

Enquête sur l'ensemble des données disponibles et le recensement des exploitations terrestres de granulats

Phase 6 : La Réunion

Rapport de synthèse

BRGM/RP-61067-FR_s
Mars 2012

BRGM/RP-61067-FR
Mars 2012

Enquête sur l'ensemble des données disponibles et le recensement des exploitations terrestres de granulats Phase 6 : La Réunion

Rapport de synthèse

BRGM/RP-61067-FR

Mars 2012

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2012

S. Colin, M. Urvois

Vérificateur :

Nom : Olivier Rouzeau

Date : 20/04/2012

Signature :

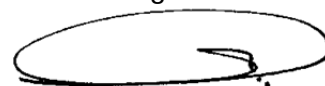


Approbateur :

Nom : Christian Braux

Date : 27/04/2012

Signature :



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.



Mots clés : Granulats, Roches meubles, Roches massives, Carrières, Base de données, Système d'information géographique, SIG, Site web, Internet, Département de La Réunion, DROM, Océan indien.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Colin S., Urvois M. (2012) - Enquête sur l'ensemble des données disponibles et le recensement des exploitations terrestres de granulats – Phase 6 : La Réunion. Rapport de synthèse. BRGM/RP-61067-FR, 53 p., 14 fig., 10 tab., 1 ann., 1 pl. h.-t.

Synthèse

Pour déterminer la place que pourraient prendre les granulats marins dans l'approvisionnement du territoire, en substitution des granulats actuellement exploités à terre, la Direction Générale de l'Aménagement et de la Nature / Direction de l'Eau et de la Biodiversité – (DGALN/DEB) a mis en place le projet « Granulats Marins ». Ce projet doit aboutir à un document de synthèse, basé sur un Système d'Information Géographique (SIG), qui permettra d'actualiser l'inventaire des ressources nationales (roches meubles et roches massives pour concassés) et d'identifier les secteurs les plus favorables à la mise en exploitation de gisements qui satisfont aux contraintes d'environnement. Il nécessite l'intervention du BRGM, pour les études dans le domaine terrestre et de l'Ifremer pour celles portant sur le domaine maritime. Les deux organismes travaillent en coordination mais dans le cadre de conventions distinctes.

Ce projet se déroule en plusieurs phases annuelles. Au démarrage du projet, deux secteurs, jugés comme prioritaires, ont été sélectionnés : la façade « Manche Est » constituée de sept départements (Nord, Pas-de-Calais, Somme, Seine-Maritime, Eure, Calvados et Manche) et la façade Atlantique « Loire – Gironde » constituée de quatre départements (Loire-Atlantique, Vendée, Charente-Maritime et Gironde), soit un total de onze départements.

Au cours de la première phase (juillet 2004 à juillet 2005), l'architecture informatique du projet a été définie et les outils informatiques ont été implémentés et déployés. La synthèse géologique des formations d'âge Quaternaire à Tertiaire potentiellement porteuses de granulats en roches meubles a été réalisées et les données concernant les exploitations productrices de granulats ont été collectées, essentiellement auprès des DREAL, et saisies dans la base de données.

Lors de la seconde phase (juillet 2006 à juillet 2007), les données pour les onze départements côtiers ont été acquises pour les exploitations et ressources en roches massives, en suivant la même démarche que celle adoptée pour les exploitations en roches meubles. Une nouvelle couche d'information a également été ajoutée, concernant les zones à forte contrainte qui peuvent limiter l'implantation ou l'extension d'exploitations. L'ensemble de l'information a ensuite été traité pour générer les synthèses départementales par façade maritime. Pour sa part, l'Ifremer a conduit deux phases de travaux similaires d'inventaire et de cartographie des ressources et zones à enjeux en domaine marin

Parallèlement, le BRGM a démarré en 2006 le projet de service public « Observatoire des Matériaux » dont l'objectif est un inventaire permanent et une description des carrières ouvertes en France dans le même système d'information géographique (SIG) que celui du projet « Granulats marins ». Les deux projets ont donc été menés en synergie.

À l'issue de la seconde phase, le BRGM disposait, pour les onze départements de l'étude, de plusieurs couches d'informations géoréférencées et enregistrées dans le SIG. Parmi les principales couches de données, on peut citer :

- les exploitations actives ou fermées de granulats en roches meubles ou en roches massives. Elles sont localisées par un point de rattachement et, dans la mesure des données disponibles, par le(s) polygone(s) matérialisant leur(s) contour(s). Les attributs précisent notamment les productions autorisées ainsi que la(les) substance(s) exploitée(s). C'est un échantillon de 355 carrières en activité à fin 2005 qui a permis d'identifier les grands ensembles exploités (granulats de roches meubles ou concassés de roches massives) ;
- un inventaire cartographique à 1/50 000 des formations géologiques potentiellement porteuses de granulats, en roches meubles et en roches massives. Ces entités et leurs polygones numérisés sont enregistrés en base de données avec des attributs descriptifs tels que la lithologie dominante, la lithologie détaillée et la qualité géotechnique de la roche ;
- un inventaire des zones de contraintes objectives à prendre en compte pour aboutir à une délimitation des zones réellement accessibles pour l'ouverture d'une carrière. Cela inclut les réseaux hydrographiques (naturels et canalisés) et les zones dites artificialisées (zones urbaines, routes, voies ferrées, etc.) ainsi que les zones faisant l'objet de dispositions légales de protection environnementale (réserves, forêts, parcs, sites, etc.) ;
- des grilles d'interpolation des épaisseurs de roches meubles (mailles carrées 200 m).

La troisième phase (mars 2008 à août 2009) avait pour but de concevoir, développer et mettre en production un outil de diffusion de la synthèse des résultats du projet « Granulats marins », c'est-à-dire porter à la connaissance des partenaires (membres du groupe de travail) et du public les données ressources/exploitations/enjeux à terre et en mer récoltées et mises en forme par le BRGM et l'Ifremer lors des autres phases du projet.

Le média le mieux adapté à cet objectif est un site Internet. Dans le cadre de la synergie avec le projet d'« Observatoire des Matériaux » conduit par le BRGM, le groupe de travail a donné son accord pour enrichir ce site web avec une partie dédiée au projet « Granulats Marins ». Le site est accessible depuis septembre 2009 à l'adresse web suivante : <http://materiaux.brgm.fr>, onglet « Façade maritime ».

La quatrième phase (2010) avait pour but de collecter les données des exploitations et des ressources en roches meubles et massives pour les quatre départements de Bretagne (Ille-et-Vilaine, Côtes-d'Armor, Finistère et Morbihan), en suivant la même démarche que celle adoptée pour les phases 1 et 2 du projet.

Dans la continuité de cette quatrième phase, la cinquième phase (2011) avait pour but de collecter les données des exploitations et des ressources en roches meubles et massives pour les deux départements à façade maritime du Sud Gascogne non traités

lors des phases 1 et 2 du projet (Landes et Pyrénées-Atlantiques). La démarche a été identique à celle adoptée pour les phases précédentes du projet.

La sixième phase (2012) a pour objectif de collecter les données des exploitations et des ressources en roches meubles et massives pour quatre départements d'Outre-mer (Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Réunion) et pour Wallis-et-Futuna. Le présent rapport concerne le département de La Réunion (ci-après appelé La Réunion).

À l'issue de cette sixième phase, le BRGM dispose et met à disposition l'information suivante enregistrée dans le Système d'Information Géographique :

- la description des données sources, ou documentation originelle, sous forme de 88 métadonnées enregistrées dans une base de données dédiée ;
- une liste d'exploitations de granulats en roches meubles ou en roches massives, actives ou récemment fermées (selon la procédure l'Observatoire des Matériaux). Ces exploitations sont géoréférencées par un point de rattachement et, dans la mesure des données disponibles, par le(s) polygone(s) matérialisant leur(s) contour(s). Un certain nombre de paramètres permettent de décrire ces exploitations, dont notamment les productions autorisées. Cette liste a permis de décrire l'éventail des types de substances exploitées par département.
Pour le département de La Réunion, la base de données contient les descriptions de 88 exploitations produisant ou ayant produit des granulats. Les stations de recyclage n'ont pas été prises en compte ;
- un inventaire des formations géologiques potentiellement porteuses de granulats, en roches meubles et en roches massives. Les emprises (polygones) de ces formations ont été extraites et informées à partir des cartes géologiques de La Réunion à 1/100 000, en prenant en compte toutes les formations ayant fait ou faisant l'objet d'une exploitation pour granulats ;
- un inventaire des zones à très forts enjeux à prendre en compte pour aboutir à une délimitation des zones réellement accessibles pour des études plus approfondies visant à l'ouverture d'une carrière. Ces zones de contraintes objectives sont des surfaces artificialisées (réseaux routiers, zones urbanisées, aéroport) ainsi que les réseaux hydrographiques et les terrains à usage particulier. Ces réseaux et contours sont issus de la BD CARTO® produite par l'Institut Géographique et Forestier National et mise à disposition par la DREAL pour les besoins spécifiques de cette étude.

À partir de ces données, l'analyse et l'estimation des ressources potentielles pour produire des granulats ont été réalisées. Il s'agissait d'évaluer le volume des formations géologiques porteuses hors zones à très forts enjeux qui ont été retenues. La démarche adoptée était la suivante :

- délimitation surfacique (contours) des formations géologiques à potentiel granulat situées hors zones à enjeux très forts ;
- utilisation des périmètres d'espace carrières présents dans le schéma des carrières ;
- attribution d'une classe de qualité géotechnique à chaque entité lithologique et, pour chaque classe géotechnique, estimation du volume des ressources disponibles ;

- pour chaque espace carrière, évaluation du volume des ressources disponibles afin d'obtenir un résultat conforme au schéma des carrières en vigueur.

Les volumes calculés dans cette étude sont des ressources minérales présumées (suivant la classification des Nations Unies), c'est-à-dire mises en évidence par une étude géologique et sans critères économiques. Les chiffres fournis ne peuvent en aucun cas être utilisés pour faire des projections économiques. Ils ne donnent qu'un ordre de grandeur d'un potentiel dit « en terre » qui ne tient pas compte à cette échelle de la qualité réelle des formations géologiques pour la production de granulats.

Ces résultats ne donnent qu'une indication sur le volume maximum des formations concernées, certainement très supérieur aux réserves réelles qui peuvent être extraites en fonction de paramètres techniques, socio-économiques et environnementaux. Le chiffre de réserves réellement valorisables en granulats pour le BTP est certainement moins élevé que les ressources géologiques. Pour avoir des estimations de réserves prenant en compte de tels paramètres, des travaux de reconnaissance de terrain détaillés sont nécessaires.

De plus, et afin d'être conforme au schéma départemental des carrières (SDC), établi en 2011, une seconde estimation des ressources a été calculée dans l'emprise des zones appelées « espaces carrières ». Il s'agit de zones où le SDC prévoit la possibilité d'autoriser l'implantation de carrières. Ces deux modes de calcul sont complémentaires, car le premier est conforme à la géologie et le second permet d'être conforme à l'acte administratif en vigueur.

De manière générale, les résultats de cette étude sur La Réunion montrent que les ressources géologiques aptes à produire des granulats sont relativement réduites en roches meubles (261 hm^3) et très importante en roches massives ($43\,510 \text{ hm}^3$) pour la première méthode de calcul. L'approche géologique identifie 96 % du territoire en superficie totale apte à produire des substances pour granulats et 84 % hors zones à forts enjeux.

Sur l'ensemble du département, l'essentiel du volume estimé de roches meubles provient des sables dunaires (8 %), des sables fluvio marins (3 %), et des sables, galets, sablons (85 %) et des récifs coralliens (5 %). Pour ce qui est des roches massives, le plus fort potentiel est représenté par les basaltes (94 %) qui recouvrent l'ensemble de l'île de La Réunion sous forme de coulées basaltiques.

Dans le cas des ressources localisées dans les « espaces carrières », les volumes estimés sont de 47 hm^3 de roches meubles (sables dunaires basaltiques, sables fluvio-marines, récifs coralliens et alluvions) et 61 hm^3 de roches massives (coulées basaltiques, tufs et coulées d'ignimbrites).

La présente étude montre clairement que la ressource naturelle pour produire des granulats est bien présente sur l'ensemble du territoire et que les volumes estimés sont très importants. Ce n'est donc pas la disponibilité de la ressource elle-même qui représente une limitation, mais plutôt l'accès réglementaire et sociétal pour son exploitation. Une grande partie de la ressource en roches massives est présente dans

des zones protégées nombreuses à La Réunion, comme le cœur du parc naturel de La Réunion par exemple.

La ressource en matériaux meubles dans le département est sensiblement plus faible que celle en roches massives. Actuellement, cette ressource est la principale exploitée, mais c'est aussi la moins présente sur le territoire. Il sera donc important de mettre en place une substitution des roches meubles par des concassés de roches massives.

Sommaire

1. Cadre de l'étude.....	15
1.1. RAPPEL DU CONTEXTE	15
1.2. PHASAGE DU PROJET	17
1.3. RÉALISATION DE LA PHASE 6.....	18
2. Exploitations et ressources en granulats	21
2.1. DONNÉES SUR LES EXPLOITATIONS	21
2.2. DONNÉES SUR LES LITHOLOGIES.....	23
2.2.1. Objectif	23
2.2.2. État des lieux de la donnée	24
2.2.3. Mode opératoire pour la sélection des polygones	25
2.3. TRAITEMENT DES DONNÉES.....	25
2.3.1. Aide à la lecture de la colonne notation, partie lithologie	25
2.3.2. Résultats.....	26
2.4. DESCRIPTION DES MÉTADONNÉES	27
3. Analyse et synthèse	29
3.1. BILAN DE L'ACTIVITÉ EXTRACTIVE ACTUELLE	30
3.2. ZONES À TRÈS FORTS ENJEUX	34
3.2.1. Définition.....	34
3.2.2. Sources des données.....	35
3.3. ANALYSE ET ESTIMATION DES RESSOURCES SUSCEPTIBLES DE FOURNIR DES GRANULATS	36
3.3.1. Généralités sur les granulats	36
3.3.2. Méthode.....	37
3.3.3. Calcul des ressources en granulats	38
3.3.4. Calcul de ressource en granulats à partir des espaces carrières.....	41
3.4. SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG)	43
3.4.1. Rappels	43
3.4.2. SIG Granulats – livrable	44
3.4.3. Site Internet cartographique	44
3.5. CONCLUSIONS.....	46

3.6. PERSPECTIVES	48
-------------------------	----

Bibliographie	49
----------------------------	-----------

Liste des figures

Figure 1 - Données de production (Mt) de 1991 à 2010 et répartition roches meubles et roches massives (%). Données UNPG, 2010.	15
Figure 2 - DROM et COM concernés par la phase 6 du projet Granulats Marins.	16
Figure 3 - Localisation des départements côtiers étudiés dans la phase 1 à 5.	17
Figure 4 - Répartition géographique des exploitations actives de granulats en fonction du type de substances extraites pour le département d'outre-mer de La Réunion ..	22
Figure 5 - Nombre d'exploitations de granulat en activité pour le département et par substance ; tableau et graphique pour l'année 2011.	23
Figure 6 - Carte géologique de La Réunion à 1/100 000 (2006)	24
Figure 7 - Répartition des formations géologiques à potentiel en granulats de roches massives (mauve) et de roches meubles (orange).	26
Figure 8 - Nombre d'exploitations de granulats en activité de 2011 à 2016 pour La Réunion.	30
Figure 9 - Répartition des productions autorisées de granulats par substance – Année 2011	31
Figure 10 - Évolution des productions autorisées en granulats (en Kt) de 2011 à 2016.....	33
Figure 11 - Département de La Réunion, localisation des exploitations de granulats et des « espaces carrières » sur fond géologique à 1/100 000.....	33
Figure 12 - Localisation des espaces carrières issue du SDC de La Réunion.....	36
Figure 13 - Synthèse graphique des volumes calculés de roches meubles et roches massives.....	40
Figure 14 - Synthèse graphique des volumes calculés de roches meubles et roches massives dans les « espaces carrières ».....	43
Figure 15 - Exemples de consultation du site web.	45

Liste des tableaux

Tableau 1 -	Notations utilisées pour les noms des formations extraites de la carte à 1/50 000.	26
Tableau 2 -	Nombre total d'exploitations pour granulats enregistré dans la base de données de l'Observatoire des Matériaux (2011).	30
Tableau 3 -	Nombre d'exploitations pour granulats en activité de 2011 à 2016.	31
Tableau 4 -	Production autorisée en granulats (en kT) pour l'année 2011.	31
Tableau 5 -	Production autorisée en granulats (en kT) de 2011 à 2016 en fonction de la substance extraite.	32
Tableau 6 -	Zones d'exclusion autour des voies de communication, cours d'eau et zones urbanisées.	34
Tableau 7 -	Liste des normes granulats de la Directive Produits de Construction.	37
Tableau 8 -	Volumes calculés de roches meubles par classe géotechnique.	39
Tableau 9 -	Volumes calculés de roches massives par classe géotechnique.	41
Tableau 10 -	Volumes calculés de roches meubles et massives dans les « Espaces carrières ».	42

Liste des annexes

Annexe 1 -	Organisation des données numériques de l'étude	51
Planche hors texte : Ressource géologique à potentiel en granulats et zones de très forts enjeux – Département de La Réunion		

1. Cadre de l'étude

1.1. RAPPEL DU CONTEXTE

En France, alors que la consommation de granulats était en croissance régulière, passant de 347 millions de tonnes (Mt) en 1996 à 425 Mt en 2000, une baisse brutale de cette consommation survient suite à la crise financière de 2008 passant de 446 Mt en 2007 à 365 Mt en 2010. Durant cette période, la part de granulats alluvionnaires ne cesse de décroître (68 % en 1970, 55 % en 1990, 38 % en 2009) au profit des granulats concassés (Figure 1).

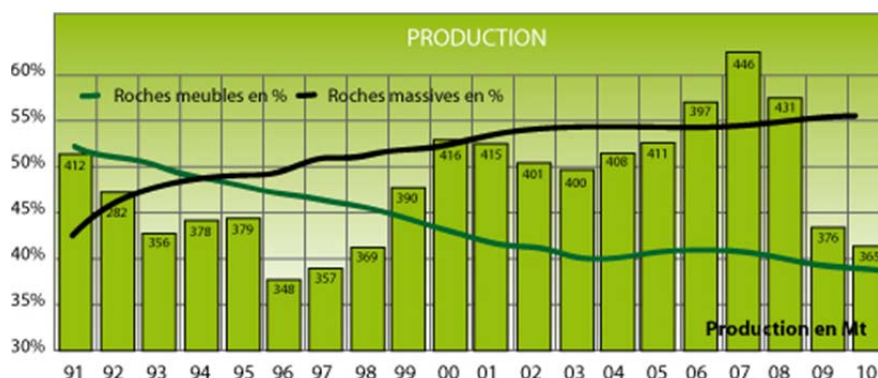


Figure 1 - Données de production (Mt) de 1991 à 2010 et répartition roches meubles et roches massives (%). Données UNPG, 2010.

Cette production de 2010, restant à un niveau élevé, génère une série de problèmes techniques au niveau de certains usages (bétons) et du transport. La recherche d'alternatives aux granulats concassés comme matériaux de substitution des granulats alluvionnaires est à l'origine d'un intérêt croissant porté aux ressources en granulats marins.

Aussi, la demande croissante de permis d'exploration et d'exploitation de granulats marins a fait prendre conscience aux décideurs publics de la nécessité d'estimer les impacts que pourraient provoquer ces projets vis-à-vis des autres activités maritimes, en particulier au sein de la communauté des pêcheurs.

C'est ainsi que le Premier Ministre a confié au député D. Dupilet (Pas-de-Calais) une mission sur « Le règlement des conflits d'usage dans la zone côtière, entre pêche professionnelle et autres activités » (Dupilet, 2001). Parmi les propositions inscrites au rapport, l'une préconise la réalisation « d'une étude conjointe Ifremer - BRGM sur la ressource en granulats marins (...) visant à délimiter les zones d'extraction favorables en intégrant les préoccupations d'ordre halieutique et les impératifs économiques et techniques d'approvisionnement en granulats marins ».

La Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières (DGEMP) / Direction des Ressources Énergétiques et Minérales (DIREM) du ministère de l'Industrie a alors mis en place le projet « Granulats Marins » visant à :

- déterminer la place que pourraient prendre les granulats marins dans l'approvisionnement des territoires à façade maritime et des grands bassins de consommation ;
- évaluer les intérêts environnementaux existants sur les secteurs reconnus comme offrant des ressources en matériaux marins.

Ce projet nécessite l'intervention de l'Ifremer et du BRGM. Tel que défini initialement, il doit intégrer dans un Système d'Information Géographique (SIG) la totalité de l'information existante sur les formations sédimentaires quaternaires, à terre comme en mer, afin d'établir un document de synthèse qui permettra d'actualiser l'inventaire des ressources nationales en roches meubles, et d'identifier les secteurs les plus favorables à la mise en exploitation de gisements qui satisfont aux contraintes d'environnement.

L'Ifremer et le BRGM établissent conjointement des schémas régionaux par façade et réalisent un SIG commun, mais chacun des deux établissements œuvre dans le cadre de conventions spécifiques BRGM-DIREM et Ifremer-DIREM.

À l'instar des Schémas Départementaux des Carrières (ci-après appelés SDC), ces schémas régionaux prennent en compte l'ensemble des matériaux (marins et terrestres), les contraintes liées à leur exploitation respective et leur destination. Ils serviront d'aide à la décision pour gérer l'accès à la ressource de certaines substances en fonction des différentes contraintes nécessairement évolutives dans le temps : environnementales, économiques, géotechniques, etc.

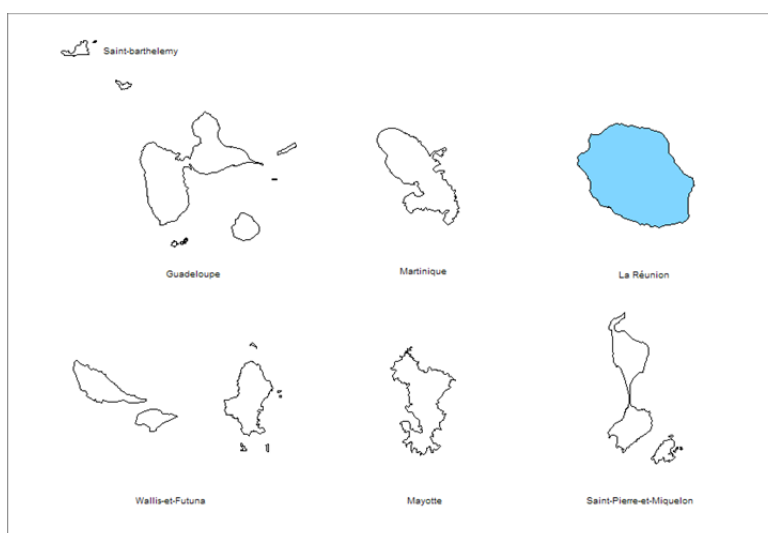


Figure 2 - DROM et COM concernés par la phase 6 du projet Granulats Marins.
(en bleu le département traité dans ce rapport)

Parallèlement, dans le cadre de ses activités de service public, le BRGM a démarré en 2006 le projet « Observatoire des Matériaux » (Lebret *et al.*, 2007) dont l'objectif initial est un inventaire et une description dans un système de base de données des carrières ouvertes en France. Ce système a un intérêt commun au présent projet et la démarche de collecte ainsi que les types d'informations rassemblées sont identiques. Le projet « Granulats marins » a donc été mené en synergie avec celui de l'« Observatoire des Matériaux ».

De plus, le développement et la maintenance du système d'information sont également assurés à travers un autre projet de service public du BRGM, intitulé « SIG Ressources Minérales Françaises » (Leistel et Malon, 2006 ; Colin *et al.*, 2010).

1.2. PHASAGE DU PROJET

Les travaux présentés dans ce rapport de synthèse sont réalisés dans le cadre des conventions DGALN/DEB-BRGM 2011 n° 2100485270 du 31 août 2011 et DGALN/DEB-BRGM 2012 en cours de signature, relative à la sixième phase de l'enquête sur l'ensemble des données disponibles et le recensement des exploitations terrestres de granulats sur les départements côtiers français. Cette phase fait suite aux cinq premières :

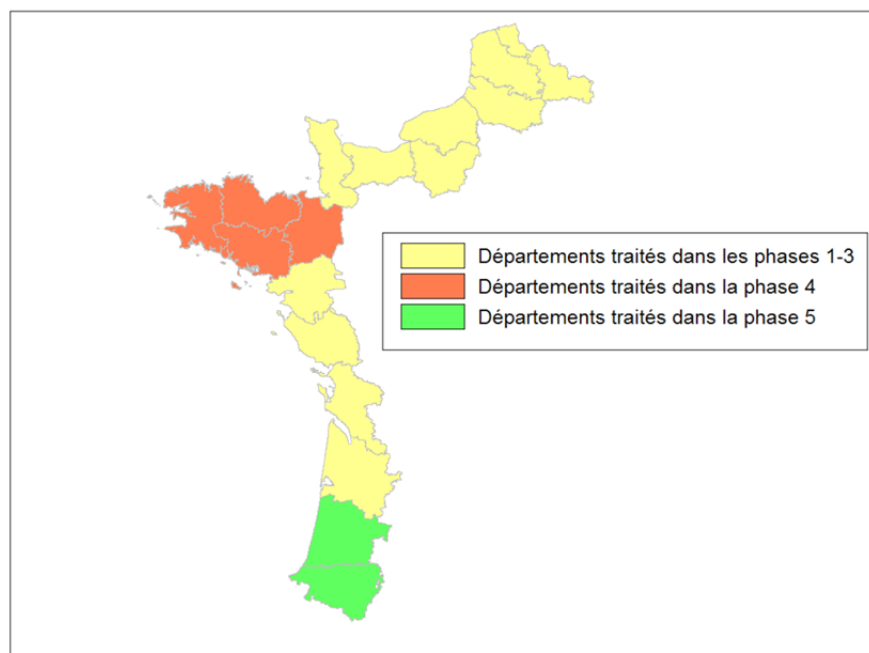


Figure 3 - Localisation des départements côtiers étudiés dans la phase 1 à 5.

- Phase 1, réalisée de juillet 2004 à juillet 2005 dans le cadre de la convention DGALN/DEB-BRGM n° 2004-00115-00-07 et dont les résultats ont été présentés dans le rapport BRGM/RP-54193-FR (Leistel *et al.*, 2006) ;

- Phase 2, réalisée de juillet 2006 à juillet 2007 dans le cadre de la convention DGEMP/DIREM-BRGM CPO n° 0000709 et dont les résultats ont été présentés dans le rapport BRGM/RP-55534-FR (Leistel *et al.*, 2007) ;
- Phase 3, réalisée de mars 2008 à août 2009 dans le cadre de la convention DGEMP/DIREM-BRGM CPO n° 0004117 et dont les résultats ont été présentés dans le rapport BRGM/RP-57572-FR (Urvois *et al.*, 2009) ;
- Phase 4, réalisée de juin à décembre 2010 dans le cadre de la convention BRGM-DEB n° 7402 et dont les résultats ont été présentés dans le rapport BRGM/RP-59148-FR (Urvois *et al.*, 2010) ;
- Phase 5, réalisée de janvier à novembre 2011 dans le cadre de la convention BRGM-DEB n° 2100485270 et dont les résultats ont été présentés dans le rapport BRGM/RP-59645-FR (Urvois *et al.*, 2011).

La sixième phase porte sur quatre départements et régions d'Outre-mer (DROM) (Guadeloupe, Martinique, Réunion et Mayotte) (Figure 2) et ainsi que les collectivités d'outre-mer de Saint-Pierre-et-Miquelon et Wallis-et-Futuna. Les travaux sur La Réunion ont débuté en décembre 2011 et se sont achevés en avril 2012. Le programme de travaux de cette phase peut être synthétisé de la manière suivante :

- synthèse des données et métadonnées ;
- cartographie de la ressource et qualité des matériaux ;
- bilan de l'activité extractive ;
- recensement et cartographie des zones à très fort enjeux ;
- traitement SIG et synthèse cartographique ;
- analyse et estimation des ressources en granulats ;
- publication des données et cartes sur le site Internet « Observatoire des Matériaux » ;
- rédaction des rapports de phase 6 (un rapport par département et collectivité d'outre-mer et publication au fur et à mesure de l'achèvement des travaux).

1.3. RÉALISATION DE LA PHASE 6

Pour cette sixième phase des travaux, l'estimation des ressources terrestres en granulats des quatre DROM (Guadeloupe, Martinique, Réunion et Mayotte), de Wallis-et-Futuna et de Saint-Pierre-et-Miquelon a été réalisée en suivant la méthodologie développée pour les onze départements traités lors des premières phases du projet (Leistel *et al.*, 2007). L'information a été ensuite traitée pour fournir les synthèses finales pour l'ensemble de la zone d'étude.

Chacun des territoires traités dans la phase 6 fait l'objet d'un rapport distinct. Le présent document présente les résultats de l'étude portant sur l'île de La Réunion.

Les travaux suivants ont donc été réalisés au cours de la phase 6.

Exploitations et ressources en granulats

- **Collecte et stockage des données sur les exploitations**

Réalisation de l'enquête pour le département de La Réunion, afin de collecter, à partir des différentes sources accessibles, puis de stocker les données dans le système d'information.

- **Collecte et stockage des données sur la lithologie**

Identification et extraction des formations géologiques porteuses de granulats à partir des cartes géologiques de La Réunion à 1/50 000 et plus précisément avec la carte géologique à 1/100 000 établie en 2006 (Nehlig *et al.*, 2006).

- **Description des 88 métadonnées (sources des informations et données)**

Description des sources de données utilisées, essentiellement des arrêtés préfectoraux, dans le système d'information (domaine « Documentation »).

Analyse et synthèse

- **Bilan de l'activité extractive actuelle**

À partir des données enregistrées dans la base sur les exploitations en activité (domaine « Ressource »), réalisation du bilan de l'activité extractive pour les granulats.

- **Analyse et estimation des ressources en granulats**

Évaluation du potentiel réel des formations géologiques porteuses (d'âge Quaternaire pour les alluvions utilisables en roches meubles et autres formations basaltiques utiles aux roches massives) qui ont été identifiées (domaine « Connaissance »).

- **Définition des zones à très fort enjeux**

Identification des zones de contraintes objectives (zones urbaines, réseaux de transports, réseaux hydrographiques, etc.) et stockage dans le système d'information sous forme de couches SIG.

- **Traitement des données à l'aide d'un SIG, synthèse et intégration avec les données de l'Ifremer**

L'élaboration des documents cartographiques est réalisée par le SIG qui garantit l'intégration des données et leur harmonisation. L'interopérabilité des données collectées et synthétisées par le BRGM et l'Ifremer a été assurée dès le démarrage du projet et l'est tout au long de la réalisation des travaux. Les données fournies par les deux expertises sont consultables sur leurs sites Internet respectifs.

2. Exploitations et ressources en granulats

Rappel des objectifs de cette tâche

- **Collecte et stockage des données sur les exploitations**

Comme pour les données acquises au cours des phases 1 à 5 (17 départements côtiers en Manche et Atlantique), il s'agit ici de réaliser une enquête, afin de collecter localement, à partir des différentes sources accessibles (DREAL et SDC essentiellement), puis de stocker numériquement les données dans le système d'information (« Observatoire des Matériaux »).

- **Collecte et stockage des données sur la lithologie**

Les formations géologiques porteuses de granulats en roches massives et en roches meubles ont été identifiées et extraites à partir des cartes géologiques des matériaux de La Réunion à 1/100 000. La cartographie des ressources naturelles en matériaux pour granulats est enregistrée dans le système d'information (domaine « Connaissance »).

- **Description des métadonnées (sources des informations et données)**

L'ensemble des sources de données retenues pour l'étude est décrit dans le système d'information (domaine « Documentation »), en archivant, dans la mesure du possible, les versions numériques originelles des documents utilisés dans la base de données.

2.1. DONNÉES SUR LES EXPLOITATIONS

Il s'agit de décrire les exploitations terrestres de granulats d'après un certain nombre de critères prédéfinis et de les localiser géographiquement (géo-référencement). Les données descriptives et spatiales sur les exploitations sont enregistrées dans le domaine « Ressource » de la base de données, en utilisant l'application du logiciel Access en version 2003 « AppliRessource.mdb ».

Les données sur ces exploitations terrestres de granulats en roches meubles et en roches massives ont été collectées en DREAL. L'information recueillie a permis la mise à jour des données de l'« Observatoire des Matériaux ». La source d'information se fonde essentiellement à partir des arrêtés préfectoraux recueillis auprès des DREAL. Les données de production ainsi collectées ont été presque uniquement celles des productions autorisées. Les données de productions réelles ne sont que très rarement disponibles pour cause de confidentialité (Lebret *et al.*, 2008 ; Bertrand *et al.*, 2009 ; 2010 ; Colin *et al.*, 2011).

Pour réaliser cette partie de l'étude, le travail a été réalisé en synergie avec l'inventaire national des carrières effectué dans le cadre de l'« Observatoire des Matériaux ». C'est en effet la même méthode de collecte de données et le même système de bases de données qui sont utilisés dans les deux projets.

Le système d'information mis en place permet donc de faire le point année par année sur le nombre d'exploitations en activité, par type de substances exploitées (alluvions, autres roches meubles, roches massives, etc.) et par type de produit dérivé (en l'occurrence des granulats ; les autres produits possibles étant par exemple la pierre ornementale).

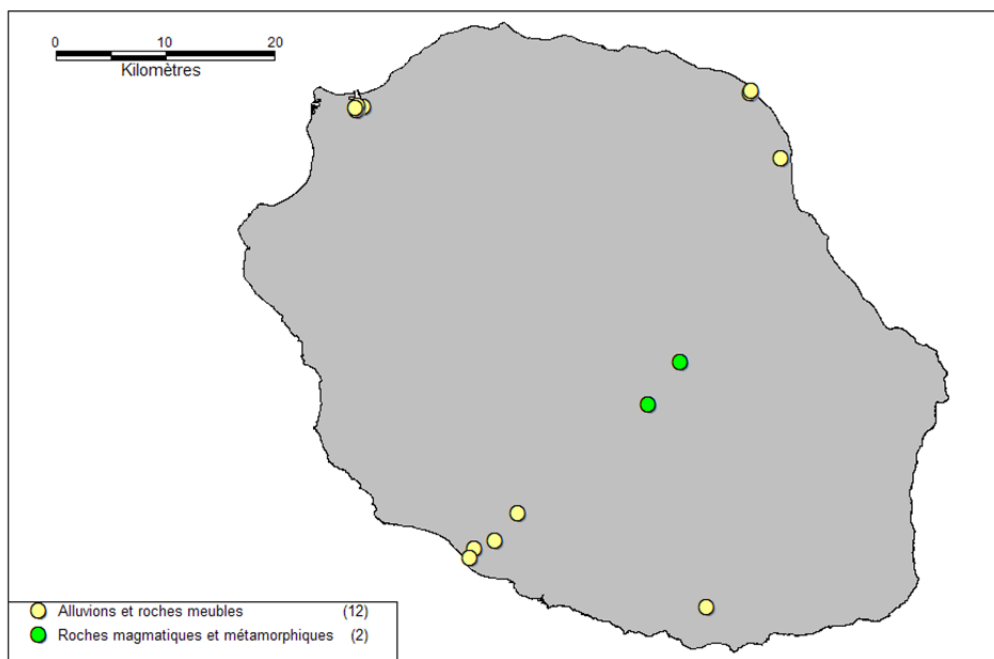


Figure 4 - Répartition géographique des exploitations actives de granulats en fonction du type de substances extraites pour le département d'outre-mer de La Réunion.

La carte de la Figure 4 ainsi que le tableau et le graphique de la Figure 5 présentent les résultats extraits de la base de données de l'« Observatoire des Matériaux ». En 2011, un total de 14 exploitations en activité (13 autorisations administratives en vigueur d'exploitation de carrière et autorisation administrative de curage de rivière) produit des granulats dans le département de La Réunion.

En 2011, ce département compte une production autorisée de 4,63 millions de tonnes de granulats. Les productions de La Réunion ont une forte proportion d'exploitation d'alluvions et quelques exploitations de roches massives magmatiques. La nature de la substance exploitée pour produire des granulats est évidemment étroitement liée à la géologie du département et au potentiel des formations géologiques affleurantes décrites aux paragraphes 2.2.

Substance / Département	La Réunion (974)
Alluvions et roches meubles	12
Roches magmatiques et métamorphiques	2

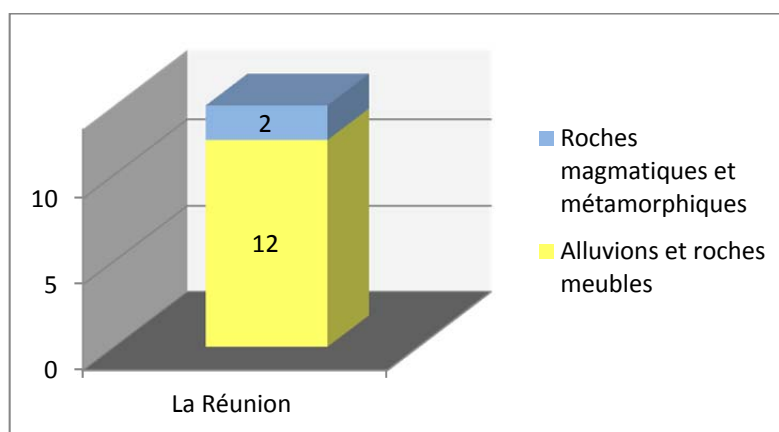


Figure 5 - Nombre d'exploitations de granulats en activité pour le département et par substance ; tableau et graphique pour l'année 2011.

(Source : base de données de l'Observatoire des Matériaux)

2.2. DONNÉES SUR LES LITHOLOGIES

2.2.1. Objectif

L'objectif était d'extraire, à partir des cartes géologiques numériques à 1/50 000 et à 1/100 000, l'ensemble des polygones susceptibles de représenter des matériaux pouvant produire granulats, en particulier dans le cadre de l'exploitation de roches massives, sur la totalité de l'emprise de l'île.

Les terrains retenus pour cette étude regroupent les formations géologiques de la couverture sédimentaire et celles des coulées basaltiques et andésitiques, datées au maximum de moins de trois millions d'années. Les formations géologiques prises en compte dans la suite de l'étude sont celles qui ont fait ou qui font l'objet d'une exploitation pour la production de granulats. Un croisement géographique a donc été réalisé entre la localisation ponctuelle de toutes les exploitations connues de granulats (arrêtées ou en activité) et les polygones des formations géologiques de la carte à 1/100 000.

2.2.2. État des lieux de la donnée

Les cartes géologiques

À l'échelle 1/100 000, une seule carte géologique est nécessaire pour couvrir l'ensemble du département de La Réunion. Il s'agit de la carte vectorisée réalisée en 2006 par le BRGM (Pierre Nelhig, Marie Bucelle et l'université de La Réunion) (Figure 6).

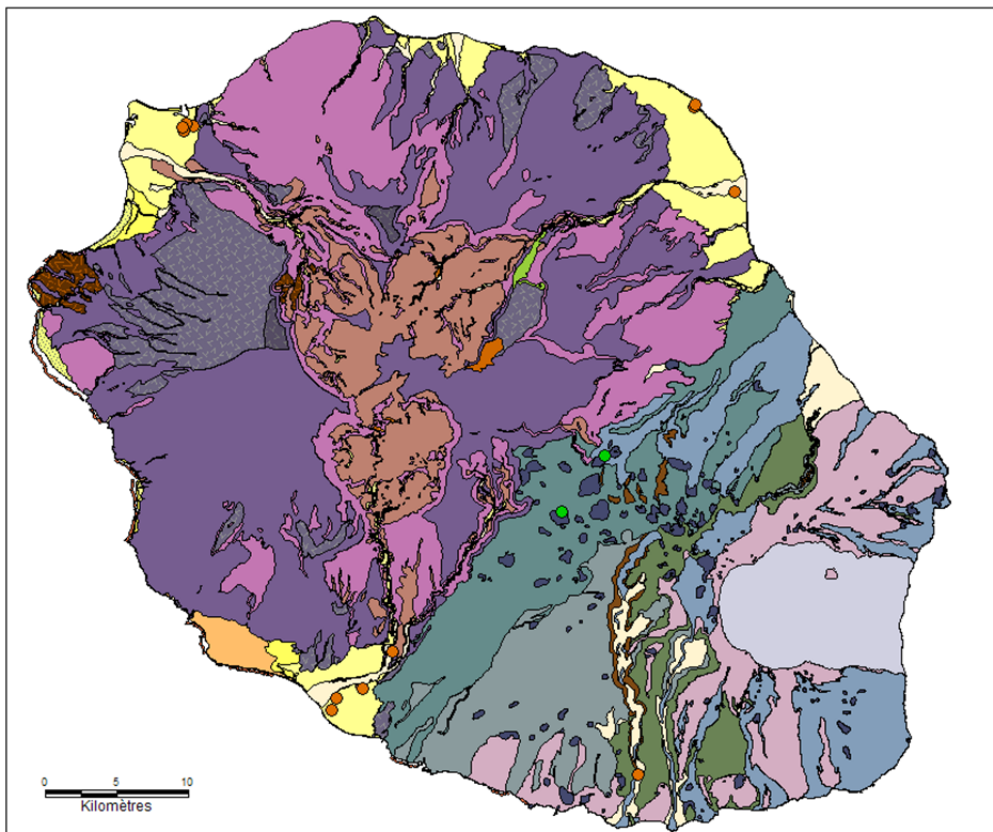


Figure 6 - Carte géologique de La Réunion à 1/100 000 (2006).

La lithologie de La Réunion décrit essentiellement des coulées basaltiques datées d'époque différentes. L'ensemble de ces coulées peut être considéré comme une ressource en granulat, mais il est difficile de connaître l'hétérogénéité de ces terrains et leur épaisseur potentielle pour l'extraction. Il a donc été choisi de prendre en compte l'épaisseur maximale d'exploitation autorisée des carrières exploitées à ce jour, soit 25 m de puissance.

Qualité des données

Les données employées pour réaliser ce travail sont les tracés numériques issus de la carte géologique vectorisée à 1/100 000 avec une résolution de 500 m.

2.2.3. Mode opératoire pour la sélection des polygones

Les polygones ont été sélectionnés sur cette carte géologique. Il a été choisi d'exclure la formation géologique qui concerne les coulées basaltiques du Piton de la Fournaise qui est encore en activité.

Une première sélection a été faite par croisement géographique des carrières de granulats (pour les roches massives) et des formations géologiques.

2.3. TRAITEMENT DES DONNÉES

2.3.1. Aide à la lecture de la colonne notation, partie lithologie

La notation finale stockée dans la base de données SIG pour chacune des formations retenues résulte de la combinaison de plusieurs lettres ou groupes de lettres.

Les distinctions de granulométrie entre les différentes classes sont réalisées pour chaque étage géologique. Les principales classes granulométriques ou type de lithologie et leurs abréviations retenues sont indiquées dans le Tableau 1 ci-après.

Concernant la stratigraphie, nous avons repris les règles fixées dans le rapport de phase 2 (Leistel *et al.*, 2007) avec quelques particularité pour La Réunion. Elle est indiquée en lettre majuscule. Les coulées basaltiques sont numérotées et indiquées par Bêta et Thêta. Ainsi, « Bêta 3 » signifie « Coulée du Piton de la Fournaise » (cf. tableaux stratigraphiques ci-dessus).

Nom des Formations	Notations utilisées
Alluvions récentes	Fy
Alluvions anciennes	Fz
Sables et galets de plage	D
Alluvions fluvio-marines	Fm
Sables dunaires basaltiques	Db
Récifs coralliens	R
Dépôts de glissement de masse, de coulées de débris, éboulis	E
Pitons et projections	tfp
Coulées basaltiques de la série subactuelle du Piton de La Fournaise	Bêta 8
Coulées basaltiques dans l'Enclos	Bêta 8e
Coulées basaltiques de la série de la plaine des Cafres du Piton de La Fournaise	Bêta 7
Coulées basaltiques de la série Plaine des sables du Piton de La Fournaise	Bêta 6
Coulées basaltiques de la série des Remparts du Piton de	Bêta 5

Nom des Formations	Notations utilisées
La Fournaise	
Coulées basaltiques de la série Bouclier ancien du Piton de La Fournaise	Bêta 4
Coulées différenciées de la série alcaline anté-Fournaise	Bêta 3
Coulées trachytiques du plateau de Bélouve	Tau
Tufs soudés du Maïdo et de la Roche Ecrite	Tfs
Tufs en épandages	Tf
Coulées ignimbritiques	pc
Brèches d'avalanches de débris de Saint-Gilles	Br
Coulées (basaltes, hawaïtes, mugéarites)	Bêta 2
Coulées basaltiques à olivine	Bêta 1
Gabbros et syénites	Thêta

Tableau 1 - Notations utilisées pour les noms des formations extraites de la carte à 1/50 000.

2.3.2. Résultats

Un fichier numérique a été réalisé pour l'ensemble du département de La Réunion. L'annexe 1 présente l'ensemble des formations géologiques retenues et leurs appellations. La Figure 7 présente un aperçu des formations géologiques retenues comme susceptibles de produire des granulats à La Réunion.

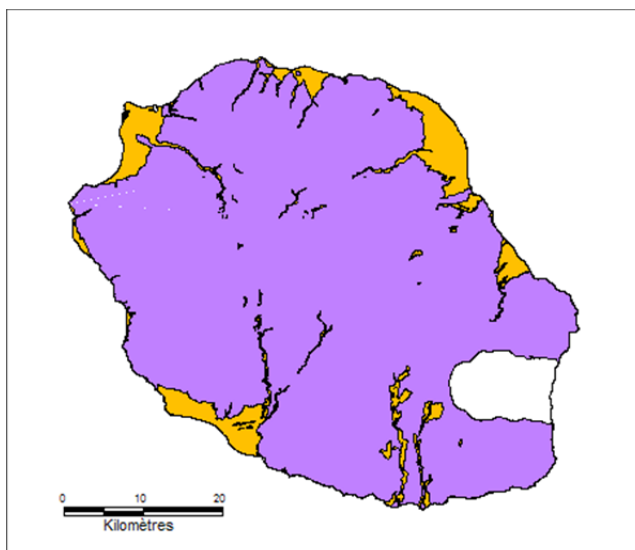


Figure 7 - Répartition des formations géologiques à potentiel en granulats de roches massives (mauve) et de roches meubles (orange).

La Réunion étant une île volcanique, la carte ci-jointe illustre l'omniprésence de roches massives (en mauve) issues des coulées basaltiques du Piton des Neiges et du Piton de la Fournaise. Les roches meubles (orange) sont des alluvions de nature basaltique,

produit d'érosion des coulées de laves. Elles sont localisées en bord de rivières et bord de côte où les alluvions de rivières se déposent en delta et cônes de delta.

2.4. DESCRIPTION DES MÉTADONNÉES

Les métadonnées sont enregistrées dans le domaine « Documentation » de la base de données en utilisant l'application « AppliDoc.mdb » utilisable sous le logiciel Access version 2003. Elle permet non seulement de stocker la métadonnée mais également les éventuels fichiers numériques qui ont servi de source, quel que soit leur format. L'objectif est de sauvegarder la source de données originelles, pour pouvoir la consulter ultérieurement si nécessaire. Ainsi, si un document source est un arrêté préfectoral, il est tout à fait possible d'en stocker sa numérisation sous forme d'images (scannérisation en format PDF). Si le document est représenté par une série de fichiers de types variés issus d'une étude complexe (fichiers en format Excel, Word, MapInfo, ArcGIS, etc.), il est possible de réunir tous ces fichiers numériques en un seul fichier compressé (de type Zip) et ensuite de le stocker dans la base.

Dans la pratique, il s'avère que les documents sources sont presque exclusivement des arrêtés préfectoraux. Ces arrêtés font l'objet d'une procédure d'archivage numérique au sein de chaque DREAL et doivent être publiés sur Internet via l'outil national CEDRIC. Il n'a donc pas été procédé au scan et à l'archivage numérique des arrêtés utilisés. Seules leurs principales caractéristiques ont été décrites afin de remonter facilement à la source de données ayant été utilisée pour décrire chacune des exploitations.

3. Analyse et synthèse

Rappel des objectifs de cette tâche

- **Bilan de l'activité extractive actuelle**

Le bilan est établi à partir des données enregistrées dans la base sur les exploitations en activité (domaine « Ressource »), réalisation du bilan de l'activité extractive pour les granulats.

- **Définition des zones à très forts enjeux**

Ces zones de contraintes objectives retenues sont :

- les zones urbaines ;
- les carrières en activités ;
- les cours d'eau ;
- les routes et autoroutes.

Elles ont été identifiées et stockées dans le SIG.

- **Analyse et estimation des ressources en granulats**

Compte-tenu du contexte particulier de La Réunion, deux méthodes ont été utilisées pour évaluer les ressources potentielles en granulats :

- les formations identifiées sur la carte géologique pour les roches meubles et les roches massives selon la même méthode que celle employée pour les départements métropolitains : puissance, surface et volume potentiel ;
- les formations identifiées à l'intérieur des « espaces carrières » telles que définies dans les SDC : puissance, surface et volume potentiel.

La première méthode est conforme au protocole mis en œuvre depuis le début de l'étude (phases 1 à 5). La seconde est conforme aux documents de concertations récents élaborés par la Commission Départementale des Carrières en 2011.

- **Traitement des données à l'aide d'un SIG, synthèse et intégration avec les données de l'Ifremer**

L'élaboration des documents cartographiques est réalisée par le SIG qui garantit l'intégration des données et leur harmonisation. L'interopérabilité des données collectées et synthétisées par le BRGM a été assurée dès le démarrage du projet et le sera tout au long de la réalisation des travaux. Les données fournies sous forme de fichiers Internet (en format WMS et WFS) sont consultables sur le site de l'Observatoire des Matériaux (<http://materiaux.brgm.fr>), onglet « Facade maritime », voire sur d'autres sites.

3.1. BILAN DE L'ACTIVITÉ EXTRACTIVE ACTUELLE

À partir des données recueillies pour les exploitations actives de granulats, le bilan de l'activité extractive peut être établi de façon annuelle. Les limites essentielles de cet exercice sont liées à la nature des données stockées et traitées : seules les données concernant les productions autorisées sont disponibles. Elles ne sont donc qu'une indication indirecte des productions déclarées (données qui sont confidentielles).

Cependant, une extraction particulière est observable à La Réunion. Il s'agit du curage réglementé de la Rivière des Remparts. Ce dossier d'autorisation d'extraction en lit vif est géré par la Police de l'Eau qui autorise une extraction d'environ 700 000 tonnes par an jusqu'en 2015. Cette exploitation est un curage de la Rivière des Remparts qui permet de réduire l'accumulation d'alluvions potentiellement dangereux pour le village de Saint-Joseph situé en aval. Ces matériaux alimentent pour une part importante le marché des granulats sur La Réunion.

Pour le département, la base de données contient actuellement les descriptions de 13 exploitations de granulats avec une prépondérance fortement marquée d'exploitations de roches meubles (Tableau 2).

Substance / Département	La Réunion (974)
Alluvions et roches meubles	12
Roches massives	2
Total	14

Tableau 2 - Nombre total d'exploitations pour granulats enregistré dans la base de données de l'Observatoire des Matériaux (2011).

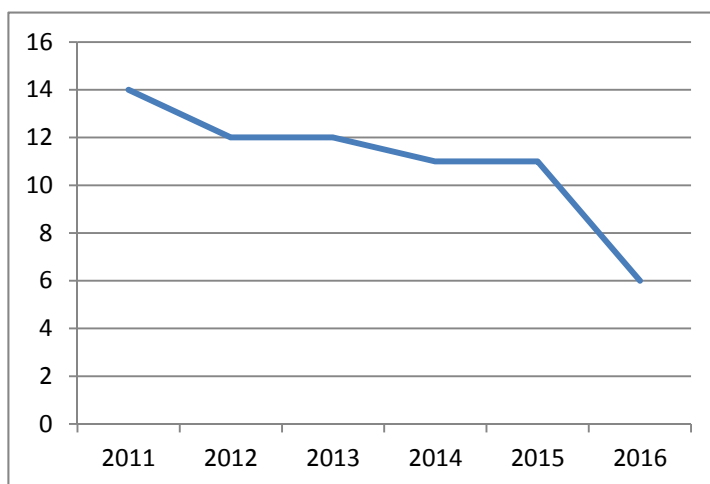


Figure 8 - Nombre d'exploitations de granulats en activité de 2011 à 2016 pour La Réunion.

L'évolution annuelle du nombre d'exploitations en activité de 2011 à 2016 inclus a aussi été reportée (Tableau 3 et Figure 8).

L'inventaire des carrières réalisé en 2011 apporte des précisions sur le nombre d'exploitations en activité à cette date. L'évolution de la capacité de production est présentée sur le tableau 3 et la figure 8 à périmètre constant. En effet, il n'est pas possible de prévoir les renouvellements qui auront lieu entre 2011 et 2016. L'anticipation est à l'initiative des opérateurs et de la puissance publique. La Figure 8 montre que le nombre des carrières actives est divisé par 2 en 5 ans. Une extraction spécifique a été réalisée pour l'année 2011 de référence (Tableau 4 et Figure 9), ce qui permet d'obtenir la répartition des productions pour chaque

type de substance et une valeur de référence pour le nombre de carrières pour le département.

Nombre de carrières par année / Département	La Réunion (974)
2011	14
2012	12
2013	12
2014	11
2015	11
2016	6

Tableau 3 - Nombre d'exploitations pour granulats en activité de 2011 à 2016.

(D'après les données d'arrêtés recueillis à fin 2011)

De la même manière, le tonnage total autorisé annuellement pour chaque substance extraite de 2011 à 2016 inclus a été calculé (Tableau 5). Ces résultats montrent une nette disparité dans l'évolution des productions selon la substance. Dans l'état actuel des autorisations accordées, les productions d'alluvions et de roches meubles devraient être réduites de près de 75 % entre 2011 et 2016. Cette évolution de la production de roches meubles est fonction de la date de la fin des arrêtés préfectoraux de chaque exploitation. Il conviendra donc d'anticiper ces échéances afin de ne pas fragiliser l'approvisionnement départemental en granulats de roches meubles à court terme.

Cinq exploitations arrivent à échéance en 2016 avec une production autorisée totale de 3,2 millions de tonnes et dont l'un des sites est autorisé à produire un million de tonne. La perte de production sera donc très importante pour La Réunion si les autorisations ne sont pas renouvelées et/ou si d'autres sites ne sont pas ouverts en recouvrement. Ainsi, il convient d'être très attentif durant cette année clé pour garantir la capacité de production au niveau adapté à la consommation. La figure 9 met en évidence la très forte proportion d'exploitation d'alluvions et roches meubles (99 %).

Substance/Département	La Réunion (974)
Alluvions et roches meubles	4 632 kT
Roches magmatiques et métamorphiques	51 kT
Tonnage total	4 683 kT

Tableau 4 - Production autorisée en granulats (en kT) pour l'année 2011.

(Source : base de données de l'Observatoire des Matériaux)

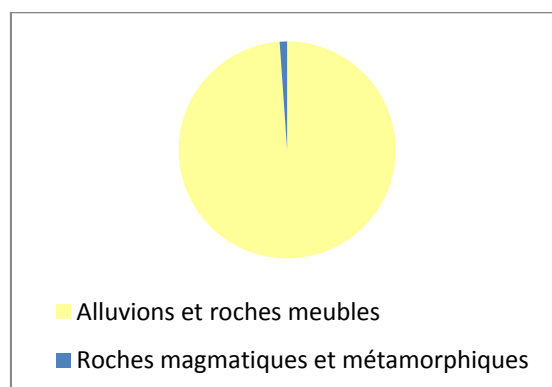


Figure 9 - Répartition des productions autorisées de granulats par substance – Année 2011.

(Source : base de données de l'Observatoire des Matériaux)

Tonnage autorisé en milliers de tonnes (kT) pour les alluvions et roches meubles :

Tonnage par année / Département	La Réunion (974)
2011	4 632
2012	4 192
2013	4 182
2014	4 023
2015	4 013
2016	1 103

Tonnage autorisé (kT) pour les roches magmatiques et métamorphiques :

Tonnage par année / Département	La Réunion (974)
2011	51
2012	51
2013	51
2014	51
2015	51
2016	51

Tonnage total autorisé (kT) :

Tonnage par année / Département	La Réunion (974)
2011	4 683
2012	4 243
2013	4 233
2014	4 074
2015	4 064
2016	1 154

*Tableau 5 - Production autorisée en granulats (en kT) de 2011 à 2016
en fonction de la substance extraite.*

(Source : base de données de l'Observatoire des Matériaux)

Sur la Figure 10, l'évolution des productions de granulats reste stable jusqu'en 2015, puis un passage de 4 Mt à 1 Mt s'observe entre 2015 et 2016. Cette chute est liée à l'arrivée à échéance simultanée de plusieurs autorisations d'exploitation.

Les exploitations de granulats actives en 2011 et les espaces carrières du schéma des carrières sont présentés sur fond de carte des ressources à 1/100 000 (Figure 11). La carte de synthèse basée sur ce fond géologique détaillé est fournie en planche hors-texte (planche 1).

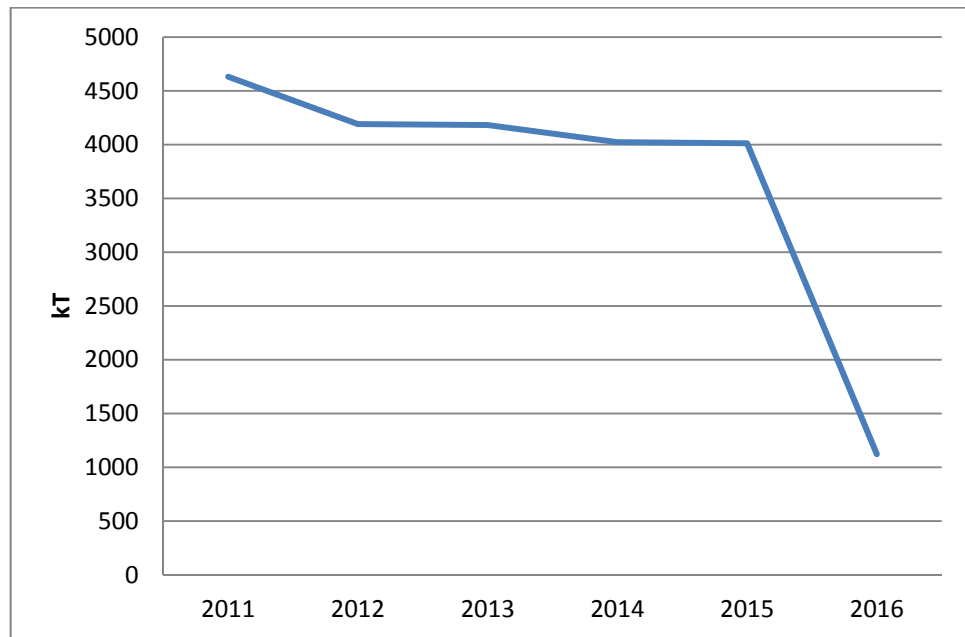


Figure 10 - Évolution des productions autorisées en granulats (en Kt) de 2011 à 2016.
(Source : base de données de l'Observatoire des Matériaux)

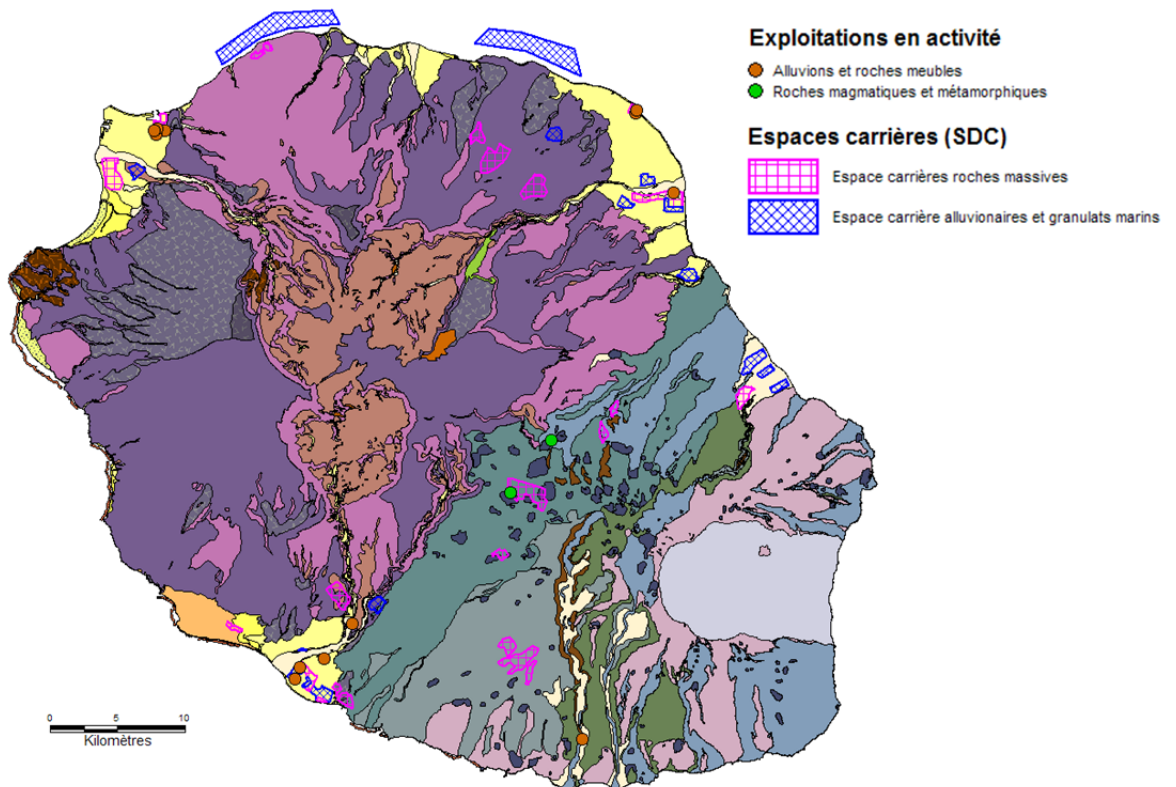


Figure 11 - Département de La Réunion, localisation des exploitations de granulats et des « espaces carrières » sur fond géologique à 1/100 000.

3.2. ZONES À TRÈS FORTS ENJEUX

3.2.1. Définition

Certaines zones du département ne sont pas propices à une activité d'extraction de matériaux en carrière. Ces zones plus ou moins contraignantes doivent être déduites des zones porteuses de formations géologiques potentiellement aptes à produire des granulats, pour aboutir à la délimitation de zones réellement accessibles pour l'ouverture de carrières.

Deux types d'enjeux existent sur la zone d'étude :

- les contraintes objectives représentant un enjeu très fort tels que les réseaux hydrographiques, les réseaux routiers, les zones d'occupation des sols de type bâti ou artificialisé ;
- les zones faisant l'objet de dispositions légales de protection de l'environnement tels que les forêts soumises et de protection, les parcs nationaux, les sites inscrits et classés, etc.

Dans le cadre d'une étude plus détaillée, il faudrait aussi prendre en compte l'inaccessibilité pour des raisons sociétales et l'impossibilité technico-économique de valorisation de granulats (recouvrement, altération) ainsi que la spécificité de l'habitat dispersé sur les côtes à l'île de la Réunion.

Comme pour les phases antérieures (Leistel, 2006 ; Leistel *et al.*, 2007 ; Urvois *et al.*, 2010 ; Colin *et al.*, 2011), seules les contraintes objectives ont été prises en compte dans la cartographie de l'étude.

Ces zones couvrent des surfaces qui excluent *a priori* toute ouverture de carrière. Il ne faut cependant pas se limiter à leur seule emprise géométrique sur le terrain, mais également prendre en compte un périmètre d'exclusion, ou zone tampon, variable suivant l'objet traité. Certaines valeurs avaient été retenues lors d'études précédentes (BRGM, 1998), qui sont reprises ici (Tableau 6).

Objet	Largeur de la zone d'exclusion de part et d'autre de l'axe central (objet linéaire) ou en auréole extérieure (objet surfacique)
Routes et autoroutes	20 m
Voies ferrées	15 m
Cours d'eau	50 m
Carrières (anciennes ou en activité)	10 m
Zones urbanisées	100 m

Tableau 6 - Zones d'exclusion autour des voies de communication, cours d'eau et zones urbanisées.

Les zones faisant l'objet de dispositions légales et administratives de protection (ZNIEFF, ZPPAUP, réserves, etc.) peuvent être affichées sur le site Internet de

l'« Observatoire des Matériaux » si leurs producteurs permettent leur accès en mode interopérable sous forme de fichiers.

3.2.2. Sources des données

Les données utilisées dans cette étude sont évolutives. À travers l'« Observatoire des Matériaux » et les programmes liés à la carte géologique de la France, le BRGM peut actualiser les données qui lui sont propres : formations géologiques et exploitations. Les autres données, gérées par d'autres organismes, pourront être actualisées en fonction des mises à jour qui seront signalées et disponibles. Nous avons, pour cette étude menée en 2011, utilisé les données disponibles à cette date.

- **Voies de communication, cours d'eau**

Les données issues de la BD CARTO® de l'IGN ont été utilisées (édition 2008). La BD CARTO® est la base de données cartographique de référence pour le territoire français. Elle contient entre autres les données sur le réseau routier et les franchissements, l'hydrographie et les unités administratives. L'hydrographie figure dans la couche « troncon_cours_d'eau » fournie par l'IGN.

- **Exploitations – Carrières**

Les données sont extraites de la base de données du projet. On considère que les polygones des exploitations traduisent les zones épuisées ou en voie de l'être.

- **Zones urbanisées**

Source de données : Un fichier SIG (Urbanisation2008) réalisé par les services de la DREAL de La Réunion recense les zones urbaines. Il est issu de la BD CARTO® de l'IGN (édition 2008), dans le fichier « ZONE_OCCUPATION_SOL » de la couche « Habillage », en extrayant les données classées dans le type « bâti ».

Cette source fournit des données géométriques (polygones) où l'ensemble de l'habitat de La Réunion a été recensé. Les maisons isolées ont été digitalisées. Le fichier résultat s'est avéré trop détaillé pour l'étude en cours. Il a donc été simplifié afin d'obtenir la couverture urbaine d'éléments de plus d'un hectare de superficie.

- **Espaces carrières**

« Lors de la réalisation du SDC de La Réunion (2010), les principales ressources en matériaux de l'île ont été inventoriées et des « espaces carrières » ont été délimités (Figure 12). Ceux-ci représentent des zones à privilégier et à préserver pour l'exploitation des carrières afin d'assurer la satisfaction des besoins en matériaux à longue échéance. Ces espaces carrières se situent en dehors des contraintes environnementales fortes qui interdisent l'ouverture de carrière (cœur du Parc National de La Réunion, réserves naturelles, espaces naturels sensibles, espaces remarquables du littoral...) » (Le Berre P. et al., 2010).

La création de ce type d'espace est une spécificité du SDC de La Réunion. L'utilisation des « espaces carrières » va permettre de réaliser un calcul de ressources potentielles dans ces secteurs afin de rester cohérent avec le schéma départemental des carrières en vigueur de La Réunion. La surface et la puissance sont des données issues du schéma des carrières de La Réunion.

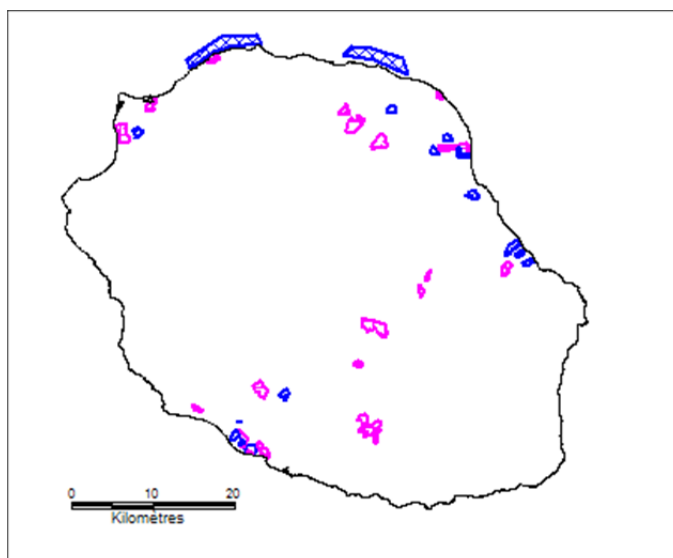


Figure 12 - Localisation des espaces carrières issue du SDC de La Réunion.
(en rose : espaces carrières de roches massives et en bleu : les espaces carrières de roches meubles).

3.3. ANALYSE ET ESTIMATION DES RESSOURCES SUSCEPTIBLES DE FOURNIR DES GRANULATS

L'objectif de cette tâche est dans un premier temps d'identifier les formations géologiques potentiellement aptes à produire des granulats, puis d'évaluer leur potentiel. Ces formations sont d'âge Quaternaire pour les roches meubles et massives.

3.3.1. Généralités sur les granulats

La lithologie des cartes géologiques est transposée en termes d'exploitabilité pour les granulats. Pour cela, des classes de qualité sont affectées aux différentes entités lithologiques retenues. En l'absence de données géotechniques détaillées sur ces entités, il est seulement possible de raisonner de façon globale, en distinguant des types généraux. De même, parmi les paramètres descriptifs disponibles, il est possible d'avoir accès à l'ensemble des zones étudiées qu'aux épaisseurs des formations indiquées sur la notice de la carte géologique (Carte géologique de la France à 1/50 000, île de La Réunion - Billard G., 2004). À l'échelle du travail départemental, il n'existe pas de données sur certains paramètres importants qui conditionnent l'exploitabilité réelle d'une formation, tels que l'épaisseur des recouvrements, l'état d'altération ou l'état de la fracturation.

La synthèse des données sur les formations géologiques porteuses est présentée sous la forme d'une couche à « valeur ajoutée » dont le but est de cartographier un potentiel en termes de production de granulats. Il est important de souligner qu'à ce niveau de connaissance, ce potentiel reste théorique et devrait être ultérieurement étayé par des études ponctuelles menées au cas par cas pour intégrer de réels paramètres techniques et économiques d'exploitabilité ou de faisabilité.

Les caractéristiques des granulats sont définies par des normes en fonction de leurs usages (voir <http://www.dpcnet.org/> et également Maillot, 2001). En France, jusqu'en 2004, la définition de granulat était donnée par la norme XP-P 18.540 : « *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* ». Cette norme est remplacée par les normes européennes qui introduisent des modifications notamment sur les classes granulométriques à utiliser.

La Directive Produits de Construction (DPC) prévoit le marquage « CE » réglementaire des produits de construction visés pour leur mise sur le marché en France comme dans toute l'Union Européenne. Ce marquage atteste que les produits satisfont aux dispositions de la réglementation européenne et est applicable aux granulats et enrochements tels que définis par les normes harmonisées (Tableau 7).

Il ne s'agit pas ici de reprendre ces normes, car il est impossible, à l'échelle de ce travail, d'avoir les informations nécessaires concernant les caractéristiques des substances exploitables pour la production de granulats. L'application de ces normes ne peut se faire que dans le cadre d'une étude de faisabilité sur un gisement délimité.

Norme	Intitulé
NF EN 13383-1	Enrochements
NF EN 13055-1	Granulats légers pour bétons et mortiers
NF EN 13055-2	Granulats légers pour mélanges hydrocarbonés, enduits superficiels et pour utilisation en couches traitées et non traitées
NF EN 13450	Granulats pour ballasts de voies ferrées
NF EN 12620	Granulats pour béton
NF EN 13242	Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées
NF EN 13043	Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aérodromes et autres zones de circulation
NF EN 13139	Granulats pour mortier

Tableau 7 - Liste des normes granulats de la Directive Produits de Construction.

3.3.2. Méthode

L'objectif étant d'arriver à une estimation des ressources disponibles en granulat, la démarche globale adoptée est la suivante :

- délimitation surfacique (contours) des formations géologiques à potentiel granulat qu'elles soient situées dans ou hors zones à très forts enjeux ;
- estimation de l'épaisseur de ces formations à partir de données de la littérature (pour les formations en roches massives, la source se réfère à la notice de la carte géologique à 1/50 000) ;
- élimination des portions de surfaces sélectionnées correspondant à des zones à très forts enjeux (traitement SIG) ;
- pour chaque classe géotechnique (voir ci-dessous), estimation du volume des ressources disponibles dans le département ;
- dans le cas de La Réunion, le volume de ressources potentiellement disponibles dans les « espaces carrières » a également été calculé en intégrant l'épaisseur estimée telle que précisée dans le SDC.

Délimitation surfacique des formations géologiques

La méthode générale de sélection des contours des formations géologiques à potentiel en granulats a été présentée dans le rapport de phase 1 (Leistel *et al.*, 2006). Les outils de type SIG permettent de calculer la surface de chacun des polygones constituant ces formations. Pour La Réunion, la carte des matériaux réalisée dans le cadre du SDC a été utilisée pour définir les zones exploitables en roches massives et en roches meubles. Cette carte permet également de définir les différentes classes géotechniques en présence.

Sur la base de l'expérience acquise lors des phases antérieures, ont été éliminés :

- les formations des coulées actuelles du Piton de la Fournaise ;
- les formations contenant des anomalies minérales identifiées (pyrite, andalousite, métaux divers, etc.) ;
- quelques faciès d'altération dont l'épaisseur vraisemblable d'altérites argileuses rendrait *a priori* le gisement moins intéressant.

Ces tris n'excluent pas d'avoir localement des carrières exploitant des granulats dans des assises géologiques supposées impropres, ou inversement.

Estimation de l'épaisseur des formations géologiques

Compte tenu du peu d'information, présente à La Réunion et de la nature géologique des coulées basaltiques, il a été convenu de prendre une épaisseur moyenne de 25 m les roches massives et de 3 m pour les alluvions et roches meubles.

3.3.3. Calcul des ressources en granulats

Les ressources en granulat ont été calculées pour chaque classe géotechnique. Ce sont des ressources minérales présumées (suivant la classification des Nations Unies),

c'est-à-dire mises en évidence par une étude géologique et sans critères économiques. Les chiffres fournis, basés sur des interpolations réalisées à l'échelle départementale, ne peuvent donc en aucun cas être utilisés pour faire des projections économiques. Ils ne donnent qu'un ordre de grandeur d'un potentiel dit « en terre » qui ne peut pas tenir compte à cette échelle de la qualité réelle des formations géologiques pour la production de granulats. Ils ne donnent qu'une indication sur le volume maximum des formations concernées, certainement très supérieur aux réserves réelles qui peuvent être extraites en fonction de paramètres techniques et économiques. Pour estimer les réserves proprement dites, des travaux de reconnaissance de terrain détaillés sont nécessaires (cartographie détaillée, sondages, puits, tranchées, mesures géophysiques, études de faisabilité, etc.).

Roches meubles

Le SIG fournit les données statistiques d'épaisseurs et de superficie par classe géotechnique. Le volume des ressources géologiques disponibles hors zones à très forts enjeux est ensuite calculé pour chaque classe géotechnique (Tableau 8). Comme la densité des matériaux concernés n'est pas connue, il est impossible de calculer de manière précise le tonnage équivalent.

À La Réunion, le potentiel des roches meubles pour la production de granulats est faible par rapport aux roches massives, puisqu'il est évalué à seulement 260 hm³.

Classe géo-technique	Superficie (ha)	Épaisseur moyenne (m)	Volume calculé (hm ³)
Sables fluvio-marins	257	3	7,71
Dunes	653,5	3	19,61
Récifs corallien	403	3	12,09
Sables, galets, sablons	7 380,5	3	221,42
Total	13 867,0		260,83

Tableau 8 - Volumes calculés de roches meubles par classe géotechnique.

Roches massives

À partir des données surfaciques extraites du SIG et l'épaisseur moyenne retenue pour chaque formation, les ressources géologiques disponibles – hors zones à très forts enjeux telles que définies dans le cadre de cette étude – sont calculées en terme de volume pour chaque classe géotechnique (Tableau 9). Comme pour les roches meubles, la masse volumique des matériaux concernés n'étant pas connue de façon précise, le tonnage équivalent de cette ressource ne peut pas être calculé.

La ressource potentielle en roches massives pour la production de granulats à La Réunion est très importante, puisqu'elle est évaluée à 43 511 hm³. L'ensemble de La Réunion étant recouvert par des coulées basaltiques, il est évident que cette surface importante peut être considérée comme une ressource en granulat d'importance.

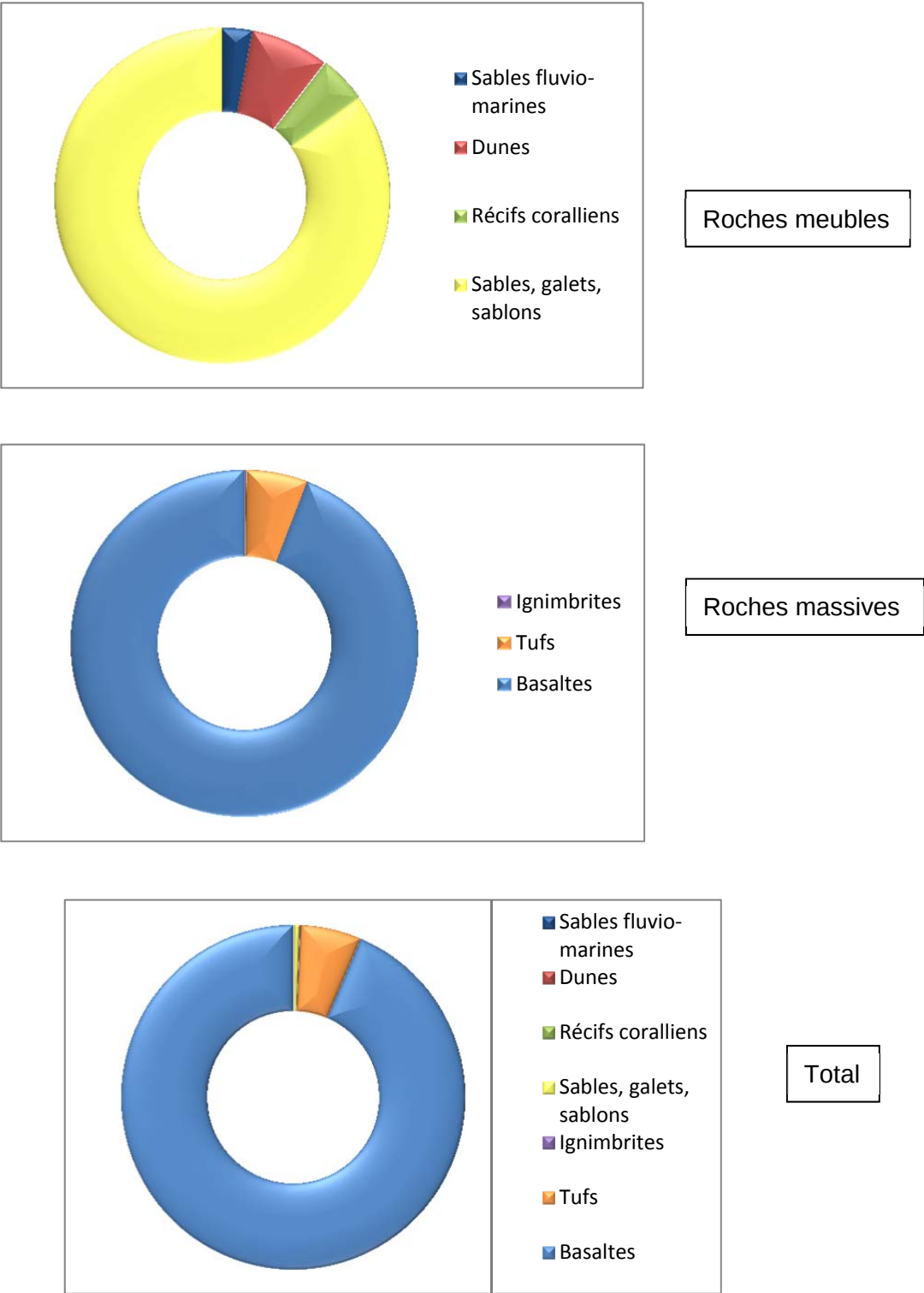


Figure 13 - Synthèse graphique des volumes calculés de roches meubles et roches massives.

Classe géo-technique	Superficie (ha)	Épaisseur moyenne (m)	Volume calculé (hm ³)
Ignimbrites	261	25	65,25
Tufs	9 989	25	2 497,25
Basaltes	163 793	25	40 948,25
Total	174 043		43 510,75

Tableau 9 - Volumes calculés de roches massives par classe géotechnique.

Les propositions respectives de chaque lithologie sont représentées sur la Figure 13, faisant apparaître que les matériaux d'origine alluvionnaires constituent une part très significative des ressources géologiques : plus de la 75 % des roches meubles, mais représente une très faible proportion (0,02 %) toutes roches confondues.

D'une manière générale, les résultats des calculs de volumes de ressources estimées sont naturellement sur-estimés, car l'extraction dans le parc naturel est soumise à de fortes contraintes légales et le relief escarpé est un handicap pour l'extraction.

Par contre avec le SDC qui préconise l'extraction dans des espaces dédiés que sont les « espaces carrières », le calcul du volume de ressources définies semble plus proche du potentiel de ressources accessibles.

3.3.4. Calcul de ressource en granulats à partir des espaces carrières

Le SDC a défini des « espaces carrières » propices à l'implantation de carrières en tenant compte de leur localisation en dehors des contraintes environnementales fortes et de leur répartition sur l'ensemble du territoire. Le volume disponible est calculé à partir de ces espaces carrières soit un roches massives magmatiques ou bien en roches meubles (Tableau 10).

La ressource potentielle pour la production de granulats dans les « Espaces carrières » est estimée à 46,5 hm³ pour les roches massives et 60,7 hm³ pour les roches meubles.

Les propositions respectives entre roches massives et roches meubles sont représentées sur la Figure 14, faisant apparaître que les matériaux d'origine alluvionnaire constituent 57 % des ressources géologiques des espaces carrières.

L'utilisation des « Espaces carrières », tels que préconisés par le SDC pour estimer la ressource potentielle est plus conforme à la réalité que la méthode par estimation des volumes des différentes formations géologiques. En effet, les résultats sont plus cohérents dans les répartitions entre roches meubles et roches massives ainsi que par le résultat des volumes calculés.

	Zone géographique	Espaces carrières	Épaisseur supposée matériaux (m)	Surface disponible (ha)	Volume disponible (Mm ³)
Roches massives magmatiques	Saint-André / Sainte-Marie	EC09-02	10-20	228	4
		EC20-02	10-20	271	3
		EC18-02	15	95	2,5
		ERM-04	20	97	4
	Zone de La Montagne	EC11-01	30-50	26	4
		EC11-02	30-50	32	5
	Saint-Pierre	EC14-01	30-50	197	18
		ERM-01	30	94	6
Sous total				1 040	46,5

	Zone géographique	Espaces carrières	Épaisseur supposée matériaux (m)	Surface disponible (ha)	Volume disponible (Mm ³)
Alluvions et roches meubles	Rivière des Marsouins	RM01	10	98	0,7
	Rivière de l'Est	EC10-01	10	111	5
		RES01	10	148	7,5
		RES02	10	54	3
		RES03	10	66	3,5
	Rivière du Mat	EC02-01	5-20	148	6
		EC09-01	7	45	1
		RMt01	5	78	2
		RMt02	5	69	1,5
		RMt03	5	64	1,5
	Rivière des Galets	EC07-01	10-20	118	6
		EC15-01A	10	36	2
		EC15-01B	10	145	7
		RG01	10	74	5
	Rivière Saint-Étienne	EC16-07	5	100	2,5
		EC16-08	5	12	0,5
		RE01	5	7	0,5
		RE03	5	73	2
		RE04	5	23	0,5
		RE05	5	120	3
Sous total				1 589	60,7
Total				2 629	107,2

Tableau 10 - Volumes calculés de roches meubles et massives dans les « Espaces carrières ».

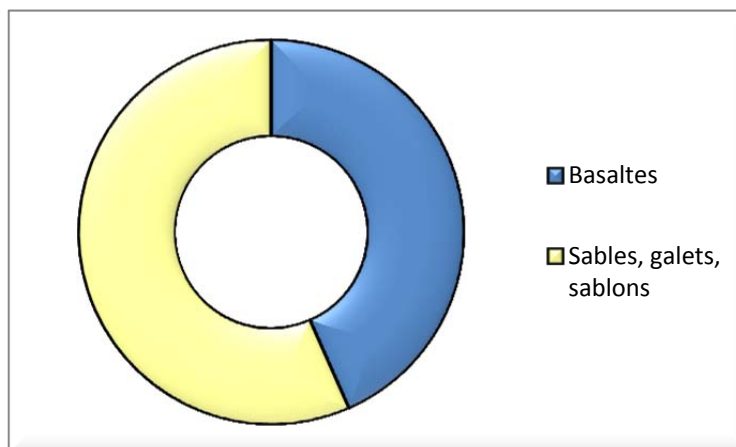


Figure 14 - Synthèse graphique des volumes calculés de roches meubles et roches massives dans les « espaces carrières »

3.4. SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG)

La structure du SIG a été établie au cours de la première phase du projet. Elle est présentée en détail dans les rapports de Leistel (2006), Leistel et Malon (2006) et Colin *et al.* (2010).

3.4.1. Rappels

Schématiquement, le système d'information consiste en une base de données nationale (en format Oracle) sur serveur et d'interfaces de saisie et de mise à jour (en Access 2003) sur des postes clients. Aux trois domaines qui ont été définis, « Documentation » (métadonnées), « Ressources » (description des exploitations) et « Connaissance » (description des formations géologiques), correspondent respectivement trois applications Access pour la saisie et la consultation.

Le BRGM et l'Ifremer ayant pour objectif de présenter les résultats de leurs études respectives dans un SIG commun, une architecture générale a été élaborée en concertation et un modèle de présentation des métadonnées et de chaque couche ont été élaborés. L'Ifremer n'a pas actuellement engagé de travaux sur l'étude des granulats en mer dans les DROM. Mais, afin de conserver une continuité dans la gestion des données, le mode de fonctionnement est conservé par rapport aux études antérieures. Chacun des deux organismes gère les données qui lui sont propres et les stocke dans son propre système de base de données. C'est ensuite au niveau de l'outil de consultation proprement dit (site Internet interopérable) que les données sont visualisées dans un référentiel commun.

Les couches à thématiques communes sont celles de la géologie et des exploitations de granulats. En ce qui concerne les données géologiques fournies par le BRGM, celles-ci sont à l'échelle du 1/100 000 et la localisation des exploitations et de leurs sites d'extraction sont au 1/25 000.

3.4.2. SIG Granulats – livrable

L'ensemble des données utilisées pour réaliser l'étude sont fournies sous la forme de fichiers de formes MapInfo / ArcGIS et de couches et projets ArcMap en version 10. Dans la mesure du possible, les métadonnées associées à chaque couche du SIG ont été renseignées suivant le modèle adopté au cours de la phase 1 (Leistel, 2006). Les données enregistrées dans la base de données nationale Oracle ont été extraites et archivées sous forme de fichiers au format ShapeFile¹ pour pouvoir les recopier sur un support indépendant de type CDROM ou DVD. En plus des impressions papier des cartes qui accompagnent ce rapport, des fichiers au format PDF ont été générés qui permettent une consultation rapide de chacune des cartes avec gestion des couches thématiques sous forme de calques.

Les données provenant d'autres organismes, tels que l'IGN ou les DREAL, restent la propriété de ces organismes et ne sont jointes que dans la mesure où elles sont indispensables à la réalisation des cartes finales et au bon fonctionnement du système d'information.

Il faut aussi souligner le fait que les données utilisées dans cette étude sont évolutives. Le BRGM peut actualiser les données qui lui sont propres - formations géologiques et exploitations - mais les autres données, gérées par d'autres organismes, ne pourront être actualisées qu'en fonction des mises à jour qui seront signalées et disponibles.

Les données

Les données géographiques sont fournies au format ShapeFile, format natif de ArcGis, format désormais public et lisible par la plupart des logiciels SIG, à l'inverse du format « géodatabase », format propriétaire ESRI.

L'organisation des fichiers numériques constitués pour cette étude ainsi que leurs formats et contenus sont détaillés en Annexe 1.

Les documents ArcMap : archivage dans le sous-répertoire /Documents_ArcMap.

Les cartes au format PDF : archivage dans le sous-répertoire /Annexes.

Une carte figurant en planche hors-texte (échelle 1/125 000) est également fournie sous la forme d'un document au format PDF : PL_1_Ressources_geologiques_Reunion.pdf

3.4.3. Site Internet cartographique

La phase 3 du projet « Granulats Marins » avait conduit à la conception et au développement d'un site Internet cartographique dédié (Urvois *et al.*, 2009). En 2009,

¹ Un ShapeFile est un ensemble de fichiers comprenant au minimum trois fichiers : .shp, .shx et .dbf et pouvant aller jusqu'à plus de sept.

le BRGM avait mis en place une infrastructure nationale de consultation de données publiques sur les granulats terre-mer sous forme d'une page « Façade Maritime » dans l'Observatoire des Matériaux (<http://matériaux.brgm.fr>).

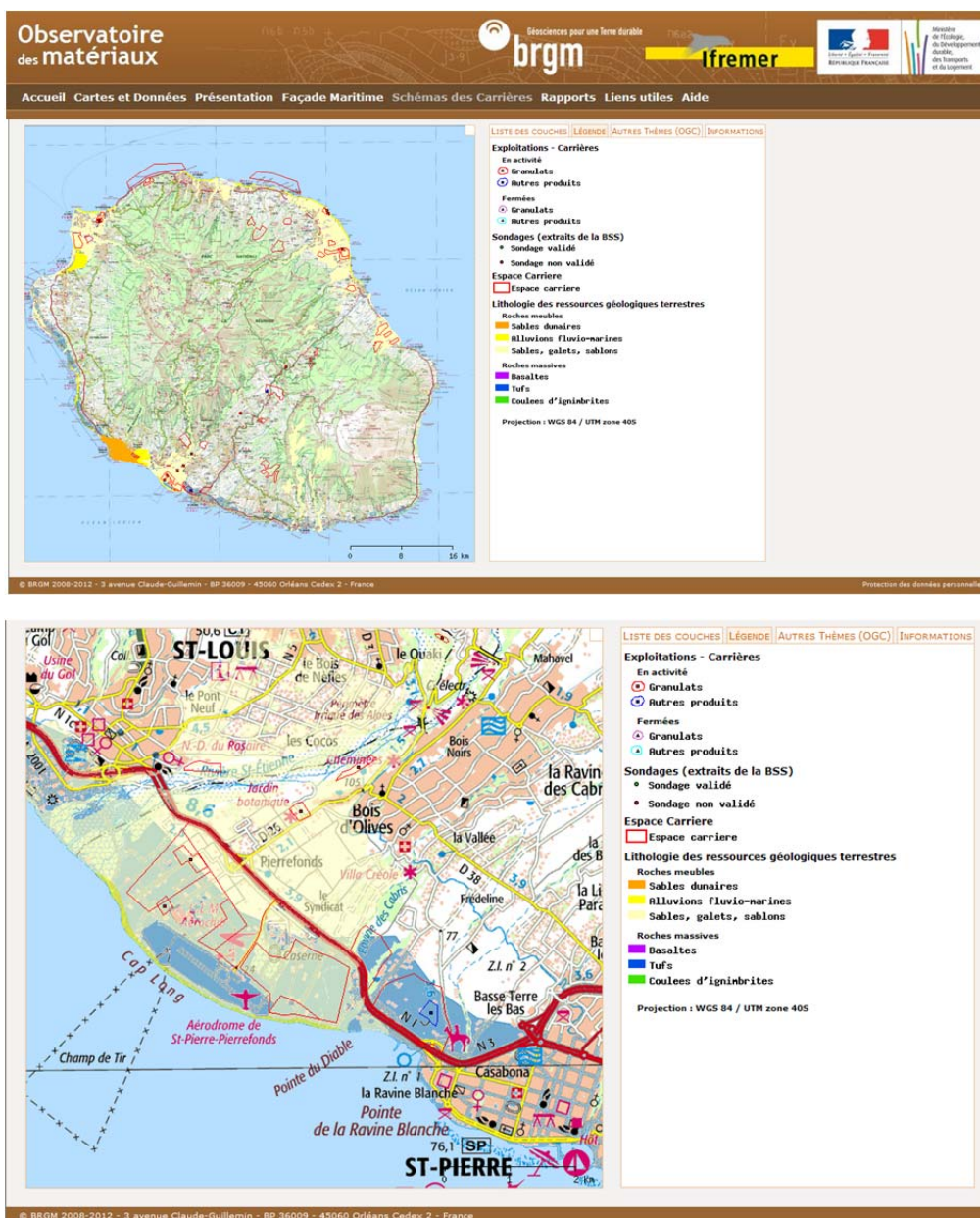


Figure 15 - Exemples de consultation du site web.

À l'issue de la phase 6, les nouvelles couches de données produites pour le département de La Réunion (ressources, zones à très fort enjeux) sont publiées sous forme de fichiers Internet et visualisées sur le site de l'« Observatoire des Matériaux » (Figure 15 présentant la carte des ressources potentielles en roches meubles et roches

massives pour les granulats et les exploitations en activité sur une portion Sud du département de La Réunion).

La consultation de ces couches bénéficie par ailleurs des évolutions et améliorations ergonomiques apportées au site web de l'Observatoire des Matériaux en 2010 et 2011.

3.5. CONCLUSIONS

La sixième phase du projet « Granulats marins » couvre les départements et collectivités d'outre-mer : Guadeloupe, Martinique, Mayotte, La Réunion, Wallis-et-Futuna et Saint-Pierre-et-Miquelon. Les résultats exposés dans le présent rapport concernent l'île de La Réunion. Il s'agissait de collecter les données des exploitations et des ressources en roches meubles et massives pour le département, en suivant la même démarche que celle adoptée pour les phases précédentes du projet.

À l'issue de cette sixième phase, le BRGM dispose et met à disposition l'information suivante enregistrée dans le Système d'Information Géographique :

- la description des données sources, ou documentation originelle, sous forme de 88 métadonnées enregistrées dans une base de données dédiée ;
- une liste d'exploitations de granulats en roches meubles ou en roches massives, actives ou récemment fermées (selon la procédure l'Observatoire des Matériaux). Ces exploitations sont géoréférencées par un point de rattachement et, dans la mesure des données disponibles, par le(s) polygone(s) matérialisant leur(s) contour(s). Un certain nombre de paramètres permettent de décrire ces exploitations, dont notamment les productions autorisées. Cette liste a permis de décrire l'éventail des types de substances exploitées sur l'île ;
- pour le département de La Réunion, la base de données contient les descriptions de 88 exploitations produisant ou ayant produites des granulats. Les stations de recyclage n'ont pas été prises en compte ;
- un inventaire des formations géologiques potentiellement porteuses de granulats, en roches meubles et en roches massives. Les emprises (polygones) de ces formations ont été extraites et renseignées à partir des cartes géologiques à 1/100 000, en prenant en compte toutes les formations ayant fait ou faisant l'objet d'une exploitation pour granulats. Ces formations ont été décrites et enregistrées dans la base de données du projet ;
- un inventaire des zones à très forts enjeux à prendre en compte pour aboutir à une délimitation des zones réellement accessibles pour des études plus approfondies visant à l'ouverture d'une carrière. Ces zones de contraintes objectives sont des surfaces artificialisées (réseaux routiers et zones urbanisées) ainsi que les réseaux hydrographiques et les terrains à usage particulier. Ces réseaux et contours sont issus de la BD CARTO® produite par l'Institut Géographique et Forestier National et mise à disposition par le MEDDTL pour les besoins spécifiques de cette étude.

À partir de ces données, l'analyse et l'estimation des ressources potentielles pour produire des granulats ont été réalisées. Il s'agissait d'évaluer le volume des formations géologiques porteuses hors zones à très forts enjeux qui ont été retenues.

La démarche adoptée était la suivante :

- délimitation surfacique (contours) des formations géologiques à potentiel granulat situées hors zones à enjeux très forts ;
- utilisation des périmètres d'espaces carrières présents dans le schéma des carrières ;
- attribution d'une classe de qualité géotechnique à chaque entité lithologique et, pour chaque classe géotechnique, estimation du volume des ressources disponibles ;
- estimation du volume des ressources disponibles pour chaque espace carrière.

Les volumes calculés dans cette étude sont des ressources minérales présumées (suivant la classification des Nations Unies), c'est-à-dire mises en évidence par une étude géologique et sans critères économiques. Les chiffres fournis ne peuvent en aucun cas être utilisés pour faire des projections économiques. Ils ne donnent qu'un ordre de grandeur d'un potentiel dit « en terre » qui ne peut pas tenir compte à cette échelle de la qualité réelle des formations géologiques pour la production de granulats.

Ces résultats ne donnent qu'une indication sur le volume maximum des formations concernées, certainement très supérieur aux réserves réelles qui peuvent être extraites en fonction de paramètres techniques et économiques. C'est la raison qui a poussé à utiliser les résultats des espaces carrière qui est plus conforme à la réalité.

De manière générale, les résultats de cette étude sur le département côtiers de La Réunion montrent que les ressources géologiques (méthode de calcul n° 1) aptes à produire des granulats sont relativement faibles en roches meubles (261 hm^3) et très importantes roches massives ($43\,510 \text{ hm}^3$). Par contre, les résultats issus des « espaces carrières » (méthode de calcul n° 2) montrent des ressources potentielles de $46,5 \text{ hm}^3$ pour les roches massives et de $60,7 \text{ hm}^3$ pour les roches meubles. Le résultat obtenu par cette deuxième estimation de ressources potentielles est plus proche de la réalité et conforme au document en vigueur en l'occurrence le Schéma Départemental des Carrières.

Sur l'ensemble du département, l'essentiel du volume estimé de roches meubles provient des sables dunaires (8 %), des sables fluvio-marins (3 %), des sables/galets/sablons (85,0 %) et des récifs coralliens (5 %). Pour ce qui est des roches massives, le plus fort potentiel est représenté par les basaltes (94 %) qui recouvre l'ensemble de l'île de La Réunion sous forme de coulées basaltiques.

La présente étude montre clairement que la ressource naturelle pour produire des granulats est bien présente sur l'ensemble du territoire et que les volumes estimés sont importants. Ce n'est donc pas la disponibilité de la ressource elle-même qui représente une limitation, mais plutôt l'accès réglementaire et sociétal pour son exploitation. Une grande partie de la ressource en roches massives est présente dans des zones protégées nombreuses à La Réunion, comme le cœur du parc naturel par exemple.

La ressource en matériaux meubles dans le département est sensiblement plus faible que celle en roches massives. Actuellement, cette ressource est la principale exploitée, mais c'est aussi la moins présente sur le territoire. Il sera donc important de mettre en place une substitution des roches meubles par des concassés de roches massives. Pour ce qui concerne l'extraction en mer, on note qu'il n'y a pas de permis autour de La Réunion.

3.6. PERSPECTIVES

La phase 6 de l'étude « granulats marins » concerne les départements et collectivités d'Outre-mer. Chacun de ces territoires a fait l'objet d'un rapport spécifique publié au fur et à mesure de l'achèvement des travaux (2012).

À l'issue de cette sixième phase, il est convenu de pérenniser le fonctionnement et l'enrichissement de l'infrastructure des données de la façade maritime de l'« Observatoire des Matériaux » par des couches d'informations nouvelles ainsi que la mise à jour des couches existantes. Dans un premier temps, il est prévu de réaliser une étude similaire avec les mêmes méthodes sur le département de la Guyane. Elle constituera la phase 7 du projet et sera réalisée en 2013-2014.

La qualité et la résolution des données disponibles n'est pas équivalente à celle des départements de Métropole et d'Outre-mer déjà traités. Les cartes de la géologie guyanaise sont principalement à 1/100 000. Un travail de cartographie sera nécessaire sur certains secteurs prioritaires concernant la géologie de la façade maritime ainsi que la couverture en altérites. La procédure en Guyane sera donc redéfinie et ajustée en conséquence. Cependant, elle inclura les étapes identiques aux autres phases.

Il s'agira donc de :

- fournir un état cartographique des ressources connues à terre pour ce territoire ;
- estimer des volumes « en terre » disponibles sur les secteurs prioritaires sélectionnés ;
- mettre à disposition des publics concernés les résultats obtenus pour une meilleure gestion des ressources disponibles en relation avec les besoins.

Enfin, il pourra être envisagé d'étendre ultérieurement le projet à la façade maritime méditerranéenne de la métropole dont le principal besoin à ce jour semble être la recharge en sables de plages.

Bibliographie

Bertrand G., Bodéré G., Colin S., Langlois J., Lebre P., Leistel J.-M., Malon J.-F., Maldan F., Tertre F., Urvois M., Andriès G., Audouin P., Blanchard E., Boesch C., Capbarat C., Chagneau A., Degros L., De Fru M., Delcourt B., Destoop F., Eurisouké S., Gestin G., Gouelibou N., Jardin A., Julien A., Livoye J., Loubat M., Martin A., Nadim L.-M., Ochart B., Pégard T., Poux B., Rabot E., Reby J., Rousselet S. (2008) - Activité 2006 - 2008 : Observatoire des matériaux. Rapport Final. BRGM/RP-56943-FR, 134 p., 21 fig., 19 tab., 6 ann.

Bertrand G., Colin S., Langlois J., Lebre P., Malon J.-F., Maldan F., Tertre F., Urvois M., Alizert L., Come L., D'Angelo B., Féron M., François P., Hellouin M., Rivellin-Falcoz P., Yven E. (2010) - Observatoire des matériaux : Activité 2009. Rapport Final. BRGM/RP-58615-FR, 101 p., 13 fig., 12 tab., 3 ann.

Bertrand G., Bodéré G., Colin S., Dagois R., Duvauchelle T., Granier L., Langlois J., Lebre P., Legros L., Leroy C., Levêque Y., Malon J.-F., Maldan F., Maurizot P., Pignot C., Tertre F., Soltzyziack L., Trapy P.-H., Urvois M. (2010) - Observatoire des matériaux : Activité 2010. Rapport Final. BRGM/RP-59237-FR, 142 p., 24 tab., 43 fig., 7 ann.

Billard G. (2004) - Notice de la carte géologique de La Réunion à 1/50 000. Éd. BRGM, 45 p.

BRGM (1998) - Estimation des ressources en gisements alluvionnaires (bassin de la Seine). Rapport final. BRGM R 40081, 65 p., 1 ann.

Colin S., Alizert L., Féron M., Malon J.-F., Urvois M., Bertrand G. (2010) - SIG Ressources Minérales Françaises - Architecture et mode d'emploi des applications de saisie. V2. Rapport BRGM/RP-58574-FR, 169 p., 90 ill., 6 ann.

Colin S., Couin K., Cuillerier A., Debard A., Dejeans B., Favreau V., Fourniguet J., Gabillard S., Guillot M., Humbert C., Joanny F.-X., Lebre P., Le Goff E., Malon J.-F., Pannet P., Plottu E., Tertre F., Urvois M., Vaca M., Warin R., Bertrand G. (2011) - Observatoire des Matériaux : Activités 2011. Rapport final. BRGM/RP-60498-FR, 114 p., 20 tab., 22 fig., 4 ann.

Corbier P. et Karnay G. avec la collaboration de B. Bourguin et M. Saltel (2010) - Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine – Reconnaissance des potentialités aquifères du Mio-Plio-Quaternaire des Landes de Gascogne et du Médoc en relation avec les SAGE – Module 7 – Année 1 – BRGM/RP-57813-FR, 187 p., 36 fig., 6 ann.

Dupilet D. (2001) – Le règlement des conflits d'usage dans la zone côtière entre pêche professionnelle et autres activités. Rapport remis à Monsieur le Premier Ministre, 3 avril 2001, 57 p. http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/rapport_dupilet-0.pdf

Le Berre P., Francoise L., Colin S. (2010) - « Schéma départemental des carrières de La Réunion ». BRGM/RP-57788-FR, 200 p., 39 fig., 4 ann.

Lebret P., Bodéré G., Colin S., Leistel J.-M., Malon, J.-F., Destoop F., Eurisouké S., Livoye J., Maldan F., Martin A., Nadim J.-L. (2007) - Activité 2006 de l'Observatoire des Matériaux – Rapport Final. BRGM/RP-55238-FR, 76 p., 28 fig., 10 tab., 1 ann.

Leistel J.-M. (2006) - Enquête sur l'ensemble des données disponibles et le recensement des exploitations terrestres de granulats de 11 départements côtiers. Rapport de synthèse. BRGM/RP-54193-FR, 1 vol. Synthèse 74 p., 1 vol. Annexes, 210 p., 2 pl. hors-texte.

Leistel J.-M., Bialkovsky A., Husson Y., Lacquement F., Malon J.-F. (2007) - Enquête sur l'ensemble des données disponibles et le recensement des exploitations terrestres de granulats de 11 départements côtiers – Phase 2. Rapport de synthèse. BRGM/RP-55534-FR, 130 p., 10 pl. hors-texte.

Leistel J.-M., Malon J.-F. (2006) - SIG Ressources Minérales Françaises - Architecture et mode d'emploi des applications de saisie. BRGM/RP-54545-FR, 103 p.

Maillot R. (2001) - Mémento technique des granulats. Les Presses de l'École des Mines, Paris, 166 p.

Nehlig P., Bucelle M. (2006) - Kit pédagogique des sciences de la terre : Connaissance géologique de La Réunion. Ed. BRGM, 85 p., 74 fig.

Urvois M., Bertrand G., Colin S., Husson Y., Lebret P. (2011) - Enquête sur l'ensemble des données disponibles et le recensement des exploitations terrestres de granulats – Phase 5 : sud Gascogne. Rapport de synthèse. BRGM/RP-59645-FR, 64 p., 14 fig., 12 tab., 2 ann., 2 pl. hors-texte.

Urvois M., Colin S., Malon J.-F., Tertre F. (2009) - Enquête sur l'ensemble des données disponibles et le recensement des exploitations terrestres de granulats de 11 départements côtiers – Phase 3. Rapport de synthèse. BRGM/RP-57572-FR, 70 p., 24 fig., 5 tabl., 1 ann.

Urvois M., Bertrand G., Colin S., Husson Y., Lebret P. (2010) - Enquête sur l'ensemble des données disponibles et le recensement des exploitations terrestres de granulats – Phase 4 : Bretagne. Rapport de synthèse. BRGM/RP-59148-FR, 61 p., 16 fig., 15 tab., 3 ann., 4 pl. hors-texte.

Annexe 1

Organisation des données numériques de l'étude

Les données géographiques sont fournies au format ShapeFile, format natif de ArcGis, format désormais public et lisible par la plupart des logiciels SIG, à l'inverse du format « géodatabase », format propriétaire ESRI. Un ShapeFile est un ensemble de fichiers comprenant au minimum trois fichiers : .shp, .shx et .dbf et pouvant aller jusqu'à plus de sept.



Organisation générale des fichiers de données sur le serveur.

La description du contenu de chaque sous-répertoire est détaillée ci-dessous par ordre alphabétique.

Le répertoire « **Annexes** » contient des éléments utiles au rapport final : les annexes (fichiers excel xls), les planches hors-texte par département à l'échelle 1/125 000 (fichier pdf) et un fichier rassemblant les données statistiques pour la région d'étude (Fichier Excel).

Le répertoire « **Data_Contraintes** » contient toutes les zones d'enjeux très forts (contraintes objectives) individualisées. Les fichiers fournis ont été découpés à l'emprise de la zone d'étude (fonction Clip) et les formes fusionnées (dissolve), pour ne fournir qu'une seule entité par contrainte.

Le répertoire « **Data_Finales** » contient les données finales du projet, avec notamment les roches massives avec et hors zones à très forts enjeux, idem pour les roches meubles.

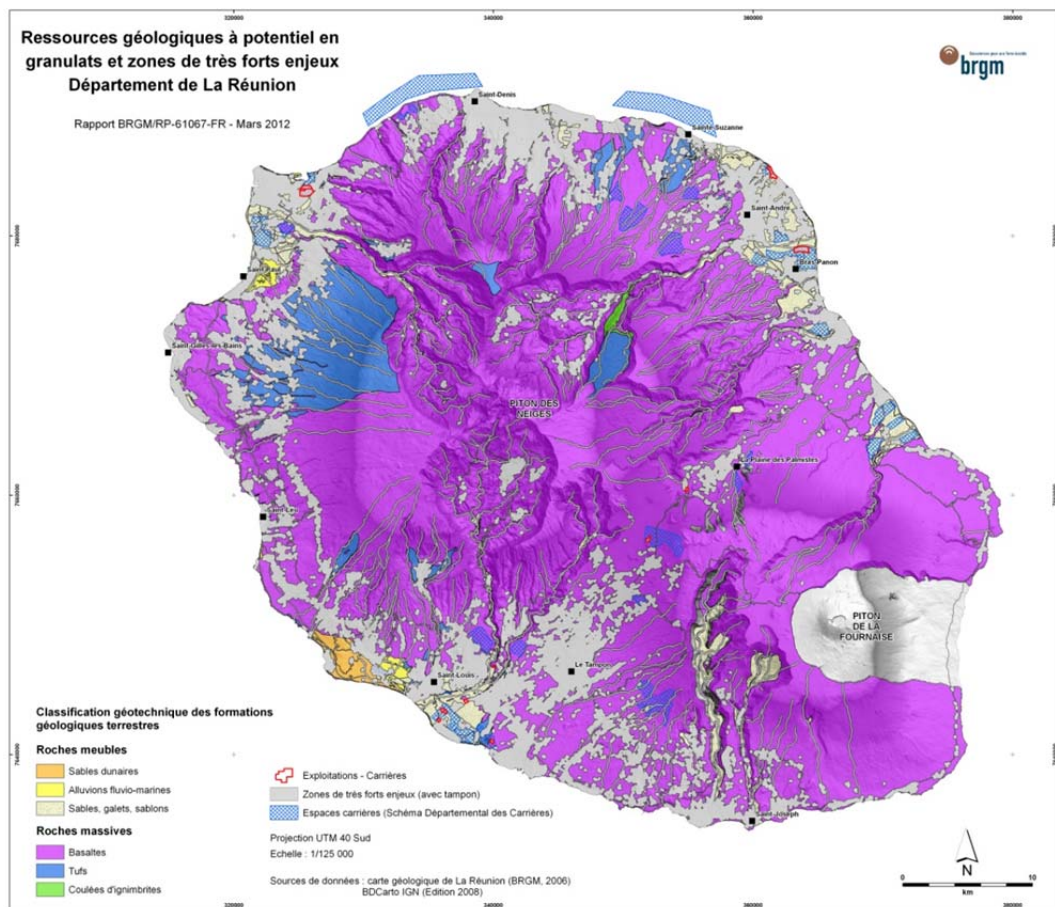
Le répertoire « **Data_Originales_Geographie** » contient les données géographiques utilisées pour générer les fichiers des zones à très forts enjeux ou pour découper les départements.

Le répertoire « **Data_Originales_Geologie** » contient les données harmonisées des cartes géologiques par département au format ShapeFile. Les fichiers de couche .lyr (Layer file) sont des fichiers ArcGIS (version minimum 9.3) et contenant toutes les caractéristiques d'affichage des cartes géologiques, notamment les couleurs et les légendes.

Le répertoire « **Data_Site_Web** » contient les données utilisées pour alimenter le site Internet du projet : les zones d'enjeux et les roches massives/meubles dans ou hors enjeux.

Le répertoire « **Database_travail** » contient les données extrait de l'observatoire de matériaux utile pour l'élaboration du projet.

Planche hors texte - Carte des ressources géologique à potentiel en granulats et zones à très forts enjeux : département de La Réunion





**Centre scientifique et technique
Direction des Géoressources**

3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34