	Énergie consommée	Consommables	Immobilisations	Parc matériel	Poussières	Eau consommée sur site	Transports	Roches extraites
Énergie primaire totale	MJ	5,02E+01	7,20E+00	4,69E-01	2,98E+00	0,00E+00	3,95E-02	1,27E-02	0,00E+00
Énergie renouvelable	MJ	5,79E-02	4,96E-01	5,50E-02	9,91E-02	0,00E+00	3,30E-03	3,13E-05	0,00E+00
Énergie non renouvelable	MJ	5,01E+01	6,71E+00	4,14E-01	2,88E+00	0,00E+00	3,62E-02	1,27E-02	0,00E+00
Épuisement de ressources (ADP)	kg éq Sb	1,27E-02	2,71E-03	1,64E-04	1,12E-03	0,00E+00	1,06E-05	5,94E-06	2,30E-07
Consommation d'eau totale	l	7,96E+00	3,19E+00	2,81E-01	1,41E+00	0,00E+00	1,48E+01	1,43E-03	0,00E+00
Déchets valorisés	kg	4,75E-04	6,68E-02	3,14E-03	6,31E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Déchets éliminés	kg	4,62E-02	1,54E-01	9,24E-02	9,34E-02	0,00E+00	1,26E-03	9,35E-06	0,00E+00
Déchets dangereux	kg	2,45E-04	7,74E-03	2,34E-05	5,20E-05	0,00E+00	7,64E-04	1,20E-07	0,00E+00
Déchets non dangereux	kg	1,47E-02	1,23E-01	1,49E-02	8,66E-02	0,00E+00	4,11E-04	7,37E-06	0,00E+00
Déchets inertes	kg	3,10E-02	2,38E-02	7,75E-02	6,77E-03	0,00E+00	8,37E-05	1,86E-06	0,00E+00
Déchets radioactifs	kg	3,34E-04	8,89E-06	6,72E-07	4,28E-06	0,00E+00	1,42E-07	2,37E-09	0,00E+00
Changement climatique	kq éq CO ₂	1,93E+00	4,65E-01	2,47E-02	1,45E-01	0,00E+00	1,68E-03	9,33E-04	0,00E+00
Acidification atmosphérique	kq éq SO ₂	1,87E-02	4,20E-02	2,00E-04	5,67E-04	0,00E+00	7,21E-06	4,74E-06	0,00E+00
Pollution de l'air	m ³	2,09E+02	4,48E+02	6,05E+00	3,62E+01	3,95E+02	1,75E-01	2,52E-02	0,00E+00
Pollution de l'eau	m ³	9,42E-01	7,81E-01	1,23E-01	4,43E-01	0,00E+00	5,09E-03	4,85E-04	0,00E+00
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kq éq CFC-11	2,15E-07	3,99E-08	2,27E-09	8,74E-09	0,00E+00	8,50E-11	1,16E-10	0,00E+00
Formation d'ozone photochimique	kg éq C ₂ H ₄	1,18E-03	2,77E-03	1,36E-05	3,22E-05	0,00E+00	2,66E-07	1,48E-07	0,00E+00
Eutrophisation	kg équivalent PO ₄ -P	3,08E-03	8,24E-03	9,28E-05	3,72E-04	0,00E+00	5,40E-07	8,46E-07	0,00E+00

10

ANALYSE

des impacts potentiels du cycle de vie de l'activité d'extraction de granulats à partir de roches meubles et interprétation des résultats

10.1 GRILLE DE LECTURE DES GRAPHIQUES ET TABLEAUX POUR LES GRANULATS ISSUS DE ROCHES MEUBLES

Les composants étudiés ont été assemblés dans les catégories suivantes :

- **poussières sur site** : comprend les poussières émises lors des phases de traitement des granulats. Pour plus de détails, se référer aux hypothèses présentées en Annexe 1 ;
- **eau de process** : comprend les différentes sources de prélèvement d'eau (eau du réseau et eau prélevée dans le milieu naturel) ;
- **énergie** : comprend l'utilisation d'électricité ainsi que la fabrication et la combustion de combustibles fossile ;
 - fioul : comprend la production, la distribution et la combustion du fioul ;
 - électricité : comprend la production, la distribution de l'électricité ;
- **matériel** : comprend les engins fixes (concasseurs, convoyeurs à bande, ...) et mobiles (dumpers, pelleteuses, chargeuses, ...), et les consommables (pneus, lubrifiants, pièce d'usure en acier, ...) mobilisés ;
- **déchets sur site** : comprend les scénarios de fin de vie des déchets du site et la remise à disposition de l'acier dû au recyclage ;
- **immobilisation** : comprend les bâtiments de type préfabriqués, les bâtiments en dur, les hangars métalliques, les sols bétonnés, les sols bitumés et les silos en acier ;
- **roche extraite** : comprend les différents types de roches extraites.

Les graphiques et tableaux suivants représentent la répartition des éléments participant aux différents impacts potentiels étudiés par la norme FDES. Les barres des histogrammes et les lignes des tableaux sont indépendantes. Par conséquent, toute lecture transversale serait erronée. Il faut adopter une lecture impact par impact. Les inventaires de flux au format FDES sont consultables en Annexe 5.

10.2 IMPACT GLOBAL DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MEUBLES

TABLEAU 9

RÉSULTATS CHIFFRÉS DES IMPACTS POTENTIELS

DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MEUBLES

Impacts	Unité	Total	Écart type
Énergie primaire totale	MJ	6,50E+01	
Énergie renouvelable	MJ	5,48E-01	
Énergie non renouvelable	MJ	6,44E+01	
Épuisement de ressources (ADP)	kg éq Sb	1,62E-02	
Consommation d'eau totale	l	2,79E+02	
Déchets éliminés	kg	7,05E-01	
Déchets dangereux	kg	8,21E-03	
Déchets non dangereux	kg	4,53E-01	
Déchets inertes	kg	2,44E-01	
Déchets radioactifs	kg	4,23E-04	
Changement climatique	kg éq CO ₂	2,30E+00	
Acidification atmosphérique	kg éq SO ₂	1,73E-02	
Pollution de l'air	m ³	8,04E+02	
Pollution de l'eau	m ³	2,91E+00	
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg éq CFC-11	2,19E-07	
Formation d'ozone photochimique	kg éq C ₂ H ₄	1,04E-03	
Eutrophisation	Kg éq PO ₄ -	3,97 E -03	

Le Tableau 9 présente les résultats des impacts potentiels du cycle de vie pour la production de granulats issus de roches meubles. Il s'agit de la consolidation pondérée des cycles de vie de chaque site étudié (Tableau 4).

Il est important de rappeler qu'il s'agit de la totalité des impacts potentiels inclus dans le périmètre de l'étude et non uniquement des impacts potentiels sur site.

10.3 ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MEUBLES

10.3.1 Analyse globale des impacts potentiels pour la production d'une tonne de granulats issue de roches meubles

GRAPHIQUE 5

RÉPARTITION DES IMPACTS POTENTIELS

DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MEUBLES

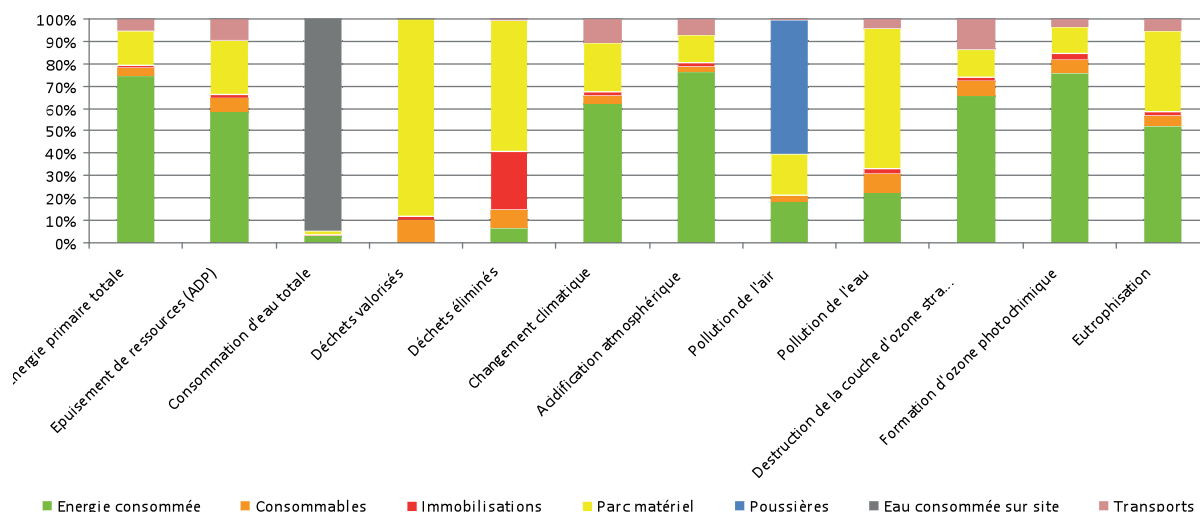


TABLEAU 10

RÉPARTITION DES IMPACTS POTENTIELS

POUR LA FABRICATION D'UNE TONNE DE GRANULATS ISSUE DE ROCHES MEUBLES

Impacts	Unité	Énergie consommée	Consommables	Immobilisations	Parc matériel	Poussières	Eau consommée sur site	Transports
Énergie primaire totale	MJ	4,83E+01	2,34E+00	7,05E-01	1,03E+01	0,00E+00	2,86E-03	3,32E+00
Énergie renouvelable	MJ	3,87E-02	5,78E-02	4,45E-02	3,99E-01	0,00E+00	2,39E-04	8,17E-03
Énergie non renouvelable	MJ	4,83E+01	2,28E+00	6,61E-01	9,86E+00	0,00E+00	2,62E-03	3,31E+00
Épuisement de ressources (ADP)	kg éq Sb	9,50E-03	9,65E-04	2,69E-04	3,96E-03	0,00E+00	7,66E-07	1,55E-03
Consommation d'eau totale	l	8,27E+00	7,87E+01	4,87E-01	5,38E+00	0,00E+00	2,63E+02	3,73E-01
Déchets valorisés	kg	5,81E-04	2,88E-02	4,13E-03	2,51E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Déchets éliminés	kg	4,70E-02	5,88E-02	1,81E-01	4,15E-01	0,00E+00	9,11E-05	2,44E-03
Déchets dangereux	kg	1,78E-04	7,69E-03	2,97E-05	2,26E-04	0,00E+00	5,53E-05	3,13E-05
Déchets non dangereux	kg	1,04E-02	4,66E-02	1,35E-02	3,80E-01	0,00E+00	2,97E-05	1,92E-03
Déchets inertes	kg	3,60E-02	4,52E-03	1,68E-01	3,48E-02	0,00E+00	6,06E-06	4,85E-04
Déchets radioactifs	kg	4,06E-04	2,28E-06	9,59E-07	1,31E-05	0,00E+00	1,03E-08	6,18E-07
Changement climatique	kq éq CO ₂	1,42E+00	9,06E-02	3,43E-02	5,09E-01	0,00E+00	1,21E-04	2,43E-01
Acidification atmosphérique	kq éq SO ₂	1,32E-02	4,02E-04	2,79E-00	2,16E-03	0,00E+00	5,22E-07	1,24E-03
Pollution de l'air	m ³	1,48E+02	1,68E+01	7,69E+00	1,47E+02	4,78E+02	1,27E-02	6,57E-00
Pollution de l'eau	m ³	6,57E-01	2,33E-01	7,83E-02	1,81E-00	0,00E+00	3,69E-04	1,26E-01
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kq éq CFC-11	1,44E-07	1,38E-08	4,68E-09	2,63E-08	0,00E+00	6,15E-12	3,03E-08
Formation d'ozone photochimique	kg éq C ₂ H ₄	7,88E-04	6,09E-05	2,98E-05	1,21E-04	0,00E+00	1,92E-08	3,85E-05
Eutrophisation	kg équivalent PO ₄ ³⁻	2,06E-03	1,98E-04	7,46E-05	1,41E-03	0,00E+00	3,91E-08	2,20E-04



11

ANALYSE

des impacts potentiels du cycle de vie de l'activité de production de granulats recyclés et interprétation des résultats

11.1 GRILLE DE LECTURE DES GRAPHIQUES ET DES TABLEAUX POUR LES GRANULATS RECYCLÉS

Les composants étudiés ont été regroupés dans les catégories suivantes :

- **poussières sur site** : comprend les poussières émises lors des phases de traitement des granulats. Pour plus de détails, se référer aux hypothèses présentées en Annexe 1 ;
- **eau de process** : comprend les différentes sources de prélèvement d'eau (eau du réseau et eau prélevée dans le milieu naturel) ;
- **énergie** : comprend l'utilisation d'électricité ainsi que la fabrication et la combustion de combustibles fossile ;
 - fioul : comprend la production, la distribution et la combustion du fioul ;
 - électricité : comprend la production, la distribution de l'électricité ;
- **matériel** : comprend les engins fixes (concasseurs, convoyeurs à bande, ...) et mobiles (dumpers, pelleteuses, chargeuses, ...), et les consommables (pneus, lubrifiants, pièce d'usure en acier, ...) ;
- **déchets sur site** : comprend les scénarios de fin de vie des déchets du site et la remise à disposition de l'acier dû au recyclage (recyclage des pièces d'usure et de l'acier issu du déferailage) ;
- **immobilisation** : comprend les bâtiments de type préfabriqués, les bâtiments en dur, les hangars métalliques, les sols bétonnés, les sols bitumés et les silos en acier.

Les graphiques et tableaux suivants représentent la répartition des éléments participant aux différents impacts potentiels étudiés par la norme FDES. Chaque barre des histogrammes et ligne des tableaux sont indépendantes. Par conséquent, toute lecture transversale serait erronée. Il faut donc adopter une lecture impact par impact. Les inventaires de flux au format FDES sont consultables en Annexe 5.

11.2 IMPACT GLOBAL DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS RECYCLÉS

TABEAU 11

RÉSULTATS CHIFFRÉS DES IMPACTS POTENTIELS

DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS RECYCLÉS

Impacts	Unité	Total	Écart type
Énergie primaire totale	MJ	4,74E+01	
Énergie renouvelable	MJ	5,39E-01	
Énergie non renouvelable	MJ	4,68E+01	
Épuisement de ressources (ADP)	kg éq Sb	2,04E-02	
Consommation d'eau totale	l	4,8E+01	
Déchets éliminés	kg	4,82 E -01	
Déchets dangereux	kg	1,95E-02	
Déchets non dangereux	kg	4,13E-01	
Déchets inertes	kg	4,97E-02	
Déchets radioactifs	kg	4,53E-05	
Changement climatique	kg éq CO ₂	2,96E+00	
Acidification atmosphérique	kg éq SO ₂	2,67E-02	
Pollution de l'air	m ³	8,07E+02	
Pollution de l'eau	m ³	2,95E+00	
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg éq CFC-11	3,41E-07	
Formation d'ozone photochimique	kg éq C ₂ H ₄	1,84E-03	
Eutrophisation		5,66 E -03	

Le Tableau 11 présente les résultats des impacts potentiels du cycle de vie pour la production d'une tonne de granulats recyclés. Il s'agit de la consolidation pondérée des cycles de vie de chaque site étudié (Tableau 7).

Il est important de rappeler qu'il s'agit de la totalité des impacts potentiels inclus dans le périmètre de l'étude et non uniquement des impacts potentiels sur site.

11.3 ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS RECYCLÉS

11.3.1 Analyse globale des impacts potentiels de la production d'une tonne de granulats recyclés

GRAPHIQUE 6

RÉPARTITION DES IMPACTS POTENTIELS

DE LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE GRANULATS RECYCLÉS

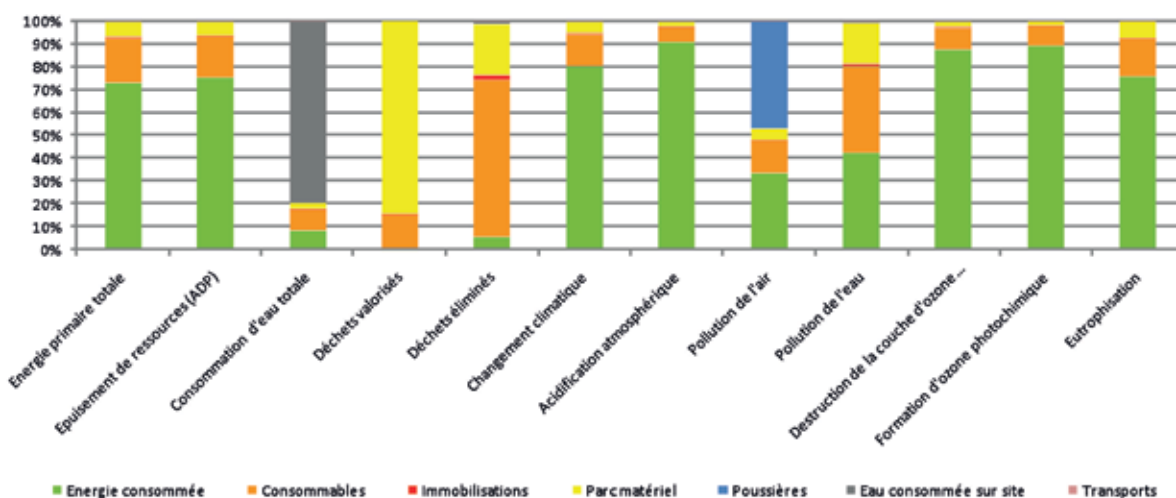


TABLEAU 12

RÉPARTITION DES IMPACTS POTENTIELS

DE LA PRODUCTION DE GRANULATS RECYCLÉS

Impacts	Unité	Energie consommée	Consommables	Immobilisations	Parc matériel	Poussières	Eau consommée sur site	Transports
Énergie primaire totale	MJ	3,45E+01	9,28E+00	5,60E-02	3,17E+00	0,00E+00	2,50E-01	9,02E-02
Énergie renouvelable	MJ	8,02E-02	3,17E-01	1,13E-02	1,09E-01	0,00E+00	2,09E-02	2,22E-04
Énergie non renouvelable	MJ	3,45E+01	8,96E+00	4,46E-02	3,06E+00	0,00E+00	2,29E-01	9,00E-02
Épuisement de ressources (ADP)	kg éq Sb	1,53E-02	3,73E-03	1,73E-05	1,20E-03	0,00E+00	6,69E-05	4,21E-05
Consommation d'eau totale	l	4,05E+00	4,35E+00	2,89E-02	1,54E+00	0,00E+00	3,80E+01	1,01E-02
Déchets valorisés	kg	3,47E-05	1,26E-02	1,19E-04	6,95E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Déchets éliminés	kg	2,60E-02	3,31E-01	1,00E-02	1,07E-01	0,00E+00	7,96E-03	6,62E-05
Déchets dangereux	kg	3,09E-04	1,43E-02	3,23E-06	5,96E-05	0,00E+00	4,83E-03	8,51E-07
Déchets non dangereux	kg	1,89E-02	2,90E-01	2,43E-03	9,95E-02	0,00E+00	2,60E-03	5,22E-05
Déchets inertes	kg	6,77E-03	2,72E-02	7,57E-03	7,64E-03	0,00E+00	5,29E-04	1,32E-05
Déchets radioactifs	kg	3,02E-05	9,69E-06	8,31E-08	4,45E-06	0,00E+00	8,99E-07	1,68E-08
Changement climatique	kq éq CO2	2,37E+00	4,15E-01	2,99E-03	1,55E-01	0,00E+00	1,06E-02	6,61E-03
Acidification atmosphérique	kq éq SO2	2,42E-02	1,76E-03	2,60E-05	6,33E-04	0,00E+00	4,56E-05	3,36E-05
Pollution de l'air	m3	2,71E+02	1,14E+02	7,51E-01	4,04E+01	3,80E+02	1,11E+00	1,79E-01
Pollution de l'eau	m3	1,24E+00	1,12E+00	2,78E-02	5,18E-01	0,00E+00	3,22E-02	3,43E-03
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kq éq CFC-11	2,97E-07	3,32E-08	2,29E-10	9,00E-09	0,00E+00	5,37E-10	8,23E-10
Formation d'ozone photochimique	kg éq C2H4	1,63E-03	1,70E-04	1,28E-06	3,52E-05	0,00E+00	1,68E-06	1,05E-06
Eutrophisation	kg équivalent PO43-	4,27E-03	9,39E-04	1,91E-05	4,22E-04	0,00E+00	3,42E-06	5,99E-06



12

CONCLUSION

À l'heure de l'explosion des coûts des matières premières et de la prise de conscience des enjeux environnementaux globaux, les producteurs de granulats ont un rôle particulier à jouer.

Conscient de cet état de fait, l'ensemble de la profession a intégré, depuis plusieurs années déjà, des démarches environnementales dans ses activités de production. La présente étude s'inscrit dans cette dynamique.

L'étude a pour objectif de mesurer les impacts environnementaux potentiels des différentes productions de granulats en France métropolitaine en 2007. La modélisation a été réalisée grâce à l'outil SimaPro, en respectant la méthode d'analyse de cycle de vie ISO 14 040 & 44 et NF P01-010 spécifique aux produits de construction.

Les indicateurs retenus pour rendre compte des impacts environnementaux potentiels liés à la production de granulats sont ceux proposés par la norme NF P01-010 relative aux fiches de déclaration environnementale et sanitaire. Cette analyse de cycle de vie permet d'avoir une vision d'ensemble des impacts potentiels liés à la production de granulats. Ce nouvel angle de vue pourra permettre aux différents acteurs de la profession une analyse et une prise de décision éclairée.

Globalement, les principaux impacts environnementaux potentiels de la production de granulats sont liés aux consommations énergétiques, au matériel et aux explosifs pour les roches massives.

La prépondérance des impacts potentiels liés aux consommations énergétiques est directement liée au procédé de production qui demande une quantité d'énergie importante. Cette consommation d'énergie pour la production est cependant à relativiser puisqu'un rajout de transport aval routier de 19 km¹⁶ équivaut à doubler la quantité de gaz à effet de serre émise.

Les inventaires de cycle de vie de production des granulats réalisés dans le cadre de cette étude pourront être mis à disposition de la communauté des « ACVistes ». Ceci permettra d'alimenter de futurs travaux et réflexions, notamment en ce qui concerne les ACV de produits faisant intervenir directement ou indirectement du granulat.

Cette démarche développée par l'UNPG est à encourager pour d'autres secteurs industriels. En effet, seule une approche globale, de type ACV, permet de prendre en compte un large panel d'enjeux environnementaux liés à une activité et de gérer globalement l'empreinte environnementale potentielle d'un produit dans une optique de développement durable.

¹⁶D'après la méthode IPCC, 19 t.km en camion 16-32 tonnes équivalent à moins de 2,4 kg eq CO₂



13

BIBLIOGRAPHIE

- Norme NF P01-010
- Fascicule FD P01-015 de données énergie et transport.
- ISO 14040:2006 « Management environnemental -- Analyse du cycle de vie -- Principes et cadre ».
- ISO 14044:2006 « Management environnemental -- Analyse du cycle de vie -- Exigences et lignes directrices »
- Norme XP-P 18-545
- UNPG (Union Nationale des Producteurs de Granulats), le marché des granulats en 2007
- UNICEM, www.unicem-bretagne.fr/fr/content.php?pri=3&sub=2, [18/03/09]
- UNICEM, www.unicem.fr/?IDINFO=405, [07/01/09]
- Encyclopédie Larousse
- INIES « Mieux comprendre la partie environnementale des déclarations environnementales et sanitaires des produits de construction selon la norme NF P01-010 », [19/02/09]
- www.pre.nl/software.htm, [19/02/09]
- ECOINVENT : www.ecoinvent.ch/, [19/02/09]
- MEDATT : www.industrie.gouv.fr/energie/statisti/pdf/bilan2007.pdf [19/02/09]
- ADEME :
- <http://www.convispro.com/ademe-alsace/php/index.php?session=cc97f00994f7caeabe4e39eb179de3cf&mod=1013&ID=11>, [18/03/09].
- Air Liquide : <http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?GasID=41&LanguageID=2&CountryID=19>, [18/03/09].
- Michelin : http://www.michelin.com/corporate/front/templates/affich.jsp?codeRubrique=88&codePage=PAG_COMP_PNEU&lang=FR, [18/03/09].
- American Tire catalogue constructeur : <http://www.americantire.us/ATC-Catalogue.pdf>, [18/03/09].
- US EPA : <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s1902.pdf> (page 6 du document PDF), [18/03/09].
- US EPA : <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>, [18/03/09].



ANNEXES

ANNEXE 1- HYPOTHESES DE MODELISATION

1. EXTRAPOLATION DE DONNÉES

Les données manquantes sur les différents sites ont été extrapolées à partir de valeurs extraites d'un ou plusieurs sites semblables, pondérées si nécessaire par :

- la production de granulats ou
- la masse des engins ou
- la masse du matériel fixe.

Les détails de ces calculs sont disponibles dans le document « DT200911DD_données inventaire UNPG_v2.00.xls »

2. PRODUITS ÉVITÉS : GRANULATS RECYCLÉS

La prise en compte de la remise à disposition de granulats dans la technosphère dans le paragraphe 0 n'est pas envisageable en raison des limites du périmètre de l'étude. La prise en compte de ces impacts potentiels évités nous imposerait de réaliser une autre étude avec un périmètre plus large.

3. DÉCHETS

La modélisation des déchets a été réalisée de la manière suivante :

- lubrifiant : comme étant des déchets dangereux ;
- masse volumique des différents déchets : données ADEME Alsace (<http://www.convispro.com/ademe-alsace/php/index.php?session=cc97f00994f7cae4e39eb179de3cf&mod=1013&ID=11>), [18/03/09] ;
- les autres déchets ont soit été orientés vers les déchets non dangereux ou vers les stocks de matière recyclée.

4. GAZ NATUREL

Masse volumique d'après Air Liquide : 422.62 kg/m³
><http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?GasID=41&LanguageID=2&CountryID=19>, [18/12/09].

5. CONSOMMABLES

Les consommables suivants (achats et déchets) n'ont pas été pris en compte dans la modélisation (cf. :3.2 Frontières du système étudié) :

- consommables engins (lave glace, batteries, filtres, cartouches, ...) ;
- consommables bureau (papier, crayons, classeurs, écran, ...) ;
- vêtements et sécurité (gants, chaussure, casque, ...) ;
- signalisation (panneaux, piquets bois, ...) ;
- quincaillerie (boulonnerie, visserie, ...) ;
- manutention (brouettes, transpalettes, pompes, ...) ;
- hygiène (papier essuie tout, produits nettoyants, ...) ;
- consommables sites (oxygène, acétylène).

6. HUILES

Pour l'ensemble des huiles (lubrification et hydraulique), la donnée Ecoinvent « Lubricating oil, at plant/RER U » a été utilisée.

Pour convertir les volumes d'huile en masse, la masse volumique retenue est 0,87 kg/l (Source : documentation technique ESSO Huile Hydraulique AW).

7. PNEUMATIQUES

Composition d'un pneu :

http://www.michelin.com/corporate/front/templates/affich.jsp?codeRubrique=88&codePage=PAG_COMP_PNEU&lang=FR, [18/03/09].

Poids moyen d'un pneu de chantier : 430 kg

<http://www.american tire.us/ATC-Catalogue.pdf>, [18/03/09].

8. PIÈCES D'USURE EN ACIER

L'acier considéré pour les pièces d'usure est élaboré à partir de 63 % de matière issue du recyclage (acier secondaire) et de 37 % de matière première primaire (acier primaire).

Source : BILAN DU RECYCLAGE 1996-2005, ADEME, décembre 2006.

La totalité des pièces d'usure en acier a été considérée comme orientée vers une filière de recyclage adaptée.

La totalité de l'acier issu du déferailage des bétons est orientée vers une filière de recyclage adaptée.

9. TRANSPORT DES CONSOMMABLES

Le transport amont des consommables (huile, pneumatiques, pièces d'usure) n'a pas été pris en compte.

10. TRANSPORT DES DÉCHETS

Le transport des déchets est considéré sur la base d'une hypothèse de 42 km parcourus avant arrivée au site de traitement.

Source : ADEME 97-03-DOC

11. RÉAMÉNAGEMENT

Nous avons tenu compte dans la modélisation des différents types de réaménagement tels qu'ils ont été relevés sur les questionnaires (plans d'eau, forêts, ...).

Les données relatives à l'énergie nécessaire pour le réaménagement du site sont issues des données collectées.

En cas d'absence de données, la base de données Ecoinvent est utilisée. Celle-ci considère une consommation de fioul de 7,44 MJ par mètre carré réaménagé.

La surface réaménagée en 2007 a été obtenue de la manière suivante :

$$\frac{\text{Extraction 2007 (m}^3\text{)} * \text{Surface totale autorisée (m}^2\text{)}}{\text{Gisement total (m}^3\text{)}}$$

12. MODÉLISATION DES POUSSIÈRES

Afin de modéliser les poussières, nous avons utilisé le document référence de l'US EPA suivant : AP42, Ve édition, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol. 1: Stationary Point and Area Sources*.

Chapitre 11 : Mineral Products Industry
Section 2 ; Crushed stone processing and Pulverized Minerals

Ce document est disponible à l'adresse :

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s1902.pdf> (page 6 du document PDF), [18/03/09].

L'ensemble de l'AP42 est disponible à :

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>, [18/03/09].

Les facteurs utilisés sont concassage (tertiary crushing) et criblage (screening) pour l'ensemble des sites, auxquels s'ajoutent l'utilisation de convoyeur (conveyor transfer point) et/ou déchargement de tombereau (truck unloading) pour les carrières de roches meubles et massives, suivant le(s) mode(s) de transport interne utilisé(s) par chaque carrière.

La formule utilisée est :

$$P = T * (F1 + F2 + X * F3 + (1-X) * F4)$$

avec

P : l'émission de poussières (kg)

T : le tonnage de granulats (t)

F1 : le facteur du concassage (0,0027 kg/t)

F2 : le facteur du criblage (0,0125 kg/t)

F3 : le facteur du déchargement de convoyeur (0,0015 kg/t)

F4 : le facteur du déchargement des tombereaux (0,00005 kg/t)¹⁷

X : la part de transport interne effectué par convoyeur (et 1-X la part effectuée par tombereaux).

Pour cette étude, les PM (totales) ont été considérées. Il est intéressant de souligner que les PM 10 et PM 2,5 sont incluses dans les PM (totales).

¹⁷ L'absence de facteur disponible pour les poussières totales pour « truck unloading », les données PM-10 ont été utilisées

13. TRANSPORT DES ENGINS

Le transport des engins jusqu'au site de production (chargeuses, concasseurs, ...) n'a pas été pris en compte.

14. FIN DE VIE ENGINES ET BÂTIMENTS

La fin de vie des engins a été prise en compte.

La fin de vie des bâtiments n'a pas été prise en compte dans la modélisation.

15. EXPLOSIFS

L'utilisation d'explosifs a été modélisée par défaut à partir de la fiche Ecoinvent « blasting ».

Sont incluses la production des matières premières pour la fabrication de l'explosif type Tovex et les émissions lors de l'explosion.

16. EAU DE PROCESS

L'eau de process comprend les différentes sources de prélèvement d'eau pour la production de granulats, à savoir :

- l'eau du réseau
- l'eau prélevée au milieu naturel.

17. DURÉE DE VIE DES ENGINES ET DES BÂTIMENTS

La durée de vie du matériel fixe et mobile est fixée à 15 ans.

La durée de vie des bâtiments est fixée à 25 ans

ANNEXE 2 - PRISE EN COMPTE DES IMPACTS ÉVITÉS PAR LE RECYCLAGE

La norme prise en compte des impacts évités par le recyclage FD P 01-010 préconise pour la fin de vie l'utilisation de la méthode des stocks c'est-à-dire que les impacts du recyclage ne sont considérés que jusqu'à un stock de matière recyclée. La méthode des stocks ne permet malheureusement pas d'attribuer de bénéfices au producteur de déchets qui les oriente vers le recyclage et, par conséquent, n'encourage pas forcément cette pratique. Cependant, l'utilisateur de cette matière recyclée bénéficiera d'une matière n'ayant pas d'impacts, ce qui influencera positivement son bilan environnemental.

Cette méthode n'est réellement pertinente que dans les boucles de recyclage fermées (cas de figure où le déchet recyclé sert pour produire exactement le même matériau). Le groupe de travail a donc souhaité élargir le champ de vision de la méthode des stocks en appliquant la méthode des impacts évités. Cette méthode a pour avantage de pouvoir rendre compte de l'intérêt du recyclage pour le producteur de matière recyclée. En effet, dans le cas où la demande en matière recyclée est plus forte que l'offre, il est d'usage que le fournisseur de matière recyclée soit favorisé car il apporte un service à l'environnement. À l'inverse, l'utilisateur de matière recyclée ne fait que priver un autre consommateur.

PRISE EN COMPTE DES IMPACTS ÉVITÉS POUR LES GRANULATS ISSUS DE ROCHE MASSIVE

TABLEAU 13

COMPARAISON DES IMPACTS GLOBAUX

POUR UNE TONNE DE GRANULATS ISSUS DE ROCHE MASSIVE ENTRE LA MÉTHODE DES STOCKS ET LA MÉTHODE DES IMPACTS ÉVITÉS

Impacts	Unité	Total avec impacts évités	Total avec méthode des stocks	Réduction d'impact
Énergie primaire totale	MJ	5,73E+01	6,09E+01	-6 %
Énergie renouvelable	MJ	5,43E-01	7,11E-01	-24 %
Énergie non renouvelable	MJ	5,67E+01	6,02E+01	-6 %
Épuisement de ressources (ADP)	kg éq Sb	1,51E-02	1,68E-02	-10 %
Consommation d'eau totale	l	2,59E+01	2,76E+01	-6 %
Déchets valorisés	kg	1,61E-02	1,34E-01	-88 %
Déchets éliminés	kg	1,66E-01	3,87E-01	-57 %
Déchets dangereux	kg	8,77E-03	8,82E-03	-1 %
Déchets non dangereux	kg	3,34E-02	2,39E-01	-86 %
Déchets inertes	kg	1,23E-01	1,39E-01	-12 %
Déchets radioactifs	kg	3,48E-04	3,48E-04	0 %
Changement climatique	kg éq CO ₂	2,38E+00	2,57E+00	-7 %
Acidification atmosphérique	kg éq SO ₂	6,07E-02	6,15E-02	-1 %
Pollution de l'air	m ³	1,02E+03	1,09E+03	-6 %
Pollution de l'eau	m ³	2,20E+00	2,30E+00	-4 %
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg éq CFC-11	2,63E-07	2,66E-07	-1 %
Formation d'ozone photochimique	kg éq C ₂ H ₄	3,97E-03	4,00E-03	-1 %
Eutrophisation	kg éq PO ₄ -	1,14E-02	1,18E-02	-3 %

PRISE EN COMPTE DES IMPACTS ÉVITÉS POUR LES GRANULATS ISSUS DE ROCHE MEUBLE

TABLEAU 14

COMPARAISON DES IMPACTS GLOBAUX

POUR UNE TONNE DE GRANULATS ISSUS DE ROCHE MEUBLE ENTRE LA
MÉTHODE DES STOCKS ET LA MÉTHODE DES IMPACTS ÉVITÉS

Impacts	Unité	Total avec impacts évités	Total avec méthode des stocks	Réduction d'impact
Énergie primaire totale	MJ	5,64E+01	6,50E+01	-13 %
Énergie renouvelable	MJ	1,52E-01	5,48E-01	-72 %
Énergie non renouvelable	MJ	5,62E+01	6,44E+01	-13 %
Épuisement de ressources (ADP)	kg éq Sb	1,25E-02	1,62E-02	-23 %
Consommation d'eau totale	l	2,75E+02	2,79E+02	-1 %
Déchets valorisés	kg	8,06E-03	2,84E-01	-97 %
Déchets éliminés	kg	1,83E-01	7,06E-01	-74 %
Déchets dangereux	kg	8,07E-03	8,21E-03	-2 %
Déchets non dangereux	kg	-3,11E-02	4,53E-01	-107 %
Déchets inertes	kg	2,06E-01	2,44E-01	-16 %
Déchets radioactifs	kg	4,22E-04	4,23E-04	0 %
Changement climatique	kg éq CO ₂	1,86E+00	2,30E+00	19 %
Acidification atmosphérique	kg éq SO ₂	1,55E-02	1,73E-02	-10 %
Pollution de l'air	m ³	6,34E+02	8,04E+02	-21 %
Pollution de l'eau	m ³	2,69E+00	2,91E+00	-8 %
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg éq CFC-11	2,13E-07	2,19E-07	-3 %
Formation d'ozone photochimique	kg éq C ₂ H ₄	9,82E-04	1,04E-03	-6 %
eutrophisation	kg éq PO ₄ ³⁻	2,96E-03	3,97E-03	-25 %

PRISE EN COMPTE DES IMPACTS ÉVITÉS POUR LES GRANULATS RECYCLÉS

TABLEAU 15

COMPARAISON DES IMPACTS GLOBAUX

POUR UNE TONNE DE GRANULATS RECYCLÉS ENTRE LA MÉTHODE
DES STOCKS ET LA MÉTHODE DES IMPACTS ÉVITÉS

Impacts	Unité	Total avec impacts évités	Total avec méthode des stocks	Réduction d'impact
Énergie primaire totale	MJ	-7,61E+00	4,74E+01	-116 %
Énergie renouvelable	MJ	-2,01E+00	6,39E-01	-415 %
Énergie non renouvelable	MJ	-5,61E+00	4,68E+01	-112 %
Épuisement de ressources (ADP)	kg éq Sb	-3,93E-03	2,04E-02	-119 %
Consommation d'eau totale	l	2,24E+01	4,80E+01	-53 %
Déchets valorisés	kg	1,79E+00	1,79E+00	-0 %
Déchets éliminés	kg	-2,87E+00	4,82E-01	-695 %
Déchets dangereux	kg	1,86E-02	1,95E-02	-5 %
Déchets non dangereux	kg	-2,70E+00	4,13E-01	-754 %
Déchets inertes	kg	-1,90E-01	4,97E-02	-482 %
Déchets radioactifs	kg	4,36E-05	4,53E-05	-4 %
Changement climatique	kg éq CO ₂	1,27E+01	2,96E+00	-96 %
Acidification atmosphérique	kg éq SO ₂	1,54E-02	2,67E-02	-42 %
Pollution de l'air	m ³	-2,82E-02	8,07E+02	-100 %
Pollution de l'eau	m ³	1,53E+00	2,95E+00	-48 %
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg éq CFC-11	3,06E-07	3,41E-07	-10 %
Formation d'ozone photochimique	kg éq C2H4	1,48E-03	1,84E-03	-20 %
eutrophisation	kg éq PO43-	-8,59E-04	5,66E-03	-115 %

La comparaison de la méthode des stocks et de la méthode des impacts évités a pour intérêt de présenter les limites de la méthode des stocks (utilisée conformément à la norme NF P 01-010) dans le cas des boucles de recyclage ouvertes. Enfin, cette comparaison est intéressante car elle permet de montrer le réel intérêt de la valorisation matière, notamment de l'acier.

ANNEXE 3 – DONNÉES D'ENTRÉES PONDÉRÉES

	Unit	Quantité/tonne de granulat par annuité - Roches massives	Quantité/tonne de granulat par annuité - Roches meubles	Quantité/tonne de granulat par annuité - Granulats recyclés
Roche extraite				
Calcaire	t	3,24E-01	5,10E-01	0,00E+00
Granite	t	1,27E-01	0,00E+00	0,00E+00
Quartzite	t	3,69E-01	0,00E+00	0,00E+00
Cornéenne	t	2,07E-01	0,00E+00	0,00E+00
Dolérite	t	1,52E-02	0,00E+00	0,00E+00
Silice	t	0,00E+00	5,34E-01	0,00E+00
Approvisionnement Tout-venant				
Granulat	t	0,00E+00	1,05E-01	0,00E+00
Roche brute	t	0,00E+00	4,38E-02	0,00E+00
Consommation d'énergie				
Fioul	l	5,27E-01	3,65E-01	7,32E-01
	t	4,48E-04	3,10E-04	6,22E-04
Diesel	l	1,82E-02	4,59E-04	5,65E-00
	t	1,55E-05	3,90E-07	4,81E-03
Combustion fioul + diesel	MJ	1,98E-01	1,33E-01	2,32E-02
Essence	l	1,70E-05	1,27E-04	0,00E+00
	t	1,28E-08	9,50E-08	0,00E+00
Combustion essence	MJ	5,46E-04	4,07E-03	0,00E+00
Electricité site	kWh	2,54E-00	3,10E-00	1,85E-01
Gaz naturel	t	6,79E-07	0,00E+00	0,00E+00
Consommation d'eau (eau de process)				
Eau de milieu	t	8,79E-03	2,63E-01	5,21E-05
Eau du robinet	t	5,31E-03	3,84E-04	3,35E-02
Consommables				
Huiles et graisses	t	7,26E-06	7,59E-06	1,41E-05
Bandes de convoyeur (caoutchouc)	m	1,70E-04	4,85E-04	1,28E-04
Acier (pièces d'usures)	t	5,17E-05	2,33E-05	1,95E-04
Chaux	t	1,64E-05	0,00E+00	0,00E+00
Polyuréthane (grilles de cribles)	t	1,94E-08	5,67E-07	2,08E-06
Pneumatiques	t	1,52E-05	5,50E-06	1,62E-05
Explosifs	t	1,17E-04	0,00E+00	0,00E+00
Parc matériel				
Matériel mobile total	t	4,67E-04	5,45E-04	2,30E-03
Matériel mobile	t/an	3,11E-05	3,56E-05	1,53E-04
Matériel fixe total	t	4,57E-04	1,91E-03	6,22E-04
Matériel fixe	t/an	3,04E-05	1,27E-04	4,15E-05
Convoyeur à bandes total	m	4,68E-05	2,51E-03	2,54E-06
Convoyeur à bandes	m/an	3,12E-06	1,67E-04	1,70E-07

Immobilisations				
Bâtiments modulaires total	m ²	1,25E-04	2,05E-04	2,66E+05
	m ² /an	5,00E-06	9,69E-06	1,07E-06
Silo acier total	t	3,87E-05	2,29E-05	0,00E+00
	t/an	1,55E-06	9,16E-07	0,00E+00
Hangar total	m ²	8,20E-04	1,50E-03	2,80E-05
	m ² /an	3,28E-05	6,01E-05	1,12E-06
Bâtiments type habitation total	m ²	2,74E-04	8,72E-05	8,76E-05
	m	2,93E-06	3,41E-06	3,93E-06
	m ³ /an	3,92E-06	1,44E-05	1,05E-05
Surfaces bétonnées total	m ²	2,58E-04	2,08E-03	3,26E-05
	m ² /an	1,03E-05	8,32E-05	1,30E-06
Surfaces bitumées total	m ²	1,41E-03	5,19E-03	6,51E-05
	m ² /an	5,64E-05	2,08E-04	2,61E-06
Transports internes				
Transport routier interne	km	0,00E+00	0,00E+00	
	l (diesel)	0,00E+00	6,33E-02	0,00E+00
Transport consommables	km	0,00E+00		
	l (diesel)	2,17E-04	4,33E-05	2,33E-04
Transport tout-venant	km	0,00E+00	0,00E+00	
	l (diesel)	0,00E+00	3,39E-02	0,00E+00
Déchets de consommables - Fin de vie (Remarque : cette section présente la fin de vie des déchets consommables et de ferrailles extraites du matériau entrant)				
Déchets dangereux	t	7,26E-06	7,59E-06	1,41E-05
Incinération huiles	t	7,26E-06	7,59E-06	1,41E-05
Déchets inertes	t	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Déchets non dangereux	t	6,86E-05	3,45E-06	1,72E-03
Enfouissement Bandes de convoyeur	t	1,70E-06	4,85E-06	1,28E-06
Enfouissement PU	t	1,94E-08	5,67E-07	2,08E-06
Recyclage acier (ferrailles extraites du matériau entrant+ pièces d'usures)	t	5,17E-05	2,33E-05	1,71E-03
Recyclage pneumatiques	t	1,52E-05	5,50E-06	1,26E-05
Total déchets	t	7,58E-05	4,18E-05	1,74E-03
Transports déchets	t	1,02E-05		
	t	8,24E-05	4,54E-05	1,89E-03
Poussières	t	1,58E-05	1,91E-05	1,52E-05

ANNEXE 4 – MATRICE DE WEIDEMA ET WESNAES

GRILLE DE LECTURE DE LA MATRICE

Score de qualité	1	2	3	4	5
Fiabilité	Données vérifiées basées sur des mesures	Données vérifiées partiellement basées sur des hypothèses ou données non vérifiées basées sur des mesures	Données non vérifiées, partiellement basées sur des hypothèses	Estimation qualifiée (par exemple par un expert industriel)	Estimation non qualifiée
Exhaustivité	Données représentatives d'un échantillon suffisant d'entreprises sur une période adéquate	Données représentatives d'un petit nombre d'entreprises mais pour des périodes adéquates	Données représentatives pour un nombre adéquat d'entreprises mais pour des périodes plus courtes	Données représentatives mais pour un petit nombre d'entreprises et pour des courtes périodes ou données incomplètes pour un nombre adéquat d'entreprises et périodes	Représentativité inconnue ou données incomplètes provenant d'un petit nombre d'entreprises et/ou pour des périodes plus courtes
Corrélation temporelle	Moins de 3 ans de différence avec l'année d'étude	Moins de 6 ans de différence	Moins de 10 ans de différence	Moins de 15 ans de différence	Âge des données inconnu ou plus de 15 ans de différence
Corrélation géographique	Données de la zone à l'étude	Données moyennes d'une zone plus large dans laquelle la zone à l'étude est incluse	Données d'une zone ayant des conditions similaires	Données d'une zone ayant des conditions légèrement similaires	Données d'une zone inconnue ou zone avec des conditions de production très différentes
Corrélation technologique	Données d'entreprises, de processus et de matériaux à l'étude	Données de processus et matériaux à l'étude mais de différentes entreprises	Données de processus et matériaux à l'étude mais de différentes technologies	Données sur processus ou matériaux relatifs mais de technologies identiques	Données sur processus ou matériaux relatifs mais de technologies différentes
Taille de l'échantillon	> 100, mesures continues	> 20	> 10	> 3	inconnu

ANALYSE DE DONNÉES AVEC LA MATRICE

	Unité	Fiabilité	Exhaustivité	Corrélation temporelle	Corrélation géographique	Corrélation technologique	Taille de l'échantillon
Production	t	1	2	1	1	1	2
Eau du milieu	t	4	2	1	1	1	2
Eau du robinet	t	1	2	1	1	1	2
Calcaire	t	2	2	1	1	1	2
Granite	t	2	2	1	1	1	2
Quartzite	t	2	2	1	1	1	2
Cornéenne	t	2	2	1	1	1	2
Dolérite	t	2	2	1	1	1	2
Silice	t	2	2	1	1	1	2
Fioul masse	t	1	2	1	1	1	2
Diesel masse	t	1	2	1	1	1	2
Combustion fioul + diesel	MJ	1	2	1	1	1	2
Essence masse	t	1	2	1	1	1	2
Combustion essence	MJ	1	2	1	1	1	2
Électricité	kWh	1	2	1	1	1	2
Gaz naturel	t	1	2	1	1	1	2
Huiles et graisses	t	2	2	1	1	1	2
Bandes de convoyeur	m	2	2	1	1	1	2
Acier (pièces d'usures)	t	2	2	1	1	1	2
Chaux	t	1	2	1	1	1	2
Polyuréthane (grilles de) cribles)	t	2	2	1	1	1	2
Pneumatiques	t	2	2	1	1	1	2
Explosifs	t	1	2	1	1	3	2
Matériel mobile	t/an	1	2	1	1	1	2
Matériel fixe	t/an	1	2	1	1	1	2
Convoyeur à bandes	m/an	1	2	1	1	1	2
Bâtiments modulaires	m²/an	1	2	1	1	1	2
Silo acier	t/an	1	2	1	1	1	2
Hangar	m²/an	1	2	1	1	1	2
Bâtiment type habitation	m³/an	1	2	1	1	1	2
Surfaces bétonnées	m²/an	1	2	1	1	1	2
Surfaces bitumées	m²/an	1	2	1	1	1	2
Transport routier interne	l	1	2	1	1	1	2
Enfouissement DIB	t	3	2	1	1	1	2
Incinération DIB	t	3	2	1	1	1	2
Incinération huiles	t	3	2	1	1	1	2
Fin de vie DD	t	3	2	1	1	1	2
Fin de vie des inertes	t	3	2	1	1	1	2
Recyclage acier	t	1	2	1	1	1	2
Recyclage papiers	t	3	2	1	1	1	2
Recyclage plastiques	t	3	2	1	1	1	2
Recyclage bois	t	3	2	1	1	1	2
Déchets total	t	3	2	1	1	1	2
Transport déchets	l	2	2	1	1	1	2
Poussières	t	3	2	1	1	1	2

ANNEXE 5 - INVENTAIRE DES FLUX AU FORMAT FDES

TABLEAU 16

TABLEAU D'INVENTAIRES DES FLUX AU FORMAT FDES

Flux	Unité	Mise à disposition de granulats issus de roches massives (1 tonne)	Mise à disposition de granulats issus de roches meubles (1 tonne)	Mise à disposition de granulats recyclés (1 tonne)
Consommation de ressources naturelles énergétiques				
Bois	kg	1,05E-02	6,08E-03	3,76E-03
Charbon	kg	1,92E-01	3,53E-01	1,43E-01
Lignite	kg	4,07E-02	6,11E-02	3,62E-02
Gaz naturel	kg	1,12E-01	1,19E-01	5,88E-02
Pétrole	kg	5,78E-01	4,88E-01	7,33E-01
Uranium (U)	kg	4,59E-05	5,67E-05	4,63E-06
Indicateurs énergétiques				
Énergie primaire totale	MJ	5,98E+01	6,55E+01	3,95E+01
Énergie renouvelable	MJ	2,06E+00	2,21E+00	3,21E-01
Énergie non renouvelable	MJ	5,78E+01	6,33E+01	3,91E+01
Énergie procédé	MJ	5,89E+01	6,49E+01	3,84E+01
Énergie matière	MJ	9,45E-01	6,06E-01	1,05E+00
Électricité (1)	kWh	2,53E+00	3,12E+00	1,81E-01
Consommation de ressources naturelles non énergétiques				
Antimoine (Sb)	kg			
Argent (Ag)	kg			
Argile	kg	1,93E-02	1,48E-02	7,64E-03
Arsenic (As)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Bauxite (Al ₂ O ₃)	kg	6,08E-02	5,71E-02	3,77E-03
Bentonite	kg	1,43E-03	3,67E-03	1,89E-03
Bismuth (Bi)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Bore (B)	kg			
Cadmium (Cd)	kg	1,83E-06	3,26E-06	1,40E-06
Calcaire	kg	3,24E+02	5,38E+02	1,50E-04
Carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Chlorure de potassium (KCl)	kg	2,61E-05	1,86E-05	7,29E-06
Chlorure de sodium (NaCl)	kg	3,57E-03	4,15E-03	2,29E-03
Chrome (Cr)	kg	5,07E-04	1,71E-03	5,40E-04
Cobalt (Co)	kg			
Cuivre (Cu)	kg	8,44E-04	9,53E-04	6,45E-04
Dolomie	kg	2,69E-04	7,08E-04	3,56E-04
Étain (Sn)	kg	2,77E-05	6,49E-05	4,06E-05
Feldspath	kg			
Fer (Fe)	kg	1,14E-01	2,95E-01	1,52E-01
Fluorite (CaF ₂)	kg	5,07E-05	5,57E-05	2,32E-05
Roche massive	kg	7,19E+02	0,00E+00	0,00E+00
Roche meuble	kg	0,00E+00	5,12E+02	0,00E+00

Flux	Unité	Mise à disposition de granulats issus de roches massives (1 tonne)	Mise à disposition de granulats issus de roches meubles (1 tonne)	Mise à disposition de granulats recyclés (1 tonne)
Gravier	kg	0,00E+00	0,00E+00	5,49E-02
Lithium (Li)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Kaolin (Al ₂ O ₃ , 2SiO ₂ , 2H ₂ O)	kg	9,11E-04	6,93E-06	2,96E-06
Magnésium (Mg)	kg	4,56E-04	1,17E-03	6,12E-04
Manganèse (Mn)	kg	5,58E-04	2,24E-03	6,67E-04
Mercure (Hg)	kg			
Molybdène (Mo)	kg	6,05E-04	2,39E-03	7,17E-04
Nickel (Ni)	kg	2,89E-03	9,52E-03	3,42E-03
Or (Au)	kg			
Palladium (Pd)	kg			
Platine (Pt)	kg			
Plomb (Pb)	kg	9,50E-06	3,17E-05	8,76E-06
Rhodium (Rh)	kg			
Rutile (TiO ₂)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sable	kg	8,07E-04	9,92E-04	6,63E-05
Silice (SiO ₂)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Soufre (S)	kg	2,87E-06	7,20E-06	2,37E-06
Sulfate de baryum (BaSO ₄)	kg	3,52E-04	3,27E-04	2,48E-04
Titane (Ti)	kg	2,05E-05	3,11E-05	1,33E-05
Tungstène (W)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Vanadium (V)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zinc (Zn)	kg	4,39E-04	5,22E-04	1,09E-04
Zirconium	kg			
Matières premières végétales non spécifiées avant	kg	3,73E-05	6,12E-06	3,02E-06
Matières premières animales non spécifiées avant	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Produits intermédiaires non remontés (total)	kg	7,05E-02	1,13E-01	5,63E-02
Consommation d'eau				
Eau : lac	l	1,23E+00	1,02E-01	8,00E+00
Eau : mer	l	2,08E-01	2,46E-01	1,63E-01
Eau : nappe phréatique	l	2,78E+00	7,70E-01	1,63E+01
Eau : origine non spécifiée	l	1,87E+01	2,80E+02	5,88E+00
Eau : rivière	l	4,19E+00	2,09E+00	2,09E+01
Eau potable (réseau)	l	1,65E-04	2,03E-04	1,18E-05
Eau consommée (total)	l	2,71E+01	2,84E+02	5,13E+01
Consommation d'énergie et de matière récupérées				
Energie récupérée	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : total	kg	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+03
Matière récupérée : acier	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : aluminium	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : métal (non spécifié)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : papier-carton	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : plastique	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : calcin	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : biomasse	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : minérale	kg	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+03
Matière récupérée : non spécifiée	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Flux	Unité	Mise à disposition de granulats issus de roches massives (1 tonne)	Mise à disposition de granulats issus de roches meubles (1 tonne)	Mise à disposition de granulats recyclés (1 tonne)
Émissions dans l'air				
Hydrocarbures (non spécifiés)	g	6,87E-02	1,01E-01	5,93E-02
Hydrocarbures (non spécifiés excepté méthane)	g	3,93E+00	3,74E+00	5,02E+00
HAP (Hydrocarbures aromatiques polycycliques)	g	5,23E-05	3,82E-05	2,60E-05
Méthane (CH ₄)	g	3,88E+00	4,44E+00	4,09E+00
Composé organiques volatils (par exemple acétone, acétate, etc.)	g	7,37E+00	4,36E-01	3,57E-01
Dioxyde de carbone (CO ₂)	g	2,29E+03	2,29E+03	2,54E+03
Monoxyde de carbone (CO)	g	1,37E+01	9,83E+00	4,91E+00
Oxydes d'azote (NO _x en NO ₂)	g	4,21E+01	6,77E+00	3,01E+00
Protoxyde d'azote (N ₂ O)	g	4,06E-01	7,44E-02	4,05E-02
Ammoniaque (NH ₃)	g	7,09E+00	1,08E-01	2,58E-02
Poussières (non spécifiées)	g	1,80E+01	1,72E+01	1,71E+01
Oxydes de soufre (SO _x en SO ₂)	g	4,28E+00	4,30E+00	3,83E+00
Hydrogène sulfureux (H ₂ S)	g	1,96E-02	5,40E-02	2,02E-02
Acide cyanhydrique (HCN)	g	3,16E-06	3,89E-06	
Composés chlorés organiques (en Cl)	g	7,22E-05	3,29E-05	1,68E-05
Acide chlorhydrique (HCl)	g	3,17E-02	5,79E-02	1,76E-02
Composés chlorés inorganiques (en Cl)	g	1,93E-03	2,94E-03	1,79E-03
Composés chlorés non spécifiés (en Cl)	g			
Composés fluorés organiques (en F)	g	3,90E-03	2,83E-03	3,38E-04
Composés fluorés inorganiques (en F)	g	7,49E-03	5,77E-03	3,31E-03
Composés halogénés (non spécifiés)	g	4,79E-04	6,16E-04	1,80E-04
Cadmium et ses composés (en Cd)	g	1,16E-04	1,26E-04	8,88E-05
Chrome et ses composés (en Cr)	g	1,86E-03	6,09E-03	1,95E-03
Cobalt et ses composés (en Co)	g	1,08E-04	2,11E-04	9,40E-05
Cuivre et ses composés (en Cu)	g	1,09E-03	1,52E-03	8,50E-04
Étain et ses composés (en Sn)	g	1,12E-04	1,77E-04	8,81E-05
Manganèse et ses composés (en Mn)	g	3,12E-04	6,88E-04	3,08E-04
Mercuré et ses composés (en Hg)	g	1,55E-04	3,57E-04	1,96E-04
Nickel et ses composés (en Ni)	g	1,42E-03	1,59E-03	1,13E-03
Plomb et ses composés (en Pb)	g	1,41E-03	2,55E-03	1,30E-03
Sélénium et ses composés (en Se)	g	7,14E-05	8,11E-05	3,93E-05
Tellure et ses composés (en Te)	g	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Zinc et ses composés (en Zn)	g	3,18E-03	1,76E-02	3,12E-03
Vanadium et ses composés (en V)	g	3,10E-03	2,36E-03	2,24E-03
Silicium et ses composés (en Si)	g	2,14E-02	2,86E-02	4,28E-03
Antimoine et ses composés (en Sb)	g	3,15E-05	3,58E-05	2,23E-05
Arsenic et ses composés (en As)	g	2,85E-04	3,76E-04	2,10E-04
Chrome hexavalent (en Cr)	g	4,33E-05	1,43E-04	4,41E-05
Métaux non spécifiés	g	1,78E+01	1,43E-01	6,02E-02
Métaux alcalins et alcalino-terreux	g	2,88E-03	4,49E-03	2,18E-03

Flux	Unité	Mise à disposition de granulats issus de roches massives (1 tonne)	Mise à disposition de granulats issus de roches meubles (1 tonne)	Mise à disposition de granulats recyclés (1 tonne)
Émissions dans l'eau				
DCO (Demande chimique en oxygène)	g	1,61E+00	2,11E+00	1,42E+00
DBO5 (Demande biochimique en oxygène à 5 jours)	g	9,23E-01	1,08E+00	8,04E-01
Matière en suspension (MES)	g	2,69E-01	3,88E-01	1,56E-01
Cyanure (CN-)	g	1,04E-03	2,57E-03	1,06E-03
AOX (Halogènes des composés organiques absorbables)	g	1,03E-04	9,59E-06	4,97E-06
Hydrocarbures (non spécifiés)	g	9,75E-01	8,35E-01	1,19E+00
Composés azotés (en N)	g	1,94E-01	1,20E-01	1,70E-01
Composés phosphorés (en P)	g	3,17E-02	7,25E-02	3,64E-02
Composés fluorés organiques (en F)	g	5,24E-04	4,37E-04	7,05E-04
Composés fluorés inorganiques (en F)	g	1,11E-03	5,73E-04	4,20E-05
Composés fluorés non spécifiés (en F)	g	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Composés chlorés organiques (en Cl)	g	4,72E-05	5,13E-05	3,82E-05
Composés chlorés non spécifiés (inorganiques)	g	4,91E+01	1,25E+02	6,33E+01
HAP (non spécifiés)	g	7,02E-04	5,55E-04	9,17E-04
Métaux (non spécifiés)	g	1,68E+01	1,42E+01	2,20E+01
Métaux alcalins et alcalino-terreux	g	3,63E+00	3,79E+00	3,58E+00
Aluminium et ses composés (en Al)	g	5,34E-01	5,46E-01	3,82E-01
Arsenic et ses composés (en As)	g	4,04E-05	4,19E-05	2,87E-05
Cadmium et ses composés (en Cd)	g	3,81E-05	3,34E-05	4,65E-05
Chrome et ses composés (en Cr)	g	2,68E-04	4,11E-04	2,84E-04
Chrome hexavalent (chromates...)	g	2,14E-02	5,19E-02	2,62E-02
Cuivre et ses composés (en Cu)	g	8,21E-05	7,32E-05	9,57E-05
Étain et ses composés (en Sn)	g	1,30E-05	2,24E-05	1,23E-05
Fer et ses composés (en Fe)	g	2,41E-02	2,72E-02	9,56E-03
Mercuré et ses composés (en Hg)	g	3,27E-05	9,54E-05	4,20E-05
Nickel et ses composés (en Ni)	g	1,50E-04	1,36E-04	1,64E-04
Plomb et ses composés (en Pb)	g	1,56E-03	4,11E-03	7,62E-04
Zinc et ses composés (en Zn)	g	2,96E-04	2,84E-04	2,82E-04
Eau rejetée	l	2,08E+00	1,43E+00	2,67E+00
Émissions dans le sol				
Arsenic et ses composés (en As)	g			
Biocides (2)	g	2,71E-03	1,07E-03	8,98E-04
Cadmium et ses composés (en Cd)	g			
Chrome et ses composés (en Cr)	g	1,20E-05	9,16E-06	8,35E-06
Chrome hexavalent (chromates...)	g	1,64E-04	6,06E-05	3,73E-05
Cuivre et ses composés (en Cu)	g	1,22E-04	4,03E-05	2,51E-05
Étain et ses composés (en Sn)	g			
Fer et ses composés (en Fe)	g	2,44E-02	2,88E-02	1,43E-02
Plomb et ses composés (en Pb)	g	4,89E-06	1,68E-06	
Mercuré et ses composés (en Hg)	g			
Nickel et ses composés (en Ni)	g	3,44E-06		
Zinc et ses composés (en Zn)	g	1,84E-04	9,18E-05	5,81E-05
Métaux lourds (non spécifiés)	g	9,61E-04	8,71E-04	7,52E-04
Métaux alcalins et alcalino-terreux	g	1,48E-02	1,20E-02	1,01E-02

Flux	Unité	Mise à disposition de granulats issus de roches massives (1 tonne)	Mise à disposition de granulats issus de roches meubles (1 tonne)	Mise à disposition de granulats recyclés (1 tonne)
Déchets valorisés				
Énergie Récupérée	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : total	kg	1,13E-01	3,47E-01	2,54E+00
Matière récupérée : acier	kg	1,10E-01	3,47E-01	2,54E+00
Matière récupérée : aluminium	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : métal (non spécifié)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : papier-carton	kg	1,74E-03	1,13E-04	0,00E+00
Matière récupérée : plastique	kg	3,31E-04	8,13E-05	0,00E+00
Matière récupérée : calcin	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : biomasse	kg	1,14E-03	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : minérale	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Matière récupérée : non spécifiée	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Déchets éliminés				
Déchets dangereux	kg	1,69E-02	1,08E-02	2,61E-02
Déchets non dangereux	kg	2,23E-01	4,87E-01	2,70E+00
Déchets inertes	kg	5,98E-01	1,58E+00	5,78E-01
Déchets radioactifs	kg	3,44E-04	4,88E-04	3,64E-05

Notes :

(1) La valeur de l'électricité est seulement celle consommée sur site.

(2) Biocides : par exemple pesticides, herbicides, fongicides, insecticides, bactéricides, etc.

ANNEXE 6 - TABLEAU DES IMPACTS AU FORMAT FDES

TABEAU 17 **TABEAU DES IMPACTS** AU FORMAT FDES

Impacts environnementaux	Unité	Mise à disposition de granulats issus de roches massives (1 tonne)	Mise à disposition de granulats issus de roches meubles (1 tonne)	Mise à disposition de granulats recyclés (1 tonne)
Énergie primaire totale	MJ	5,98E+01	6,55E+01	3,95E+01
Énergie renouvelable	MJ	2,06E+00	2,21E+00	3,21E-01
Énergie non renouvelable	MJ	5,78E+01	6,33E+01	3,91E+01
Épuisement de ressources (ADP)	kg éq Sb	1,66E-02	1,73E-02	1,80E-02
Consommation d'eau totale	l	2,71E+01	2,84E+02	5,13E+01
Déchets valorisés	kg	1,13E-01	3,48E-01	2,54E+00
Déchets dangereux	kg	1,69E-02	1,08E-02	2,61E-02
Déchets non dangereux	kg	2,23E-01	4,87E-01	2,70E+00
Déchets inertes	kg	5,98E-01	1,58E+00	5,78E-01
Déchets radioactifs	kg	3,44E-04	4,88E-04	3,64E-05
Changement climatique	kg éq CO ₂	2,51E+00	2,40E+00	2,64E+00
Acidification atmosphérique	kg éq SO ₂	4,71E-02	9,30E-03	6,00E-03
Pollution de l'air	m ³	4,50E+03	6,60E+02	5,73E+02
Pollution de l'eau	m ³	5,13E+02	1,27E+03	6,60E+02
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg éq CFC-11	3,82E-10	3,92E-10	2,36E-10
Formation d'ozone photochimique	kg éq C ₂ H ₄	1,68E-03	1,62E-03	2,13E-03



UNION NATIONALE DES
PRODUCTEURS DE GRANULATS