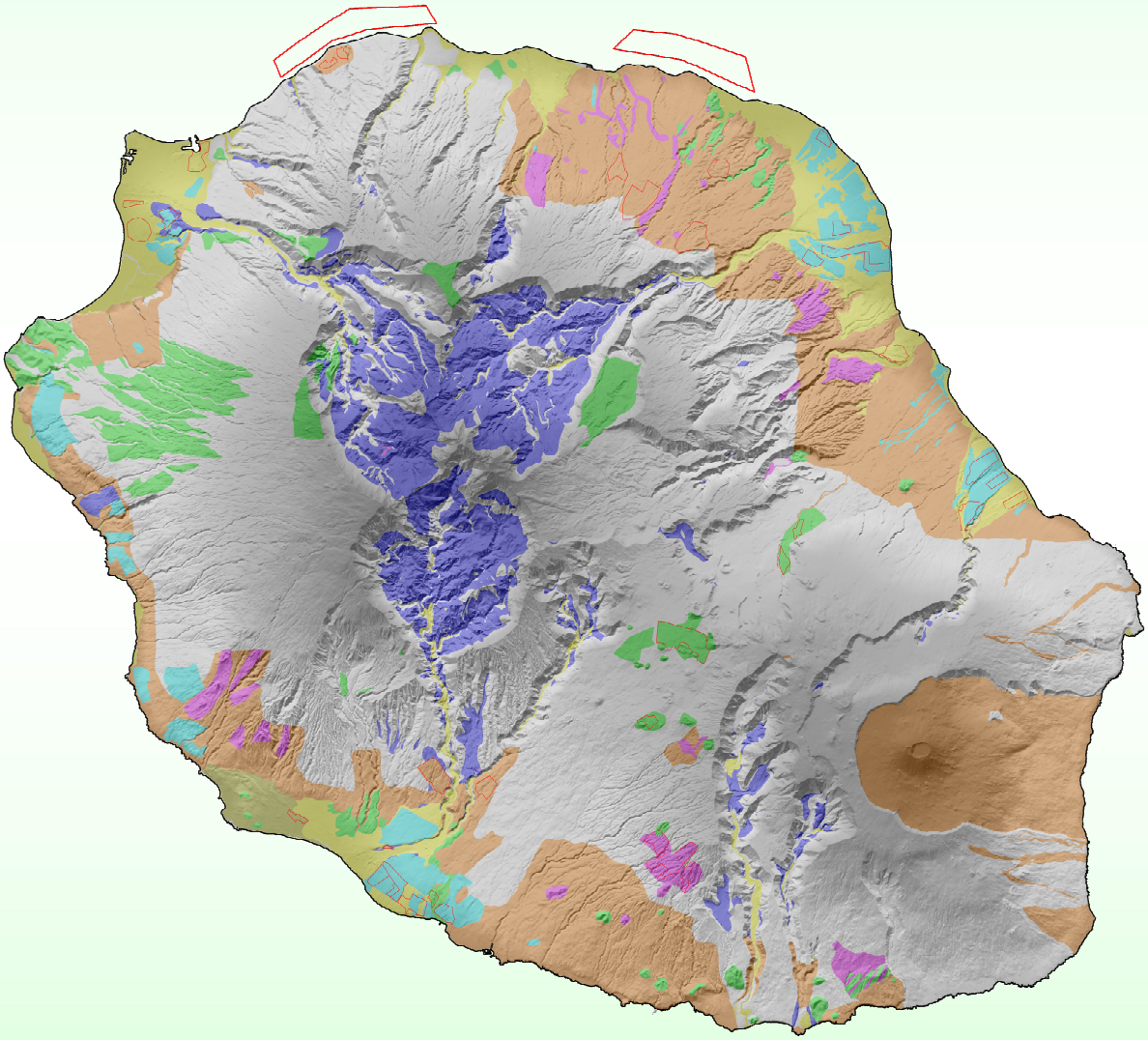
PREFECTURE DE LA REUNION

Schéma départemental des carrières de La Réunion



MAI 2010

SICRE
Syndicat Industriel des carriers de La Réunion

Document public

Schéma Départemental des Carrières de La Réunion

Rapport final

BRGM/RP-57788-FR
Mai 2010

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

SICRE
Syndicat Industriel des carriers de La Réunion

Conseil Général de la Réunion

Développons Durablement

Région Réunion
Valorisons nos atouts

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Schéma Départemental des Carrières de La Réunion

Rapport final

BRGM/RP-57788-FR
Mai 2010

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM 2008 et 2009 – Fiches 08RESB24 et 09RESB26-27-28

P. Le Berre
Avec la collaboration de
L. Françoise et S. Colin

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : P. Lebret	Nom : JL. Nédellec
Date :	Date :
Signature :	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 9001:2000.

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : La Réunion, matériaux, alluvions, roches massives, granulats, ressources, marché, production, consommation, transport, environnement, schéma départemental des carrières

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :
Le Berre P., Françoise L. et Colin S. (2010) : *"Schéma Départemental des Carrières de La Réunion"* ; Rapport BRGM/RP-57788-FR Mai 2010 , 200 pages, 39 illustrations, 4 annexes.

© BRGM, 2010, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Notice de présentation du schéma

Généralités

Le premier Schéma Départemental des Carrières de La Réunion a été approuvé par arrêté préfectoral n° 01-1678/SG/DAI/3 du 09 juillet 2001. Cet arrêté préfectoral prévoit dans son article 4 une révision du schéma selon une procédure identique à son adoption, dans un délai maximal de dix ans à compter de son approbation ou si l'économie générale du schéma est modifiée.

La révision du Schéma Départemental des Carrières de La Réunion, débutée seulement 7 ans après son approbation, a été décidée du fait des besoins très importants en matériaux de l'île liés en particulier aux grands travaux (route des Tamarins, projet de tram-train, nouvelle route du littoral, …), à la pression foncière et aux risques de pénurie en granulats liées aux difficultés d'accès à des ressources exploitables dans des conditions économiques acceptables.

On rappellera que l'élaboration et la révision du Schéma Départemental des Carrières dans chaque département ont été imposés par la loi du 4 janvier 1993, relative aux carrières, codifiée aux articles L. 515-1 à L. 515-6 du Code de l'environnement. Le décret n°94-603 du 11 juillet 1994, codifié aux articles R. 515-1 à R.517-7 du Code de l'environnement, précise le contenu et la procédure d'élaboration de ce schéma.

Le Schéma Départemental des Carrières définit les conditions générales d'implantation des carrières, prend en compte l'intérêt économique du département, les besoins en matériaux, la protection de l'environnement, en favorisant une utilisation rationnelle et économe des matières premières. Il fixe les conditions de réaménagement des carrières.

Les objectifs et orientations de ce schéma doivent être compatibles avec ceux des autres instruments de planification élaborés par les pouvoirs publics, notamment le Schéma d'Aménagement Régional (SAR), le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE).

C'est un instrument d'aide à la décision du Préfet lorsque celui-ci autorise les exploitations de carrières en application de la législation des installations classées. Les autorisations de mise en exploitation de carrières doivent être compatibles avec le Schéma Départemental des Carrières (SDC), en application de l'article L. 512-2 du Code de l'environnement.

Le Schéma Départemental des Carrières de la Réunion révisé en 2009 est constitué d'une notice de présentation, d'un rapport et de cartes :

- La présente notice permet à des non-spécialistes de comprendre ses enjeux, ses orientations et ses objectifs,

- Le rapport comprend 9 chapitres dans lesquels sont examinés successivement :
    1. La réglementation des carrières
    2. Le marché des matériaux
    3. Les ressources en matériaux
    4. Les facteurs environnementaux pouvant limiter l'exploitation
    5. Les modes d'approvisionnement actuels
    6. Les modes de transport
    7. L'intégration des carrières dans l'environnement
    8. Orientations prioritaires et les objectifs du Schéma
    9. Bilan des propositions du Schéma 2001

- Les documents cartographiques présentent à l'échelle du 1/80 000 :
    - Les ressources connues, les carrières actuelles et les espaces-carrières (espaces favorables à l'ouverture de nouvelles carrières),
    - Les enjeux environnementaux de classe 1 (interdisant les carrières) et de classe 2 (très forte sensibilité).

Le Schéma Départemental des Carrières doit faire l'objet d'une évaluation environnementale conformément à la Directive européenne 2001/42/CE du 27 juin 2001 transposée en droit français par l'ordonnance 2004-489 du 3 juin 2004 (articles L. 122-4 à L. 122-11 du Code de l'Environnement) et le décret 2005-613 du 27 mai 2005 (articles R. 122-17 à R. 122-24 du Code de l'Environnement).

L'évaluation environnementale est une procédure qui vise à mieux apprécier, les incidences des décisions du Schéma Départemental des Carrières sur l'environnement. Elle s'appuie sur l'établissement d'un rapport proposant des mesures correctrices pour réduire et compenser les effets dommageables du schéma.

Lorsque le projet de schéma et le rapport d'évaluation environnementale sont approuvés par la Commission Départementale de la Nature, des Paysages et des Sites (CNDPS), ceux-ci sont soumis à l'avis du Préfet, puis mis à disposition du public pendant 2 mois. Les avis du Conseil Général et de l'établissement du Parc National sont également recueillis.

La CNDPS modifie ensuite le schéma au vu des observations recueillies, puis il est approuvé par arrêté préfectoral.

Le marché des matériaux à La Réunion

A La Réunion, le marché des matériaux repose principalement sur la production de granulats élaborés à partir d'alluvions. En dehors des granulats, il existe des marchés, moins organisés, de matériaux «bruts d'extraction» utilisés dans les travaux publics ou par les particuliers (enrochements et « tout-venant »).

La demande en granulats élaborés se situait en 2006-2008, entre 6,5 Mt/an et 7,5 Mt. Mais cette demande semble avoir baissé en 2009 (au voisinage de 6 Mt d'après le SICRE). Mais elle devrait progresser ensuite en corrélation avec l'évolution démographique et les besoins futurs en granulats jusqu'en 2020 peuvent, en première approximation, être estimés à 80 Mt ou 40 Mm^3.

Le marché des scories a subi une mutation significative. Auparavant utilisées comme tout-venant, les scories sont aujourd'hui traitées (criblées) pour des utilisations plus nobles, dans l'aménagement paysager par exemple.

Le marché de la pierre ornementale est à un stade artisanal. La production de dalles, de revêtement, de bordures en pierre naturelle est marginale. L'absence de production industrielle n'est toutefois pas représentative de l'intérêt porté au basalte, très largement utilisé dans les murs de soutènement, murs en moellons constitués de galets éclatés de taille décimétrique.

L'exploitation des tufs pouzzolaniques, utilisés pour l'élaboration de ciment depuis 30 ans, représente une activité pérenne du marché réunionnais avec une production de l'ordre de 80 kt par an.

Afin de satisfaire le marché réunionnais, des matériaux de carrière et des produits qui en dérivent (produits en béton, terre cuite, céramique, plâtre, verre) doivent être importés. La Réunion importe principalement du clinker de Thaïlande (353 kt en 2007) qui est broyé avec du tuf de Saint-Pierre et du gypse pour produire du ciment. Mais du ciment est également directement importé (200 kt en 2007) de Malaisie, de Thaïlande et du Kenya.

Parmi les produits dérivés des matériaux de carrière, il faut noter le fort tonnage de carreaux céramiques, de l'ordre de 50 kt/an, importés d'Espagne, Italie, France, Chine, Indonésie, …

D'après une enquête menée en 2006, le secteur des matériaux de carrière aurait généré de l'ordre de 220 emplois directs et 1260 emplois indirects (transport, transformation, …). Mais la contribution socio-économique de ce secteur s'apprécie par la prise en compte de l'ensemble du secteur du BTP qui représentait 20500 emplois à La Réunion en 2006.

Les ressources disponibles

Les principales ressources en matériaux de la Réunion ont été inventoriées et des espaces-carrières ont été délimités. Les espaces-carrières représentent des zones à privilégier et à préserver pour l'exploitation des carrières afin d'assurer la satisfaction des besoins en matériaux sur le long terme. Ils sont situés en dehors des espaces de protection environnementale de classe 1, interdisant l'ouverture de carrière. Toutefois l'ouverture de carrières reste possible en dehors des espaces-carrières.

Ces ressources sont par ordre d'importance décroissante :

- **des ressources en alluvions fluviatiles, hors lit mineur**

Elles sont situées sur les grands cônes alluvionnaires des rivières de La Réunion : les cônes de la rivière du Mât et de la rivière de l'Est, le cône alluvionnaire de la rivière des Galets, le cône alluvionnaire de la rivière Saint-Etienne.

Ces ressources potentiellement exploitables dans les espaces-carrières seraient de l'ordre de 55 millions de m^3 (volume en place – soit environ 110 Mt), mais situées dans des zones où les contraintes à l'exploitation sont fortes (urbanisation).

- **des ressources en roches massives**

Disséminées sur le pourtour des deux volcans, elles correspondent aux dernières phases éruptives effusives (éruptions tardives) du Piton des Neiges et aux éruptions du Piton de la Fournaise.

Certaines coulées épaisses ont atteint le littoral, et sont nettement ennoyées sous les alluvions ou détruites par l'érosion marine. Les gisements identifiés arment les flancs de ravines qui entaillent les planèzes.

Les empilements scories-coulées basaltiques de faible puissance constituent aussi une ressource complémentaire à ces coulées massives épaisses.

Les ressources potentielles en roches massives de l'île dans les espaces-carrières sont de l'ordre de 50 Mm^3**,** mais la présence de niveaux de matériaux scoriacés intercalaires risque de rendre leur exploitation délicate et d'engendrer une augmentation très significative du prix des granulats.

- **des ressources en alluvions sous-marines**

Des ressources en alluvions sous-marines de l'ordre de 40 Mm^3 (zones de Saint-Denis à La Possession et de Sainte-Suzanne à Sainte-Marie) sont probablement disponibles, mais leur exploitabilité reste à démontrer.

- **des ressources en scories et en tufs volcaniques**

Les principaux gisements de scories sont situés dans la moitié sud de l'île, sous une ligne passant par Saint-Benoît - Saint-Paul. La ressource est relativement méconnue, elle devrait se situer au-delà de 5 Mm^3 (scories et roches massives) dans les espaces-carrières retenus.

Le seul gisement de tufs volcaniques actuellement exploité est situé au Sud de l'île, près de Saint-Pierre. Les ressources potentiellement exploitables seraient de 8 Mm^3 (deux espaces-carrières).

- **des ressources non issues de carrières (au sens du code minier)**

Elles concernent :

- o les matériaux de dragage (curage des rivières). Les quantités disponibles en rivière sont aléatoires et dépendantes des conditions cycloniques. Elles se situaient en 2009 au niveau de la Rivière des Remparts (de l'ordre de 0,5 Mm^3 extraits) ;
- o les déchets des centrales thermiques, les déchets inertes du BTP (1 Mm^3 par an, à l'horizon 2020) ;
- o les andains de pierre issus des opérations d'épierrage agricole (5 Mm^3 au total).

La comparaison par microrégion des ressources en alluvions et roches massives contenues dans les espaces-carrières et des besoins en granulats à l'horizon 2020 est résumée dans le tableau suivant :

microrégion	ressources des espaces-carrières (Mt)			besoins à l'horizon 2020 (Mt)
	alluvions fluviatiles	roches massives	total	
Est	62	27	89	14
Nord	0	18	18	17
Ouest	31	0	31	20
Sud	18	48	66	29

Tableau 1 : Comparaison ressources et besoins en granulats à l'horizon 2020

D'après ce tableau 1, en ce qui concerne les alluvions fluviatiles, la microrégion Est présente un excédent et la microrégion Ouest parait autosuffisante. En revanche, la microrégion Sud présente des réserves en alluvions fluviatiles insuffisantes et il faudra ouvrir une carrière en roches massives. La microrégion Nord ne possédant pas de ressources en alluvions, il faudra importer des matériaux alluvionnaires de l'Est ou ouvrir une carrière de roches massives.

Les facteurs pouvant limiter les exploitations de carrières

<table>
<tr><th colspan="3">Secteurs où l'exploitation est interdite</th></tr>
<tr><td>Au titre des paysages et du patrimoine</td><td>- Sites classés et inscrits
- Périmètre de protection des monuments historiques (classés et inscrits)</td><td rowspan="3">Interdiction d'ouverture de nouvelles carrières (et de l'extension des carrières existantes)</td></tr>
<tr><td>Au titre de la protection de la nature</td><td>- Cœur du Parc National de la Réunion
- Arrêté préfectoral de protection de biotope
- Réserves naturelles nationales et régionales
- ZNIEFF de type I
- Forêt relevant du régime forestier en particulier les réserves biologiques domaniales et les réserves biologiques intégrales
- Espaces Naturels Sensibles du Département (ENS)
- Espaces Remarquables du Littoral (ERL)
- Espaces naturels de protection forte du SAR
- Espaces de continuité écologique du SAR (sauf dans espaces-carrières)
- Terrains acquis par le conservatoire du littoral</td></tr>
<tr><td>Au titre de la gestion de l'eau</td><td>- Lits mineurs ou espaces de mobilité des cours d'eau
- Réservoirs biologiques pré-identifiés au SDAGE
- Périmètre de protection immédiate et rapprochée -des captages d'eau potable, avec ou sans DUP</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Au titre de l'usage des sols</td><td>- Zones urbanisées
- Espaces boisés classés des PLU
- Périmètres irrigués équipés sauf :
  - RG01 (Plaine Défaud),
  - EC 16-07, EC 16-08, RE03, RE04, RE05, EC 16-04 et EC 16-05 (Pierrefonds),
  - RMt03, EC 09-01 (Saint-André / Bras Panon),</td><td>Interdiction d'ouverture de nouvelles carrières (et de l'extension des carrières existantes) sauf pour les 10 espaces carrières mentionnés sous réserve d'impérativement respecter les obligations suivantes (en plus des règles générales) :
- faire l'objet d'une remise en état permettant une exploitation agricole exclusive, avec des apports en terre arable suffisants et de qualité après exploitation de la ressource ;
- séquencer les surfaces pour exploiter la ressource à l'échelle de la parcelle : travaux d'extraction par phases successives de l'ordre du quart de la superficie du projet ; les phases non encore exploitées restant en activité agricole, les phases exploitées étant remises en état au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation de la carrière pour permettre une exploitation agricole des terres ainsi réaménagées ;
- remettre en état les moyens de production agricole tel que le réseau d'irrigation.</td></tr>
<tr><td>- Périmètres irrigués équipés sauf :
  - pour les gisements de roches massives EC 14-01 (les Aloès), et ERM01(le Tampon)</td><td>Interdiction d'ouverture de nouvelles carrières (et de l'extension des carrières existantes) sauf pour les 2 espaces carrières mentionnés où l'exploitation en carrière sera possible au moment de la localisation des quotas d'extension urbaine définie par le S.A.R, dans le cadre de la révision des P.L.U par les communes en question. Dans le cadre des déclassements (de A en U ou AU – autorisés par le SAR) et uniquement sur ces zones, la première intervention sera accordée aux carriers.</td></tr>
</table>

Tableau 2 : Hiérarchisation des enjeux environnementaux – Secteurs de classe 1 où l'exploitation des carrières est interdite

Les espaces pouvant interdire ou limiter les ouvertures de carrières ont été classés en plusieurs rubriques : les espaces construits, Les sites et espaces naturels, Les espaces forestiers, les milieux aquatiques protégés, les espaces agricoles, les paysages et les zones à risques naturels.

Ces espaces pouvant empêcher ou limiter les ouvertures de carrière ont été classés en deux catégories : zones où les carrières sont interdites (classe 1) et zones à très forte sensibilité (classe 2). Les enjeux de classe 1 sont listés dans le tableau 2.

Les modes d'approvisionnement

D'après les statistiques de la DRIRE, 26 carrières étaient autorisées en 2007-2008. Les autorisations concernaient surtout les matériaux alluvionnaires (19 carrières), mais aussi des scories (5 carrières) et des pouzzolanes (1 carrière). La production était principalement assurée par 8 carrières situées à Bras-Panon, au Port et à Saint-Louis.

Parmi les carrières en alluvions, 4 exploitations situées dans la Rivière des Remparts, ne sont plus considérées en 2009 comme des carrières car prélevant des matériaux en lit mineur, dans le cadre d'un curage d'entretien de la rivière.

Parmi les carrières de scorie, seule la carrière de Piton-Villers au Tampon, est active (production déclarée de l'ordre de 25 kt en 2007 et 2008). La carrière de pouzzolane de Saint-Pierre est également active (de l'ordre de 80 kt/an utilisées pour la fabrication du ciment).

Les tonnages de production de granulats déclarés et consolidés par bassin sont présentés pour les années 2005 à 2008 dans le tableau 3 établi à partir des statistiques de la DRIRE.

Bassin d'exploitation	Production (t)			
	2005	2006	2007	2008
Rivière des Remparts	780 200	847 676	779 311	798 784
Rivière Saint-Etienne	701 700	986 159	1 266 369	978451
TOTAL BASSIN SUD	1 481 900	1 833 835	2 045 680	1 777 235
Total BASSIN OUEST	2 300 000	1 990 500	2 380 030	3 905 504
TOTAL BASSIN EST	953 679	1 300 514	1 137 364	1 388 943
TOTAL REUNION	4 735 579	5 124 849	5 563 074	7 071 682

Tableau 3 : Production déclarée de granulats alluvionnaires par bassin et site d'extraction (d'après les statistiques de la DRIRE)

Cette production déclarée comprend les extractions en carrière et les curages d'entretien de la Rivière des Remparts. En revanche, elle n'inclut pas les curages d'urgence en ravine supervisés par la DDE. Ces curages d'urgence en ravine, non soumis à déclaration auprès de la DRIRE, ont concerné en 2006 la Rivière des Pluies (80 kt autorisées) et en 2007, les Rivières du Mât et Patates à Durand (410 kt autorisées).

De plus, il existe à La Réunion une part de production non déclarée, évaluée entre 1,5 et 1 Mt/an de 2006 à 2008. La production totale de granulats élaborés à La Réunion a été globalement estimée à 6,7 Mt en 2006, 7,5 Mt en 2007 et 8,0 Mt en 2008. Mais les prévisions sont en forte baisse pour 2009 (6 Mt d'après le SICRE).

Le prix moyen HT « départ carrière » d'une tonne de granulats pour béton est passé de 10 €/tonne à 15 €/tonne entre 2000 et 2008. Le prix moyen HT du ciment serait de l'ordre de 170 €/t en 2009.

Les modes de transport

Le trafic lié au transport des matériaux de construction, de l'ordre de 7 millions de tonnes/an de granulats et 600 000 tonnes/an de ciment, constitue le premier flux d'importance de la Réunion, devant le transport de la canne à sucre (2 millions de tonnes) et celui des matières importées et exportées (2 millions de tonnes).

En 2009, ce transport des pondéreux sur l'île est totalement subordonné à la route. Pour tenter de lutter contre la saturation du trafic routier, une étude de faisabilité du **transport maritime** par cabotage a été réalisée par SOGREAH en 2005-2006, tant pour les passagers que pour le fret.

Parmi les filières « marchandises » étudiées, on peut citer le charbon (approvisionnement centrales électriques), les hydrocarbures, les conteneurs, les pouzzolanes de Saint-Pierre et les granulats. Cette étude montre que le cabotage maritime n'abaisse pas de façon significative le coût de transport des marchandises par rapport à la route. En revanche, les gains environnementaux apparaissent élevés (les niveaux de pollution générés par la route sont trois fois plus élevés).

En ce qui concerne le **projet de tram-train**, la priorité est mise sur le transport des passagers. Mais le transport de marchandises est étudié dans le cadre des extensions de la première section Sainte-Marie/Saint-Paul. Les produits envisagés pour ce transport sont, comme pour le cabotage maritime, les conteneurs, le sucre et le charbon (entre Le Port et les centrales électriques). Mais un transport de matériaux de carrière n'est pas exclu.

D'après les différentes données collectées auprès de diverses sources, le coût de transport indicatif par camion des granulats à La Réunion serait le suivant (tableau 4) :

Type de camion	19/26 tonnes	32/38 tonnes
Routes côtières (voies rapides)	0,25 €/t/km	0, 15 €/t/km
Routes des Hauts (routes départementales)	0,40 €/t/km	0,25 €/t/km

Tableau 4 : Coût de transport des granulats en 2009

Pour des destinations dans les Hauts, les coûts de transport sont supérieurs à ceux pratiqués sur le littoral car les conditions de trajet sont différentes (fortes pentes, sinuosité, traversées de villages, routes dégradées, camions de gabarit inférieur). La vitesse de déplacement d'un véhicule sur les routes des Hauts varie entre 30 et 50 km/h alors qu'il est de 60 à 90 km/h sur les voies littorales.

Les principaux flux de granulats s'observent depuis les zones de production vers les centres de consommation déficitaires. C'est le cas de la microrégion Nord (Saint-Denis) qui est approvisionnée par les extractions dans les cônes alluviaux de la Rivière du Mât et de la Rivière des Galets (Zone Arrière Portuaire).

Un flux important de matériaux se produit également des installations de la Rivière des Remparts vers l'ouest pour satisfaire les besoins de la zone Saint-Pierre/Saint-Louis.

A l'échelon plus local, on observe également des flux de granulats depuis les installations de la Rivière du Mât vers l'agglomération de Saint-Benoît et depuis les installations de Saint-Paul et du Port vers la région de Saint-Gilles à Saint-Leu. Au sud, les flux sont rayonnants depuis les installations de Bel Air à Saint-Louis vers les agglomérations du Tampon, de Saint-Pierre et de l'Etang Salé.

Les centres de production de granulats étant situés sur la côte, les granulats doivent être transportés vers les sites de consommation des Hauts. Ces flux s'opèrent par le réseau des routes départementales, dont les caractéristiques sont défavorables au transport (pente forte, charge limitée...).

L'urbanisation des premières pentes de l'île a induit une augmentation des flux vers les Hauts : développement du secteur de la Montagne à Saint-Denis, des Hauts de la Possession (Dos d'Ane) et de Saint-Paul (Plateau Caillou), des régions des Trois Bassins et du Tampon. Ces flux concernent aussi, dans une moindre mesure, le secteur des Plaines et les cirques.

La mise en circulation à mi-pente de la Route des Tamarins en 2009 devrait faciliter le transport des matériaux vers les secteurs de Saint-Gilles, Trois Bassins, Saint-Leu, les Avirons et l'Etang Salé.

Intégration des carrières dans l'environnement

Les principales nuisances générées par les carrières sont les suivantes : le bruit, les vibrations, les projections, les poussières et les impacts sur le paysage, le milieu aquatique, la faune et la flore.

Une meilleure intégration des carrières dans l'environnement doit être recherchée. Elle doit-être examinée à trois niveaux : au stade initial lors du choix du site, pendant la gestion de l'exploitation et après la phase d'exploitation.

La réglementation impose une remise en état obligatoire du site. Elle comporte la mise en sécurité des fronts de taille, le nettoyage des terrains et l'insertion de l'espace affecté par l'exploitation dans le paysage. Des garanties financières sont exigées, lors de la délivrance de l'autorisation d'exploiter, en vue d'assurer la remise en état ultérieure du site en cas de défaillance de l'exploitant.

Cette remise en état peut s'accompagner d'un réaménagement du site qui permet de créer un espace nouveau présentant un intérêt touristique, agronomique, foncier ou écologique. Cette opération dépasse parfois le cadre de l'exploitation des matériaux (intervention d'autres acteurs).

Orientations prioritaires et objectifs à atteindre

Les orientations du Schéma Départemental des Carrières s'articulent autour des deux principes précisés dans le décret n° 94 -603 du 11 juillet 1994, codifiés aux articles R. 515-2 à R. 515-7 :

- une utilisation économe et rationnelle des matériaux ;

- une réduction des impacts sur l'environnement.

Pour atteindre ces objectifs, plusieurs orientations ont été définies qui sont :

1. **Valoriser tous les produits ou matériaux, générés par des activités autres que les carrières**, dont la réutilisation ou le recyclage présente un intérêt économique et/ou environnemental pour l'île. Ce sont les déchets, les déblais, les sous-produits industriels, les andains, les mâchefers, les pneumatiques, les matériaux de curages des ravines ... ;

D'après le Plan de Gestion des Déchets du Bâtiment et des Travaux Publics de La Réunion, le gisement potentiel de granulats issus du **recyclage des déchets inertes** progresserait de 1,4 Mt/an en 2010 à 1,9 Mt/an à l'horizon 2020 (100 kt/an pour le bâtiment et 1,8 Mt/an pour les travaux publics). Ils représenteraient alors jusqu'à 30 % des besoins en granulats de La Réunion.

Les **grands travaux** peuvent générer des excédents de matériaux. Les deux grands projets de travaux prévus pour les dix ans à venir sont les suivants : le Tram-Train et la Route-Digue du Littoral. Le creusement des tunnels hydrauliques dans le cadre du "transfert des eaux Est-Ouest" générera aussi des excédents de matériaux.

Au vu des difficultés rencontrées pour les enlèvements d'**andains**, il est apparu nécessaire de mettre en place des protocoles d'enlèvement dans lesquels seront examinées les conditions rationnelles (techniques, économiques, environnementales,..) d'exploitation de cette ressource. Dès lors que ces protocoles d'enlèvement d'andains auront été définis et acceptés par toutes les parties concernées (agriculteurs, carriers, prescripteurs,..), l'approvisionnement à partir de cette ressource devra être favorisé.

La Chambre d'agriculture de La Réunion nous a précisé que, fin 2009, une charte d'enlèvement des andains avait été élaborée pour le secteur de Saint-Louis et était en discussion pour le secteur de Saint-Benoît (mais n'avait pas encore abouti).

En ce qui concerne **le dragage dans le lit des cours d'eau**, il peut constituer une source de matériaux significative du fait du régime torrentiel des rivières de La Réunion. Les curages d'entretien de la Rivière des Remparts en sont un bon exemple.

D'après l'arrêté du 22 septembre 1994 réglementant les exploitations de carrière et les installations de premier traitement des matériaux de carrière, modifié par l'arrêté du 24 janvier 2001 pour les extractions en nappe alluviale : les extractions dans le lit mineur et dans l'espace de mobilité des cours d'eau sont interdites. Si des extractions sont nécessaires à l'entretien d'un cours d'eau, elles sont considérées comme un dragage.

La loi sur l'eau 2006-1772 du 30 décembre 2006, par son article 8, modifie l'article 130 du code minier en supprimant les thèmes « dragage des cours d'eau » et « extraction temporaire lors d'un encombrement du lit des rivières ». Le décret n° 2009-841 du 8 juillet 2009 modifiant la nomenclature des installations classées a sorti du champ de la législation des ICPE les dragages qui relèvent désormais exclusivement des procédures Loi sur l'Eau, en cohérence avec les dispositions de l'article 130 du Code minier.

2. **Gérer de façon rationnelle les ressources du sous-sol par la mise en place d'une politique durable d'économie des matériaux** comprenant un recours aux matériaux de substitution (point 1) et le non-gaspillage et la préservation des matériaux nobles et rares ;

Les matériaux nobles et rares présentant un intérêt particulier pour l'île de la Réunion sont :

- les tufs pouzzolaniques de Saint Pierre
- les sables dunaires de l'Etang Salé ;

- les alluvions fluviatiles ou marines sablo-graveleuses, propres ;
- les roches massives en coulées épaisses ;
- les scories.

Les utilisations, pour chaque type de matériaux et/ou pour chaque gisement, doivent être considérées selon le caractère noble et l'abondance de la ressource, ainsi que la sensibilité du milieu.

Les tufs volcaniques de Saint Pierre ne devront être utilisés que sous la condition de mettre en jeu le pouvoir pouzzolanique du matériau. Pour ce faire, ces derniers devront être finement broyés et mélangés à de la chaux, du clinker ou du ciment pour activer sa réaction. Ils pourront être utilisés pour la fabrication de ciments et de bétons pouzzolaniques.

Les sables dunaires devraient être réservés à la fabrication des enduits et bétons et aux dispositifs d'assainissement compte tenu de leur aptitude épuratrice, mais les réserves exploitables sont en voie d'épuisement.

Les alluvions fluviatiles ou marines seront réservées à des usages nobles (bétons et couches de chaussées).

Les coulées basaltiques massives épaisses, dont les réserves sont encore difficiles à estimer, doivent être préservées car elles pourraient se substituer aux alluvions pour la production de granulats et en vue du développement d'une filière « roches ornementales».

L'exploitation des scories doit aussi être limitée à des usages spécifiques. Leur utilisation, inadaptée en tant que matériaux d'empierrement des chemins et de remblai, doit être proscrite dans le cadre d'une utilisation économe et rationnelle de cette ressource.

3. Implanter de façon pertinente des nouveaux sites de carrière ;

Facilement accessibles à partir du réseau routier existant, les ressources alluvionnaires **dans les cônes alluviaux** sont le plus souvent gelées par l'urbanisation ou des servitudes, telles celles liées à la protection de la ressource en eau potable. Les zones potentiellement exploitables se situent dans les zones littorales, espaces convoités pour l'implantation de zones d'activité. Les extractions devront être planifiées en fonction de la destination future des zones (zone d'activité, zone agricole, base de loisirs On privilégiera donc les extractions qui permettent une réhabilitation aisée du site. Néanmoins, afin de limiter les risques de mitage liés à une urbanisation mal maitrisée par rétrocession de secteurs remis en état trop rapide et mal coordonnée, il convient de préférer les arrêtés uniques d'autorisation sur de vastes surfaces à une multitudes de petits arrêtés. Pour le choix des sites de carrières en milieu alluvionnaire,

on prêtera attention à la qualité du gisement (présence ou non de coulées boueuses et de couches limoneuses) et au niveau de la nappe phréatique.

L'exploitation de carrières **dans le lit majeur** est possible mais peut engendrer trois types de conséquences : le risque d'interception de la zone d'extraction en cas de crue, le risque d'enfoncement du lit et le risque de capture et de découverte de la nappe alluviale. Ces risques devront être estimés dans l'étude d'impact.

Les gisements en **roches massives** se situent au niveau des différentes planèzes. Les ressources potentiellement exploitables et facilement accessibles sont rares, soit elles sont gelées par l'urbanisation, soit elles correspondent à des terres agricoles de forte valeur. D'autre part, l'implantation des carrières en roches massives est délicate compte tenu de la distance de sécurité nécessaire entre le front d'abattage (tirs de mine) et les zones habitées. La distance minimale étant de 200 m environ, il convient de disposer d'un espace non habité de 500 m minimum de largeur. Pour le choix des sites de carrières en roches massives, on prêtera attention à la puissance des terrains de couverture et à l'homogénéité du gisement (présence d'intercalaires scoriacés).

4. Protéger les sites potentiels de carrière et favoriser leur exploitation ;

Les espaces-carrières représentent des zones à privilégier et à préserver pour l'exploitation des carrières afin d'assurer la satisfaction des besoins en matériaux sur le long terme. Ils devront être traduits dans les documents d'urbanisme régionaux et locaux.

Les espaces-carrières sont répartis sur l'ensemble de l'île, l'objectif premier étant de privilégier les ressources proches des zones de besoins. Leur implantation a été définie en tenant compte des valeurs patrimoniales de l'île : elles sont situées en dehors des espaces de protection environnementale de classe 1 (carrières interdites).

Sur ces espaces, il conviendra :

- d'interdire la construction de bâtiments, d'infrastructures routières et toutes activités qui gèleraient les ressources sauf phasage d'extraction approprié des matériaux avant urbanisation ;

- de prévoir des accès pour les carrières ;

- de définir des règles pour éviter un mitage de ces zones, afin de coordonner les différentes extractions et pour harmoniser les réaménagements des sites après exploitation.

Toutefois, sur le plan légal, rien n'empêche que des carrières puissent être ouvertes en dehors de ces zones réservées, dès lors que ces projets respectent les orientations et objectifs du schéma et sont compatibles avec les documents d'urbanisme en vigueur.

5. Lutter contre les extractions illégales

Diverses enquêtes menées depuis 2006 auprès des services compétents de l'Etat, des collectivités locales et des professionnels, croisées à des observations ponctuelles sur sites, ont montré la persistance d'extractions illégales à La Réunion. A partir des résultats des enquêtes, l'extraction informelle a été estimée entre 1,5 et 1 Mt/an.

Les principaux problèmes rapportés en groupe de travail sont de différents types :

- Installations de concassage autorisées mais non respect des arrêtés préfectoraux et dépassement des volumes autorisés ;

- Extractions illégales dans le lit des rivières et transport des matériaux sur des installations autorisées ou non ;

- Extractions illégales dans des champs de canne associées à un concasseur mobile ;

- Installations de concasseurs mobiles sur des chantiers avec permis de construire puis transport des produits traités sur d'autres chantiers et voire même vente de ces matériaux à d'autres sociétés. Néanmoins, il conviendra de préciser que d'après la jurisprudence récente [(1)] les installations mobiles de traitement de produits minéraux ne relèvent pas de la législation sur les installations classées.

Afin de tenter de lutter contre ces extractions illégales, un groupe de travail spécifique a été constitué dans le cadre de la révision du schéma des carrières. Les actions proposées ont été classées en deux thèmes : la lutte préventive et la lutte contre les extractions illégales constatées.

6. Mettre en place un observatoire des matériaux

Les différentes analyses conduites dans le cadre de l'élaboration du schéma départemental des carrières ont mis en exergue les difficultés pour quantifier les productions, les consommations et les flux de matériaux (informations dispersées, filières peu organisées, données manquantes).

Par ailleurs, la mise en œuvre des orientations et objectifs du schéma ne pourra être mesurée qu'à partir d'observations et d'analyses précises.

Ces missions pourraient être confiées à un observatoire dans lequel serait représentés les divers acteurs concernés par les filières matériaux (les services de l'Etat, les maîtres d'ouvrages, les professionnels.

---

[1] CAA De BORDEAUX, 3 décembre 2007, Société GSM, req. n° 05BX02376, CAA De DOUAI, 14 mai 2008, Ministre de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables c/ SARL Matthieu et Cie, req. n° 07DA00775, TA D'AMIENS, 20 mars 2007, Sté Matthieu et cie, req. n° 0402357

Bilan des propositions du schéma 2001

Objectif 1 : Arrêter les extractions de matériaux dans le lit mineur des cours d'eau, sauf entretien dûment justifié ou dragage à caractère d'urgence

Cet objectif du SDC 2001 a généralement été atteint.

Objectif 2 : Privilégier l'exploitation des gisements de substitution tels que les roches massives où, à titre transitoire et dans certaines limites et conditions particulières, les matériaux alluvionnaires

Cet objectif n'a pas été atteint. La production de granulats à partir de roches massives est actuellement nulle.

Objectif 3 : Encourager l'utilisation de matériaux de substitution tels que les andains agricoles et les déchets recyclables en tant que nouvelles ressources

Cet objectif n'a pas été atteint

Objectif 4 : Privilégier l'utilisation économe et rationnelle des matériaux en fonction des usages

L' objectif de diminution de consommation des matériaux alluvionnaires de 4 % par an quantifié à partir de la consommation d'andains, de roches massives et de déchets inertes traités, n'a pas été atteint.

Objectif 5 : Intégrer les carrières dans l'environnement

Les études d'impact sont récentes à La Réunion (les premières datent de1998). Ces études d'impact se sont améliorées progressivement.

Sommaire

1. La réglementation 28

1.1. LA LOI « CARRIERE » 28

1.2. DEFINITION D'UNE CARRIERE 29

1.3. LES DECRETS D'APPLICATION 29
1.3.1. Décret n°94-484 du 09 juin 1994 29
1.3.2. Décret n° 2002-680 du 30 avril 2002 30

1.4. LA COMMISSION DEPARTEMENTALE DE LA NATURE, DES PAYSAGES ET DES SITES 31

1.5. LE SCHEMA DEPARTEMENTAL DES CARRIERES 32

1.6. LES CARRIERES ET LA LOI SUR L'EAU 34

1.7. L'EXTRACTION DES MATERIAUX ALLUVIONNAIRES 34

1.8. LA REGLEMENTATION APPLICABLE AUX MATERIAUX MARINS 35
1.8.1. Généralités 35
1.8.2. Dispositions particulières aux départements d'outre-mer 36

2. Le marché des matériaux à La Réunion 37

2.1. POPULATION 37
2.1.1. Population totale 37
2.1.2. Répartition de la population 37

2.2. MATERIAUX PRESENTS SUR LE MARCHE REUNIONNAIS 39

2.3. LE MARCHE ACTUEL DES GRANULATS A LA REUNION 40
2.3.1. L'activité du BTP 41
2.3.2. Consommation de granulats par sous-secteur du BTP 41
2.3.3. Consommation de granulats déduite de la vente de ciment et bitume 45
2.3.4. Consommation totale de granulats et répartition 47

2.4. EVALUATION DES BESOINS EN GRANULATS A L'HORIZON 2020 48
2.4.1. Les besoins futurs du marché de fond 49
2.4.2. Les besoins futurs des grands chantiers de travaux publics 50

2.5. CONTRIBUTION SOCIO-ECONOMIQUE DU SECTEUR DES MATERIAUX . 52
2.5.1. La contribution fiscale directe 52
2.5.2. Le nombre d'emplois générés 53

3. Les ressources 56

3.1. LES RESSOURCES GEOLOGIQUES 56
3.1.1. Contexte géologique 56
3.1.2. Les différents matériaux rencontrés à La Réunion 57
3.1.3. Les alluvions fluviatiles 58
3.1.4. Les alluvions sous-marines 68
3.1.5. Les roches massives 71
3.1.6. Les pyroclastites 79
3.1.7. Les andains 81
3.1.8. Les autres matériaux 83

3.2. LES MATERIAUX SECONDAIRES (ISSUS DU RECYCLAGE) 86
3.2.1. Les cendres volantes et mâchefers 86
3.2.2. Les déchets inertes du BTP 86
3.2.3. Autres déchets 88

3.3. SYNTHESE SUR LES RESSOURCES EN MATERIAUX DISPONIBLES A LA REUNION 88

4. Les facteurs pouvant limiter l'exploitation 91

4.1. LES ESPACES CONSTRUITS 91

4.2. LES SITES ET ESPACES NATURELS 91
4.2.1. Parc National de La Réunion 91
4.2.2. Réserves naturelles nationales 92
4.2.3. Réserves naturelles régionales 92
4.2.4. Arrêtés Préfectoraux de protection des biotopes 93
4.2.5. 50 pas géométriques 93
4.2.6. Espaces naturels remarquables du littoral à préserver du SAR 94
4.2.7. Coupures d'urbanisation du SAR 94
4.2.8. Espaces de continuité écologique du SAR 94
4.2.9. Espaces naturels de protection forte du SAR 94
4.2.10. Sites classés et inscrits 95
4.2.11. Abords des monuments historiques 96
4.2.12. Les zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager 97

4.2.13. L'archéologie préventive 97
4.2.14. Conservatoire de l'Espace Littoral 98
4.2.15. Espaces naturels sensibles du Département 99
4.2.16. ZNIEFF ou Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique 100

4.3. LES ESPACES FORESTIERS 100
4.3.1. Définition du défrichement et de l'état boisé 101
4.3.2. Domaine relevant du Régime forestier 102
4.3.3. Réserves biologiques domaniales 102
4.3.4. Forêts de protection 103
4.3.5. Espaces Boisés Classé (EBC) 103

4.4. ESPACES PRESENTANT UN INTERET OU UNE FRAGILITE NATURELLE 103
4.4.1. Les zones d'érosion 103
4.4.2. Les sites géologiques remarquables 104
4.4.3. Les espaces sensibles aux feux de forêt 104

4.5. LES MILIEUX AQUATIQUES PROTEGES 105
4.5.1. Espaces définis dans le SDAGE ou les SAGE 105
4.5.2. Les lits mineurs des rivières 106
4.5.3. Les lits majeurs des rivières 106
4.5.4. Périmètres de protection immédiate et rapprochée des points d'eau 107
4.5.5. Les milieux aquatiques continentaux remarquables 107
4.5.6. Les milieux aquatiques marins 108

4.6. LES ESPACES AGRICOLES 108

4.7. LES ESPECES PROTEGEES 109

4.8. LES PAYSAGES 109

4.9. LA PREVENTION DES RISQUES NATURELS 110

4.10. HIERARCHISATION DES DONNEES A PRENDRE EN COMPTE POUR LA DELIMITATION DES ZONES FAVORABLES A L'OUVERTURE DE CARRIERES 111

5. Les modes d'approvisionnement 117

5.1. DESCRIPTION DES CARRIERES ET INSTALLATIONS 117
5.1.1. Historique 117
5.1.2. Les carrières actuelles 118
5.1.3. Les installations de production des granulats 120
5.1.4. Les installations de transformation des granulats 120

5.2. STRUCTURATION DE LA PROFESSION DES PRODUCTEURS DE GRANULATS 122

5.3. ESTIMATION DE LA PRODUCTION DE GRANULATS ALLUVIONNAIRES 123
5.3.1. Les quatre pôles de production 123
5.3.2. Le cas particulier de la Rivière des Remparts 124
5.3.3. Estimation de la production 124

5.4. LA FILIERE CIMENT 126
5.4.1. Les différents types de ciment 126
5.4.2. Approvisionnement en ciment de l'île 126

5.5. LES ENROCHEMENTS 127

5.6. LES SCORIES 127

5.7. LES PIERRES ORNEMENTALES 128

5.8. LE COUT DES MATERIAUX A LA REUNION 130
5.8.1. Le prix des granulats départ carrière 130
5.8.2. Le prix des autres matériaux 131

6. Les modes de transport 133

6.1. LE RESEAU ROUTIER 133

6.2. LES DIFFERENTS TYPES DE TRANSPORT DES MATERIAUX 134

6.3. CAPACITES DE TRANSPORT ACTUELLES ET POTENTIELLES 134

6.4. LES NUISANCES DES TRANSPORTS 136
6.4.1. La dégradation des chaussées 136
6.4.2. La dégradation des accotements 136
6.4.3. La sécurité sur les axes de transport 136
6.4.4. Le bruit, les poussières et la pollution atmosphérique 136
6.4.5. L'arrimage 136
6.4.6. Le gabarit des véhicules de transport autorisé au 07/07/1997 137

6.5. LE COUT DE TRANSPORT 137

6.6. LA REGLEMENTATION DES TRANSPORTS 138
6.6.1. Les textes 138
6.6.2. La réglementation 139

6.7. LES FLUX DE MATERIAUX 142
6.7.1. Les flux côtiers 142
6.7.2. Les flux vers les Hauts 144

7. Intégration des carrières dans l'environnement 144

7.1. LES PROBLEMES ENVIRONNEMENTAUX 144
7.1.1. Les nuisances générées par les carrières 144
7.1.2. Impacts constatés sur les carrières existantes 147

7.2. LA REDUCTION DE L'IMPACT DES EXTRACTIONS ACTUELLES ET FUTURES SUR L'ENVIRONNEMENT 148
7.2.1. Une meilleure intégration paysagère 149
7.2.2. La réduction des nuisances sonores 151
7.2.3. La réduction des nuisances atmosphériques 152
7.2.4. La réduction des impacts sur le milieu aquatique 153
7.2.5. La conservation des champs d'inondation 154

7.3. LA REMISE EN ETAT ET LE REAMENAGEMENT DES SITES D'EXPLOITATION 155
7.3.1. La réglementation en matière de remise en état des carrières 155
7.3.2. Définitions et principe 155

7.4. LES DIFFERENTS TYPES DE REAMENAGEMENT DE CARRIERES 157
7.4.1. Bilan des actions de réaménagement à la Réunion 157
7.4.2. Réaménagement des carrières en nappe (gravières en eau) 158
7.4.3. Réaménagement des carrières en cône alluvial 159
7.4.4. Réaménagement des carrières en roches massives 161
7.4.5. Réaménagement des carrières de scories 162
7.4.6. Recommandations pour un réaménagement adapté en fonction du milieu163

7.5. REMISE EN ETAT ET REAMENAGEMENT DES CARRIERES ABANDONNEES 165

7.6. MISE EN ŒUVRE DES MESURES D'INTEGRATION DES CARRIERES DANS L'ENVIRONNEMENT 166

8. Orientations prioritaires et objectifs à atteindre 168

8.1. VALORISATION DE MATERIAUX NON ISSUS DE CARRIERES 168
8.1.1. Favoriser l'utilisation de granulats recyclés 168
8.1.2. Propositions concernant les grands travaux d'infrastructure 170
8.1.3. Les andains 173
8.1.4. Les entretiens et aménagements de ravines 175

8.2. ORIENTATIONS POUR UNE UTILISATION RATIONNELLE DES MATERIAUX178

8.3. OPTIMISATION DU CHOIX DES SITES DE CARRIERE 179
8.3.1. Rappel des principes du SAR 179
8.3.2. Nécessité de conduire des prospections 180
8.3.3. Autres recommandations concernant l'ouverture des carrières 180
8.3.4. Orientations concernant le transport des matériaux 182
8.3.5. Adaptation du réseau au transport de matériaux 184
8.3.6. Protection des accès aux carrières 184

8.4. RESERVATION D'ESPACES POUR LES ACTIVITES DE CARRIERES 185
8.4.1. Description des espaces-carrières 185
8.4.2. Articulation avec les documents d'urbanisme 186
8.4.3. Emprise des futures carrières 186

8.5. LUTTE CONTRE LES EXTRACTIONS ILLEGALES 187
8.5.1. Lutte préventive contre les extractions illégales 188
8.5.2. Lutte contre les extractions illégales constatées 189

8.6. MISE EN PLACE D'UN OBSERVATOIRE DES MATERIAUX 190

8.7. CONSEQUENCES DES ORIENTATIONS ET OBJECTIFS DU SCHEMA 190
8.7.1. Incidence sur le coût des matériaux 191
8.7.2. Incidence sur la profession des carriers 191
8.7.3. Conséquences d'une politique ignorant les objectifs du schéma 191

9. Critères de jugement pour autoriser une carrière..... 193

10. Bilan des propositions du Schéma Départemental des Carrières 2001 .. 195

11. Bibliographie 199

Liste des illustrations

Illustration 1 : Répartition de la population par arrondissement en 2006 et prévisions à 2030 (source INSEE, janvier 2009) 38

Illustration 2 : Importations de matériaux de carrière et produits dérivés (d'après statistiques des douanes) 40

Illustration 3 : Evolution du chiffre d'affaires du BTP depuis 1997 (source CERBTP, 2009) 41

Illustration 4 : Répartition de la consommation de granulats par sous-secteur du BTP en 2006-2007 45

Illustration 5 : Evolution des ventes de ciment à La Réunion depuis 1997 (sources Lafarge, Holcim, CERBTP) 46

Illustration 6 : Evolution des importations de bitume à La Réunion depuis 1997 (source CCIR, 2007) 47

Illustration 7 : Estimation de la répartition de la consommation de granulats en 2006 en fonction de la population 48

Illustration 8 : Evaluation des besoins annuels en granulats de La Réunion pour la période 2009-2020 49

Illustration 9 : Estimation des emplois indirects et induits générés par la production de matériaux à La Réunion en 2006 55

Illustration 10 : Estimation des ressources potentielles en granulats alluvionnaires dans les espaces-carrières 67

Illustration 11 : Zones littorales les plus propices à la prospection de granulats marins 69

Illustration 12 : Bilan des ressources potentielles en roches massives dans les espaces-carrières 78

Illustration 13 : Estimation des ressources en andains par bassin de production (Source BRGM, 2001 et 2002) 82

Illustration 14 : Localisation des zones à concentration d'andains par bassin de production (Source BRGM, 2001 et 2002) 82

Illustration 15 : Estimation du flux de déchets inertes du bâtiment et des travaux publics (source : Plan de Gestion des Déchets du BTP, décembre 2004) 87

Illustration 16 : Comparaison ressources et besoins en granulats à l'horizon 2020 89

Illustration 17 : Réserves naturelles de l'île de La Réunion 92

Illustration 18 : Arrêtés de conservation des biotopes pris à La Réunion 93

Illustration 19 : Liste des sites classés et inscrits de l'île de La Réunion 95

Illustration 20 : Hiérarchisation des enjeux environnementaux – Secteurs de classe 1 où l'exploitation des carrières est interdite 113

Illustration 21 : Hiérarchisation des enjeux environnementaux – Secteurs de classe 2 à très forte sensibilité 114

Illustration 22 : Hiérarchisation des enjeux environnementaux – Secteurs de classe 2 à très forte sensibilité (suite tableau 21) 115

Illustration 23 : Inventaire des carrières de l'île de la Réunion 118

Illustration 24 : Carrières déclarées en 2007 et 2008 à La Réunion (source : DRIRE) 119

Illustration 25 : Prise de contrôle des carrières de granulats par de grands groupes cimentiers et du BTP 122

Illustration 26 : Les quatre grands pôles de production de granulats en 2008 à La Réunion 123

Illustration 27 : Production déclarée de granulats alluvionnaires par bassin et site d'extraction (d'après les statistiques de la DRIRE) 125

Illustration 28 : Evolution du prix moyen « départ carrière » des granulats à béton à La Réunion 130

Illustration 29 : Evolution de l'indice des prix des différents types de granulats à La Réunion d'après le CERBTP (AG : granulats 0/31,5mm AGb : granulats à béton, AGr : granulats routiers) 131

Illustration 30 : Evolution de l'indice des prix des différents ciments à La Réunion d'après le CERBTP (CIS : ciment sac CIVJ : ciment vrac CPJ, CIVA : ciment vrac CPA) 131

Illustration 31 : Coût de transport des granulats en 2009 137

Illustration 32 : Limitations de tonnage des camions sur le réseau routier national (document DDE, 2009) 140

Illustration 33 : Limitation de hauteur des camions sur le réseau national (document DDE, 2009) 141

Illustration 34 : Carte des principaux flux de granulats en 2006 143

Illustration 35 : Principe de conduite d'une extraction 156

Illustration 36 : Les différents types d'aménagement envisageables 160

Illustration 37 : Principe de réaménagement de carrière en roches massives 162

Illustration 38 : Réaménagement d'une carrière de scories (source : étude Carrières et paysages,1998) 163

Illustration 39 : Schéma de réaction pour la lutte conte les extractions illégales 189

Liste des annexes

Annexe 1 : Impact sur l'environnment de l'exploitation des granulars marins, rapport ARVAM, avril 2009

Annexe 2 : Vade-mecum des législations et réglementations permettant de lutter contre les extractions illégales

Annexe 3 : Fiches descriptives des espaces-carrières

Annexe 4 : Cartes du Schéma Départemental des Carrières

1. La réglementation

1.1. LA LOI « CARRIERE »

Jusqu'en juin 1994, les carrières du Département de la Réunion n'étaient soumises qu'à un simple régime de déclaration, en vertu d'un décret datant du 20 mai 1955. Pour ouvrir une carrière, il suffisait d'en faire la déclaration au maire de la commune, sous réserve que sa mise en exploitation soit compatible avec le Plan d'Occupation des Sols (devenu Plan Local d'Urbanisme ou PLU).

Les arrêtés préfectoraux du 7 septembre 1949 et du 4 septembre 1969 définissaient alors :

- le contenu de la déclaration et les mesures générales de police ;
- les règles de sécurité en vue d'assurer la conservation des gisements ainsi que la sécurité du travail.

Contrairement à l'ancien Code Minier métropolitain publié le 16 août 1956, non applicable à la Réunion jusqu'en 1993, cette réglementation ne permettait pas la prise en compte de la protection de l'environnement.

Par ailleurs, les mesures de police (assurées par le maire avec l'assistance de la DRIRE) et les règles de sécurité étaient devenues obsolètes au regard de l'évolution des structures administratives et de la technologie.

Depuis la loi n° 93-3 du 4 janvier 1993, et ses décrets d'application, les carrières de Métropole et des Départements d'Outre Mer sont soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement. Elles sont, de ce fait, soumises à autorisation préfectorale avec enquête publique.

Les principales dispositions du Code Minier Métropolitain ayant trait aux carrières ont été modifiées et étendues à la Réunion avec la loi du 15 juillet 1994. Elles concernent essentiellement la sécurité du travail et la gestion des ressources.

La loi du 4 janvier 1993 relative aux carrières, et le nouveau Code Minier applicables sur l'ensemble des départements français poursuivent deux objectifs distincts mais complémentaires :

- la protection de l'environnement pour la première ;
- la préservation des gisements et la sécurité du public et des exploitants pour le second.

1.2. DEFINITION D'UNE CARRIERE

Selon le Code minier français, les gîtes de substances minérales ou fossiles sont considérés comme mines ou comme carrières (article 1).

D'après les articles 2 et 3 du Code minier, sont principalement considérés comme mines, les gîtes de combustible fossile (pétrole, charbon), de minerais métalliques, de sel, d'eau chaude (géothermie).

D'après l'article 4 du Code minier, sont considérés comme carrières, les gîtes de substances non mentionnés aux articles 2 et 3.

Les carrières regroupent principalement les gîtes de granulats (alluvionnaires et roches massives), de roches ornementales (marbre, granite), de calcaire (ciment, chaux, amendement agricole), de sable industriel (verrerie, fonderie), d'argile (céramique), de minéraux industriels (kaolin, talc, perlite, diatomite, …).

La principale différence entre mines et carrières se situe au niveau de la propriété des gîtes. Les mines appartiennent à l'Etat qui peut en concéder l'exploitation (matériaux concessibles) alors que les carrières appartiennent au propriétaire du sol (matériaux non concessibles).

La mise en exploitation d'une carrière nécessite, au préalable, de disposer des droits fonciers en achetant les terrains nécessaires ou en les louant (contrat de fortage) et d'obtenir une autorisation de l'Administration.

1.3. LES DECRETS D'APPLICATION

1.3.1. Décret n°94-484 du 09 juin 1994

Il modifie le décret des installations classées du 21 décembre 1977 pour intégrer les carrières dans les procédures d'instruction.

Il édicte des mesures spécifiques aux carrières dont les principales sont les suivantes :

- la demande d'autorisation doit préciser les capacités techniques et financières de l'exploitant ainsi que les conditions de remise en état du site. Une garantie financière est exigée pour la remise en état de la carrière après exploitation (à compter du 12 décembre 1995 pour les nouvelles carrières et du 1er juin 1999 pour les carrières existantes) aux termes des articles L. 515-5 et R. 516-1 du Code de l'environnement ;

- l'autorisation est accordée pour une durée limitée (15 à 30 ans maximum suivant les cas) et pour un volume de produits extraits. Elle fixe les conditions de remise en état du site (articles L. 515-1 et R. 512-35 du Code de l'environnement) ;

- une déclaration de début d'exploitation est exigée de l'exploitant avec diffusion à ses frais par les médias (article L. 512-44 du Code de l'environnement) ;

- le changement d'exploitant est soumis à autorisation, le nouvel exploitant doit présenter des capacités techniques et financières suffisantes avec constitution d'une garantie financière (articles L. 516-1 du Code de l'environnement) ;

- la cessation d'activité est notifiée au préfet par l'exploitant au moins 6 mois à l'avance (article R. 512-74 I du Code de l'environnement). L'inspecteur établit un procès verbal de récolement des travaux de remise en état. En cas de non exécution de la remise en état, le préfet met en œuvre les garanties financières (articles L. 516-1 et R. 516-2 du Code de l'environnement). Le manquement à l'obligation de garanties financières est sanctionné par le Préfet ou par le Ministre de l'Environnement si celui-ci désigne un expert (consignation, suspension du fonctionnement).

Le montant des garanties financières pour remise en état du site après exploitation est déterminé selon la méthode décrite dans l'arrêté du 9 février 2004.

1.3.2. Décret n° 2002-680 du 30 avril 2002

Il confirme le classement des carrières dans la rubrique n°2510 de la nomenclature des installations classées.

Sont considérées, en premier lieu, comme exploitations de carrières, les extractions qui ont pour vocation première la production de matériaux en vue de leur utilisation (catégorie 1).

Sont assimilés en second lieu à des exploitations de carrières[2] :

- les affouillements du sol (catégorie 3),

- les exploitations de haldes et terrils de mines et déchets de carrières (catégorie 4)

- les carrières de marne et d'arène granitique sans but commercial (catégorie 5),

- les carrières de pierre, de sable et d'argile destinées à la restauration des monuments historiques et des bâtiments anciens (catégorie 6).

Sont toutefois exclus (cf. circulaire du 10/12/2003) :

- les affouillements dont les matériaux extraits ne sont pas utilisés en tant que matériaux de carrière ;

- les affouillements qui portent sur une superficie inférieure ou égale à 1000 m² ou sur une quantité de matériaux inférieure ou égale à 2000 tonnes ;

[2] Le décret n° 2009-841 du 8 juillet 2009 modifiant la nomenclature des installations classées a sorti du champ de la législation des ICPE les dragages qui relèvent désormais exclusivement des procédures Loi sur l'Eau

- les affouillements réalisés pour permettre l'implantation d'une construction bénéficiant d'un permis de construire ;

- les affouillements réalisés sur l'emprise des voies de communication ;

- les affouillements dont les matériaux extraits sont utilisés sur l'emprise du lieu d'extraction ;

- les extractions de substances de la classe des mines ou de haldes et terrils compris dans un périmètre minier valide et les exploitations de haldes, terrils miniers et déchets de carrière qui portent sur une superficie inférieure ou égale à 1000 m^2 ou sur une quantité de matériaux inférieure ou égale à 2000 tonnes.

Les carrières des catégories 1 à 4 de la rubrique 2510 des installations classées sont soumises à autorisation alors que les carrières des catégories 5 et 6 sont seulement soumises à déclaration (arrêté du 26 décembre 2006).

Les installations de broyage et tamisage sont classées à la rubrique 2515 de la nomenclature des installations classées. Deux catégories sont distinguées en fonction de la puissance installée, la catégorie 1 supérieure à 200kW et la catégorie 2 entre 40 et 200 kW.

1.4. LA COMMISSION DEPARTEMENTALE DE LA NATURE, DES PAYSAGES ET DES SITES

La commission départementale des carrières avait été créée par la loi du 4 janvier 1993 (le décret n° 94-486 du 09 juin 1994 en précisait la composition).

Elle a été ensuite intégrée à la commission départementale de la nature, des paysages et des sites, créée par l'ordonnance du 1er juillet 2004. La composition et le fonctionnement de cette commission ont été précisés par les décrets 2006-665 et 2006-672 des 7 et 8 juin 2006. Elle se compose d'une commission dite « pivot » et de formations spécialisées.

Elle a compétence (article R 341-16 du code de l'environnement) au titre de la protection de la nature, de la préservation des sites et paysages et de la gestion des ressources naturelles.

Elle est présidée par le Préfet ou son représentant et composée de quatre collèges :

- services de l'Etat concernés,

- élus des collectivités territoriales et EPCI,

- personnes qualifiées en sciences de la nature,

- personnes compétentes dans les différents domaines d'intervention de chaque formation spécialisée.

En ce qui concerne la formation spécialisée dite « carrières », les personnes compétentes sont en fait les représentants des exploitants de carrières et des utilisateurs de matériaux de carrières.

Parmi les six formations spécialisées, la formation des carrières (article 341-23) élabore le schéma départemental des carrières et se prononce sur les projets de décision relatifs aux carrières.

1.5. LE SCHEMA DEPARTEMENTAL DES CARRIERES

La loi du 4 janvier 1993, relative aux carrières, codifiée aux articles L. 515-1 à L. 515-6 du Code de l'environnement, stipule qu'un Schéma Départemental des Carrières doit être élaboré et mis en œuvre dans chaque département.

Le décret n°94-603 du 11 juillet 1994, codifié aux articles R. 515-1 à R.517-7 du Code de l'environnement, précise le contenu et la procédure d'élaboration du Schéma Départemental des Carrières.

La circulaire interministérielle du 11 janvier 1995 définit les caractéristiques du schéma quant à ses effets et son articulation avec d'autres documents de même nature, propose une méthode d'élaboration et définit des orientations et des objectifs quant à son contenu.

Le Schéma Départemental des Carrières définit les conditions générales d'implantation des carrières, prend en compte l'intérêt économique du département, les besoins en matériaux, la protection de l'environnement, en favorisant une utilisation rationnelle et économe des matières premières. Il fixe les conditions de réaménagement des carrières. C'est un instrument d'aide à la décision du Préfet. Il procède d'une réflexion approfondie et prospective.

Effets juridiques du schéma

Les autorisations de mise en exploitation de carrières doivent être compatibles avec le Schéma Départemental des Carrières (SDC), en application de l'article L. 512-2 du Code de l'environnement. Les orientations du SDC ne peuvent être en contradiction avec le règlement des carrières.

Le SDC doit prendre en compte l'existence de zones où l'ouverture des carrières bénéficie de droits exorbitants du droit commun en application des articles 109 et 109-1 du Code Minier. Il s'agit notamment de gisements rares présentant un intérêt économique particulier au plan national ou régional ou d'opérations de réaménagement coordonné rendues difficiles du fait du morcellement de la propriété privée (permis exclusifs de carrières).

Le SDC n'est pas opposable aux Plans locaux d'urbanisme (PLU). Si le PLU interdit l'exploitation des carrières, il convient de distinguer les interdictions réversibles des autres :

- dans le premier cas (zone agricole ou sylvicole...), un PLU peut en effet être révisé au besoin de la procédure d'intérêt général (PIG) lorsque l'exploitation d'une carrière est compatible avec les orientations et objectifs du SDC et qu'elle est essentielle pour la réalisation de ces orientations et objectifs.

- dans le deuxième cas (zone dont l'usage rend impossible l'exploitation d'un gisement), il est également possible d'utiliser la procédure d'intérêt général, notamment lorsque le gisement présente un intérêt économique national ou régional (cas de permis exclusif de carrières).

La Commission établit un rapport tous les trois ans sur l'application du SDC. Une révision du SDC est faite au terme d'un délai maximal de 10 ans. Elle peut être anticipée lorsque l'économie générale du plan est modifiée (cas, par exemple, de travaux importants non prévus lors de l'élaboration du SDC et remettant en cause ses orientations et ses objectifs), ou lors de la publication d'autres documents de planification incompatibles avec le SDC.

Evaluation environnementale du schéma

Le Schéma Départemental des Carrières doit faire l'objet d'une évaluation environnementale conformément à la Directive européenne 2001/42/CE du 27 juin 2001 transposée en droit français par l'ordonnance 2004-489 du 3 juin 2004 (articles L. 122-4 à L. 122-11 du Code de l'Environnement) et le décret 2005-613 du 27 mai 2005 (articles R. 122-17 à R. 122-24 du Code de l'Environnement).

L'évaluation environnementale est une procédure qui vise à mieux apprécier, les incidences des décisions du schéma sur l'environnement. Elle s'appuie sur l'établissement d'un rapport environnemental proposant des mesures correctrices pour réduire et compenser les effets dommageables du schéma.

Ce rapport environnemental distinct du rapport du schéma ainsi que l'avis du Préfet sur celui-ci est joint au projet de schéma de carrières (rapport et notice) lors de la phase de consultation du public.

Un dispositif de suivi environnemental et des mesures correctrices proposées doit-être mis en place.

1.6. LES CARRIERES ET LA LOI SUR L'EAU

La loi du 3 janvier 1992 sur l'Eau a créé deux instruments de planification, au travers des dispositions codifiées aux articles L. 212-1 à L.212-11 du Code de l'environnement, les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) et les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE).

Les orientations et objectifs des SDAGE et SAGE d'une part et des Schémas Départementaux des Carrières d'autre part doivent être compatibles et cohérents entre eux (article L. 515-3 du Code de l'environnement). L'articulation entre ces schémas est définie dans la **circulaire du 4 mai 1995**. Le SDAGE prendra en compte les intérêts énumérés à l'article 16-3 de la loi du 19 juillet 1976 et les recommandations de la circulaire du 11 janvier 1995 relative au Schéma Départemental des Carrières, notamment l'intérêt économique, les ressources et les besoins en matériaux, et la protection de l'environnement.

1.7. L'EXTRACTION DES MATERIAUX ALLUVIONNAIRES

D'après l'arrêté du 22 septembre 1994 réglementant les exploitations de carrière et les installations de premier traitement des matériaux de carrière, modifié par l'arrêté du 24 janvier 2001 pour les extractions en nappe alluviale : les extractions dans le lit mineur et dans l'espace de mobilité des cours d'eau sont interdites. Si des extractions sont nécessaires à l'entretien d'un cours d'eau, elles sont considérées comme un dragage.

La loi sur l'eau 2006-1772 du 30 décembre 2006, par son article 8, modifie l'article 130 du code minier en supprimant les thèmes « dragage des cours d'eau » et « extraction temporaire lors d'un encombrement du lit des rivières ». Le décret n° 2009-841 du 8 juillet 2009 modifiant la nomenclature des installations classées a sorti du champ de la législation des ICPE les dragages qui relèvent désormais exclusivement des procédures Loi sur l'Eau, en cohérence avec les dispositions de l'article 130 du Code minier.

1.8. LA REGLEMENTATION APPLICABLE AUX MATERIAUX MARINS

1.8.1. Généralités

Les matériaux marins (sables et graviers, par exemple) sont assimilés aux gîtes de la catégorie des mines et sont concessibles (seul l'Etat est habilité à concéder le droit exclusif d'exploiter).

Leur exploitation en milieu marin ne relève pas de la législation des carrières. Néanmoins, il est prévu par la circulaire du 11 janvier 1995 relative au schéma départemental des carrières de dresser, éventuellement, l'inventaire des gisements de matériaux marins. Etant donné que ces matériaux pourraient constituer une source de granulats alternative aux alluvions et du fait de l'insularité de La Réunion, il a paru opportun de les prendre en compte dans la révision du schéma.

La réglementation applicable aux matériaux marins (sables et graviers) est le Code Minier. L'extraction de ces matériaux sur le domaine public maritime (jusqu'à 12 milles nautiques des côtes) est régie par la loi du 16 juillet 1976 dont les dispositions ont été rendues applicables aux DOM par la loi 97-1051du 18 novembre 1997 d'orientation sur la pêche maritime et les cultures marines (article 57).

L'extraction de ces matériaux est subordonnée à l'obtention d'un titre minier :

- un permis exclusif de recherche (PER) qui permet à son titulaire de réaliser des explorations et essais de dragage de façon à définir les zones propices à l'exploitation et préciser l'impact des dragages sur le milieu. Ce titre donne également une exclusivité au titulaire pour demander ensuite une concession sur les zones concernées ;

- une concession qui donne droit d'exploiter un gisement dans une zone définie ;

- et enfin, une autorisation d'ouverture de travaux.

L'instruction s'effectue en trois étapes successives :

Instruction minière (décret 95-427 du 19 avril 1995 modifié)

L'instruction minière se déroule en deux étapes : une instruction au niveau local (préfecture) et une instruction au niveau central (ministère). La même procédure s'applique pour une demande de PER ou pour une concession

Au niveau local, le demandeur élabore un dossier et l'adresse au Ministre chargé des Mines qui le transmet pour instruction au Préfet du département concerné. Après consultation du Préfet maritime, le Préfet charge la DRIRE de l'instruction du dossier. Celle-ci consulte les services de l'Etat, les organismes scientifiques et les maires des communes. Une enquête publique d'une durée de 1 mois est menée en parallèle.

Un rapport est remis au Préfet qui convoque la commission minière qui émet un avis. L'ensemble du dossier est ensuite transmis au Ministre chargé des Mines.

Au niveau central, le Ministre chargé des Mines consulte les ministères concernés (Pêche, Environnement, Equipement) et le Conseil Général des Mines donne son avis.

Les décisions prennent la forme d'un arrêté du Ministre chargé des Mines et dans le cas d'une concession, elle fait l'objet d'un décret en Conseil d'Etat.

Instruction domaniale (décret 80-470 du 18 juin 1980 modifié)

Le service RISC de la DDE instruit la demande d'autorisation d'occupation temporaire AOT du domaine public maritime DPM dite « autorisation domaniale ». Elle mentionne le tarif de la redevance et les préconisations pour la protection des fonds marins et pour la circulation marine.

Instruction de travaux miniers (décrets 80-470 du 18 juin 1980 modifié et 95-686 du 9 mai 1995)

Lorsque le titre minier et l'autorisation domaniale sont obtenus, l'entreprise adresse une demande d'ouverture de travaux accompagnée d'une étude d'impact au Préfet du département concerné. L'instruction est semblable à l'instruction minière mais se déroule uniquement au niveau local. La décision se traduit par un arrêté préfectoral.

1.8.2. Dispositions particulières aux départements d'outre-mer

Des dispositions particulières aux départements d'outre-mer ont été prises par la loi 2000-1207 du 13 décembre 2000 (article 48) qui crée les articles 68-21 à 68-24 du Code minier. En ce qui concerne, les titres miniers en mer (à l'exclusion des minerais et produits utiles à l'énergie atomique), les décisions devraient être prises par la Région.

Toutefois, le décret d'application des articles 68-21 à 68-24 du Code minier n'est pas sorti, créant de fait un vide juridique sur la qualité de la personne compétente pour mettre en œuvre ces dispositions.

2. Le marché des matériaux à La Réunion

2.1. POPULATION

Ce sont l'évolution de la population et sa répartition qui, en premier lieu, définissent les besoins en matériaux de l'île de La Réunion.

2.1.1. Population totale

La Réunion, d'une superficie de 2512 km², est divisée en 4 sous-préfectures et 24 communes. Entièrement constituée de terrains volcaniques, elle présente une forme elliptique, avec un grand axe orienté NW-SE, de 70 km de long et un petit axe NE-SW de 50 km.

Selon l'INSEE (Informations rapides Réunion, n°106, janvier 2009), la population actuelle de l'île est de 782.000 habitants (population au 1er janvier 2006). Elle était de 598 000 habitants en 1990 et 706 000 habitants en 1999.

La croissance démographique entre 1999 et 2006 a essentiellement résulté d'un fort excédent naturel (taux de croissance annuel de 1,5 %). D'après C. Montiel de l'INSEE (2008), cette croissance devrait se poursuivre mais avec des incertitudes liées à l'évolution de la migration et de la fécondité, pour se situer au voisinage de :

- 930 000 habitants en 2020 (entre 870 000 et 970 000 habitants),
- 1 030 000 habitants en 2030 (entre 910 000 et 1120 000 habitants).

2.1.2. Répartition de la population

Environ 80 % de la population est concentrée sur le littoral. Une analyse conduite par l'INSEE en 1997 montre que les fortes concentrations humaines définissent une ceinture qui couronne tout le littoral de Saint Benoît à Saint Joseph. La côte Sud-Est est peu habitée. Cette frange littorale forme l'armature urbaine régionale. L'expansion urbaine s'étend désormais sur les premières pentes de l'île avec l'apparition de zones résidentielles péri-urbaines.

Cet ensemble contraste avec le reste de l'île qui correspond à la zone des Hauts dont le caractère rural transparaît avec une faible densité de l'habitat. Des espaces importants sont complètement inhabités du fait du relief, de leur inaccessibilité, ou du risque volcanique (volcan actif du Piton de La Fournaise à l'est de l'île).

Les analyses de l'INSEE montrent l'émergence de 4 grands pôles urbains :

Au nord, Saint Denis constitue un pôle relativement dense, qui s'étend en direction de l'est et sur les pentes, notamment vers la Montagne.

A l'ouest, un second ensemble s'étire de la Possession à Trois Bassins. La population occupe le littoral et les premières pentes des communes de la Possession et de Saint-Paul.

Au sud, l'armature urbaine repose sur les villes de Saint-Louis, Saint-Pierre et Le Tampon. Cette entité s'est fortement affirmée durant ces dernières années. Elle s'étend jusqu'à Saint Leu, à l'ouest et jusqu'à Saint-Joseph, au sud.

Le pôle **Est,** plus modeste en taille que les trois autres ensembles, s'étend de Sainte-Suzanne à Saint-Benoît.

Au cours des dernières années, la croissance de la population ne s'est pas faite de manière uniforme. D'après N. Actif (INSEE, 2008), les mouvements migratoires entre 1999 et 2005 ont accru le poids démographique de l'Est et du Sud tandis que l'Ouest perdait de son attrait. Les communes de Saint-André et du Tampon se sont distinguées par la rapidité de leur croissance.

La répartition de la population par microrégion en 2006 et les prévisions à 2030 (SAR, 2009) sont résumées dans le tableau de l'illustration 1.

Microrégion	Nombre d'habitants		Pourcentage (%)	
	2006	2030	2006	2030
Microrégion Est	135 993	166 000	17,4	16,1
Microrégion Nord	168 910	221 000	21,6	21,5
Microrégion Ouest	199 457	260 000	25,5	25,3
Microrégion Sud	277 602	382 000	35,5	37,1
Total	781 962	1029 000	100	100

Illustration 1 : Répartition de la population par arrondissement en 2006 et prévisions à 2030 (source INSEE, janvier 2009)

Les microrégions Sud et Ouest sont les plus peuplées avec près de 60 % de la population totale contre 40 % aux microrégions Nord et Est. Les prévisions à 2030 modifient peu cette répartition.

2.2. MATERIAUX PRESENTS SUR LE MARCHE REUNIONNAIS

A La Réunion, le marché des matériaux repose principalement sur la production de granulats élaborés à partir d'alluvions. En dehors des granulats, il existe des marchés, moins organisés, de matériaux «bruts d'extraction» utilisés dans les travaux publics ou par les particuliers (enrochements et « tout-venant »). Les quantités de matériaux non élaborés sont méconnues et leur production est variable dans le temps.

Le marché des scories a subi une mutation significative. Auparavant utilisées comme tout-venant, les scories sont aujourd'hui traitées (criblées) pour des utilisations plus nobles, dans l'aménagement paysager par exemple.

Le marché de la pierre ornementale est à un stade artisanal. La production de dalles, de revêtement, de bordures en pierre naturelle est marginale. L'absence de production industrielle n'est toutefois pas représentative de l'intérêt porté au basalte, très largement utilisé dans les murs de soutènement, murs en moellons constitués de galets éclatés de taille décimétrique (voir chapitre 5).

L'exploitation des tufs pouzzolaniques, utilisés pour l'élaboration de ciment depuis 30 ans, représente une activité pérenne du marché réunionnais avec une production de l'ordre de 80 kt par an.

Afin de satisfaire le marché réunionnais, des matériaux de carrière et des produits qui en dérivent (produits en béton, terre cuite, céramique, plâtre, verre) doivent être importés. En ce qui concerne les granulats, les importations et exportations sont pratiquement nulles. Les faibles tonnages indiqués par les douanes correspondent probablement à d'autres substances compte tenu de leur forte valeur à la tonne (illustration 2).

La Réunion importe principalement du clinker de Thaïlande (353 kt en 2007 [3]) qui est broyé avec de la pouzzolane (tuf pouzzolanique) de Saint-Pierre et du gypse (20 kt également importé de Thaïlande) pour produire du ciment. Mais du ciment est également directement importé de Malaisie (127 kt en 2007), de Thaïlande (44 kt).

Les autres matériaux importés sont des roches ornementales (pierres et granites), de la tourbe, de la craie, de la chaux, de la diatomite,…

Parmi les produits dérivés des matériaux de carrière, il faut noter le fort tonnage de carreaux céramiques importés d'Espagne, Italie, France, Chine, Indonésie, …

Les exportations de matériaux à partir de La Réunion sont faibles, du ciment vers Mayotte (518 t en 2007) et du calcin et débris de verre vers l'Afrique du Sud (2471 t en 2007).

---

[3] La société Holcim, annonce un poids total de 320 kt, plus faible que celui fourni par les douanes, sans qu'il ait été possible de confirmer ce chiffre.

Année	2005 (tonnes)	2006 (tonnes)	2007 (tonnes)	2007 (k€)	2007 (€/t)
Matériaux de carrière					
Pierres concassées	327	644	814	373	458
Sables naturels	512	802	659	189	287
Marbres, granites	5383	4758	6607	3262	494
Craie	3067	5954	6336	914	144
Diatomite	43	135	121	106	876
Tourbe	1853	1928	1302	543	417
Gypse	17305	19530	20100	700	35
Ciment (clinker)	404866 (292440)	515095 (364707)	553135 (353397)	40270 (19670)	73 (56)
chaux	4446	7581	4585	762	166
Produits dérivés					
Plâtre et plaques de plâtre	24501	41129	19468	1649	67
Produits en béton	3821	3458	3538	2395	627
Briques, tuiles	396	429	477	226	570
Carreaux	50698	49770	46901	22781	449
Sanitaires	2107	1723	2106	4930	2340
Verre plat	5258	5652	5008	4459	848
Verre creux	12448	12084	12062	10247	823
Divers verre	769	655	654	1339	1742
Laines de verre et roche	1644	1645	1814	2971	1807

Illustration 2 : Importations de matériaux de carrière et produits dérivés (d'après statistiques des douanes)

2.3. LE MARCHE ACTUEL DES GRANULATS A LA REUNION

On appelle granulats un ensemble de grains de dimension comprise entre 0 et 80 mm. Les granulats sont dits :

- naturels lorsqu'ils sont issus de roches meubles ou massives, extraites *in situ*, et qu'ils ne subissent pas de traitement autre que mécanique ;

- artificiels, lorsqu'ils proviennent soit de la transformation thermique des roches, minerais et déchets, soit de la démolition d'ouvrages divers.

On distingue les granulats roulés (alluvions fluviatiles ou marines) et les granulats concassés de roches massives (basalte, calcaire, grès, …).

Les granulats sont principalement utilisés dans le secteur du bâtiment et des travaux publics (BTP) pour la construction de bâtiments, de routes et d'ouvrages d'art.

2.3.1. L'activité du BTP

Le secteur du BTP a connu de 2002 à 2007 une croissance régulière très soutenue mesurée par différents indicateurs économiques (illustration 3). On note toutefois un net ralentissement de la croissance entre 2007 et 2008.

D'après les données du CERBTP (2009), entre 2002 et 2008 :

- l'effectif salarié du BTP a augmenté de 12 % par an ;
- le chiffre d'affaires du BTP a augmenté de 18 % par an.

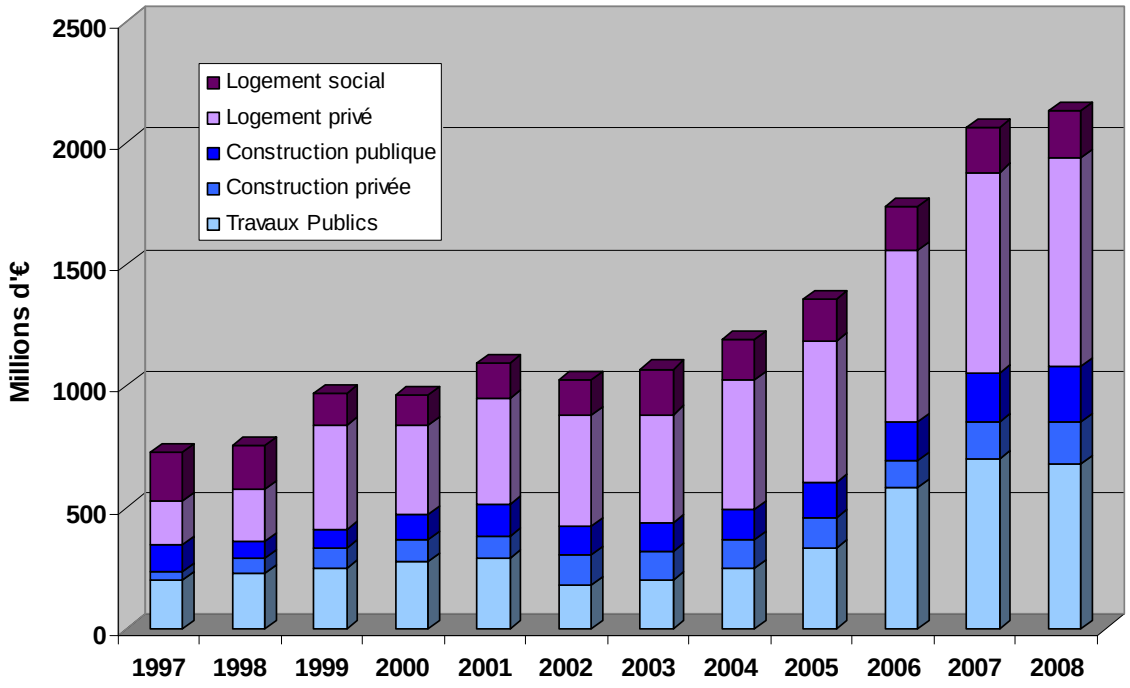


Illustration 3 : Evolution du chiffre d'affaires du BTP depuis 1997 (source CERBTP, 2009)

2.3.2. Consommation de granulats par sous-secteur du BTP

a) La part du logement

A partir de données croisées relatives aux obtentions de permis de construire, de crédits bancaires, et aux contrôles de conformités électriques, le CERBTP a estimé à 12 000 et 14 500 le nombre de logements neufs officiellement déclarés en 2006 et 2007 à La Réunion. La donnée 2008 n'est pas disponible, mais supposée voisine de celle de 2007 (selon le Consuel qui délivre les visas de conformité à la livraison des logements, il y a eu 12932 logements livrés en 2007 et 11279 en 2008).

Jusqu'en 2004, le nombre annuel de permis de construire délivrés n'a que très rarement excédé les 10 000, mais a ensuite largement dépassé ce nombre. D'après le CERBTP, la vitalité remarquable du secteur du logement depuis 2005 résulte largement des mesures de défiscalisation applicables aux logements collectifs.

En se fixant, à partir des données de l'UNICEM (1977) et de Lafarge (2005), un ratio de 100 t à 150 t de granulats pour un logement, la consommation de granulats pour la seule construction de logements neufs déclarés a été estimée entre 1 200 et 1 800 kt en 2006-2008.

De plus, en gardant le ratio proposé par le BRGM (1999) de 1 logement spontané non déclaré pour 3 logements déclarés, et en se basant sur un ratio de 100 t de granulats par logement spontané, la consommation de granulats en 2006-2008 pour la construction de l'ensemble des logements neufs a été estimée entre 1 600 kt et 2 200 kt.

Enfin, en se référant aux chiffres du CERBTP concernant le montant des aides publiques consenties au titre de travaux d'amélioration et de réhabilitation de l'habitat (23, 21 et 24 M€ en 2006, 2007 et 2008) ; la consommation de granulats pour ces travaux a probablement été comprise entre 100 kt et 200 kt en 2006-2008.

Sur ces bases, les besoins en granulats élaborés de l'île pour le sous-secteur du logement ont été évalués entre 1 700 kt et 2 400 kt en 2006-2008.

b) La part du bâtiment hors logement

D'après le CERBTP, les investissements réalisés sur les bâtiments par les principaux maîtres d'ouvrages publics (communes, Région, Département, Etat et CCIR) ont progressé de 2006 (160 M€) à 2007 (200 M€) et 2008 (225 M€).

Il faut y ajouter les projets réalisés par les maîtres d'ouvrages privés (enseignes commerciales, centres d'affaires, etc.), qui représenteraient de l'ordre de 150 à 200 M€/an. Le total des investissements dans le bâtiment non résidentiel serait de l'ordre de 350 à 400 M€/an pour la période récente.

Les données sur le logement (CA voisin de 1000 M€/an en 2007/2008) permettent de fixer un ratio approché de 2 000 t de granulats pour 1 M€ de budget. Sur ces bases, les besoins en granulats élaborés de l'île pour le sous-secteur du « bâtiment hors logement » ont été évalués 700 à 800 kt/an.

Les principales constructions publiques en chantier en 2008
Lycées Roland Garros, Saint-Benoît – Collège Sang-Dragons, Centre de formation auto-transport – Centres AFPAR Saint-André/Saint-Pierre Pôle femme-mère-enfant – Parc des Expos ADPE CHD Felix Guyon – Pôle Sanitaire de l'Est Maison d'Arrêt de Domenjod

c) La part des travaux routiers

D'après la CERBTP, les investissements réalisés sur les routes nationales et départementales ont représenté près de 358, 427 et 357 M€ en 2006, 2007 et 2008 dont environ 65% pour la seule Route des Tamarins.

- ***La Route des Tamarins***

Avec une logique d'autosuffisance et la recherche d'un équilibre déblais/remblais, le chantier de la Route des Tamarins est resté en 2006 et 2007 relativement peu impactant sur la consommation de granulats élaborés d'origine « extérieure » au chantier.

Depuis le début des travaux en 2005, près de 5,5 Mm^3 de déblais bruts issus des terrassements ont été utilisés, essentiellement pour structurer la plate-forme de la chaussée et les plates-formes contigües aux ouvrages d'art (communication Région et DDE, 2007).

De plus, environ 1,5 Mm^3 de déblais ont été valorisés par retraitement in situ à l'aide de concasseurs mobiles de chantier. Ces derniers ont été largement utilisés pour les sous-couches de la chaussée.

Les granulats « importés » sont rentrés principalement dans la fabrication des enrobés (couche de roulement de la chaussée) et des bétons. Les prévisions d'avant-projet prévoyaient une consommation totale de l'ordre de 2 400 kt pour l'ensemble du chantier.

Sur ces bases, les besoins en granulats « importés » du chantier de la Route des Tamarins ont été estimés entre 700 et 800 kt/an pour 2006 et 2007. Ce tonnage a probablement diminué en 2008.

- ***Les autres travaux routiers***

Les investissements principalement réalisés par la Région et le Département (principaux maîtres d'ouvrages publics) pour les travaux routiers hors Route des Tamarins ont atteint 113, 157 et 114 M€ en 2006, 2007 et 2008.

De plus, de nombreuses communes ont procédé à de lourds travaux de réfection et d'amélioration des voiries urbaines et des trottoirs, profitant notamment de la modernisation planifiée des réseaux d'eau et d'électricité. Le montant consolidé des investissements communaux n'est pas connu avec précision, mais a été grossièrement évalué entre 100 et 150 M€/an.

Un ratio de 10 000 t de granulats pour 1 M€ de budget ayant été estimé, les besoins en granulats élaborés de l'île pour les travaux routiers hors Route des Tamarins ont été probablement compris entre 2100 et 2800 kt pour la période 2006-2008.

En 2006-2007, les besoins de l'île en granulats (non produits sur chantier) ont été compris entre 2 800 et 3 500 kt pour l'ensemble des travaux routiers, dont au minimum 700 kt pour la seule Route des Tamarins. Ces besoins ont probablement diminué en 2008.

Les principaux travaux routiers (hors Route des Tamarins) en 2008
Routes Nationales
Déviation de Grand Bois – Route du Littoral (filets)- Boulevard Sud
Routes Départementales
Déviation Villèle/Saint Gilles – Renforcements Enrobés

d) La part du génie civil

D'après le CERBTP, les principaux investissements réalisés dans le domaine du génie civil qui avaient atteint 118 M€ en 2006, ont eu tendance à se tasser en 2007 (85 M€) et 2008 (76 M€). La majeure partie des dépenses a concerné les travaux de basculement de l'eau et la réalisation des périmètres irrigués de l'Ouest. Les chantiers portuaires (agrandissement du Port-Est et darse de pêche du Port-Ouest) étaient en voie d'achèvement.

Les principaux chantiers de génie civil en 2008 :
Transfert des eaux et Irrigation Ouest (ILO)
Galeries aval Salazie – Conduite maîtresse 2ème tranche
Installations portuaires
Port Est : extension 1ère phase ; Port Ouest : darse de pêche industrielle

La grande diversité des chantiers de génie civil rend difficile une quelconque estimation consolidée de la consommation de granulats. Les besoins en granulats élaborés de l'île pour ces travaux ont été très approximativement estimés entre 500 et 700 kt/an pour la période 2006-2008.

e) Bilan

Cet exercice d'estimation approchée de la consommation de granulats par sous-secteur du BTP, même empreint d'un fort degré d'incertitude, a toutefois permis de dégager quelques grandes tendances.

Les besoins totaux en granulats de l'île ont été estimés pour la période 2006-2008 à 6600 kt/an, valeur médiane comprise dans une fourchette entre 5 700 et 7 500 kt/an de granulats, hors production sur chantier par des groupes mobiles.

Le secteur du bâtiment a représenté 50 % de la consommation totale dont plus de 30 % pour le seul logement résidentiel. Les besoins du secteur des travaux publics ont été équivalents, mais le grand chantier de la Route des Tamarins n'a représenté qu'entre 11 % et 13 % de la consommation totale de granulats, du fait de l'utilisation d'une part importante des matériaux produits par ce chantier (illustration 4).

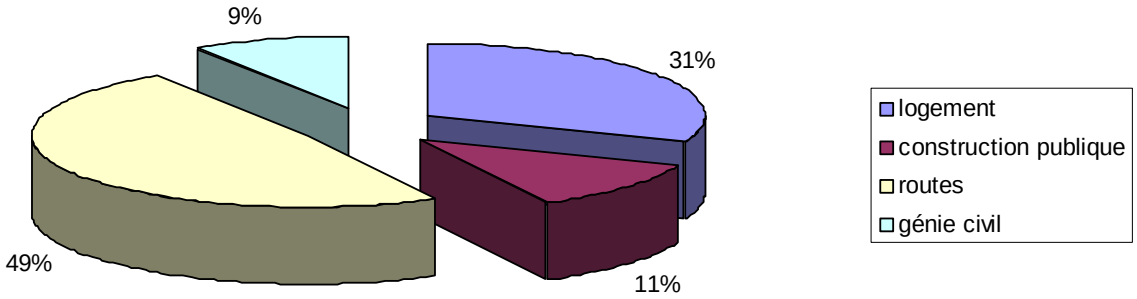


Illustration 4 : Répartition de la consommation de granulats par sous-secteur du BTP en 2006-2007

2.3.3. Consommation de granulats déduite de la vente de ciment et bitume

a) Consommation de granulats pour la fabrication du béton

Un ratio moyen de 5,7 tonnes de granulats pour 1 tonne de ciment est classiquement retenu à la Réunion par le SICRE pour la fabrication du béton (6 tonnes de granulats pour 1 tonne de ciment selon une étude UNICEM de 1977).

Par ailleurs, d'après les données de Lafarge et Holcim consolidées par le CERBTP, la vente de ciment sur l'île a progressé depuis 2003 pour atteindre 570 kt en 2006 puis 615 kt en 2007 (illustration 5). Elle a légèrement régressé en 2008 jusqu'à 583,5 kt dont :

- 355,5 kt (61 %) pour le vrac, essentiellement destiné aux travaux publics ainsi qu'aux grandes constructions publiques ou privées ;

- 228 kt (39 %) pour les sacs, principalement utilisés dans la construction individuelle.

A partir de ces chiffres, la consommation de granulats sur l'île pour la fabrication du béton a été estimée à 3,4 Mt/an (entre 3,2 et 3,5 Mt/an) de 2006 à 2008, dont probablement près de 1,3 Mt pour la seule construction individuelle.

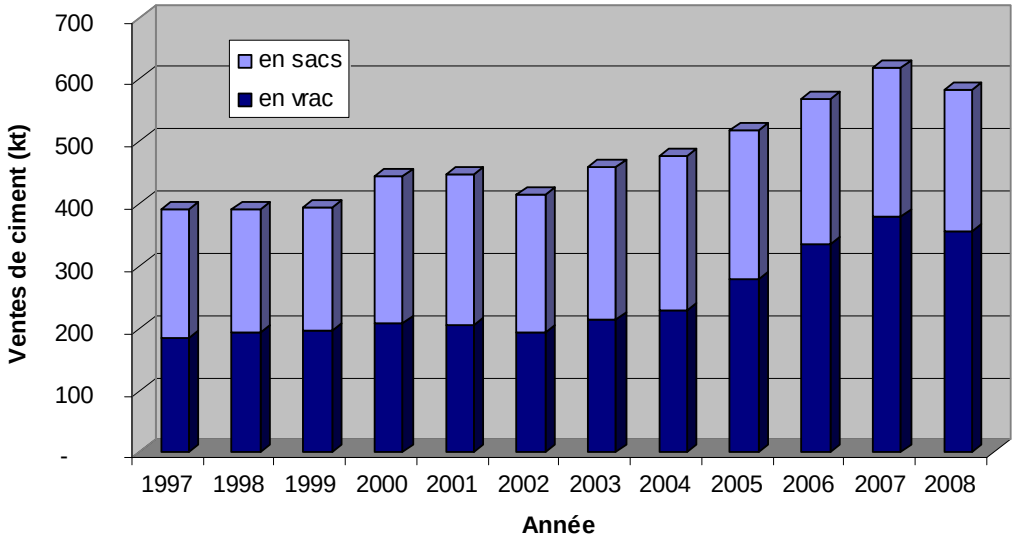


*Illustration 5 : Evolution d*es ventes de ciment à La Réunion depuis 1997 (sources Lafarge, Holcim, CERBTP)

b) Consommation de granulats pour la fabrication des enrobés hydrocarbonés

Un ratio moyen de 19 tonnes de granulats pour 1 tonne de bitume est généralement admis pour la fabrication d'enrobés bitumineux en France (5 % de bitume pour 95 % de granulats).

Par ailleurs, d'après les statistiques des douanes, un total de 23,3 kt et 27,8 kt de bitume ont été importés sur l'île en 2006 et 2007, en provenance d'Iran et d'Afrique du Sud (illustration 6).

A partir de ces chiffres, bien qu'un stockage du bitume soit possible d'une année sur l'autre, la consommation de granulats pour la fabrication d'enrobés bitumineux peut être évaluée à environ 440 et 530 kt en 2006 et 2007**.**

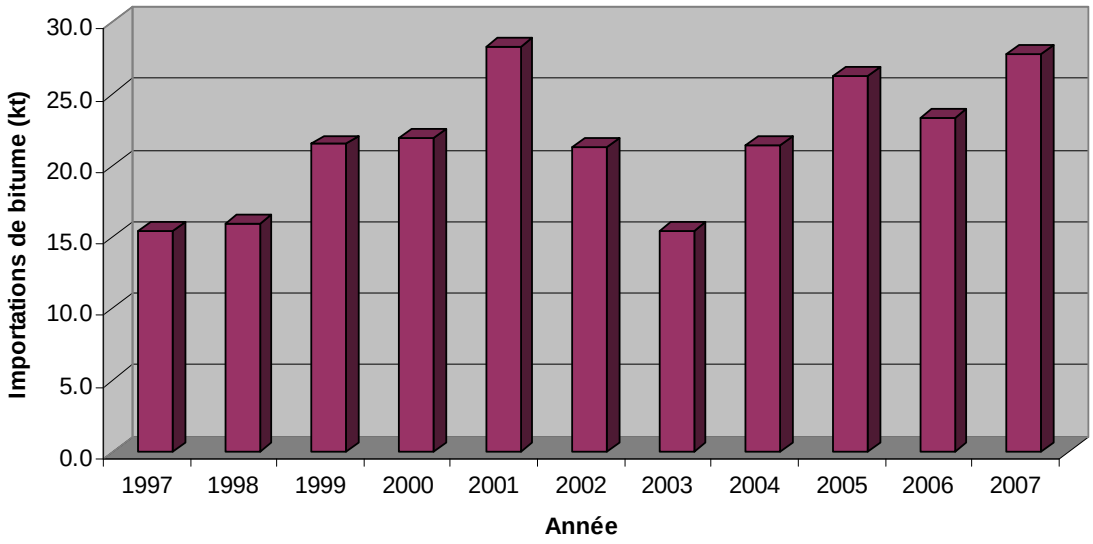


Illustration 6 : Evolution des importations de bitume à La Réunion depuis 1997 (source CCIR, 2007)

2.3.4. Consommation totale de granulats et répartition

En prenant comme ratio « quantité de granulats pour béton/quantité totale de granulats » la valeur classique de 0,5 donnée par le SICRE et l'UNICEM, les besoins totaux de l'île en granulats élaborés sont estimés entre 6,5 et 7 Mt/an pour la période 2006-2008.

Ces chiffres sont cohérents avec les chiffres de production estimés entre 6,7 Mt et 8,0 Mt pour les années 2006 à 2008 (chapitre 5). A La Réunion, du fait notamment de l'isolement de l'île, les importations comme les exportations de granulats sont pratiquement nulles (illustration 2) et les tonnages consommés sont voisins des tonnages produits, aux stocks de carrière près.

Avec une population estimée à 781 962 habitants en 2006 la consommation réunionnaise de granulats serait actuellement voisine de 8,6 t par habitant et par an. Elle était estimée entre 5 et 7,2 tonnes par an et par habitant en 1995 (illustrations 7 et 34).

A titre de comparaison, la moyenne nationale était en 2007 de 6,2 t de granulats par habitant et par an, ce qui confirme la vitalité du secteur du BTP à La Réunion à cette période.

Commune	Population	Consommation de granulats (kt)
Les Avirons	9180	78.656
Bras-Panon	11028	94.490
Entre-Deux	5713	48.950
L'Etang-Salé	13266	113.666
Petite-Ile	11282	96.666
La Plaine des Palmistes	4518	38.711
Le Port	38148	326.859
La Possession	26242	224.846
Saint-André	51817	443.978
Saint-Benoît	33187	284.353
Saint-Denis	138314	1185.101
Saint-Joseph	33509	287.112
Saint-Leu	28969	248.212
Saint-Louis	49455	423.740
Saint-Paul	99291	850.744
Saint-Pierre	74480	638.159
Saint-Philippe	5030	43.098
Sainte-Marie	30596	262.152
Sainte-Rose	6664	57.098
Sainte-Suzanne	21714	186.050
Salazie	7065	60.534
Le Tampon	69849	598.480
Les Trois-Bassins	6807	58.324
Cilaos	5838	50.021
total	781962	6700.000

Illustration 7 : Estimation de la répartition de la consommation de granulats en 2006 en fonction de la population

2.4. EVALUATION DES BESOINS EN GRANULATS A L'HORIZON 2020

Le Schéma Départemental des Carrières de 2001 prévoyait pour la période 1998-2015 une demande minimale en granulats élaborés de 50 Mt sur 18 ans soit 2,8 Mt par an, alors qu'en 2006-2008, on se situe sur une base entre 6,5 Mt/an et 7,5 Mt.

Les prévisions en ce qui concerne l'évolution du marché du BTP sont très incertaines. D'après le CERBTP (note de mars 2009), le chiffre d'affaires du BTP 2009 baisserait de l'ordre de 25% par rapport à 2008 (CA 2008 : 2,13 10^9 Euros et CA prévisionnel 2009 : 1,5 10^9 Euros) en raison d'un ralentissement de la construction de logements et une forte baisse d'activité dans les travaux publics.

D'après le syndicat des carriers (SICRE), la consommation 2008 de granulats aurait été similaire à 2007, puis baisserait de 20% en 2009 (6 Mt), pour progresser ensuite de 3% par an jusqu'en 2012, en corrélation avec l'évolution démographique (6,6 Mt en 2012). Nous supposerons ensuite une stabilité de la consommation de granulats jusqu'en 2020 (illustration 8).

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
kt	6 000	6 200	6 400	6 600	6600	6 600	6 600	6 600	6 600	6 600	6 600	6 600	78 500

Illustration 8 : Evaluation des besoins annuels en granulats de La Réunion pour la période 2009-2020

Les besoins en granulats pour la période 2009-2020 peuvent, en première approximation, être estimés à 80 Mt ou 40 Mm^3.

2.4.1. Les besoins futurs du marché de fond

Le marché de fond des granulats fournit l'ensemble des sous-secteurs du BTP (logement, bâtiment non résidentiel, construction publique, travaux routiers et génie civil), à l'exception des grands chantiers structurants de travaux publics (Tram-Train, Route-Digue du Littoral, etc.).

En 2006, ce marché de fond a représenté à lui seul environ 5,9 Mt de matériaux, soit près de 88 % des besoins en granulats élaborés de l'île.

D'après le CERBTP (2007), sous réserve de conditions favorables (lois fiscales et financements européens), le secteur de la construction devrait théoriquement rester très dynamique dans les prochaines années (jusqu'en 2020 ?) pour pouvoir répondre aux importants besoins à venir en logements neufs et bâtiments non résidentiels (stabilisation prévue autour de 12 000 nouveaux logements par an).

Cependant, il est aujourd'hui question de supprimer le dispositif de défiscalisation du logement libre dans les DOM à partir de 2010 afin de réorienter les investissements vers le social. La mise en place d'une telle mesure pourrait avoir pour effet d'infléchir sensiblement le volume d'activité du secteur de la construction sur l'île et donc de limiter la demande en granulats.

De plus, le démarrage prochain des grands travaux structurants très coûteux du Nord (Route- Digue du Littoral et Tram-Train) devrait entraîner de la part des principaux maîtres d'ouvrages publics, en particulier de la Région, certains arbitrages budgétaires défavorables à la multiplication de chantiers BTP plus modestes.

Enfin, fort de l'expérience de La Route des Tamarins, et profitant de la présence sur l'île de nombreux concasseurs mobiles nouvellement importés, la généralisation du recyclage des déblais en graves grossières sur les petits chantiers pourrait également limiter localement la demande en granulats d'origine externe (en provenance des installations de criblage-concassage fixes).

2.4.2. Les besoins futurs des grands chantiers de travaux publics

a) La Route des Tamarins

La Route des Tamarins est pratiquement achevée et a été livrée en 2009. Les besoins en granulats pour finaliser le projet ont été satisfaits.

b) Le transfert des eaux

D'après la maîtrise d'œuvre du projet, les besoins en béton du chantier, pratiquement nuls actuellement, devraient s'accroître de façon significative durant la phase de revêtement de la galerie « Salazie Amont » planifiée de 2010 à 2013. Ces besoins pour le futur ouvrage devraient toutefois se limiter à 40 000 m^3 de béton sur 4 ans (communication SECMO, 2008), soit une moyenne de 17 kt/an de granulats pour un total n'excédant pas 70 kt.

c) Le Tram-Train

Afin de modérer la circulation automobile et de privilégier le transport en commun, la réalisation d'un « Tram Train » est programmée entre Saint-Benoît et Saint-Joseph, en deux phases :

- réalisation d'une première section de 40 km entre Sainte-Marie (Gillot) et Saint-Paul qui sera réalisée entre 2010 et 2013 (choix du groupement de partenariat public-privé en 2009),

- extensions prévues vers l'est jusqu'à Saint-Benoît (35 km) et l'ouest jusqu'à Saint-Joseph (70 km), en cours d'étude en 2009.

Le volume total de déblais produits lors des travaux de la première section est estimé entre 2 et 2,5 Mm^3 dont 0,6 à 0,7 Mm^3 seront récupérés pour le projet et entre 1,4 et 1,8 Mm^3 devront être évacués (déchets inertes). Ces déblais correspondront à des matériaux naturels (basalte et scories) et à des matériaux de chaussée issus du creusement des tunnels et à des terrassements en ville.

Les besoins en béton du futur chantier sont évalués entre 400 000 m^3 et 500 000 m^3 par le maître d'ouvrage (communication Région, 2007). A partir de ces chiffres, la consommation totale de granulats pour la seule fabrication des bétons peut donc être estimée entre 680 kt et 850 kt sur 4 ans, soit environ 200 kt/an.

Sur ces bases, il est raisonnable de fixer à 1 000 kt la quantité totale de granulats élaborés à fournir pour réaliser le projet. Une part de ces granulats pourrait provenir du concassage des déchets du chantier.

d) La Future route du Littoral

Le chantier de future route du Littoral devrait débuter en 2011 pour se terminer en 2017. Plusieurs variantes ont été étudiées et on s'orientait fin 2008 vers une solution tout en mer digue/viaduc : digue dans les zones moins profondes (5/7 m de hauteur d'eau) et viaduc dans les zones profondes (8/10 m de hauteur d'eau). La répartition entre digue et viaduc serait la suivante :

- 1,4 km de digue à Saint Denis ;
- 5,5 km de viaduc jusqu'à la Grande Chaloupe
- 3,2 km de digue de la Grande Chaloupe à la Ravine à Malheur
- 1 km de viaduc à la Pointe de la Ravine à Malheur
- 1,5 km de digue à La Possession.

Un des principaux soucis du chantier est son alimentation en matériaux. Une alimentation externe à l'île (à partir de Madagascar) a été envisagée et abandonnée. L'ouverture d'une carrière sur le plateau de La Montagne a aussi été étudiée dans les espaces-carrières retenus en 2001, mais la qualité des matériaux ne parait pas optimale.

L'estimation des besoins en matériaux pour réaliser le projet décrit ci-dessus sont les suivants :

- matériaux de remblai pour les digues : 4,1 Mm^3 ;
- béton pour la réalisation des viaducs et des gros enrochements : 1,1 Mm^3 nécessitant 2 Mt de granulats et 445 kt de ciment ;
- petits enrochements naturels (100 à 500 kg) : 300 kt.

Les matériaux de remblai pourraient provenir du chantier du tram-train (1,5 Mm^3), de la destruction de la route actuelle (1,3 Mm^3), et du dragage du fond de la mer (1,3 Mm^3). Les matériaux dragués en mer seraient alors placés dans des conteneurs en géotextile.

Les autres pistes envisagées pour la fourniture des matériaux sont la définition d'un nouveau site d'extraction à proximité du chantier, les carrières de la Zone Arrière Portuaire et de Cambaie, l'abattage de la falaise.

Sur ces bases, en incluant notamment les besoins liés à la réalisation de la chaussée (enrobés bitumineux), et en supposant que les matériaux de récupérations satisferont entièrement aux besoins du remblai de digue, il apparaît raisonnable de fixer à 2,5 Mt la quantité totale de granulats et blocs nécessaires à la réalisation de l'ensemble du projet. Ces chiffres sont encore susceptibles d'évoluer en fonction de l'avancement des études, en particulier de la confirmation ou non de la récupération de matériaux pour les digues. A fin 2009, la tendance est à l'abandon de l'utilisation de matériaux marins. La demande serait donc plutôt d'environ 2,5 Mm3 soit 5 Mt.

2.5. CONTRIBUTION SOCIO-ECONOMIQUE DU SECTEUR DES MATERIAUX

L'impact socio-économique du secteur des matériaux à La Réunion a été essentiellement appréhendé à partir, d'une part, du montant approché des contributions fiscales directes, et d'autre part, du nombre d'emplois généré par l'activité.

2.5.1. La contribution fiscale directe

Le secteur des matériaux contribue à la fiscalité directe essentiellement par le biais, d'une part, de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP), et d'autre part, de la taxe professionnelle et des taxes foncières.

a) La TGAP

Instituée par la loi de finances de 1999 et actualisée en 2004, la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP), perçue par la Direction Générale des douanes, s'applique à toutes les entreprises livrant sur le marché intérieur des matériaux d'extraction. Cette taxe traduit l'application du principe pollueur-payeur. Elle a été majorée en juillet 2007.

Sur la base d'une production régionale déclarée de 5,3 Mt et d'un taux d'imposition de 0,10 €/t, la TGAP payée par les carriers réunionnais exploitant des granulats aurait théoriquement rapporté en 2006 une somme de 530 000 € à l'Etat.

b) La taxe professionnelle et les taxes foncières

Hors TGAP, les recettes fiscales directes proviennent principalement, à hauteur d'environ 85 % du total, de la taxe professionnelle dont les bénéficiaires sont la Région, le Département, et les communes. Sur la base des études UNICEM réalisées en France en 2005, et pour les seuls emplois directs, le montant de cette taxe peut être grossièrement évaluée à La Réunion entre 3500 € et 4000 € par salarié et par an, soit un montant global d'environ 1 200 000 €/an. Cette taxe pourrait être supprimée prochainement.

Le complément de recette est apporté, à hauteur d'environ 15 % du total, par les taxes foncières (l'emprise foncière constitue alors la base des assiettes fiscales). A partir des données précédentes, il peut être grossièrement évalué à 220 000 €.

La contribution fiscale totale directe du secteur des matériaux de carrière à La Réunion doit être proche de 2 000 000 €/an.

A La Réunion, les carriers ne sont généralement pas propriétaires des terrains exploités Si ces terrains appartiennent à une collectivité locale, cette dernière perçoit en plus des redevances d'exploitation appelées par la Profession « droits de fortage ». A titre d'exemple, en 2006, ces droits étaient de l'ordre de 2,75 € à 3 € par tonne produite dans le secteur de Pierrefonds.

2.5.2. Le nombre d'emplois générés

a) Les emplois directs

Chaque carrière a la taille d'une PME et occupe entre 2 à 30 salariés à La Réunion. D'après une série d'enquêtes réalisées auprès des carriers, le secteur des granulats aurait généré en 2006 entre 200 et 240 emplois directs sur l'île et près de 80 emplois internes mutualisés (fonctionnels ou opérationnels).

Ce chiffre semble confirmé par le ratio « national » communiqué par Lafarge (2005) de « 1 emploi pour 25 à 30 kt produites ». D'après celui-ci, et en se basant sur « 1 emploi pour 20 à 25 kt produites» probablement plus proche des spécificités réunionnaises, le nombre d'emplois directs générés par cette activité aurait été compris entre 270 et 335 en 2006.

La part des contrats précaires ou temporaires dans l'activité n'a pas pu être déterminée.

b) Les emplois indirects

Les emplois indirects correspondent aux emplois créés par l'activité « carrières » chez les fournisseurs, les transporteurs, et dans l'industrie de transformation « bétons » et « enrobés » (béton prêt à l'emploi, produits préfabriqués en béton et produits hydrocarbonés).

- **Les fournisseurs**

L'activité « carrières » fait appel à un grand nombre de sous-traitants notamment pour la prestation d'études, la fourniture et l'entretien des engins lourds (chargeuses, pelles, dumpers, etc.), du matériel de traitement (concasseurs, cribles, convoyeurs,…), du matériel informatique et robotique, ainsi que pour l'approvisionnement en carburant et électricité.

L'UNICEM (études de 1998 et 2003) a fixé un ratio national moyen de « 1 emploi direct pour 1 emploi fournisseur (hors emploi interne mutualisé) » qui serait relativement stable dans le temps et quel que soit le territoire.

Sur la base de ces chiffres nationaux, environ 220 emplois « fournisseurs » seraient générés par cette activité à La Réunion en 2006.

- **Les transporteurs**

Le caractère pondéreux des matériaux explique l'importance du transport pour le secteur. A titre d'exemple, un camion semi-benne de 38 t, qui ne peut être utilisé que sur l'axe littoral rapide, ne transporte que 25 t de charge utile par voyage. Dans ces conditions plutôt favorables, l'approvisionnement d'un petit chantier de 500 t nécessite à lui seul une vingtaine de voyages et mobilise suivant la distance à parcourir de 3 à 5 camions pendant une journée entière.

La société Holcim, pour son seul site de la Rivière des Remparts, a généré en 2006 entre 10 et 12 emplois indirects « transport » (avec une flotte de 11 camions de différents gabarits) pour une quantité de matériaux de l'ordre de 220 kt, ce qui correspond à un ratio de « 1 emploi pour 20 kt produites ». Sur ces bases, et en considérant la production totale de l'île, de 335 à 350 emplois « transport » auraient été générés par l'activité granulats à La Réunion en 2006.

Par ailleurs, d'après les données récoltées lors d'enquêtes auprès des grands syndicats de transporteurs routiers réunionnais (UNOSTRA, FNTR et SRTM), le nombre d'emplois indirects « transport » lié au secteur des granulats sur l'île serait compris entre 290 et 330.

A partir de ces informations, un ratio régional moyen de « 1 emploi direct (hors emploi interne mutualisé) pour 1,5 emploi indirect transport » peut être déduit. Celui-ci apparait significativement supérieur au ratio national moyen « 1 pour 1 » défini par l'UNICEM (1998 et 2003) et Lafarge (2005). Cette différence s'explique aisément par les conditions de circulation plus difficiles de La Réunion où de nombreux camions de petits gabarits (14 t et 19 t) sont indispensables, notamment pour approvisionner les Hauts de l'île dans un contexte de montagne.

- **Les filières de transformation « bétons » et « enrobés »**

Les activités de transformation comprennent les unités de préfabrication de produits « béton » (blocs, tuyaux, poutrelles, mobiliers urbains, etc.), les centrales à béton prêt à l'emploi, et les centrales d'enrobés bitumineux (revêtements routiers).

La part des filières de transformation dans la consommation réunionnaise de granulats doit probablement être actuellement comprise entre 40 % et 50 % (autour de 3 Mt ?).

Une unité de préfabrication compte généralement entre 15 et 50 salariés et une centrale à béton ou d'enrobés entre 2 à 5 salariés.

A partir d'enquêtes menées auprès des principales entreprises concernées par ces activités (Holcim, Lafarge, Prefaco, GOC, GTOI et SCPR), le nombre d'emplois indirects « bétons et enrobés» serait actuellement compris entre 600 et 650 à La Réunion.

Un ratio régional moyen de « 1 emploi direct (hors emploi interne mutualisé) pour 3 emplois indirects « bétons et enrobés » peut être ainsi déduit. Celui-ci apparaît légèrement supérieur au ratio national moyen de « 1 pour 2,5 » défini par l'UNICEM (1998 et 2003) et Lafarge (2005).

c) Les emplois induits

La contribution socio-économique de l'industrie des matériaux s'apprécie véritablement par la prise en compte de l'ensemble du secteur d'activité du BTP. La caisse de congés payés du BTP recensait 20 442 salariés en 2006.

d) Bilan

En 2006 le secteur des matériaux aurait soutenu environ 1 260 emplois indirects à La Réunion (illustration 9), soit un ratio de 5,8 emplois indirects pour 1 emploi direct (à comparer au ratio national de 4 à 5 selon Lafarge) :

Activité	Emplois indirects ou induits pour chaque emploi direct	Total des emplois indirects ou induits
Emplois directs Production de granulats	1	220
Emplois internes mutualisés	0,3	80
Fournisseurs	1	220
Transport de granulats	1,5	330
Industrie de transformation	3	630
Total emplois indirects	5,8	1 260
Secteur du BTP	70	20 500
Total emplois indirects et induits	75,8	21 760

Illustration 9 : Estimation des emplois indirects et induits générés par la production de matériaux à La Réunion en 2006

3. Les ressources

Les matériaux de carrière, matières premières indispensables aux secteurs du BTP, de l'industrie et de l'agriculture s'avèrent d'une importance primordiale pour le développement et l'aménagement du territoire. L'accès à des ressources exploitables apparaît comme un défi socio-économique majeur pour l'ensemble de la collectivité.

Cet accès est contrôlé par cinq principaux paramètres : l'existence d'un gisement exploitable (chapitre 3), le respect de la réglementation (chapitre 1), la protection de l'environnement (chapitre 4), l'acceptation sociale des carrières et le coût de transport des matériaux (chapitre 6).

3.1. LES RESSOURCES GEOLOGIQUES

3.1.1. Contexte géologique

L'île de la Réunion, isolée dans la partie occidentale de l'océan Indien, est née il y a 3 millions d'années environ. Elle est formée de roches volcaniques émises à partir de deux massifs volcaniques principaux : le Piton des Neiges au nord et le Piton de la Fournaise au sud.

Caractérisée par des reliefs jeunes, elle culmine à 3069 mètres (Piton des Neiges sensu-stricto). Son histoire géologique correspond à une succession de phases d'activité volcanique (éruptions) et de périodes d'altération et d'érosion pendant lesquelles les matériaux sont transformés et entraînés vers l'océan.

Le massif du Piton des Neiges, le plus ancien, est constitué d'un volcan-bouclier basaltique surmonté d'un strato-volcan, volcan composite formé de laves et de pyroclastites différenciées. Il a subi une érosion intense provoquée par les pluies tropicales : d'immenses cônes de déjection se sont formés à sa périphérie, aux débouchés des cirques. Le volcan de la Fournaise, moins érodé, émergé il y a environ 500.000 ans, est toujours en phase de croissance. Il s'agit d'un volcan-bouclier basaltique typique.

Les formations volcaniques correspondent pour l'essentiel à des émissions de lave fluide (basaltes principalement) qui se sont étalées sur les reliefs existants ou ont comblé des paléo-dépressions. Dans le massif du Piton des Neiges, le chimisme des laves émises a évolué au cours de l'histoire géologique avec l'apparition de laves différenciées : les laves sont devenues de plus en plus riches en silice (acides) et visqueuses.

Les dernières phases d'activité du Piton des Neiges, qui remontent à quelques dizaines de milliers d'années, ont été franchement explosives, marquées par des émissions de pyroclastites en quantité importante (brèches de nuées ardentes, ignimbrites, coulées de ponces).

Mais, l'un des caractères les plus spécifiques à l'île est son système de caldeiras et de grands effondrements centraux (cirques du Piton des Neiges) et côtiers (Grand Brûlé sur le Piton de la Fournaise) apparus au cours des différentes phases d'édification des deux massifs volcaniques. Ces effondrements, anciens à actuels, ont façonné le paysage de l'île et l'ont compartimenté en plaines, ilets et versants (planèzes). Les parties centrales, hautes, de La Réunion sont difficilement accessibles par route. Cette configuration morphologique a conduit à nous intéresser principalement aux planèzes périphériques et aux zones littorales dans le cadre de l'évaluation des ressources potentielles en matériaux.

3.1.2. Les différents matériaux rencontrés à La Réunion

Le département de la Réunion recèle presque exclusivement des matériaux d'origine volcanique. Les roches sédimentaires d'origine biochimique sont quasiment absentes sur l'île. Les rares formations calcaires sont d'origine biologique (calcaires récifaux).

Les matériaux peuvent être classés selon leur nature et origine géologique :

- **les produits volcaniques effusifs** : ce sont les **coulées de lave** émises par les volcans du Piton des Neiges et de la Fournaise qui constituent le squelette de l'île. Ces formations sont généralement rocheuses, si l'on excepte les niveaux scoriacés formant souvent les semelles et les toits des coulées ;

- les **produits volcaniques explosifs ou pyroclastites** (brèches, tufs, scories, ponces, cendres,..) formant des gisements ponctuels (cônes de scories) ou de grande extension (épandages de tufs) dans les deux massifs volcaniques et à leur périphérie ;

- **les formations détritiques** anciennes à récentes que l'on rencontre dans les cirques, à leur débouché dans les plaines littorales, et sur le littoral. Elles se sont mises en place au cours des phases de démantèlement des édifices volcaniques (brèches et éboulis, alluvions, colluvions, sables éoliens, argiles) ;

- les **intrusions magmatiques** associées aux phases volcaniques, rencontrées à l'affleurement dans les trois cirques actuels, et représentées par des laves (dykes, sills) et des roches microgrenues (microsyénites par exemple) et grenues (gabbro par exemple).

Afin de tenir compte de la complexité géologique et morphologique de l'île, nous avons choisi de décrire les ressources par mode de gisement, en retenant la définition suivante :

« Un gisement est un lieu (domaine géographique) où l'on rencontre une substance déterminée. Il se définit par la nature du matériau (roches, alluvions, ...), par son extension géographique, et présente, a priori, d'un point de vue quantitatif et qualitatif, un intérêt économique potentiel (à la différence des indices et occurrences)».

Dans le cadre de l'élaboration et de la révision du Schéma Départemental des Carrières, on retiendra les principaux types de ressources géologiques suivantes (voir carte des ressources en annexe 4) :

- les alluvions fluviatiles actuelles (lits mineurs et lits majeurs des cours d'eau) ;
- les alluvions fluviatiles anciennes (dont terrasses alluviales) ;
- les alluvions fluvio-marines anciennes ;
- les alluvions marines ;
- les roches massives ;
- les tufs volcaniques ;
- les scories ;
- les éboulis et andains ;
- les matériaux argileux.

3.1.3. Les alluvions fluviatiles

Les alluvions sont des matériaux meubles composés d'un mélange de sable, graviers, galets et blocs. Les éléments bien roulés, sont généralement sains à peu altérés, propres, débarrassés en grande partie de leur matrice argilo-limoneuse. Ces matériaux, faciles à exploiter et de très bonne qualité intrinsèque, présentent de gros avantages pour les carriers comme pour les utilisateurs, en particulier pour la fabrication des bétons hydrauliques :

- absence de traitement lourd systématique,
- contrôle aisé de la granulométrie,
- sable roulé améliorant la maniabilité des bétons (par rapport au sable concassé, à composition identique),
- et, en conséquence, un coût de production limité.

a) *Les alluvions actuelles*

Les alluvions actuelles sont situées dans le lit des rivières qui, d'après le service RISC de la DDE Réunion (note mai 2009), peut-être découpé en :

- **Lit mineur :** emprise des crues non débordantes (en général < 2 ans). Le lit mineur est l'espace d'écoulement des eaux formé d'un chenal unique ou de plusieurs bras et de bancs de sables ou galets, recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement. Le lit mineur peut présenter plusieurs physionomies, dont deux principales : un chenal unique (petits cours d'eau, rivières aménagées, cours d'eau de type fluvial) ou un lit en tresse (grands cours d'eau, rivières à fort charriage, rivière peu ou pas aménagées). Pour les cours d'eau classés au Domaine Public Fluvial, la limite du DPF correspond au lit mineur.

- **Lit moyen :** emprise du champ d'inondation des crues fréquentes (en général < 10 ans). Il est constitué d'une surface bosselée formée de creux et de monticules. Cette topographie irrégulière est liée aux dynamiques très fortes qui l'affectent lors des crues : les courants violents creusent des chenaux tandis qu'ailleurs les écoulements plus faibles accumulent des galets et limons. Les translations latérales dans cet espace visent notamment à permettre une mobilisation des matériaux.

- **Lit majeur :** emprise du champ d'inondation des crues rares à exceptionnelles (supérieure à 10 ans). Il est en général constitué d'un niveau topographique plan, et un talus le sépare du lit moyen à majeur.

Les alluvions actuelles sont hétérométriques, constituées de sables fins à grossiers, de graviers, de galets et de blocs dont le volume peut dépasser 1 m^3. Elles sont propres, exemptes de limons et d'argiles. Des variations de granulométrie apparaissent dans les alluvions en fonction du comportement hydrodynamique du cours d'eau. Localement, on peut noter des enrichissements en sable ou des accumulations de blocs. Ceci est lié au fonctionnement complexe et polyphasé des ravines qui, malgré leur apparente ressemblance, présentent des comportements différents.

Dans le cas des rivières à régime torrentiel, les dynamiques particulières nécessitent d'apporter une attention particulière aux mécanismes érosifs.

Les comportements érosifs se manifestent par une reprise, lors des crues, des alluvions déposées antérieurement, laissant sur place les plus gros blocs (>1 m^3) non remobilisables. Il s'ensuit une modification du tracé au niveau des chenaux qui s'individualisent de plus en plus, s'encaissent et incisent les dépôts alluvionnaires plus anciens présents dans le lit. Cette individualisation a tendance à concentrer les écoulements, l'érosion devient linéaire et remonte dans le lit sur plusieurs kilomètres. Des «points durs» peuvent à terme bloquer la propagation de l'érosion régressive vers

l'amont. Les comportements de la Rivière St Etienne et de la Rivière des Galets sont de ce type.

Les comportements d'accumulation se matérialisent par l'existence de zones où le lit est localement rehaussé suite à des dépôts de type « laves torrentielles » ("en pulsations ou bouffées"), c'est à dire des dépôts constitués en une seule phase d'accumulation lors d'une crue et limités dans l'espace. Les écoulements de type "laves torrentielles" peuvent se produire en plus du charriage classique. Dans ces zones, les apports obligent la rivière à divaguer sur un lit rehaussé, pouvant occasionner des inondations.

Le comportement actuel des ravines est sous le contrôle initial des phénomènes climatiques et hydrauliques naturels. Mais, dans certains cas comme pour les Rivières St Etienne et des Galets, les extractions de matériaux ont amplifié un comportement érosif endémique. Dans d'autres cas (Rivière du Mât par exemple), les processus naturels ont permis une accumulation importante de sédiments. Le bilan sédimentaire est, dans ces zones, excédentaire et l'impact des extractions n'y est pas perceptible.

Les pluies cycloniques peuvent générer un grand nombre de glissements de terrain à l'amont et, mettre à la disposition du cours d'eau de gros volumes de matière solide. Certaines pluies tropicales occasionneront des crues suffisantes et assez puissantes pour assurer le transport de ces matériaux jusqu'à l'aval. Lors d'autres crues, seule une partie de ces matériaux sera mobilisée et éventuellement déposée dans une zone de stockage temporaire.

Dans les zones à pentes fortes, les transits de matériaux (bouffées) ont tendance à avoir un comportement érosif, destructif et à agir comme des purges sédimentaires. En revanche, une masse importante de sédiments peut se déposer et aboutir à un rehaussement significatif du lit de la rivière au débouché d'une gorge, dans un secteur à pente plus faible, sur un obstacle ou dans une zone d'élargissement du lit.

Ce mode de fonctionnement permet de comprendre que certaines zones des ravines sont dans des phases érosives alors que d'autres, au contraire, montrent un engraissement marqué du lit. De ce fait, caractériser le comportement d'une ravine et le transport solide doit se faire en prenant en compte le cours d'eau dans son ensemble, depuis l'amont jusqu'à l'aval.

Suite à l'arrêté du 22 septembre 1994 modifié par l'arrêté du 24 janvier 2001 concernant les extractions en nappe alluviale, les extractions dans le lit mineur des cours d'eau sont interdites, sauf dragages d'entretien qui ne relèvent pas de la législation des Installations Classées mais de la Loi sur l'Eau. Les ressources alluvionnaires de ce type actuellement accessibles à la Réunion concernent essentiellement les curages de la Rivière des Remparts.

Cette rivière a été le siège en 1965 sur son cours amont d'un effondrement catastrophique de rempart (falaise en bordure des cirques ou des vallées) qui a mobilisé selon le BRGM, entre 30 Mm^3 et 50 Mm^3 de matériaux. Ce stock éboulé migre

progressivement vers l'océan et pourrait constituer une menace pour la ville de Saint-Joseph située en aval, en cas d'obstruction du lit du cours d'eau.

En dehors de la Rivière des Remparts, des alluvions ont été extraites dans d'autres ravines pour permettre un bon écoulement des eaux. Ces curages d'urgence qui constituent des suppléments « opportunistes » de ressources, ont concerné au cours des années 2000, la Rivière des Pluies, la Ravine des Patates à Durand (près de Saint-Denis), et la Rivière du Mât (près de Bras-Panon), pour des volumes cumulés n'excédant pas 200 000 m^3/an.

Sur les bases actuelles, les ressources potentielles en alluvions fluviatiles récupérables dans le lit mineur des rivières à La Réunion peuvent être estimées à 0,6 Mm^3/an sur 10 ans, soit un total de 6 Mm^3. Mais ces ressources sont incertaines car fonction des besoins en dragage d'entretien des rivières et nous ne les avons pas prises en compte dans l'estimation globale des ressources.

b) Les alluvions fluviatiles anciennes hors ravines

Elles se sont déposées de part et d'autre des grandes rivières et au niveau des cônes de déjection de ces dernières.

Les alluvions fluviatiles anciennes sont constituées par des mélanges hétérogènes et hétérométriques de sables fins à grossiers, de graviers, de galets et de blocs dont les caractéristiques sont équivalentes à celles des alluvions actuelles. On peut différencier deux faciès-types en fonction de leur état d'altération :

- les alluvions très anciennes, altérées, caractérisées par une déstructuration des galets et des sables. La fraction argileuse y est significative ;

- les alluvions récentes, propres, comparables aux alluvions actuelles mais qui présentent des proportions de limons et argiles plus importantes que pour ces dernières.

Leur épaisseur est très variable, de quelques mètres à plus de 100 mètres. Elles possèdent une grande extension géographique dans les plaines côtières parcourues par les principales rivières.

Ces dépôts alluvionnaires de l'île recèlent généralement une nappe aquifère et on peut distinguer :

- les gisements en nappe qui se définissent par le fait que les extractions de matériaux y sont susceptibles d'atteindre ou d'influencer directement l'aquifère. C'est le cas des plaines alluviales côtières (Le Gol, Bois Rouge, Etang de Saint-Paul), à proximité du littoral où la nappe peu profonde (parfois à moins de 5 mètres sous le sol) est en relation hydrodynamique avec l'océan. Certaines terrasses alluvionnaires, peu surélevées par rapport au lit de la ravine, recèlent une nappe à faible profondeur qui est aussi en relation hydrodynamique avec la rivière (terrasses de la Rivière du Mât par exemple).

- les gisements hors nappe qui disposent d'une ressource en matériaux exploitable au-dessus de l'aquifère. La nappe contenue dans les alluvions est suffisamment profonde pour ne pas être atteinte par l'extraction. Toutefois, elle peut être influencée par l'extraction, selon la présence ou non d'horizons imperméables.

- **Les alluvions de la Rivière de l'Est**

Ce cône alluvial s'étend depuis Bonne Espérance jusqu'à Petit Saint-Pierre. Trois ravines le composent : la Rivière de l'Est, la Ravine des Orangers, la Ravine du Petit Saint-Pierre. Ces alluvions grossières, hétérométriques, affleurent dans les talus de la route nationale 2.

Sur les rives des ravines, on peut observer localement la présence de coulées basaltiques interstratifiées dans ces alluvions.

Aucune carrière n'a été recensée dans cette zone. Des extractions de sable (« grattages ») ont eu lieu à l'embouchure des ravines sur le littoral.

Espaces-carrières sélectionnés[4] : EC 10-01 (Rivière de l'Est), RES01 (Petit Saint-Pierre), RES02 (Chemin Robespierre), RES03 (Chemin Isidore)

- **Le complexe alluvionnaire de la Rivière du Mât**

Ce complexe s'étend depuis Cambuston jusqu'à Saint-Benoît. Il s'est édifié à partir des apports en provenance du cirque de Salazie mais aussi des nombreuses ravines issues des planèzes avoisinantes. La Rivière des Roches, vers le sud, a participé à la formation de cet immense cône deltaïque. Il comprend deux entités qui sont :

- les alluvions de Bras-Panon, en rive droite de la rivière du Mât.

- les alluvions de Champ Borne (zone du Colosse).

La puissance des alluvions est de l'ordre de la centaine de mètres. Toutefois, les ressources exploitables sont limitées du fait de l'urbanisation, de l'existence d'une nappe phréatique à faible profondeur et de la probable existence de coulées boueuses, indurées, interstratifiées dans les alluvions.

Les alluvions fluvio-torrentielles deviennent plus sableuses et limoneuses dès que l'on s'éloigne de l'axe d'écoulement principal, c'est à dire vers le Colosse et vers la Rivière des Roches et la Rivière des Marsouins.

Espaces-carrières sélectionnés : EC 09-01 (le Colosse), EC 02-01, RMt01 (Bras-Panon), RMt02 (Paniandy), RMt03 (Patelin), RM01 (Rivière des Marsouins)

[4] La notion d'espace-carrière est explicitée au chapitre 8.4

- **Les alluvions de la région de Saint-Denis**

On les rencontre vers l'aéroport de Gillot, en rive droite de la rivière des Pluies où elles sont altérées et anciennes. Peu épaisses, elles ont été utilisées en remblai dans le cadre des travaux de la piste longue de l'aéroport.

Des extractions d'alluvions récentes ont eu lieu au débouché de la Ravine des Patates à Durand, dans l'ancien cône de déjection. La zone est actuellement urbanisée (secteur de la Trinité).

Quelques lambeaux de terrasses subsistent de part et d'autre des ravines encaissées dans le massif de la Montagne.

La ressource est soit de qualité médiocre, soit non significative du point de vue des volumes disponibles et se situe, de surcroît, dans des secteurs à fortes contraintes (zones urbaines).

- **Le complexe alluvionnaire de la rivière des Galets**

Ce complexe correspond à un immense cône de déjection situé au débouché du Cirque de Mafate. Il est typique des constructions deltaïques en mode torrentiel.

Des formations cohérentes constituées de lahars et coulées boueuses sont interstratifiées dans les alluvions torrentielles. Elles forment des reliefs au débouché des gorges qui individualisent deux ensembles alluvionnaires, l'un vers Cambaie, l'autre vers le Port.

Vers la baie de Saint-Paul, les dépôts torrentiels se mêlent aux dépôts fluvio-marins à dominante sableuse.

Le cône alluvionnaire de la rivière des Galets contient plusieurs nappes, largement exploitées pour l'alimentation en eau potable, qui limitent les possibilités d'extraction de matériaux compte tenu du fort intérêt de cet aquifère.

Espaces-carrières sélectionnés : EC 07-01 (Zone arrière Portuaire), EC 15-01 A et B (Cambaie), RG01 (Plaine Defaud)

- **Le complexe alluvionnaire de la rivière Saint-Etienne**

Les formations alluvionnaires correspondent à des dépôts deltaïques en mode torrentiel au débouché du Bras de Cilaos et du Bras de la Plaine. Là encore, on peut distinguer deux ensembles séparés par un relief de coulées basaltiques et de brèches qui affleurent en rive gauche de la rivière Saint-Etienne, au sud du Cap Assiette.

La partie nord du gisement, qui apparaît en terrasses en rive droite de la rivière Saint Etienne, est occupée par l'agglomération de Saint-Louis.

La partie sud s'étend sur la zone de Pierrefonds. Les alluvions sableuses, polygéniques et à blocs hétérométriques, sont localement litées. Des variations lithologiques apparaissent dans le gisement (passées limoneuses). Localement, des coulées boueuses, interstratifiées dans les alluvions, peuvent gêner leur exploitation.

Les réserves exploitables sont aussi limitées par la présence de la nappe phréatique exploitée pour les besoins en eau de cette zone.

Espaces-carrières sélectionnés : EC 16-07, EC16-08, RE03, RE04, RE05 (Pierrefonds), RE01(les Cocos)

c) Les alluvions fluvio-marines.

Elles occupent les plaines littorales en marge des grands cônes torrentiels (zones lacustres colmatées et/ou actuelles). Les alluvions fluvio-marines, riches en éléments fins (argiles, silts, limons et sables), contiennent souvent de la matière organique (tourbes, vases, ..). Elles se sont accumulées à l'arrière du cordon littoral au pied des planèzes basaltiques. Ces plaines, de faible altitude, sont occupées par des étangs (Bois Rouge, Saint Paul, Le Gol) qui sont en relation hydraulique avec l'océan.

Les extractions conduites dans ces plaines, ou sur leur bordure, ont abouti à la création de plans d'eau (gravière du Colosse, gravière du Gol, canal de Sainte Suzanne).

Les plaines recèlent des ressources en graviers, sables et argiles, mais l'hétérogénéité des dépôts (graves sableuses argilo-limoneuses) constitue un handicap pour leur exploitation. La ressource, difficilement quantifiable, reste limitée. Elle doit être examinée au cas par cas, en fonction des possibilités d'aménagement.

Les trois plaines principales sont :

- la plaine de Bois Rouge entre Sainte-Suzanne et Saint-André ; l'Etang de Bois Rouge traduit le comportement marécageux de cette baie colmatée par des alluvions fines (limons organiques noirs rencontrés dans les forages).

- la plaine du Gol entre Saint Louis et L'Etang Salé ; l'Etang du Gol est séparé de l'océan par un cordon littoral. Cette plaine passe progressivement vers le nord au relief dunaire de l'Etang Salé. Son remplissage est constitué de sables fins, d'argiles et de graves sableuses.

- la plaine de Saint-Paul au sud de la Rivière des Galets ; la ville de Saint-Paul est implantée sur un cordon littoral sableux. Les falaises mortes de l'ancien trait de côte constituent la limite est.

Des dépôts similaires, circonscrits dans de petites baies, se rencontrent sur tout le pourtour de l'île, dès lors qu'il y a formation d'un cordon littoral à galets ou sableux.

d) Les ressources en alluvions fluviatiles

- **Ressources potentielles des espaces-carrières**

Les ressources en alluvions exploitables en carrière (hors lit mineur) ont été approchées à partir des volumes disponibles dans les espaces-carrières retenus par les groupes de travail « ressources » et « environnement » constitués pour la révision du schéma des carrières (la notion d'espace-carrière est précisée dans le chapitre 8.4).

Lors de la réalisation du Schéma Départemental des Carrières de 2001, l'estimation des ressources potentielles en matériaux alluvionnaires contenues dans les espaces-carrières avait été prudente. On avait supposé que, pour calculer les ressources accessibles, seulement 50% (entre 40 et 60%) des ressources disponibles seraient effectivement accessibles aux carriers.

Une nouvelle estimation a été effectuée en adoptant le même ratio de 50 % entre ressources accessibles et disponibles et en tenant compte des surfaces exploitées depuis 2001 (illustration 10).

L'ensemble des espaces-carrières retenus représenterait un total de réserves potentielles en granulats alluvionnaires de 60 Mm^3 se répartissant de la manière suivante : 35 Mm^3 pour la microrégion Est (59 %) - 15,5 Mm^3 pour la microrégion Ouest (26 %) – 9 Mm^3 pour la microrégion Sud (15 %). Il n'a pas de réserve en granulat alluvionnaire dans la microrégion Nord.

Mais pour que ces zones identifiées soient effectivement accessibles aux carriers, cela nécessitera qu'elles soient intégrées et planifiées dans les différents schémas d'aménagement (SAR, SCOT et PLU) et ainsi éviter que certaines d'entre elles soient définitivement gelées par l'urbanisation. Ces réserves seraient globalement suffisantes pour approvisionner le marché pendant 15 ans.

- **Les ressources potentielles des espaces-carrières inscrites dans les PLU**

En 2004, dans le cadre de ses actions de Service Public, le BRGM a procédé à un examen des différents documents de planification de l'aménagement à La Réunion afin d'évaluer la compatibilité de ces derniers avec le Schéma Départemental des Carrières 2001. Les résultats obtenus, actualisés en 2006, montrent que :

- à l'est, les communes de Saint-André, Saint-Benoît et Bras-Panon n'ont qu'à moitié traduit les espaces-carrières correspondants dans leur PLU. Le stock de matériaux pris en compte, réparti sur les deux espaces (EC 02-01 et 09-01), se trouve réduit à 8,5 Mm^3 ;

- à l'ouest, seule la commune du Port a traduit l'espace de « la Zone Arrière Portuaire » dans son PLU. Le stock de matériaux correspondant est de 6 Mm^3 ;

- au sud, la commune de Saint-Pierre a récemment traduit son espace EC 16-07 de Pierrefonds. Ce bassin renferme un volume potentiel de 2,5 Mm^3 de matériaux.

Les ressources potentielles d'alluvions exploitables dans les espaces-carrières et inscrites dans les PLU sont estimées à 17 Mm^3 en 2009.

- **Les réserves autorisées**

D'après une enquête réalisée fin 2008 auprès de la DRIRE, dans le cadre de l'établissement de la base de données nationale des carrières, le volume des réserves restant à exploiter dans les carrières autorisées est de 10,4 Mm^3 (densité en place du matériau estimé à 2) :

- à l'est, environ 2,4 Mm^3 en partie avale de la rivière du Mât et 0,3 Mm^3 dans le secteur du Colosse ;

- à l'ouest, environ 4,5 Mm^3 pour la Zone Arrière Portuaire (y compris les matériaux extraits du Port-Est et déposés dans les carrières) et 1,9 Mm^3 pour la zone de Cambaie ;

- au sud, environ 1,3 Mm^3 au sud des Cocos et à Pierrefonds.

Rivière	Tonnage restant dans les carrières (Mt) en 2008	Epaisseur supposée matériaux (m)	Espaces-carrières	
			Surface disponible (ha)	Volume accessible (Mm3)
Rivière des Marsouins				
RM01		?	98	réserves ?
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 Mât	5.3			
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	12.8			
EC07-01		10-20	118	6
EC15-01A		10	36	2
EC15-01B		10	145	7
RG01		?	74	réserves ?
Rivière Saint-Etienne	2.7			
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
Total	**20,8**		**1 597**	**55,5**

Illustration 10 : Estimation des ressources potentielles en granulats alluvionnaires dans les espaces-carrières

3.1.4. Les alluvions sous-marines

a) Les ressources en granulats marins de La Réunion

Les granulats marins présentent généralement des caractéristiques assez proches des alluvions terrestres Bien roulés et de bonne qualité intrinsèque, ils peuvent être destinés à tous les usages y compris la fabrication de bétons hydrauliques. Cependant leur teneur en sels (chlorures), et éventuellement la présence de débris carbonatés, pourraient nécessiter une étape assez lourde de lavage à l'eau douce en phase de criblage.

D'après une étude préliminaire du BRGM (2005), compte tenu des contraintes techniques et économiques, des ressources potentielles en granulats marins pourraient être recherchées sur la partie interne du plateau insulaire de La Réunion entre 10 m et 50 m de profondeur.

Une campagne bathymétrique par sondeur multifaisceaux réalisée en 2007 dans le cadre du projet CARTOMAR a permis de mieux cerner les grands traits de la morphologie sous-marine de ce plateau.

Les zones apparaissant les plus favorables à la présence de gisements, caractérisées par un plateau plus large, moins pentu, moins accidenté, sont essentiellement localisées au large des côtes nord, ouest et sud-ouest de l'île.

Cependant à l'ouest et au sud-ouest, de La Possession à Saint-Pierre, de multiples enjeux, notamment environnementaux, rendent très improbables la faisabilité d'une exploitation sous-marine : érosion côtière, récifs coralliens, récifs artificiels, sites d'aquaculture, réseau dense de câbles immergés.

Les zones les plus propices semblent être situées au nord de l'île (illustration 11) :

- le plateau s'étendant de Saint-Denis à La Possession qui présente une surface-cible de 14 km². Cette zone intéresse particulièrement la DDE dans le cadre du projet de Route-Digue du Littoral (**zone Marin1**) ;

- le plateau s'étendant de Sainte-Suzanne à Sainte-Marie où la surface-cible est de 19 km² (**zone Marin2**).

Dans ces zones, peu d'informations concernant la nature et l'épaisseur des dépôts sont disponibles. Toutefois, une campagne de sondages carottés a été réalisée en 2008, à la demande de la Région, par la société Fugro au droit du tracé de la future Route-Digue du Littoral, situé à une profondeur comprise entre 4 et 10 m (tracé proche de la côte).

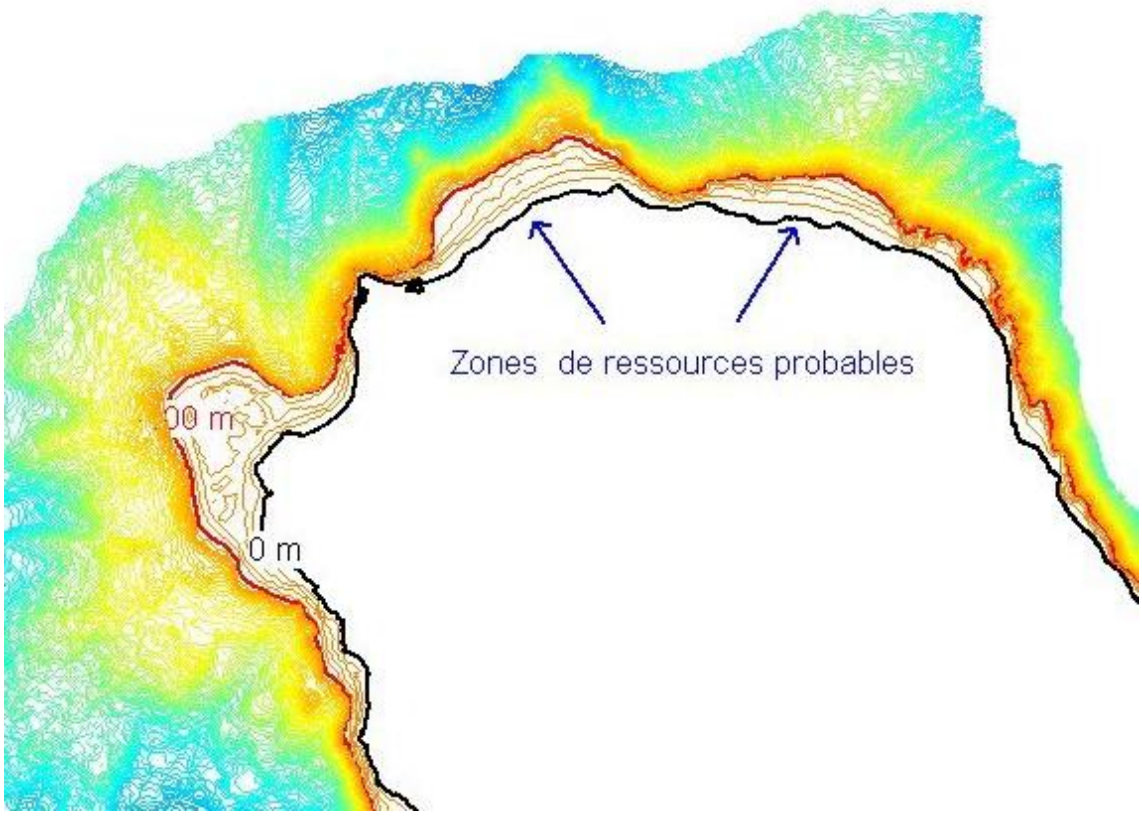


Illustration 11 : Zones littorales les plus propices à la prospection de granulats marins

La reconnaissance initiale des sites de sondage a principalement révélé des fonds de sable basaltique de sensibilité environnementale très faible et des fonds de galets et blocs basaltiques (vers la côte) de sensibilité environnementale faible à moyenne. Seul un site a montré du basalte à couverture corallienne de sensibilité très forte.

Les coupes géologiques des sondages ont montré des alluvions marines d'épaisseur comprise entre 6,5 m (SCM1) et plus de 43 m (SCM22) devant la Grande Chaloupe. Ces alluvions présentent la coupe géologique suivante (en partant du haut) :

- un niveau de sables fins à grossiers et graviers de nature basaltique à débris de coquilles et coraux d'épaisseur comprise entre 0 et 3 m, pouvant atteindre localement 11 m (sondage SCM27) ;

- un niveau de galets (diamètre maximum 150 mm) et graviers d'épaisseur comprise entre 0 et 5 m ;

- un niveau de blocs (30 cm à 1 m de longueur) et galets dans une matrice sablo-graveleuse parfois cohérente d'épaisseur comprise entre 5 et 13 m, atteignant parfois 36 m (SCM22) ; des passées plurimétriques de sable peuvent être intercalées dans ces niveaux à blocs et galets (SCM4).

Ces alluvions reposent sur un substratum composé de basalte massif ou vacuolaire ou scoriacé altéré à sain et de scories. Elles contiennent aussi parfois des intercalations de basalte massif et scories (SCM134).

Sur ces quelques bases, on peut supposer une épaisseur moyenne de sable, graviers et galets à extraire de l'ordre de 3 à 4 m. Les ressources potentielles en granulats marins entre Saint-Denis et La Possession pourraient être de l'ordre de 20 Mm^3 et sur l'ensemble des deux zones, de l'ordre de 40 Mm^3.

L'extraction de ces matériaux s'effectue généralement à l'aide de dragues aspiratrices à élinde. La profondeur des gisements exploitables par les dragues aspiratrices courantes est généralement de 35 m lorsque la pompe est placée sur la drague, voire 50 m si la pompe est placée sur l'élinde. Le diamètre maximal des matériaux pouvant être extraits par les dragues aspiratrices courantes est de l'ordre de 150 à 200 mm.

Comme les matériaux observés dans les sondages réalisés le long de la Route du Littoral paraissent grossiers, il est aussi possible d'envisager l'utilisation d'un ponton – pelle du type de celui ayant permis le creusement du Port-Est (paragraphe b, ci-dessous).

Pour vérifier l'exploitabilité des matériaux sous-marins dans le secteur de la Route du Littoral ou dans la région de Sainte-Marie, il serait nécessaire de réaliser des sondages à plus grande profondeur d'eau (au-delà de 10 m).

b) Les ressources littorales du Port

Des matériaux sont dragués dans le Port-Ouest, à raison de 30 à 60 000 m^3/an, pendant la période de houle australe. Ces matériaux sont généralement déversés à la Pointe des Galets pour lutter contre l'érosion.

Le Port Est ne connaît pas de problème d'ensablement. Mais, dans le cadre du projet d'extension des installations portuaires démarré en 2005 et aujourd'hui achevé, un total de 3,8 Mm^3 de granulats marins littoraux a été extrait par affouillement à terre et dragage en mer puis stocké dans les carrières autorisées de la Zone Arrière Portuaire (3,2 Mm^3) ou sur le domaine public portuaire (0,6 Mm^3). Le dragage a été réalisé à l'aide d'une pelle mécanique montée sur un ponton équipé de trois pieux permettant son ancrage (travail en position stationnaire). Les matériaux excavés sont ramenés à la surface et déchargés dans des chalands amarrés le long du ponton.

De futurs travaux d'aménagement du Port Est sont programmés (approfondissement et allongement de la darse). Mais les matériaux extraits (0,3 Mm^3) ne seront probablement pas disponibles pour la production de granulats ; ils devraient être utilisés pour la création d'une plateforme (projet d'exondement de 12 ha nécessitant un apport complémentaire externe de 1 Mm^3).

De plus, un nouveau schéma directeur portuaire à long terme (2030) est en cours de préparation et trois options sont à l'étude : agrandissement du Port-Est vers la zone des carrières ce qui engendrerait la production de matériaux, extension du port vers la mer, ou recherche d'un nouveau site portuaire.

3.1.5. Les roches massives

On distingue deux principaux types de roches massives :

- les laves, principalement de nature basaltique, qui se présentent sous forme de coulées ;

- les roches grenues et microgrenues (gabbros et microsyénites par exemple) qui appartiennent à des systèmes d'intrusion (dykes, sills, coupoles annulaires...) à l'affleurement à l'intérieur des cirques du massif du Piton des Neiges.

a) Typologie des gisements de lave massive

Les gisements de roches basaltiques constituent, d'un point de vue quantitatif, la première ressource en matériau de l'île puisque ces roches forment l'ossature des deux massifs volcaniques. Cependant, ils sont extrêmement variés. Plusieurs paramètres sont à considérer pour la mise en exploitation d'un gisement de laves massives, les principaux étant les suivants :

- la puissance des coulées et leur homogénéité texturale (faciès massif, faciès bréchique...) ;

- l'existence ou non de niveaux stériles interstratifiés (scories, paléosols, brèches scoriacées) ;

- le degré d'altération d'origine supergène ou hydrothermale et l'état de fracturation.

- la nature pétrographique des laves ;

- **La nature des laves**

La classification des laves, notamment des basaltes, de la Réunion proposée est basée :

- sur la présence ou non de vacuoles ;

- sur l'existence ou non de phénocristaux (cristaux visibles à l'œil nu).

On retiendra les types de roches suivants :

- les basaltes vacuolaires : les vacuoles sont des vésicules millimétriques à pluricentimétriques qui donnent un aspect poreux à la roche. Dans une même coulée, il n'est pas rare de trouver des faciès riches en vésicules et des faciès compacts qui en sont totalement dépourvus ;

- les basaltes aphyriques (sans phénocristaux), généralement très sains, connus localement sous le nom de «basaltes bleus » ou de «basaltes compacts» ;

- les basaltes et autres laves porphyriques (à phénocristaux) : les phénocristaux sont soit de l'olivine de couleur vert bouteille (océanites), soit du feldspath de couleur blanche (*faciès « pintade »*), soit du pyroxène de couleur noire (ankaramites).

- **La puissance des coulées**

Dans les empilements classiques dits « couches sandwich », les coulées sont minces et continues. Leur puissance peut, dans certains cas, atteindre 2 ou 3 mètres, très rarement plus de 5 mètres. Les coulées se débitent souvent en dièdres de taille décimétrique à métrique. Leur toit et leur base sont irréguliers et scoriacés.

Les coulées épaisses dites "coulées de fond de vallée", plus puissantes, ont une extension latérale réduite, de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. La puissance des coulées, souvent supérieure à 10 mètres, peut localement atteindre 50 mètres. Elles sont souvent prismées avec un débit en lames verticales (« orgues basaltiques »).

- **La nature des niveaux interstratifiés dans les coulées de lave**

La connaissance de la nature et du pourcentage de ces niveaux est déterminante pour apprécier l'exploitabilité d'un gisement de roches basaltiques. Le plus souvent, il s'agit de niveaux de scories ou de brèches scoriacées.

Parfois, entre deux phases d'activité volcanique, un paléosol a pu s'installer : il s'agit d'un niveau de couleur rouge argilisé.

Dans certains secteurs de l'île (régions de Saint-Louis, Saint-Pierre et de Saint-Paul, Sainte-Suzanne par exemple), les coulées de lave alternent avec des niveaux métriques à plurimétriques de pyroclastites plus ou moins remaniées, à matrice cendreuse, connues localement sous le nom de "tufs".

- **Les processus d'altération**

Exposées aux conditions tropicales humides de l'île de la Réunion, les coulées de lave ont subi une altération poussée en surface. La lave se présente alors sous forme de boules emballées dans une matrice argilo-silteuse.

A un stade plus poussé, il s'agit d'une altérite argilo-silteuse de couleur rougeâtre à brune, qui correspond à une altération supergène intense de la lave qui ne subsiste que sous forme de rares résidus (rognons). On retrouve ces séquences sur les versants nord, est et sud-ouest du massif du Piton des Neiges. La puissance de la frange altérée est métrique à décamétrique.

L'altération peut se manifester en profondeur en relation avec des circulations d'origine hydrothermale. Ainsi, les séries de laves anciennes sur le plancher des cirques sont intensément zéolitisées.

Quelle que soit son origine, supergène ou hydrothermale, l'altération est un paramètre très défavorable à l'exploitation d'un matériau en vue de la production de granulats.

b) Description des gisements de roches massives

Ils sont localisés principalement sur les flancs des deux volcans. Les cibles retenues correspondent à des coulées épaisses (épaisseur supérieure à 10 mètres) et d'âge récent, émises lors des phases d'édification tardives du Piton des Neiges et du Piton de la Fournaise.

- **Les gisements de la région Est (depuis la Rivière du Mât jusqu'à Saint-Benoît)**

De puissantes coulées massives épaisses ont été identifiées sur ce versant est, en rive droite de la Rivière du Mât, en rive gauche de la Rivière des Roches, entre la Rivière des Roches et la Rivière des Marsouins.

- **Les gisements des planèzes du Nord-Est (*de la Rivière du Mât à Saint-Denis)***

On y rencontre des ensembles de coulées de laves massives et de tufs volcaniques. L'altération supergène s'est largement développée sur ces planèzes. Des coulées massives d'épaisseur décamétrique arment la plupart des flancs de ravines : plusieurs coulées de laves différenciées aphyriques épaisses de 10 à 30 mètres chacune y ont été repérées. Issues du Piton des Neiges, elles se sont épanchées jusqu'au niveau du littoral.

Espaces-carrières sélectionnés : EC18-02 (Hauts de Beaufond), 20-02 (Hauts de Bagatelle), 09-02 (Hauts de Saint-André), ERM-04 (Panne)

- **Les gisements de la région Nord Ouest *(de Saint-Denis à la Possession*)**

La falaise du littoral offre une coupe naturelle du massif de la Montagne constitué en majeure partie par des empilements de coulées et de scories, parfois zéolitisées. Les phénomènes d'altération sont prédominants sur le plateau (terres rouges du massif de la Montagne). Des coulées massives épaisses affleurent dans la partie haute de la falaise vers le Cap Bernard, dans le secteur de la Grande Chaloupe, de la Pointe du Gouffre et de la Ravine à Malheur. Plus vers le sud, des coulées épaisses massives et saines arment les flancs de la Ravine des Lataniers et de la Ravine à Marquet.

Espaces-carrières sélectionnés : EC 11-01 (Pointe du Gouffre) et EC 11-02 (Saint-Bernard) ; ces gisements ont été étudiés par sondages dans le cadre de l'étude du projet de Route-Digue du littoral

- **Les gisements de la côte Ouest (de la Rivière des Galets à La Pointe au Sel)**

Les ensembles de coulées de lave massive, basaltiques et différenciées, d'épaisseur métrique à plurimétrique, alternent avec des niveaux bréchiques et scoriacés représentatifs des surfaces et des bases de coulées. Les coulées peuvent être localement altérées (altérites argilo-silteuses). On rencontre des coulées épaisses vers Bellemène et vers Trois Bassins.

Aucun espace-carrière sélectionné

- **Les gisements de la région de Saint-Louis (de la Pointe au Sel à la Rivière Saint-Etienne)**

Depuis les Avirons jusqu'en rive droite du Bras de Cilaos, au lieu-dit le Ouaki (dans le rempart), on distingue un ensemble de coulées de lave différenciée, subaphyriques à aphyriques, très saines, épaisses de 20 à 30 mètres unitairement. Les coulées sont localement recouvertes par des produits d'altération.

Espaces-carrières sélectionnés : EC 14-01 (les Aloès), ERM-01 (Mahavel-les-Hauts)

- **Les gisements du Sud (Saint-Pierre, Le Tampon à Saint-Joseph)**

Vers les secteurs des Casernes et de Bassin Plat (berges de la Rivière d'Abord), on rencontre des coulées de basalte à olivine non altéré, d'épaisseur supérieure à 10 mètres.

Dans les berges de la Ravine des Cabris, se trouve une coulée de basalte à olivine très sain (épaisseur >5 m). Dans les Hauts de Langevin, dans les vallées de la Rivière Langevin et du Bras Sec, au niveau du Cap Léonard, des coulées d'océanite parfaitement saines, d'épaisseur supérieure à 12 mètres ont été repérées.

Aucun espace-carrière sélectionné

c) Exploitabilité des gisements de roches massives

Les granulats concassés sont recherchés pour les utilisations routières. En ce qui concerne les bétons, les fabricants préfèrent utiliser des sables roulés d'origine alluvionnaire qui apportent une bonne maniabilité au béton frais, mais on sait aussi fabriquer des bétons de qualité avec uniquement des granulats concassés.

Ces roches massives sont beaucoup plus contraignantes que les alluvions à exploiter, elles se caractérisent par :

- des protocoles techniques d'abattage et de traitement lourds,
- la production d'éléments fins anguleux (sable concassé) plus délicats à utiliser dans la fabrication des bétons,
- et, en conséquence un prix de revient relativement élevé.

Malgré les recommandations du Schéma Départemental des Carrières de 2001, aucune carrière en roche massive n'a été jusqu'à présent ouverte sur l'île pour la production de granulats concassés. Selon la plupart des producteurs de La Réunion, ce type de carrière n'est pas économiquement viable dans les conditions locales actuelles, tant que la concurrence continue de produire des granulats d'alluvions fluviatiles. Des coûts de production de l'ordre de 9 €/m^3 sont avancés pour ce type de ressource contre 4 €/m^3 pour les matériaux alluvionnaires classiques.

Toutefois ce type de production a été envisagé lors de la réalisation ou de l'étude des grands projets :

- **Ravine du Trou (espace - carrière 13-01 du SDC 2001)**

En 2006, dans le cadre du chantier de la Route des Tamarins, un tir d'essai a été effectué à l'initiative de la SCPR (groupe Colas) sur une coulée massive au sud de La Ravine du Trou avec pour objectif de produire des granulats pour les enrobés de chaussée.

Après décapage d'une couverture stérile de 5 m d'épaisseur, un tir de mine a été réalisé afin d'extraire 3500 m^3 de matériaux. Le tir a été effectué sur une coulée de lave massive de basalte plagioclasique de 10 m d'épaisseur et 65 m de largeur minimale. La roche était saine sur la partie sud du tir, altérée sur la partie nord.

Environ 800 tonnes de matériaux ont été traités dans l'installation de concassage SCPR de Saint-Louis, les granulats obtenus sont de bonne qualité pour une utilisation routière (Los Angeles : 23 à 28, Microdeval en présence d'eau : 15 à 18), mais le pourcentage de stérile généré au scalpage est de 40%, rendant un tel projet d'exploitation inenvisageable.

Les observations effectuées dans la tranchée de la Route des Tamarins au niveau de la Ravine du Trou confirment ces premiers résultats : on observe des lentilles de lave porphyrique à phénocristaux de feldspath blanc (roche pintade), généralement saine, de 3 à 5 m de puissance et 20 à 30 m de long, intercalées dans des matériaux scoriacés représentant de l'ordre de 50 % de la roche en place.

- **La Montagne (espaces - carrières 11-01 et 11-02)**

Dans le cadre du projet de construction de la Route-Digue du Littoral, des campagnes de reconnaissance «lourdes» ont été réalisées sur les espaces-carrières 11-01 et 11-02 de la Pointe du Gouffre et de Saint-Bernard : sondages destructifs et carottés, diagraphies, profils sismique-réflexion de haute résolution, essais et analyses de laboratoire.

Sur l'espace-carrière 11-1 (Pointe du Gouffre Est), les sondages ont permis de recouper différents types de roches :

- basaltes massifs compacts et faiblement altérés en bancs de l'ordre du mètre ;
- basaltes vacuolaires à fort pourcentage de vacuoles de 1 à 5 mm ;
- basaltes bréchiques correspondant vraisemblablement à la « semelle » des coulées ;
- scories en niveaux de puissance inframétrique.

Le modèle géologique du site correspondrait, entre 25 et 100 m de profondeur, à une succession de cinq coulées massives de puissance comprise entre 2 et 4 m, séparées par des niveaux de basalte vacuolaire plus ou moins altérés, des scories (épaisseur métrique) et des « semelles » bréchifiées.

D'après les résultats des essais de laboratoire, les basaltes massifs pourraient être utilisés en enrochement (et comme granulats) et les basaltes vacuolaires comme granulats à béton et matériaux de remblai et couche de forme.

Les sondages réalisés sur l'espace-carrière 11-2 (Pointe du Gouffre Ouest) ont rencontré le même type de roche, mais ils montrent une altération marquée jusqu'à 20 m de profondeur (entre 10 et 30 m).

La seule véritable carrière de roche massive qui a été ouverte à La Réunion se situe dans la Ravine des Lataniers sur la commune de La Possession : cette carrière a été exploitée pour récupérer des blocs pour enrochement du Port-Est. L'observation des fronts de taille montre une alternance de coulées massives de basalte à olivine gris et

sain et de niveaux scoriacés rouge-brun se débitant en fragments de 1 à 10 cm, représentant environ 50 % de la roche totale. La coulée de basalte la plus importante présente une puissance de 10 m et une largeur de 50 m.

Les observations de terrain et les coupes géologiques des sondages carottés semblent montrer que, dans les espaces-carrières sélectionnés (zones a priori, les plus favorables présentant les coulées de laves les plus épaisses), le rendement en roches massives saines capables de permettre la production de matériaux (granulats, enrochements) de bonne qualité est de l'ordre de 50 à 60 % du volume total à extraire.

Dans la perspective d'une mise en exploitation de tels gisements, il faudra favoriser l'utilisation des matériaux scoriacés de moindre qualité (remblai, couche de forme). Mais une telle mise en exploitation risque d'engendrer une augmentation très significative du prix des granulats.

d) Les ressources potentielles en roches massives

- **Ressources potentielles des espaces-carrières**

Dans ce schéma 2001, les ressources accessibles ne représentent qu'environ 20 % en moyenne (entre 10 et 40%) du volume global en matériaux contenu dans les zones sélectionnées (superficie multipliée par épaisseur exploitable). Ce faible ratio est à rapporter aux difficultés d'accès au foncier et surtout à la présence d'intercalaires scoriacés, a priori considérés comme stériles.

Pour estimer les ressources disponibles dans les espaces-carrières sélectionnés en 2009, nous avons conservé les estimations de 2001 et avons adopté le même ratio de 20 % pour les nouveaux espaces créés en 2009. Les ressources accessibles ont été globalement estimées à 50 Mm^3 (illustration 12).

La microrégion Est, avec quatre espaces-carrières dispose d'un potentiel exploitable en roches massives de 13,5 Mm^3, soit près de 29 % de ce type de ressources identifié sur l'île

La microrégion Nord, avec 2 espaces-carrières dispose d'un potentiel exploitable en roches massives de 9 Mm^3, soit près de 19 % des ressources identifiées de l'île. Ces deux espaces sont situés sur le massif de La Montagne (EC11-01 et 11-02) mais la qualité des matériaux est hétérogène.

La microrégion Ouest est dépourvue d'espace-carrière en roches massives.

Le Sud, avec trois espaces-carrières sur les communes de Saint-Louis et Saint-Pierre, dispose d'un potentiel exploitable en roches massives de 24 Mm^3 soit environ 52 % des ressources identifiées de l'île.

	Epaisseur supposée des matériaux (m)	Espaces-carrières	
		Surface disponible (ha)	Volume accessible (Mm^3)
Zone 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
Zone de Saint-Pierre			
EC14-01	30-50	197	18
ERM-01	30	94	6
Total		**1040**	**46,5**

Illustration 12 : Bilan des ressources potentielles en roches massives dans les espaces-carrières

- **Les ressources potentielles des espaces-carrières inscrites dans les PLU**

Les espaces-carrières pour roches massives de 2001 qui ont été traduits dans les Plan Locaux d'Urbanisme sont les suivants (données 2006) :

A l'est, seule la commune de Sainte-Suzanne a traduit ses deux espaces-carrières pour roches massives (N°20-01 et 20-02) dans son PLU. Le stock de matériaux pris en compte par ce PLU est de 11 Mm^3. Mais l'espace-carrière 20-01 a été en supprimé en 2009 à cause de la présence d'un captage AEP. Le stock de matériaux « accessibles » pris en compte par ce PLU est seulement de 3 Mm^3.

A l'ouest, les commune de Saint-Denis et Saint-Leu ont traduit les espaces-carrières de La Montagne (EC11-01 et 11-02) et d'Entre Deux (EC13-01) dans leur PLU. Mais ce dernier espace a été supprimé en 2009 et le stock de matériaux « accessibles » est de 9 Mm^3.

Au sud, la totalité des ressources potentielles identifiées, soit 18 Mm^3 de l'espace-carrière de Saint-Louis (N° 14-01) a été pris en compte dans le PLU.

Les ressources potentielles en roches massives des espaces-carrières 2009 traduites dans les PLU ont été estimées à 30 Mm^3.

3.1.6. Les pyroclastites

Elles sont formées de fragments produits par une activité volcanique explosive et mis en place sous forme de retombées aériennes ou d'écoulements. On peut distinguer :

- les dépôts fins constitués de cendres et tufs plus ou moins remaniés ;

- les projections de scories (lapilli et blocs).

Nota : A la Réunion, le terme de "pouzzolane" désigne les tufs volcaniques ayant des propriétés pouzzolaniques alors qu'en métropole, les pouzzolanes correspondent à des scories basaltiques. La pouzzolanicité, ou pouvoir pouzzolanique, se définit comme la propriété qu'ont certains matériaux de réagir à température ambiante, en présence de chaux et d'eau, pour constituer un ciment.

a) Les gisements de tufs volcaniques

Quand ils ne sont pas trop remaniés, les tufs volcaniques ont conservé certaines caractéristiques (richesse en verre volcanique notamment) qui leur confèrent des propriétés particulières (réactivité chimique, faible densité, grande porosité et surface spécifique, ...).

- **Les tufs de Saint-Pierre et de Saint-Louis**

Ces pyroclastites, émises depuis la partie centrale du volcan du Piton des Neiges sous forme de coulées de ponces, se sont étalées sur les basses pentes entre Saint-Louis et Saint-Pierre. Entaillées par la rivière Saint Etienne et en partie recouvertes par des alluvions torrentielles, elles affleurent au niveau du Gol et à l'ouest de Saint-Pierre. Ces pyroclastites se présentent sous plusieurs faciès : faciès cendreux, faciès brèchique, faciès induré, ...

Ces tufs sont exploités au lieu-dit La Saline, à l'entrée ouest de Saint-Pierre et sont utilisés comme additifs pouzzolaniques dans la fabrication de ciments. Il s'agit de tufs homogènes, consolidés, à matrice cendreuse et éléments laviques variés tant du point de vue de leur texture (massive, scoriacée, ponceuse) que de leur nature (laves diverses, roches microgrenues), sans litage ni structure interne. La puissance exploitable du gisement varie entre 10 et 30 mètres d'épaisseur.

Deux espaces-carrières 16-04 et 16-05 avaient été définis en 2001 (EC 16-05 inclut la carrière en exploitation). Ces espaces ont été conservés lors de la révision en 2009 malgré la présence de périmètres irrigués équipés (la superficie de l'espace 16-4 a toutefois été réduite). La ressource exploitable, hors zone urbanisée, a été estimée **à 8 millions de m^3.**

- **Autres gisements**

Les tufs de Saint-Gilles sont très hétérogènes, constitués de brèches fortement consolidées et polygéniques, de formations scoriacées et de retombées trachytiques.

Les tufs de Sainte-Suzanne sont bréchiques, hétérogènes et polygéniques, à matrice cendreuse. Ils sont intensément altérés sur quelques mètres d'épaisseur (altérites argilo-silteuses).

Des gisements de moindre importance sont éparpillés sur le pourtour du massif du Piton des Neiges.

Tous ces gisements n'ont pas fait l'objet d'extraction en carrière.

b) Les gisements de scories

Le terme de "scories" désigne des fragments de lave vacuolaire, de faible densité, à surface irrégulièrement poreuse, hérissés d'arêtes et de pointes.
Ces scories, de nature principalement basaltique, appartiennent à de petits appareils volcaniques (cônes) avec leurs aires de saupoudrage adjacentes.

Les principales ressources se situent dans le sud de l'île, sur le pourtour du Piton de la Fournaise, de Montvert à Saint-Philippe, entre Sainte-Anne et Sainte-Rose et dans les hautes plaines (Plaine des Cafres et Plaine des Palmistes). Les exploitations y ont été nombreuses.

Dans la région de l'Etang Salé, des extractions de scories ont été conduites dans les cônes qui forment un chapelet depuis la côte jusque dans les Hauts des Avirons.

Des ressources existent aussi dans les Hauts de Saint-Paul, de Trois Bassins et de Saint-Leu où elles ont font l'objet d'extractions.

Dans les parties nord et est de l'île, les ressources exploitables sont rares car les formations du massif du Piton des Neiges y sont plus anciennes et altérées (argilisées). En contrepartie, elles peuvent constituer des ressources éventuelles en matériaux argileux.

Autrefois activement exploités, la plupart des cônes de scories est désormais protégée au titre des paysages.

Des espaces-carrières avaient été définis en 2001 au nord de Petite-Ile **(EC 05-01, EC 16-06, EC 22-03)** et dans le secteur Plaine des Cafres - Plaine des Palmistes **(EC 06-01, EC 22-01, EC 22-02).**

Ils ont été conservés en 2009. Mais les superficies de deux espaces-carrières ont été réduites en raison de la présence d'habitations (EC 06-01 découpé en deux parties A et B) et d'un périmètre de protection rapprochée de captages (EC 05-01).

Dans les espaces-carrières au nord de Petite-Ile, la ressource exploitable est constituée de roches massives et de scories (réserves globales estimées en 2009 à 2,5 Mm^3 de roches et 0,8 Mm^3 de scories).Dans ceux de la Plaine des Cafres-Plaine des Palmistes, la ressource exploitable est essentiellement constituée de scories avec quelques intercalations de roches massives (réserves globales estimées en 2009 à 3,8 Mm^3 de scories et 1,1 Mm^3 de roches).

Une carrière de scorie est en exploitation sur le flanc nord du Piton Villers en bordure sud de l'espace-carrière 22-01. Elle exploite sur 10 m d'épaisseur des projections scoriacées rouges et grises de granularité 1 à 10 cm (lapilli et blocs) et une coulée de basalte intermédiaire de 2 m d'épaisseur.

3.1.7. Les andains

Les andains sont des amas de blocs rocheux constitués lors de l'épierrage des terres agricoles. Ces accumulations, de forme allongée le plus souvent, délimitent les champs cultivés et les prairies.

L'épierrage est nécessaire sur les terres caillouteuses, en milieu alluvionnaire et sur les planèzes rocailleuses basaltiques. Sur les terrasses alluvionnaires, les andains sont formés de galets arrondis, généralement sains, pouvant atteindre et même dépasser 1 m^3 et la ressource est homogène. Sur les planèzes, les blocs sont plus anguleux. Ils sont formés de débris de dalles de basaltes altérées ou de blocs issus du démantèlement de coulées basaltiques. Dans ce dernier cas, les blocs de grande dimension dépassent aussi souvent 1 m^3.

Les premières opérations d'épierrage ont débuté dans les années 1970. Ces matériaux peuvent être exploités pour la fabrication de granulats sous réserve que le stock de pierres soit de bonne qualité intrinsèque, qu'il ne soit pas trop pollué (végétaux et déchets divers), et qu'il soit facilement accessible.

Les ressources en andains pour l'ensemble de l'île ont été estimées par le BRGM et la Chambre d'agriculture (Berdaguer E. et al, 2000) à plus de 5 Mm^3. La surface occupée par les andains serait supérieure à 350 ha. Les opérations d'épierrage menées depuis 2002 dans le cadre du projet d'Irrigation du Littoral Ouest (ILO) ont certainement généré de nouvelles ressources qui n'ont jusqu'à présent pas été quantifiées.

Les andains sont présents sur tout le pourtour de l'île mais sont particulièrement abondants dans les secteurs de Saint-André, Bras-Panon, Sainte-Anne, Saint-Louis (Pierrefonds) et Saint-Leu. Environ 70 % de la ressource est ainsi localisée dans le Bassin Est (illustrations 13 et 14).

La dernière opération d'enlèvement massif et de valorisation d'andains à La Réunion a été réalisée par l'entreprise GTOI en 2004. Celle-ci, trop peu rentable a dû être abandonnée après que 2 kt de blocs ont été récoltés.

Le BRGM avait estimé le surcoût de production lié à la seule étape d'enlèvement des andains entre 2,5 et 6 €/t (J.F. Pasquet et al, 2002).

Bassin	Zone de concentration	Volume par zone (m^3)	Volume par bassin (m^3)
Est	Saint-André	1 300 000	> 3 600 000 (70 %)
	Bras-Panon	900 000	
	Sainte-Anne	NC	
	Petit Saint-Pierre	1 400 000	
Ouest	Pointe au Sel	300 000	> 800 000 (15 %)
	Piton Saint-Leu	500 000	
	Périmètre ILO	NC	
Sud	Pierrefonds	800 000	> 800 000 (15 %)
	Bois d'Olive	NC	
	Ravine Blanche	NC	
TOTAL REUNION			**> 5 200 000**

Illustration 13 : Estimation des ressources en andains par bassin de production (Source BRGM, 2001 et 2002)

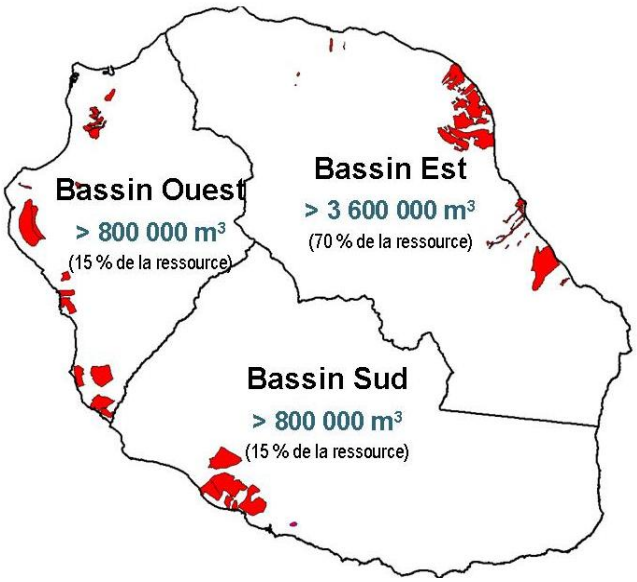


Illustration 14 : Localisation des zones à concentration d'andains par bassin de production (Source BRGM, 2001 et 2002)

3.1.8. Les autres matériaux

a) Les argiles

D'un point de vue génétique, on distingue à la Réunion deux principaux types de matériaux argileux rouges à bruns :

- ceux qui proviennent de l'altération de scories d'origine pyroclastique, et qui sont assez précisément circonscrits géographiquement (exemple : secteur des Avirons - Piton Saint-Leu);

- ceux qui sont issus de l'altération d'autres roches : coulées de lave, tufs et brèches volcaniques (exemple : secteur de Sainte-Suzanne).

Les matériaux argileux qui se sont développés aux dépens de projections scoriacées basaltiques ou différenciées (faciès porphyrique à feldspaths notamment), par altération supergène, ont une répartition géographique qui s'organise le long d'anciens grands axes éruptifs fissuraux ponctués de cônes stromboliens. A l'affleurement, leur épaisseur peut atteindre 8 à 10 m dans la partie centrale de ces axes fissuraux.

Leur extension latérale s'explique à la fois par la présence des scories originelles ("saupoudrage" de part et d'autre des fissures émissives) et par les phénomènes de colluvionnement (érosion-transport sur de courtes distances) ayant affecté les scories et/ou les argiles qui en dérivent. La limite d'extension est ainsi difficile à cerner et à cartographier avec précision. La puissance des dépôts est métrique à plurimétrique.

Ces argiles ont été transportées par les eaux et se sont accumulées au pied des planèzes, dans les plaines littorales (Saint-Paul, Le Gol, Bois Rouge). Ces argiles, généralement grises, sont interstratifiées avec des sables et limons organiques.

Actuellement, les argiles ne sont pas exploitées à la Réunion. Mais en 1971, des essais avaient été réalisés par le Centre Technique des Tuiles et Briques (CTTB) à partir d'argile rouge de La Montagne (Saint-Denis) et d'argile grise de Savannah (Saint-Paul). Le CTTB concluait qu'un mélange de 70 % d'argile grise, 30 % d'argile rouge et 20 à 30 parties de sable permettrait une fabrication de produits de terre cuite de qualité courante.

Plusieurs études ont été ensuite menées par le BRGM de 1998 à 2003 : identification des ressources, analyses et tests de laboratoire.

Les analyses minéralogiques ont montré que les argiles rouges (altérites) présentent une composition minéralogique (métahalloysite) et chimique (déficit en silice, forte teneur en fer) atypique par rapport aux argiles classiquement utilisées pour la fabrication de produits de terre cuite. Il est nécessaire de les corriger par ajout d'argile plastique pour permettre le façonnage et de sable dégraissant et fondant pour diminuer le retrait et la porosité et améliorer la résistance mécanique.

L'argile grise de Savannah (argile alluviale) présente une composition minéralogique à base de quartz, plagioclase, pyroxène (diopside) et smectite et une composition chimique (teneurs en silice, alumine, alcalins correctes) proches de celles des argiles utilisées dans le domaine des tuiles et briques.

Des tests de fabrication ont été réalisés à partir des argiles rouges des Avirons, des argiles grises de Savannah, des tufs pouzzolaniques de Saint-Pierre et d'argiles de Madagascar. Ces tests ont montré que la fabrication industrielle de briques creuses, par extrusion est possible à partir des argiles de Savannah (80 %) et d'argile de Madagascar (20 %). L'argile de Madagascar peut-être remplacée par le tuf de Saint-Pierre, si l'on accepte un aspect plus grossier du tesson.

En revanche, l'obtention de produits à faible porosité (briques apparentes, tuiles, carreaux) selon un processus industriel d'extrusion s'avérera très difficile (ajout de 30 % de feldspath de Madagascar).

Le gisement d'argile de Savannah est situé à proximité d'une ancienne distillerie, sur un espace naturel sensible du département, en zone basse (nappe d'eau proche de la surface). Cet espace, à proximité d'une zone commerciale, est très convoité pour différents projets (eau, agriculture, bureaux).

Tous ces éléments font que le développement d'une filière de fabrication de produits de terre cuite à La Réunion paraît très incertain.

b) Les sables

- **Les sables dunaires**

Le gisement principal se situe à l'Etang Salé, avec une superficie de plus de 10 km^2. Ailleurs, il s'agit d'accumulations de faible extension, au sud de Saint-Leu par exemple.

Les sables de l'Etang Salé recouvrent les basses pentes du Piton des Neiges, ennoyant les cônes de scories et les reliefs basaltiques. Ils présentent deux caractéristiques intéressantes :

- leur forte teneur en olivine (40 % en moyenne) et en minéraux riches en titane et en fer ;

- leur granularité fine et serrée, inférieure à 1 mm.

Du fait de cette granularité, ces sables présentent un grand intérêt pour corriger la courbe granulométrique des sables à béton. Ils ont aussi toujours été prisés par les artisans pour la réalisation d'enduits.

Les extractions conduites jusqu'à ce jour représentent probablement un faible volume (quelques milliers de m^3 au maximum) mais aucune carrière n'y a été déclarée.

Un **espace-carrière EC 04-01** y avait été délimité dans le cadre de l'élaboration du Schéma Départemental des Carrières 2001, mais cette zone est occupée en grande partie par la zone industrielle des Sables. Toutefois, cet espace a été conservé lors de la révision du schéma en 2009, malgré les faibles réserves exploitables (de l'ordre de 0,3 Mm^3).

Les possibilités d'exploitation du gisement de l'Etang Salé, dont les réserves totales sont relativement conséquentes, semblent faibles, compte tenu des contraintes environnementales existantes dans le secteur (le gisement est principalement situé sous la forêt de l'Etang Salé).

- **Les sables marins à olivine et magnétite**

Ils constituent les plages de sable noir de la Réunion. On les rencontre également dans les plaines littorales, en retrait du cordon actuel. Ces anciens cordons littoraux ennoyés ont une extension limitée.

En mer, des ressources existent également (baie de Saint-Paul) mais elles n'ont jamais été évaluées. Elles pourraient présenter un intérêt du fait de la richesse en olivine et en titanomagnétite du sable.

Son extraction sur les plages, qui était autrefois très répandue sur l'île, est aujourd'hui interdite.

- **Les sables coralliens**

De couleur blanche, ils forment les plages du lagon et sont constitués de débris de coraux. Leur extension est réduite et se limite principalement à la côte ouest. Afin d'assurer un renouvellement du sable de plage, le ramassage des morceaux de coraux est désormais interdit. Ce corail était autrefois ramassé pour l'élaboration de chaux vive dans des fours à chaux.

c) Les zéolites

Les zéolites sont des minéraux poreux à forte capacité d'absorption et d'échange d'ions utilisés en agriculture et dans l'industrie (traitement des eaux, fabrication des lessives, …). Une prospection des gisements potentiels de zéolites naturelles à la Réunion a été menée par le BRGM en 1987. Elle a essentiellement concerné les cirques et n'a pas permis d'identifier des cibles économiques.

d) Les laves massives non basaltiques

Les laves riches en silice dites « différenciées » (allant des hawaïtes aux trachytes et comendites) se rencontrent exclusivement dans le massif du Piton des Neiges. De par leur teinte plus claire que celle des basaltes et leur texture porphyrique attrayante (cristaux blancs de feldspath dans une pâte plus sombre), elles pourraient trouver une utilisation en tant que pierres ornementales.

3.2. LES MATERIAUX SECONDAIRES (ISSUS DU RECYCLAGE)

3.2.1. Les cendres volantes et mâchefers

Le fonctionnement de deux centrales thermiques à bagasse et charbon, respectivement à Bois Rouge, sur la commune de Saint-André, et au Gol, sur la commune de Saint-Louis, génère une production de cendres volantes et de mâchefers.

La production issue de ces centrales est de l'ordre de 80 kt/an (source : Plan Régional d'Elimination des Déchets autres que Ménagers et Assimilés ou PREDAMA).

Les cendres des centrales thermiques charbon-bagasse, éléments pulvérulents, s'apparentent à un sable fin (granularité inférieure à 5 mm). Elles sont utilisées pour remblayer les tranchées, permettant ainsi la protection des canalisations. Il convient de souligner le problème de leur stabilisation incomplète avec des effets corrosifs et des risques éventuels de pollution des sols et des nappes.

3.2.2. Les déchets inertes du BTP

Les déchets du BTP sont de nature variée : les déchets inertes (bétons, pierres, céramiques, verre, terre, enrobés), les déchets banals (plâtres, métaux, plastiques, bois), les emballages (papier, carton, bois, plastique), les déchets dangereux (peintures, huiles, batteries, …).

Seuls, les déchets inertes peuvent constituer une source de matériaux pour la production de granulats recyclés :

- déchets de démolition de bâtiments (béton) qui doivent être triés et stockés en décharge;
- déchets de démolition des couches de roulement (fraisats d'enrobé) généralement réemployés sur les chantiers d'entretien des chaussées ;
- matériaux de terrassement des chantiers de BTP (déblais) en partie utilisés sur les chantiers routiers (remblais, couches de forme).

Un Plan de Gestion des Déchets du Bâtiment et des Travaux Publics de La Réunion, piloté par la Cellule Economique Régionale du BTP (CERBTP), a été approuvé par Arrêté Préfectoral le 30 septembre 2005. Ce plan de gestion doit s'articuler avec les plans de gestion des autres types de déchets et avec le Schéma Départemental des Carrières.

Le gisement de déchets de chantier de La Réunion est difficile à cerner en termes de types de déchets et de nature de matériaux. De plus, dans le domaine des travaux publics, la notion de déchets est subjective puisque ne sont considérés comme déchets que les matériaux qui ne sont pas réutilisés sur chantier.

Pour l'année 2002, le plan propose de retenir un gisement de déchets inertes de :

- 124 kt pour le bâtiment dont seulement 800 t auraient été recyclées ;
- 3500 kt pour les travaux publics dont 2150 kt auraient été réutilisées directement, 650 kt recyclées et 700 kt éliminées.

Une estimation de l'évolution de ce gisement aux horizons 2005, 2010, 2015 et 2020 a été effectuée à partir des évolutions de la population et de l'activité BTP (voir tableau de l'illustration 15).

A l'horizon 2020, le gisement de déchets inertes serait de 158 kt/an pour le bâtiment dont 95 kt/an seraient recyclées et 6,1 Mt/an pour les travaux publics dont 1,8 Mt/an serait recyclées. Le gisement potentiel de granulats issus du recyclage des déchets inertes serait voisin de 2 Mt/an à l'horizon 2020.

Année	Source	Total produit (t/an)	Réutilisés directement (t/an)	Captés (t/an)		Non Identifiés (t/an)
				Recyclés	Eliminés	
Période 2002-2005	BAT	124 000	inconnu	800	-	123 200
	TP	3 500 000	2 150 000	650 000	700 000	0
Période 2010	BAT	136 400	13 640	61 380	61 380	0
	TP	5 254 200	3 310 146	1 313 550	630 504	0
Période 2015	BAT	150 040	15 004	90 024	45 012	0
	TP	5 779 620	3 641 161	1 733 886	404 573	0
Période 2020	BAT	157 542	15 754	94 525	47 263	0
	TP	6 068 601	3 823 219	1 820 580	424 802	0

Illustration 15 : Estimation du flux de déchets inertes du bâtiment et des travaux publics (source : Plan de Gestion des Déchets du BTP, décembre 2004)

3.2.3. Autres déchets

Les rebuts de fabrication de béton et d'enrobé (centrales BPE, usines de préfabrication, centrales d'enrobage) ne sont pas comptabilisés dans les déchets inertes du BTP (déchets industriels). Ils peuvent aussi constituer une source de granulats mais ils sont généralement réinjectés dans les processus de fabrication.

Des granulats peuvent être aussi produits à partir de pneumatiques usagés et il en existe un gisement significatif à La Réunion qui offrirait des potentialités intéressantes dans le domaine des Travaux Publics.

3.3. SYNTHESE SUR LES RESSOURCES EN MATERIAUX DISPONIBLES A LA REUNION

Les ressources inventoriées à la Réunion sont par ordre d'importance décroissante :

- **des ressources en alluvions fluviatiles, hors lit mineur**

Elles sont situées sur les grands cônes alluvionnaires des rivières de La Réunion : les cônes de la rivière du Mât et de la rivière de l'Est, le cône alluvionnaire de la rivière des Galets, le cône alluvionnaire de la rivière Saint-Etienne.

Ces ressources potentiellement exploitables seraient de l'ordre de 55 millions de m^3, mais situées dans des zones où les contraintes à l'exploitation sont fortes (urbanisation).

- **des ressources en roches massives**

Disséminées sur le pourtour des deux volcans, elles correspondent aux dernières phases éruptives effusives (éruptions tardives) du Piton des Neiges et aux éruptions du Piton de la Fournaise.

Certaines coulées épaisses ont atteint le littoral, et sont nettement ennoyées sous les alluvions ou détruites par l'érosion marine. Les gisements identifiés arment les flancs de ravines qui entaillent les planèzes.

Les empilements scories-coulées basaltiques de faible puissance constituent une ressource complémentaire à ces coulées massives épaisses.

Les ressources potentielles en roches massives de l'île sont de l'ordre de 50 Mm^3**,** mais la présence de niveaux de matériaux scoriacés intercalaires risque de rendre leur exploitation délicate et d'engendrer une augmentation très significative du prix des granulats.

- **des ressources en alluvions sous-marines**

Des ressources en alluvions sous-marines de l'ordre de 40 Mm^3 sont probablement disponibles, mais leur exploitabilité reste à démontrer.

- **des ressources en scories et en tufs volcaniques**

Les principaux gisements de scories sont situés dans la moitié sud de l'île, sous une ligne passant par Saint-Benoît - Saint-Paul. La ressource est relativement méconnue, elle devrait se situer au-delà de 5 Mm^3.

Le seul gisement de tufs volcaniques qui présente aujourd'hui un intérêt particulier est situé dans le Bassin Sud, à Saint-Pierre. Les ressources potentiellement exploitables sont de 8 Mm^3.

- **des ressources non issues de carrières (au sens du code minier)**

Elles concernent :

- les matériaux de dragage (dragage des rivières). Les quantités disponibles en rivière sont aléatoires et dépendantes des conditions cycloniques. Elles se situaient en 2009 au niveau de la Rivière des Remparts (de l'ordre de 0,5 Mm^3 extraits) ;
- les déchets des centrales thermiques, les déchets inertes du BTP (1 Mm^3 par an, à l'horizon 2020) ;
- les andains de pierre issus des opérations d'épierrage agricole (5 Mm^3 au total).

La comparaison par microrégion des ressources en alluvions et roches massives contenues dans les espaces-carrières et des besoins en granulats à l'horizon 2020 est résumée dans le tableau de l'illustration 16.

microrégion	ressources des espaces-carrières (Mt)			besoins à l'horizon 2020 (Mt)
	alluvions fluviatiles	roches massives	total	
Est	62	27	89	14
Nord	0	18	18	17
Ouest	31	0	31	20
Sud	18	48	66	29

Illustration 16 : Comparaison ressources et besoins en granulats à l'horizon 2020

D’après ce tableau, en ce qui concerne les alluvions fluviatiles, la microrégion Est présente un excédent et la microrégion Ouest parait autosuffisante.

En revanche, la microrégion Sud présente des réserves en alluvions fluviatiles insuffisantes et il faudra ouvrir une carrière en roches massives.

La microrégion Nord ne possédant pas de ressources en alluvions, il faudra importer des matériaux alluvionnaires de l’Est ou ouvrir une carrière de roches massives.

4. Les facteurs pouvant limiter l'exploitation

4.1. LES ESPACES CONSTRUITS

Ils sont matérialisés par une occupation physique de l'espace. Les ressources en matériaux de carrière y sont définitivement gelées. On distingue :

- les voies de communication ;
- les zones habitées ;
- les zones d'activité.

L'espace gelé vis-à-vis de l'exploitation de carrières comprend le site bâti mais aussi ses abords, dont le périmètre peut aller de la trentaine de mètres à plus de 200 mètres dans le cas de nécessité d'abattage par tirs de mine. Les zones de mitage sont de ce fait considérées comme des zones bâties.

Les villes de la Réunion qui sont nées et se sont développées dans les plaines littorales s'étendent désormais vers les premières pentes. Ainsi naissent de nouveaux espaces habités dominant les plaines littorales. Ce sont les "zones résidentielles" à la périphérie des villes et les zones de mitage, espaces encore marqués par leur caractère rural.

4.2. LES SITES ET ESPACES NATURELS

4.2.1. Parc National de La Réunion

Le Parc national de La Réunion est l'expression d'une volonté de politique publique visant à préserver et valoriser les Hauts de l'île. Il a été créé le 5 mars 2007 et comprend une zone centrale, le cœur du parc aux limites fixées par le décret de création et une aire d'adhésion évolutive.

Le Schéma Départemental des Carrières de La Réunion doit être rendu compatible avec les objectifs de protection définis par la future charte du Parc National pour le cœur du Parc dans un délai de 3 ans à compter de son approbation (articles L331-3 et R331-14 du code de l'environnement).

Le cœur du Parc ne comporte pas de carrière active et l'ouverture de nouvelles carrières y est interdite. Cependant, l'export hors cœur de Parc et le réemploi de déblais issus de travaux autorisés en cœur de Parc y sont possibles, voire recommandés, s'ils sont de nature à faciliter la gestion des déblais et diminuer l'impact environnemental des travaux autorisés en limitant les atteintes au milieu naturel liées

au stockage des déblais (exemple de la construction du quatrième réservoir EDF à Sainte-Rose en 2008/2009).

Contrairement aux cas des autres parcs nationaux, l'obligation d'avis conforme pour les projets en aire d'adhésion et de nature à affecter de façon notable le cœur du Parc National (issu de l'article L331-4 du code de l'environnement) ne s'applique pas au cas du Parc National de La Réunion (2° du III de l'article L331-5 du code de l'environnement).

4.2.2. Réserves naturelles nationales

Une réserve naturelle est une partie du territoire d'une ou plusieurs communes dont la faune, la flore, le sol, les eaux, les gisements de minéraux ou de fossiles, ou le milieu naturel présentent une importance particulière. Elle est créée par décret en Conseil d'Etat ou par décret simple, en cas d'accord de tous les propriétaires.

Les actions susceptibles de nuire au développement de la flore et de la faune ou d'entraîner une dégradation de biotopes et du milieu naturel peuvent être réglementées ou interdites. Les carrières y sont interdites.

L'île de la Réunion compte deux réserves naturelles nationales (illustration 17) : la réserve marine au niveau des récifs coralliens et l'Etang de Saint-Paul (les deux autres réserves naturelles ont été intégrées dans le cœur du parc).

4.2.3. Réserves naturelles régionales

Les réserves naturelles régionales, agréées par décision préfectorale, concernent des propriétés privées dont la faune et la flore sauvage présentent un intérêt particulier sur le plan scientifique et écologique. L'Etang de Bois Rouge est une réserve naturelle régionale (illustration 17).

NOM	DATE	PROCEDURE	SURFACE (ha)
Bois Rouge	04/12/1992	Arrêté préfectoral	29.56
Réserve naturelle marine	21/02/2007	Décret n° 2007-236	3525.00
Etang de Saint-Paul	02/01/2008	Décret n° 2008-4	447.00

Illustration 17 : Réserves naturelles de l'île de La Réunion

4.2.4. Arrêtés Préfectoraux de protection des biotopes

Leur objectif est d'assurer la protection des biotopes indispensables à la survie d'espèces protégées et la protection des milieux contre des activités qui portent atteinte à leur équilibre biologique. La réglementation vise le milieu et non les espèces qui y vivent. L'arrêté fixe les mesures qui doivent permettre la conservation des biotopes et peut prévoir certaines interdictions, notamment l'extraction de matériaux.

Les arrêtés de protection de biotope créés à la Réunion sont les suivants (illustration 18) :

NOM	DATE	SURFACE (ha)
Petite-Ile	17/02/1986	2.08
Pétrel de Barau (Massif du Piton des Neiges)	23/03/2001	1818.00
Pétrel Noir de Bourbon (Bras de la Pliane)	08/12/2006	1111.00

Illustration 18 : Arrêtés de conservation des biotopes pris à La Réunion

Les arrêtés préfectoraux relatifs au pétrel noir et au pétrel de Barau interdisent toute activité ou travaux à l'exception de ceux liés à l'entretien du site. Pour Petite-Ile, tout accostage ou débarquement y est interdit. Ces arrêtés interdisent donc l'ouverture de carrières sur ces zones.

4.2.5. 50 pas géométriques

Les « pas géométriques » ou « Pas du Roy » consistent en une bande de terrain du littoral préservée dès 1723 dans les concessions délivrées par la Compagnie des Indes. Leur délimitation par bornage fut prescrite en 1876 et réalisée entre 1876 et 1879 sur une largeur de 81,20 mètres au moins, à partir du rivage. Seules les côtes du Grand Brûlé et la falaise entre Saint Denis et la Possession n'ont pas bénéficié de ce bornage.

La zone des « cinquante pas géométriques » du domaine public ou privé, définie par les articles L 146-3 et L 156-2 du Code de l'urbanisme n'a pas vocation, a priori, à accueillir des carrières, mais la loi littoral ne les interdit explicitement que dans les espaces remarquables du littoral.

Certaines forêts littorales sont situées dans la zone des cinquante pas géométriques et n'ont pas vocation à accueillir des carrières. Même si la loi littoral n'interdit pas explicitement l'exploitation de carrières dans ces espaces, hormis dans les espaces remarquables, de telles exploitations seraient soumises à la législation sur les défrichements qui interdit tout défrichement sur certains espaces (les dunes littorales notamment) - article L 363-12 du Code forestier.

4.2.6. Espaces naturels remarquables du littoral à préserver du SAR

Au titre de la loi littoral codifié par l'article L 146-6 du Code de l'urbanisme, le SAR identifie les espaces naturels remarquables du littoral à protéger. Ce sont des sites ou paysages remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel littoral, ou des sites qui sont nécessaires au maintien des équilibres biologiques ou présentent un intérêt écologique.

Ces protections s'imposent aux SCOT et aux PLU et interdisent les activités liées aux carrières.

4.2.7. Coupures d'urbanisation du SAR

En application de l'article L. 146-2 du code de l'urbanisme, le SAR arrêté le 4 août 2009 a identifié les coupures d'urbanisation à préserver les plus significatives au niveau régional.

Au sein d'une coupure d'urbanisation, toute urbanisation est interdite. En revanche, la coupure d'urbanisation n'interdit pas l'extraction de matériaux.

4.2.8. Espaces de continuité écologique du SAR

Ils constituent des traits d'union entre le littoral et le cœur du parc national. L'ouverture de carrières y est interdite (prescription 2 du SAR), à l'exception des espaces-carrières identifiés par le schéma.

4.2.9. Espaces naturels de protection forte du SAR

Le SAR arrêté le 4 août 2009 distingue des espaces naturels de protection forte correspondant au cœur du Parc national

Ce sont des milieux naturels de très grand intérêt sur le plan écologique et paysager, dont la vocation naturelle ne devra pas être remise en cause, où seuls des équipements touristiques et des travaux d'infrastructure sont envisageables (carrières interdites).

4.2.10. Sites classés et inscrits

La loi du 2 mai 1930 codifiée aux articles L 341-1 à 22 et R 341-1 à 31 du Code de l'environnement organise la protection et la conservation des sites naturels ou bâtis. Il peut s'agir de sites d'intérêt artistique, historique, scientifique, légendaire, pittoresque. Ces sites sont classés ou inscrits. La décision de classer ou inscrire un site est prise par arrêté du ministre chargé des sites ou par décret en Conseil d'Etat et entraîne des mesures de protection très sévères. La portée de la protection est graduée suivant que le monument naturel ou le site a fait l'objet d'une mesure d'inscription ou de classement. Dans les deux cas, toutefois, la mesure de protection crée une servitude d'utilité publique qui doit, en conséquence, être annexée au plan local d'urbanisme.

Dans les sites classés, la conservation est la règle, la modification, l'exception. La mise en exploitation de carrières est soumise à autorisation spéciale relevant du ministre chargé des sites. L'extraction de matériaux n'est pas juridiquement formellement interdite. Mais il y a incompatibilité de fait entre site classé et carrières, lesquelles sont interdites indirectement.

NOM	DATE	NATURE DU TEXTE	TYPE	SURFACE (ha)
La Grotte desPremiers Français	01/06/1973	Arrêté ministériel	classé	3
La Ravine du Bernica	26/04/1996	Décret ministériel	classé	133
La Rivière des Roches	22/11/1985	Arrêté ministériel	classé	111
Le Voile de la Mariée	01/08/1980	Arrêté ministériel	classé	178
La Pointe au Sel	05/05/1988	Décret ministériel	classé	643
La Ravine Saint-Gilles	26/02/1980	Arrêté ministériel	inscrit	288
Mare à Poule d'Eau	31/03/1980	Arrêté ministériel	inscrit	183

Illustration 19 : Liste des sites classés et inscrits de l'île de La Réunion

L'inscription des sites est un mode de protection atténué par rapport au classement. Dans les sites inscrits, les demandes de travaux susceptibles d'affecter l'espace sont soumises à l'avis de l'Architecte des Bâtiments de France, lequel n'est pas un avis conforme.

En 2009 la Réunion compte cinq sites classés et deux sites inscrits (illustration 19).

Parmi les sites protégés, il convient également de citer un instrument de protection dédié à la préservation du patrimoine minéralogique, lequel interdit, par construction, toute implantation de carrières. Ce dispositif est énoncé à l'article L. 342-1 du Code de l'environnement. Il prévoit précisément que « lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou

les nécessités de la préservation du patrimoine minéralogique le justifient, est interdite la destruction ou l'altération des sites dont la liste est fixée par arrêté du ministre chargé de la protection de la nature, en raison de leur importance pour la compréhension de l'histoire de la terre et de l'utilisation des ressources naturelles par l'homme. »

4.2.11. Abords des monuments historiques

Parmi les intérêts protégés par la législation sur les installations classées figure à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement « la conservation des sites et des monuments ».

La loi du 31 décembre 1913 codifiée dans le Code du patrimoine soumet à un régime d'autorisation préalable les travaux ou aménagements situés dans le cône de visibilité des monuments classés ou inscrits. Ce principe est énoncé à l'article L. 621-31 du Code du patrimoine qui prévoit que « lorsqu'un immeuble est situé dans le champ de visibilité d'un édifice classé au titre des monuments historiques ou inscrits, il ne peut faire l'objet, tant par de la part des propriétaires privés que des collectivités et établissements publics, d'aucune transformation ou modification de nature à en affecter l'aspect, sans une autorisation préalable ».

Le champ de visibilité est défini à l'article L. 621-30-1 du Code de patrimoine comme étant une servitude de protection d'un rayon de 500 mètres autour de l'édifice. Cette servitude ne s'applique qu'aux immeubles qui sont visibles depuis le monument ou en même temps que lui. Ainsi, les textes n'y interdisent pas expressément l'ouverture des carrières et le Préfet peut délivrer les autorisations au titre des abords, après avis de l'Architecte des Bâtiments de France qui est seul habilité à apprécier cette covisibilité.

En outre, depuis l'ordonnance n° 2005-1128 ayant créé un nouvel article L. 621-30-1 ce rayon de 500 mètres peut être élargi à travers l'institution d'un périmètre de protection adapté (PPA). Ce dernier peut en effet être mis en place à l'occasion d'une procédure, ou d'une instance d'inscription ou de classement d'un immeuble jusque-là non protégé au titre des monuments historiques.

Pour les travaux ou aménagements relevant du Code de l'urbanisme (implantation d'installations de concassage connexes à la carrière) l'autorisation prévue à l'article L. 621-31 du Code du patrimoine se confond avec les autorisations délivrées au titre du Code de l'urbanisme à condition que l'architecte des bâtiments de France ait donné préalablement son accord sur les travaux projetés.

En ce qui concerne les installations classées, l'article R. 512-21 du Code de l'environnement prévoit que le Préfet communique, dès qu'il a saisi le président du Tribunal administratif dans le cadre de la procédure d'enquête publique, l'architecte des bâtiments de France. C'est donc au Préfet qu'il revient, après avoir consulté l'architecte des bâtiments de France d'autoriser l'implantation de la carrière dans le cône de visibilité du monument historique classé ou inscrit, à condition que le dossier ne soit pas évoqué par le ministre de la Culture en application de l'article L. 631-31 du Code du patrimoine.

Dans les faits, l'ouverture et l'exploitation d'une carrière dans le périmètre de 500 m n'y sont cependant en général, pas compatibles avec l'objet même de la protection, du point de vue du paysage comme du point de vue de la pérennité du monument qui peut être fragilisé par les tirs de mine et le roulage, inhérents à l'activité d'une carrière.

Il y a incompatibilité majeure en cas de visibilité depuis le monument et, pour certains monuments historiques importants, les perspectives monumentales doivent, en outre, être préservées dans les vues lointaines.

4.2.12. Les zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager

Les ZPPAUP instaurés par la loi du 7 janvier 1983 peuvent concerner, à côté d'espaces bâtis généralement inscrits ou classés au titre des monuments historiques, des sites naturels non bâtis protégés en eux-mêmes indépendamment de tout lien avec un édifice classé ou inscrit.

L'initiative de la création de la ZPPAUP revient au maire. Cette décision est suivie de la réalisation d'études en lien avec l'architecte des bâtiments de France. Au terme de la procédure d'enquête publique et de consultation de la commission régionale du patrimoine et des sites, le préfet donne son accord à la création de la zone, puis la ZPPAUP est créée par arrêté du maire.

La ZPPAUP qui est une servitude d'utilité publique se présente sous la forme d'un document d'urbanisme qui édicte des prescriptions destinées à encadrer les autorisations délivrées. Elles peuvent comporter des interdictions liées à la construction ou à la destruction des éléments du paysage. Dans ces conditions lorsque la ZPPAUP interdit les carrières le préfet est tenu de rejeter la demande d'autorisation d'exploiter.

A noter enfin que si le projet de carrière se situe à proximité d'une ZPPAUP, cette dernière n'est pas directement opposable. En revanche, l'étude d'impact devra en tenir compte.

4.2.13. L'archéologie préventive

L'ensemble du dispositif est codifié aux articles L. 521-1 et suivants du Code du patrimoine et complété par le décret n° 2004-490 du 3 juin 2004 relatif aux procédures administratives et financières en matière d'archéologie préventive. Aux termes de l'article L. 521-1 précité l'archéologie préventive a pour objet d'assurer, à terre et sous les eaux, la détection, la conservation ou la sauvegarde par l'étude scientifique des éléments du patrimoine archéologique affectés ou susceptibles d'être affectés par les travaux publics ou privés concourant à l'aménagement. Elle a également pour objet l'interprétation et la diffusion des résultats obtenus.

Le champ des opérations soumises à cette police est précisé par le décret du 2 juin 2004. Il s'agit des opérations soumises aux autorisations de construire, de démolir et l'aménager en application du Code de l'urbanisme et, plus généralement, à l'ensemble des aménagements et ouvrages qui doivent être précédés d'une étude d'impact en application de l'article L. 122-1 du Code de l'environnement. Sont donc concernées les installations classées et notamment les carrières.

Parmi les intérêts protégés par la législation sur les installations classées figurent depuis la loi du 14 janvier 2001 le patrimoine archéologique. Ensuite, l'article R. 512-8 du Code de l'environnement prévoit que l'étude d'impact du dossier de carrière doit prendre en compte le patrimoine culturel au niveau de l'état initial du site et des effets du projet.

Le préfet de région est donc saisi de la demande d'autorisation en vue, le cas échéant, d'adopter des prescriptions archéologiques. L'autorité compétente pour délivrer l'autorisation d'exploiter doit assortir celle-ci d'une mention précisant que l'exécution des prescriptions archéologiques, lorsqu'elles ont été prescrites par le préfet de région, est un préalable à la réalisation des travaux. L'exécution des travaux de diagnostic ou de fouilles n'est pas un préalable à l'obtention de l'autorisation d'exploiter mais empêche le commencement de l'exploitation. Ainsi, pour tenir compte des délais nécessaires à la réalisation du diagnostic ou des fouilles, l'article L 515-1 du Code de l'environnement prévoit une interruption de la durée de l'autorisation d'exploiter la carrière pendant le temps de réalisation de ces opérations.

En matière de carrières il est possible de réaliser les diagnostics par tranches, définies suivant le phasage de l'exploitation. Dans ce cas l'article 21 du décret du 3 juin 2004 prévoit que le calendrier de phasage doit être transmis au préfet de région qui peut alors décider de prescrire le diagnostic ou les fouilles lors de l'exécution de chaque tranche.

4.2.14. Conservatoire de l'Espace Littoral

Le Conservatoire de l'Espace Littoral est un établissement public à caractère administratif, créé par la loi n° 75-602 du 10 juillet 1975. Il mène une politique foncière visant à la protection définitive des espaces naturels et paysages sur les rivages maritimes ou lacustres. Il acquiert des terrains fragiles ou menacés, à l'amiable, par préemption, ou exceptionnellement par expropriation. Des biens peuvent aussi lui être donnés ou légués. Les terrains du Conservatoire sont inaliénables.

Après avoir fait des travaux de remise en état, si nécessaire, le Conservatoire confie la gestion des terrains à des collectivités ou à des associations, dans le respect d'orientations arrêtées avec l'aide de spécialistes (utilisation agricole ou de loisir compatible avec les objectifs de protection). L'ouverture de carrières est exclue.

A la Réunion, le Conservatoire de l'Espace Littoral a acquis douze sites dont :

- Bois Blanc et Anse des Cascades (410 ha) à l'est de l'île ;

- Le Chaudron et La Grande Chaloupe (262 ha) au nord de l'île ;

- le Cap la Houssaye, la Pointe des Trois Bassins, la Pointe au Sel, le Rocher des Colimaçons et l'Etang du Gol (231 ha) au sud-ouest de l'île ;

- Terre Rouge-Ravine des Cafres, Grande Anse et Marine de Vicendo (40 ha) au sud de l'île.

4.2.15. Espaces naturels sensibles du Département

Ils correspondent à une volonté départementale de protection, de gestion et d'ouverture au public d'espaces naturels afin d'en préserver la qualité et les paysages et ainsi d'assurer la sauvegarde des habitats naturels que prévoit le Code de l'Urbanisme (article L142).

Le département dispose de deux moyens pour mettre en œuvre cette politique :

- des moyens fiscaux : la taxe départementale des espaces naturels sensibles (article L142-2 du Code de l'Urbanisme). Cette taxe est établie par délibération du Conseil Général sur la construction, la reconstruction et l'agrandissement des bâtiments. Elle permet au département d'acquérir des terrains ou de financer l'aménagement et l'entretien des "Espaces Naturels Sensibles".

- des moyens fonciers dont le droit de préemption : le département peut délimiter des zones l'intérieur desquelles il dispose d'un droit de préemption sur tout terrain qui fait l'objet d'une aliénation volontaire, à titre onéreux, sous quelque forme que ce soit.

Ainsi toute zone naturelle peut faire l'objet d'un droit de préemption par le Département. Les carrières ne peuvent être autorisées dans ces espaces réservés au public.

4.2.16. ZNIEFF ou Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique

Les zones naturelles d'intérêt écologique, floristique et faunistique (ZNIEFF), correspondent à des espaces naturels dont l'intérêt repose soit sur l'équilibre et la richesse de l'écosystème soit sur la présence de plantes ou d'animaux rares ou menacés. Elles peuvent, en particulier, receler des espèces protégées par la législation française au niveau national ou régional (loi de 1976 relative à la protection de la nature).

L'inventaire des ZNIEFF, initié par le Ministère de l'Environnement en 1982, revêt un caractère permanent, avec des actualisations régulières. Le fichier régional est disponible à la DIREN.

Les ZNIEFF de type I, qui correspondent à des secteurs délimités caractérisés par leur intérêt écologique remarquable, doivent faire l'objet d'une attention toute particulière. Il s'agit, en effet, de secteurs à très forte sensibilité vis-à-vis de l'extraction de matériaux et l'étude d'impact devra impérativement démontrer qu'aucune espèce protégée ne sera détruite ou dérangée du fait du projet.

Les ZNIEFF de type II réunissent des milieux naturels formant un ou plusieurs ensembles possédant une cohésion élevée et entretenant de fortes relations entre eux, chaque ensemble constitutif de la zone étant un assemblage d'unités écologiques homogènes dans leur structure ou leur fonctionnement. Les ZNIEFF de type II se distinguent donc de la moyenne du territoire régional environnant par leur contenu patrimonial plus riche et leur degré d'artificialisation plus faible. Elles peuvent englober plusieurs ZNIEFF de type I.

L'appartenance d'une zone à l'inventaire des ZNIEFF ne lui confère aucune protection réglementaire mais oblige à en tenir compte lors de l'élaboration de tout projet. Ainsi, pour chaque autorisation demandée, les services de l'Etat émettent un avis, qui conduira ou non le Préfet à accorder l'autorisation du projet.

4.3. LES ESPACES FORESTIERS

A la Réunion, ces espaces représentent environ 120 000 hectares, répartis de la manière suivante :

- 20 000 ha de forêts privées en zone rurale à moyenne altitude, composées de forêt naturelle dégradée, de friches ;

- 100 000 ha de domaine forestier public, à l'amont du domaine privé, jusqu'au sommet de l'île.

La forêt tropicale réunionnaise joue un rôle important sur l'équilibre écologique naturel et sur l'environnement de l'île. La forêt primaire fait partie du patrimoine naturel de l'île. Les forêts cultivées qui produisent du bois, occupent au total 4500 ha.

4.3.1. Définition du défrichement et de l'état boisé

« Les opérations qui ont pour effet de détruire l'état boisé d'un terrain et de mettre fin à sa destination forestière constituent des défrichements sans qu'il y ait lieu de prendre en considération les fins en vue desquelles ces opérations sont entreprises ou les motifs de celui qui en prend l'initiative». (Avis de la section Travaux Publics du Conseil d'Etat du 27 mars 1973).

« Il n'existe pas de règle précise pour définir l'état boisé : on doit reconnaître comme forêt, l'immeuble dont le peuplement en nature de bois constitue le principal rapport » (Guyot - cours de droit forestier).

A deux reprises, la cour de cassation a « jugé qu'il y avait délit dans le fait de défricher sans autorisation une lande peuplée de bruyère ou portant quelques bois malvenants par suite d'humidité du sol ».

Le Code Forestier prévoit expressément, en son article L 363-10, qu'à la Réunion les dispositions en matière de défrichement « s'appliquent également aux terrains portant des végétations éricoïdes semi-arborescentes ou des formations ligneuses secondaires ».

A la Réunion, le défrichement des bois et forêts est interdit sur l'ensemble de l'île. Toutefois des dérogations peuvent être accordées par l'autorité administrative. Toute dérogation fait l'objet d'une demande expresse, l'accord tacite ne pouvant être présumé quel que soit le délai d'instruction.

Par ailleurs, il convient de souligner que la législation sur les défrichements, indépendante des autres législations, s'applique quel que soit le zonage adopté par les PLU.

Certaines zones naturelles ne peuvent en aucun cas être défrichées, toute demande de dérogation sur ces zones est irrecevable. Ce sont :

- les pentes d'encaissement ;
- les pitons et les mornes ;
- les versants des rivières, bras ou ravines et de leurs affluents dont les pentes sont supérieures ou égales à 30 grades ;
- les abords des sources et captages d'eau ;
- les bords des rivières, bras ou ravines et de leurs affluents, sur une largeur de 10 mètres de chaque côté, à partir du niveau des plus hautes eaux ;

- les périmètres des réservoirs naturels tels que bassins, mares, étangs, sur une largeur minimale de 50 mètres à partir du niveau atteint par les plus hautes eaux ;

- les dunes littorales.

4.3.2. Domaine relevant du Régime forestier

Les forêts relevant du régime forestier au titre de l'article L 111-1 du Code Forestier sont inaliénables et imprescriptibles. On distingue ainsi :

- les forêts et terrains à boiser faisant partie du domaine de l'Etat (forêts domaniales) ;

- les forêts et terrains sur lesquels l'Etat a des droits (forêts départemento-domaniales).

Ces forêts comprennent des massifs qui renferment des milieux forestiers riches, rares ou fragiles et qui font l'objet de protections spécifiques :

- les Réserves biologiques domaniales ;

- les Réserves biologiques intégrales ;

- protection dirigée vers un biotope forestier particulier.

On compte ainsi en 2009 douze réserves biologiques domaniales et 15 en cours d'instruction.

4.3.3. Réserves biologiques domaniales

Elles concernent les milieux forestiers riches, rares ou fragiles.

Ces réserves offrent deux types de protection :

- soit une protection intégrale (réserves intégrales RBI) : l'accès du public est interdit et les opérations sylvicoles exclues ;

- soit une protection dirigée vers un biotope forestier particulier (réserves intégrales RBD) : le site est alors contrôlé et ouvert pour des programmes d’observations scientifiques ou pour des actions d’éducation du public.

Un arrêté d’aménagement est pris par le Ministre de l’Agriculture et de la Forêt avec l’accord du Ministre de l’Environnement. Les carrières y sont interdites.

L’île de la Réunion compte douze réserves biologiques domaniales existantes et 15 en cours d’instruction.

4.3.4. Forêts de protection

Le classement en forêt de protection fait l'objet d'un décret en Conseil d'Etat.

L'objectif est :

- la conservation des forêts reconnues nécessaires au maintien des terres sur les montagnes et sur les pentes, à la défense contre les avalanches, les érosions et les envahissements des eaux et des sables ;

- la protection des bois et forêts, soit à la périphérie des agglomérations, soit dans des zones où leur maintien s'impose pour des raisons écologiques ou pour le bien être des populations.

Elles sont soumises à un régime forestier spécial qui interdit les extractions de matériaux.

Il n'existe pas à l'heure actuelle de forêt de protection à La Réunion (au sens de l'article L 411-1 du Code Forestier).

4.3.5. Espaces Boisés Classé (EBC)

.En application de l'article L. 130-1 du code de l'urbanisme, les plans locaux d'urbanisme peuvent classer comme espaces boisés, les bois, forêts, parcs à conserver, à protéger ou à créer, qu'ils relèvent ou non du régime forestier, enclos ou non, attenant ou non à des habitations. Ce classement, qui ne peut être supprimé qu'à travers une procédure de révision du PLU, interdit tout changement d'affectation ou toute modification d'occupation du sol de nature à compromettre la conservation, la protection ou la création des boisements. En outre, le classement en espaces boisés classés dans le PLU de la commune entraîne nécessairement le rejet de la demande d'autorisation de défrichement et, partant, d'ouverture de carrière. Cette solution s'étend aux bois et forêts dans les espaces remarquables du littoral que l'article L. 146-6 du code de l'urbanisme impose d'inscrire en espaces boisés classés au PLU.

4.4. ESPACES PRESENTANT UN INTERET OU UNE FRAGILITE NATURELLE

4.4.1. Les zones d'érosion

Subissant des aléas climatiques extrêmes, l'île de la Réunion est, de par sa nature et sa morphologie, sensible aux phénomènes d'érosion des sols et aux mouvements de terrain. La cartographie communale des risques géologiques « mouvements de terrain » est en cours de réalisation. Les résultats sont repris dans les Plans de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (P.P.R).

Les aléas naturels devront être pris en compte au niveau :

- de l'implantation des carrières (zone stable et non exposée à des aléas tels que chutes de blocs, laves torrentielles, éboulements, déboulés,...) ;

- des modifications des écoulements et des rejets d'eau qui peuvent déclencher ou aggraver des instabilités (cf. SDAGE) ;

- des techniques d'exploitation : les vibrations liées à des tirs peuvent ébranler une falaise et accroître des menaces de chute de blocs, le stockage de matériaux ou stériles sur des pentes instables ou dans des zones inondables peut déclencher des glissements et des coulées boueuses.

4.4.2. Les sites géologiques remarquables

Un inventaire du patrimoine géologique de l'île est en cours de réalisation par le BRGM : 175 géosites ont été inventoriés, 100 d'entre eux ont été décrits et saisis dans la base de données GEOTOPE.

Le but de cet inventaire est d'évaluer l'intérêt des sites (scientifique, pédagogique, touristique) leur vulnérabilité et les besoins de protection.

Parmi les géosites remarquables, on peut citer quelques exemples : les coulées récentes du volcan de la Fournaise, certains cônes de scories, les dunes, les tunnels de lave, les sources thermales,...

Cet inventaire devra être consulté dans le cadre de la préparation d'un dossier de demande d'ouverture de carrière.

4.4.3. Les espaces sensibles aux feux de forêt

A la Réunion, le risque potentiel de feux de forêt se situe dans la région ouest, où l'on rencontre les arbres de petite taille et les espèces les plus combustibles et où la saison sèche est longue et très marquée. Les feux de forêt se propagent aussi dans la savane. Les feux de forêt sont le plus souvent d'origine humaine. Une attention particulière doit être portée aux activités qui ont lieu dans ces espaces sensibles ou sur leur bordure.

4.5. LES MILIEUX AQUATIQUES PROTEGES

4.5.1. Espaces définis dans le SDAGE ou les SAGE

La loi sur l'eau du 03 janvier 1992 a prévu la mise en place de deux instruments de planification :

- le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) ;

- les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE).

Les autorisations d'ouverture de carrière qui peuvent avoir un impact notable sur l'eau, en particulier dans le cas de gravières, doivent être compatibles avec les orientations et objectifs du SDAGE.

Le premier SDAGE de La Réunion a été adopté par le Comité de Bassin le 13 juillet 2001. Il est en cours de révision en 2009.

Deux SAGE ont été approuvés le 19 juillet 2006 : le SAGE de l'Ouest et le SAGE du Sud. A terme, on prévoit d'exécuter 4 SAGE à la Réunion (Sage Est en cours d'élaboration).

Différents types de masses d'eau ont été délimitées dans le cadre de la révision du SDAGE en 2009 :

- les masses d'eau superficielles (24 masses « cours d'eau » et 3 masses « plan d'eau ») ;

- les masses d'eau côtières (9 zones côtières et 4 zones récifales);

- les masses d'eau souterraines (16 masses).

Chaque masse d'eau a ses caractéristiques propres. L'impact des extractions sur les aquifères devra être étudié en tenant compte des risques de pollution, de la profondeur des niveaux aquifères par rapport à l'excavation, et de la préservation de la ressource.

Six captages prioritaires ont été définis au titre du Grenelle de l'environnement. Ils ont été sélectionnés en fonction de leur vulnérabilité (risque de pollution) et de leur intérêt stratégique (importance pour l'alimentation humaine). Les bassins d'alimentation de ces captages prioritaires ont été délimités par le BRGM et doivent faire l'objet d'une protection forte.

Des ressources en eau stratégiques (eau de bonne qualité) ont été délimitées et doivent être aussi fortement protégées. Ainsi, les orientations du SDAGE révisé préconisent, notamment :

- aux services instructeurs qu'ils s'assurent que la demande est compatible avec la préservation de la ressource ;

- que toute autorisation ou déclaration au titre de la nomenclature eau ou de la nomenclature « ICPE » puisse être refusée s'il est démontré que, malgré les mesures correctrices mises en oeuvre, les installations, ouvrages, travaux ou activité sont de nature à dégrader la qualité de ces ressources. .

4.5.2. Les lits mineurs des rivières

D'après l'arrêté du 22 septembre 1994 réglementant les exploitations de carrière et les installations de premier traitement des matériaux de carrière, modifié par l'arrêté du 24 janvier 2001 pour les extractions en nappe alluviale, les extractions dans le lit mineur des cours d'eau sont interdites.

Le lit mineur est l'espace d'écoulement des eaux formé d'un chenal unique ou de plusieurs bras et de bancs de sable ou galets, recouvert par les eaux à pleins bords avant débordement. Si des extractions sont nécessaires à l'entretien d'un cours d'eau, elles sont considérées comme un dragage.

La loi sur l'eau 2006-1772 du 30 décembre 2006, par son article 8, a modifié l'article 130 du code minier en supprimant les thèmes « dragage des cours d'eau » et « extraction temporaire lors d'un encombrement du lit des rivières ». Ceci a eu pour effet de sortir ces opérations du champ d'application du régime des ICPE. En cohérence avec cette disposition, le décret n° 2009-841 du 5 juillet 2009 a sorti du champ d'application de la législation des installations classées, les opérations de dragage en supprimant la rubrique 2510-2 de la nomenclature.

4.5.3. Les lits majeurs des rivières

Le lit majeur est l'espace situé entre le lit mineur et la limite de la plus grande crue historique répertoriée. Ce lit majeur comprend des espaces de liberté du cours d'eau à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre la mobilisation des sédiments, des zones humides en relation temporaire ou permanente avec le milieu courant par des connexions superficielles ou souterraines.

D'après l'arrêté du 24 janvier 2001, les exploitations de carrières, en nappe alluviale, dans le lit majeur ne doivent pas créer de risque de déplacement du lit mineur, faire obstacle à l'écoulement des eaux superficielles ou aggraver les inondations.

Les exploitations de carrière de granulats sont interdites dans l'espace de mobilité du cours d'eau. L'espace de mobilité du cours d'eau est défini comme l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le lit mineur peut se déplacer.

La distance minimale séparant les limites de l'extraction des limites du lit mineur doit garantir la stabilité des berges et ne peut-être inférieure à 50 m (si lit mineur d'au moins 7,5 m de largeur).

4.5.4. Périmètres de protection immédiate et rapprochée des points d'eau

La loi du 16 décembre 1984 a instauré les périmètres de protection des captages, aujourd'hui principalement codifiée aux articles L. 1321-2, L3 12321-3 et R. 1321-13 et suivants du code de la santé publique. Ces périmètres sont au nombre de trois : périmètres immédiat et rapproché, zone de protection renforcée (équivalent au périmètre de protection éloignée).

Les périmètres de protection des captages et les prescriptions associées sont étudiés et proposés par les hydrogéologues agréés en matière d'hygiène publique, puis après enquête publique, doivent être approuvés par arrêté préfectoral. L'instructeur officiel de ces périmètres est la DRASS (le stockage informatique des données étant géré par la DAF à La Réunion).

Toute activité est interdite dans le périmètre de protection immédiate d'un captage d'eau destinée à la consommation humaine.

Les activités dans le périmètre de protection rapprochée font l'objet de prescriptions, voire d'interdictions. Les carrières y sont généralement interdites.

Les zones de surveillance renforcée (correspondant aux anciens périmètres de protection éloignés) sont définies pour attirer l'attention des pouvoirs publics et des administrés sur la nécessité d'une stricte application des réglementations en matière de protection des eaux. L'ouverture d'une carrière est envisageable dans ces zones, à condition de porter une attention particulière à l'incidence de l'exploitation sur la qualité des eaux.

On compte plus de 280 captages sur l'ensemble de l'île : ce sont des forages dans les aquifères, des captages de sources ou des captages d'eaux superficielles. D'après des données transmises fin 2008 par la DAF, il y a 132 périmètres de protection rapprochée à La Réunion, dont 56 font l'objet d'un arrêté.

4.5.5. Les milieux aquatiques continentaux remarquables

Des milieux aquatiques continentaux remarquables ont été identifiés par la DIREN. Il s'agit des rivières à écoulement pérenne et de leur embouchure, les étangs côtiers (Saint Paul, Le Gol, Bois-Rouge), les étangs intérieurs (Grand Etang, Piton de l'Eau) et les mares situées dans les cirques. Ces milieux remarquables constituent des refuges, non seulement pour les espèces aquatiques, mais aussi pour l'avifaune.

Les extractions de matériaux et en particulier nature des rejets résiduaires de carrière ne doivent pas altérer la qualité de ces milieux aquatiques.

4.5.6. Les milieux aquatiques marins

Les milieux aquatiques marins remarquables sont représentés par les zones récifales et par des milieux d'une grande richesse sur le plan de la pêche.

Une étude bibliographique préliminaire visant à préciser l'impact d'une éventuelle extraction de granulats marins sur le littoral nord de La Réunion a été réalisée par l'ARVAM dans le cadre de la révision du Schéma Départemental des Carrières (rapport en annexe du rapport général). Cette étude s'est focalisée sur les deux zones, a priori les plus favorables à une exploitation de La Possession à Saint-Denis et de Sainte-Suzanne à Sainte-Marie (chapitre 314).

Différents types de substrats ont été distingués :

- des substrats meubles sablo-vaseux de faible à très faible valeur patrimoniale et sensibilité écologique ;

- des zones à galets à sensibilité écologique moyenne : en milieu littoral (0 à -15 m) la valeur patrimoniale est faible mais elles constituent des zones d'accueil de larves de poissons (nurseries) ; en milieu sublittoral (-13 à -25 m), la valeur patrimoniale est plus forte (nombreux poissons) ;

- des substrats durs à coraux denses ou épars de sensibilité écologique forte à moyenne (profondeur entre 0 et 7 m) et des substrats basaltiques à plus grande profondeur, riches en poissons et à sensibilité écologique forte.

L'extraction de sable devrait permettre de dégager des zones à galets, à blocs ou a substrat rocheux ayant une richesse biologique potentielle plus élevée que celle des zones sableuses. Mais elle risque d'engendrer la mise en suspension de particules fines et la création d'un panache turbide au niveau du fond et en surface (surverse). Ce panache turbide prendra probablement une orientation nord-ouest vers le large.

Pour le vérifier, il faudrait réaliser une fouille expérimentale de taille significative et étudier son influence et celle du panache turbide sur le milieu marin.

4.6. LES ESPACES AGRICOLES

Les espaces agricoles constituent un patrimoine à protéger. Les nouvelles orientations prises dans le cadre de la révision du SAR (fin 2009), confirment que celui-ci entend protéger les espaces agricoles au titre de leur multifonctionnalité (paysagère, économique, culturelle, frein à l'étalement urbain, maintien des sols, …). Dans ce cadre, il protégera non seulement la sole cannière, mais l'ensemble des spéculations (en particulier celles des mi-pentes et des Hauts plus sujettes au mitage). En conséquence, il n'est plus fait de distinction entre les types d'espaces agricoles à protéger qui couvrent une superficie de 63 000 ha.

Une attention particulière sera, en revanche, accordée aux espaces irrigués ou en voie de l'être. Ces périmètres irrigués équipés, en travaux ou à l'étude sont principalement situés au nord de l'île (Saint-André, Sainte-Marie), à l'ouest (de la Possession jusqu'aux Avirons, projet d'irrigation du littoral ouest ILO) et au sud (Saint-Louis, Saint-Pierre).

L'ouverture de carrières sera interdite dans les périmètres irrigués équipés sauf dans les zones suivantes, et à condition d'une remise en état permettant une exploitation agricole exclusive :

- Plaine Defaud (espace-carrière RG01),
- Pierrefonds (espaces-carrières EC 16-07, EC 16-08, RE03, RE04, RE05, EC 16-04 et EC 16-05),
- Nord de Saint-Louis (EC 14-01 et ERM01),
- zone de Saint-André / Bras Panon (espaces-carrières RMt03, EC 09-01).

.

4.7. LES ESPECES PROTEGEES

Les espèces végétales protégées de la Réunion sont définies dans l'arrêté du 06 février 1987. Plus de soixante espèces y sont énumérées. En tout temps, leur destruction, leur coupe, leur mutilation, leur arrachage, leur enlèvement, sont interdits.

Ces espèces végétales et animales sont présentes sur l'ensemble du territoire de l'île et sur ses rivages. Si elles ont été identifiées dans les zones naturelles protégées ou non. Pour les identifications et les actualisations en cours, on se rapprochera des services de la DIREN.

4.8. LES PAYSAGES

Malgré sa taille réduite, l'île de la Réunion, compte tenu de son histoire et de ses niveaux d'altitude, possède des paysages très diversifiés. La morphologie des côtes, la diversité des reliefs, les microclimats, l'occupation humaine, les différents types de végétation conduisent à une variété exceptionnelle de paysages.

On parle **d'entités paysagères** qui sont des unités géomorphologiques bien délimitées (reliefs, accidents de terrain, plaines), des ensembles écologiques particuliers (forêts, savane,..), des organisations anthropiques avec des modes d'occupation des sols spécifiques (villes, côte balnéaire, champs de canne à sucre).

L'étude « carrières et paysages » conduite en 1998 par la DIREN, l'ONF et le CAUE (Conseil d'Architecture, de l'Urbanisme et de l'Environnement) annexée au schéma des carrières 2001, distingue une cinquantaine d'entités paysagères sur l'île.

Ces paysages présentent des sensibilités différentes qui déterminent la possibilité ou non d'y intégrer des carrières. Dans le cadre de l'étude « carrières et paysages » déjà citée, plusieurs degrés de sensibilité paysagère sont définis:

- des **paysages exceptionnels uniques**, dont l'intégrité serait remise en cause par l'implantation d'une carrière ;

- des paysages remarquables, très sensibles, où l'implantation des carrières est déconseillée ; elle devrait faire l'objet d'une concertation préalable et serait assujettie à l'avis de la Commission des Sites ;

- des paysages de forte sensibilité pour lesquels il conviendra de pousser l'analyse paysagère pour garantir la meilleure intégration de la carrière ;

- des paysages sensibles où l'implantation des carrières devra tenir compte de cette sensibilité.

Un atlas des paysages est en cours de réalisation à la DIREN, il sera disponible fin 2010. Des prescriptions pourront être formulées pour les ouvertures de carrière ou leur réaménagement.

4.9. LA PREVENTION DES RISQUES NATURELS

La Réunion est concernée par de nombreux aléas : inondations, mouvements de terrain, volcanisme, cyclones, risques littoraux, tsunamis.

Des Plans de Prévention des Risques (PPR) sont en cours de réalisation au niveau communal : 10 PPR approuvés, 14 prescrits en cours …

Chaque PPR définit des aléas (classés en majeur, fort, moyen, faible) et des enjeux (dont le croisement permet de définir des zones (rouges, bleues et blanches) où une réglementation particulière s'applique (pas de construction autorisée en rouges, par exemple, sauf exception).

Ces PPR étant réalisés à l'échelle communale, il n'a pu en être tenu compte sur les cartes du Schéma des carrières (édition au 1/100 000). En vue de l'ouverture d'une carrière, l'exploitant devra prendre en compte les éléments des zonages réglementaires et les prescriptions des règlements lors de l'étude de son projet.

4.10. HIERARCHISATION DES DONNEES A PRENDRE EN COMPTE POUR LA DELIMITATION DES ZONES FAVORABLES A L'OUVERTURE DE CARRIERES

Les facteurs pouvant empêcher ou limiter les ouvertures de carrière ont été classés en deux catégories (illustrations 20 à 22) :

- Classe 1 : zones où les carrières sont interdites

Les carrières sont juridiquement interdites ou l'interdiction a été décidée par le comité de pilotage du Schéma des Carrières car le milieu est incompatible avec une activité de carrière.

Néanmoins, sont exceptionnellement autorisées les carrières dans les espaces carrières RG01, EC 16-07, EC 16-08, RE03, RE04, RE05, EC 16-04 et EC 16-05, RMt03, et EC 09-01, situées dans des périmètres irrigués équipés sous réserve de (en plus des règles générales inhérentes à l'ouverture de carrières) :

- établir au préalable les conditions d'exploitation et de remise en état sur la totalité de la zone considérée au travers d'un plan d'ensemble ;
- faire l'objet d'une remise en état permettant une exploitation agricole exclusive, avec des apports en terre arable suffisants et de qualité après exploitation de la ressource ;
- séquencer les surfaces pour exploiter la ressource à l'échelle de la parcelle : travaux d'extraction par phases successives de l'ordre du quart de la superficie du projet ; les phases non encore exploitées restant en activité agricole, les phases exploitées étant remises en état au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation de la carrière pour permettre une exploitation agricole des terres ainsi réaménagées ;
- remettre en état les moyens de production agricole tel que le réseau d'irrigation.

Par ailleurs, concernant les espaces carrières de roches massives EC 14-01, et ERM01, l'exploitation en carrière sera rendue possible au moment de la localisation (par un repérage précis) des quotas d'extension urbaine (en quantité et localisation) définie par le Schéma d'Aménagement Régional (S.A.R.), dans le cadre de la révision des P.L.U par les communes en question (Saint-Louis et le Tampon). Ainsi, dans le cadre des déclassements (de A en U ou AU – autorisés par le SAR) et uniquement sur ces zones, la première intervention sera accordée aux carriers.

- Classe 2 : zones à très forte sensibilité

  L'ouverture de carrières est possible sous réserve que l'étude d'impact démontre que le projet n'obère en rien l'intérêt ou l'intégrité du site ; des prescriptions strictes y seront demandées.

Ce classement a conduit à l'établissement de deux cartes (annexe 4) :

- une carte des secteurs où l'ouverture de carrières est interdite,

- une carte des secteurs à très forte sensibilité où des prescriptions strictes seront exigées.

Certains des enjeux listés dans les tableaux 20 à 22 n'ont pu être reportés sur ces cartes faute de données cartographiques disponibles: les réservoirs biologiques du SDAGE, **les ressources stratégiques en eau du SDAGE**, les paysages de grande sensibilité, le bassin versant de la Réserve Naturelle Marine, le lit majeur des cours d'eau. Ces enjeux devront impérativement être pris en compte dans la recherche et l'étude préalable à l'ouverture de carrières.

<table>
<tr><th colspan="3">Secteurs où l'exploitation est interdite</th></tr>
<tr><td>Au titre des paysages et du patrimoine</td><td>- Sites classés et inscrits
- Périmètre de protection des monuments historiques (classés et inscrits)</td><td rowspan="3">Interdiction d'ouverture de nouvelles carrières (et de l'extension des carrières existantes)</td></tr>
<tr><td>Au titre de la protection de la nature</td><td>- Cœur du Parc National de la Réunion
- Arrêté préfectoral de protection de biotope
- Réserves naturelles nationales et régionales
- ZNIEFF de type I
- Forêt relevant du régime forestier en particulier les réserves biologiques domaniales et les réserves biologiques intégrales
- Espaces Naturels Sensibles du Département (ENS)
- Espaces Remarquables du Littoral (ERL)
- Espaces naturels de protection forte du SAR
- Espaces de continuité écologique du SAR (sauf dans espaces-carrières)
- Terrains acquis par le conservatoire du littoral</td></tr>
<tr><td>Au titre de la gestion de l'eau</td><td>- Lits mineurs ou espaces de mobilité des cours d'eau
- Réservoirs biologiques pré-identifiés au SDAGE
- Périmètre de protection immédiate et rapprochée -des captages d'eau potable, avec ou sans DUP</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Au titre de l'usage des sols</td><td>- Zones urbanisées
- Espaces boisés classés des PLU
- Périmètres irrigués équipés sauf :
- RG01 (Plaine Défaud),
- EC 16-07, EC 16-08, RE03, RE04, RE05, EC 16-04 et EC 16-05 (Pierrefonds),
- RMt03, EC 09-01 (Saint-André / Bras Panon),</td><td>Interdiction d'ouverture de nouvelles carrières (et de l'extension des carrières existantes) sauf pour les 10 espaces carrières mentionnés sous réserve d'impérativement respecter les obligations suivantes (en plus des règles générales) :
- faire l'objet d'une remise en état permettant une exploitation agricole exclusive, avec des apports en terre arable suffisants et de qualité après exploitation de la ressource ;
- séquencer les surfaces pour exploiter la ressource à l'échelle de la parcelle : travaux d'extraction par phases successives de l'ordre du quart de la superficie du projet ; les phases non encore exploitées restant en activité agricole, les phases exploitées étant remises en état au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation de la carrière pour permettre une exploitation agricole des terres ainsi réaménagées ;
- remettre en état les moyens de production agricole tel que le réseau d'irrigation.</td></tr>
<tr><td>- Périmètres irrigués équipés sauf :
- pour les gisements de roches massives EC 14-01 (les Aloès), et ERM01(le Tampon)</td><td>Interdiction d'ouverture de nouvelles carrières (et de l'extension des carrières existantes) sauf pour les 2 espaces carrières mentionnés où l'exploitation en carrière sera possible au moment de la localisation des quotas d'extension urbaine définie par le S.A.R, dans le cadre de la révision des P.L.U par les communes en question. Dans le cadre des déclassements (de A en U ou AU – autorisés par le SAR) et uniquement sur ces zones, la première intervention sera accordée aux carriers.</td></tr>
</table>

Illustration 20 : Hiérarchisation des enjeux environnementaux – Secteurs de classe 1 où l'exploitation des carrières est interdite

Secteurs à très forte sensibilité		
Au titre des paysages et du patrimoine	- Paysages de grande sensibilité (identifié dans l'Atlas des paysages)	Etude d'impact comportant une analyse détaillée du paysage et de l'impact du projet sur le paysage Réflexion approfondie sur l'insertion paysagère en phase exploitation et sur la réhabilitation du site
Au titre de la protection de la nature	- ZNIEFF II - Coupures d'urbanisation du SAR - Bassin Versant de la Réserve Naturelle Nationale Marine - Aire d'adhésion au Parc National - Espaces de priorité 1 identifiés dans la stratégie d'acquisition du Conservatoire du Littoral	Dossier comportant une analyse détaillée du milieu (cartographie des habitats, fonctionnement écologique) ainsi que de l'impact du projet sur le milieu naturel / faune/flore Mesures d'évitement, de réduction voire compensatoires
Au titre de la gestion de l'eau	- Périmètres de protection éloignée des captages d'eau potable (ou Zones de surveillance rapprochée) - Bassin d'alimentation des captages dépourvus de DUP et de documents hydrogéologiques - Bassin d'alimentation des captages prioritaires (SDAGE) - Ressources stratégiques en eau du SDAGE	Etude d'impact comportant un volet hydrogéologique détaillé
	- Lit majeur des cours d'eau	Etude d'impact conduite sur un secteur représentatif du fonctionnement géomorphologique du cours d'eau en amont et en aval du site potentiel de carrière, comportant : - une analyse de l'évolution historique du cours d'eau - un volet connaissance de la présence d'ouvrages et d'aménagements significatifs faisant obstacle à la mobilité du lit mineur - une analyse sur l'érodabilité des berges - un volet relatif à la situation et vulnérabilité des nappes et les mesures prises pour éviter leur pollution

Illustration 21 : Hiérarchisation des enjeux environnementaux – Secteurs de classe 2 à très forte sensibilité

Secteurs à très forte sensibilité (suite)		
Au titre des risques naturels	- Zones inondables (zones rouges et bleues) - Zones aléas mouvement de terrain (zones rouges et bleues)	Démonstration de l'absence d'aggravation du risque d'inondation /respect du profil de sécurité de la rivière Etude d'impact analysera les données existantes en matière d'aléa pour définir les modalités techniques d'exploitation de nature à prévenir le risque

Au titre de l'usage des sols	- Espaces agricoles protégés du SAR
	- Périmètres à irriguer (non équipés)
	- Certains périmètres irrigués équipés :
	  - RG01 (Plaine Défaud),
	  - EC 16-07, EC 16-08, RE03, RE04, RE05, EC 16-04 et EC 16-05 (Pierrefonds),
	  - RMt03, EC 09-01 (Saint-André/ Bras Panon),
	  - EC 14-01 (les Aloès) et ERM01(le Tampon)
		Remise en état agricole des terrains conformément à un cahier des charges de façon à respecter impérativement les obligations suivantes (en plus des règles générales) :
		- faire l'objet d'une remise en état permettant une exploitation agricole exclusive, avec des apports en terre arable suffisants et de qualité après exploitation de la ressource ;
		- séquencer les surfaces pour exploiter la ressource à l'échelle de la parcelle : travaux d'extraction par phases successives de l'ordre du quart de la superficie du projet ; les phases non encore exploitées restant en activité agricole, les phases exploitées étant remises en état au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation de la carrière pour permettre une exploitation agricole des terres ainsi réaménagées ;
		remettre en état les moyens de production agricole tel que le réseau d'irrigation.

	Certains périmètres irrigués équipés : - pour les gisements de roches massives EC 14-01 (les Aloès), et ERM01(le Tampon)	Exploitation en carrière possible au moment de la localisation des quotas d'extension urbaine définie par le S.A.R, dans le cadre de la révision des P.L.U par les communes en question. Dans le cadre des déclassements (de A en U ou AU – autorisés par le SAR) et uniquement sur ces zones, la première intervention sera accordée aux carriers.

Illustration 22 : Hiérarchisation des enjeux environnementaux – Secteurs de classe 2 à très forte sensibilité (suite tableau 21)

5. Les modes d'approvisionnement

5.1. DESCRIPTION DES CARRIERES ET INSTALLATIONS

5.1.1. Historique

Traditionnellement, les matériaux (sables, graviers, galets, blocs) étaient prélevés dans les ravines ou sur les plages, le plus souvent par des artisans du bâtiment (petits exploitants) qui constituaient des stocks, après les périodes de fortes houles, pour la construction des bâtiments. Les matériaux étaient utilisés avec la chaux fabriquée à partir du corail ramassé sur les plages du lagon.

Les premières extractions alluvionnaires, hors ravine**,** sont apparues dans la plaine de Saint-Paul à proximité de la route nationale 1, dans les années 1960. Jusqu'en 1970, les alluvions étaient criblées sur de petites installations.

L'apparition des premières installations de concassage/criblage de grande capacité survient dès la construction des grandes infrastructures de l'île, à savoir la Route du Littoral (achevée en 1976), le Port-Est vers 1984, la ceinture routière sud et nord - est dans les années 1990.

Lors de la construction de la route à 4 voies de Saint-Paul, des matériaux ont été extraits à partir des anciennes carrières situées dans la plaine de la Rivière des Galets, en particulier dans la zone d'emprise de l'antenne OMEGA.

De 1992 à 1994, deux autres zones d'emprunt ont été créées, respectivement au Colosse et dans la Plaine du Gol. Les graves alluvionnaires ont servi à la construction de la plate-forme routière. Les 3 tronçons routiers qui ont nécessité des quantités importantes de remblais sont situés dans les plaines littorales fermées et inondables de Saint-Paul, du Gol et de Bois Rouge. Le remblaiement était nécessaire pour rehausser la cote des chaussées et leur mise hors d'eau.

En 1992, les extractions dans le lit vif de la Rivière des Galets ont été interdites. Les granulats ont été élaborés à partir des déblais du Port-Est (Zone Arrière Portuaire) dont la ressource initiale était de 8 millions de m^3 environ.

Lors de l'inventaire des carrières de la Réunion conduit en 1996-97, 66 sites d'extraction avaient été répertoriés : 36 sites étaient en activité, 30 étaient abandonnés (illustration 23).

Sur ces 66 sites,

- 28 correspondaient à des extractions de matériaux alluvionnaires dont 20 étaient en activité ;
- 30 étaient des carrières de scories dont 14 étaient en activité ;

- les 8 derniers étaient des carrières de tufs volcaniques (3 dont 1 en activité), de roches massives (2) et de sables éoliens (3).

Les matériaux alluvionnaires provenaient pour les deux-tiers de prélèvements dans le lit mineur des rivières : la Rivière du Mât, les Ravines du Chaudron et de Patates à Durand, la Rivière des Pluies, la Rivière Saint Etienne et la Rivière des Remparts.

En 1996, seul l'Ouest s'approvisionnait dans le cône alluvial de la Rivière des Galets : les extractions étaient situées dans la Zone Arrière Portuaire et à Saint-Paul.

La seule extraction de roche massive ayant été recensée se situe à La Possession : il s'agit de la carrière des Lataniers, exploitée de 1982 à 1984. Une carrière prévue à Cap Soldat sur la commune de Saint Denis, pour alimenter le chantier de la piste aéroportuaire en 1993, n'a pas été ouverte.

Type de matériaux	***Carrières en activité***		***Carrières abandonnées ou fermées***	
	1997	*2007*	*1997*	*2007*
Alluvions dans le lit mineur curage d'entretien	*14*	*3*	*3*	*14*
Alluvions en cône alluvial et terrasse	*6*	*8*	*5*	*5*
Roches massives	*0*	*0*	*2*	*2*
Tufs volcaniques	*1*	*1*	*2*	*2*
Scories	*14*	*1*	*16*	*29*
Sable éolien	*1*	*0*	*2*	*3*
Total	*36*	*13*	*30*	*53*

Illustration 23 : Inventaire des carrières de l'île de la Réunion

5.1.2. Les carrières actuelles

Le tableau de l'illustration 24 établi à partir des statistiques de la DRIRE montre que 26 carrières étaient autorisées en 2007-2008. Les autorisations concernent surtout les matériaux alluvionnaires (19 carrières), mais aussi des scories (5 carrières) et des pouzzolanes (1 carrière).

Parmi les carrières en alluvions, 4 exploitations situées dans la Rivière des Remparts, ne sont plus considérées en 2009 comme des carrières car correspondant à un curage

d'entretien de la rivière. La production est principalement assurée par 8 carrières situées à Bras-Panon, au Port et à Saint-Louis.

Parmi les carrières de scorie, seule la carrière de Piton-Villers au Tampon, est active (production déclarée de l'ordre de 25 kt en 2007 et 2008). La carrière de pouzzolane de Saint-Pierre est également active (de l'ordre de 80 kt/an utilisées pour la fabrication du ciment).

Carrière	Commune	Nature
Secteur Est		
SCPR – La Passerelle	Bras-Panon	Alluvionnaire
HOLCIM - Ma Pensée	Bras-Panon	Alluvionnaire
HOLCIM - Le Colosse	Saint-André	Alluvionnaire
GTOI/SCPRI - Le Colosse	Saint-André	Alluvionnaire
Secteur Sud		
GIE Rivière des Remparts – STMC/SCPR	Saint-Joseph	Alluvionnaire
GIE Rivière des Remparts - SUD TP	Saint-Joseph	Alluvionnaire
GIE Rivière des Remparts - HOLCIM	Saint-Joseph	Alluvionnaire
GIE Rivière des Remparts - PREFABLOC	Saint-Joseph	Alluvionnaire
SCPR - Pierrefonds	Saint-Pierre	Alluvionnaire
SORECO- les Trois Cheminées	Saint-Pierre	Alluvionnaire
Exforman	Saint-Pierre	Alluvionnaire
Sud Concassage - ZI Bel Air	Saint-louis	Alluvionnaire
SCM - Plaine des Cocos	Saint-louis	Alluvionnaire
SCM - Françoise	Saint-louis	Alluvionnaire
Secteur Ouest		
DDE-SPBA	Le Port-Est	Alluvionnaire
Lafarge-Sobex - Port Est	Le Port-Est	Alluvionnaire
Ouest Concassage - Port Est	Le Port-Est	Alluvionnaire
SCPR - Port Est	Le Port-Est	Alluvionnaire
CCIR Pêche	Le Port-Ouest	Alluvionnaire
CCIR Plaisance	Le Port-Ouest	Alluvionnaire
Carrière de l'Evéché	Plaine des Palmistes	scories
SBTPL - Piton Villers	Le Tampon	scories
Piton Hyacinthe	Le Tampon	scories
Carrière 28 km	Le Tampon	scories
Carrière Ravine Blanche	Le Tampon	scories
HOLCIM - Mon Repos	Saint-Pierre	pouzzolanes

Illustration 24 : Carrières déclarées en 2007 et 2008 à La Réunion (source : DRIRE)

5.1.3. Les installations de production des granulats

En 1997, on comptait 26 installations de criblage et/ou concassage en activité sur l'île. Elles se répartissaient en 5 zones principales:

- sur le cône de la rivière du Mât (communes de Saint André et de Bras Panon) (5) ;
- en rives gauche et droite de la rivière des Pluies (communes de Saint Denis et de Sainte Marie) (3) ;
- sur le cône alluvial de la rivière des Galets (communes de Saint Paul et du Port) (7) ;
- de part et d'autre de la rivière Saint Etienne (communes de Saint Louis et Saint Pierre) (5) ;
- en rive droite de la rivière des Remparts (commune de Saint Joseph) (5).

D'après des données du SICRE**,** il y aurait actuellement à La Réunion : 20 installations de concassage fixes, la plupart traitant des alluvions et 20 à 30 installations mobiles.

Une seule installation est située hors des domaines alluvionnaires, à la Plaine des Cafres. Cette installation récente, est implantée sur un site d'extraction de scories.

5.1.4. Les installations de transformation des granulats

a) Les centrales à béton et usines de préfabrication

Un mètre cube de béton contient environ 1,9 tonnes de granulats composés de sable propre lavé (fraction fine inférieure à 5 mm) et de graviers (fraction comprise entre 2 et 20 mm). L'utilisation des bétons hydrauliques permet la fabrication des produits suivants :

- les bétons prêts à l'emploi ;
- les bétons de chantier ;
- les produits préfabriqués en béton.

On distingue deux types d'installations :

- les centrales à béton ;
- les installations de fabrication des produits en ciment ou béton (tuyaux, pierres artificielles, poteaux, bordures, ...) ;

Les installations sont localisées :

- soit à proximité des installations de concassage (de nombreuses entreprises développent la triple activité concassage des granulats/centrale à béton /préfabrication sur le même site) ;

- soit dans les zones industrielles à proximité des zones de besoin (pôles urbains).

b) La filière bitume et les produits hydrocarbonés

Les graves-bitume, utilisées dans les couches de surface des « chaussées souples », contiennent environ 40 % de sable et 60 % de graviers. Les bétons bitumineux utilisés comme couches de roulement des chaussées rigides, contiennent environ 35 % de sable et 65 % de gravers.

c) Les installations de recyclage des déchets inertes et des rebuts valorisables

Fin 2008, cinq plates-formes de stockage et recyclage des déchets inertes du bâtiment étaient opérationnelles :

- Lafarge, trois sites à Sainte-Marie, le Port et Saint-Louis

- STS à Saint-Pierre,

- LDDP, à Saint-André.

Le coût de dépôt de ces déchets inertes était approximativement le suivant en 2008 : gravats de 4 à 10 €/t, déblais terreux de 3 à 10 €/t, béton ferraillé de 13 à 20 €/t. Le prix de vente des graves recyclées est de l'ordre de 5 à 6 €/t.

Deux entreprises valorisent l'ensemble des cendres et mâchefers issus des deux centrales thermiques du Gol et de Bois Rouge. A terme, des mâchefers devraient être produites par les deux futures usines d'incinération des ordures ménagères, au nord et au sud de l'île.

5.2. STRUCTURATION DE LA PROFESSION DES PRODUCTEURS DE GRANULATS

Depuis les années 1996 à 2000, le secteur des granulats à La Réunion, a connu une rapide et profonde mutation à l'image de ce qui se passe depuis deux décennies en France métropolitaine. Cette mutation résulte en particulier de la mise en place progressive par les pouvoirs publics de contraintes réglementaires et financières de plus en plus rigoureuses pour les carriers, notamment l'interdiction d'extraire des matériaux dans le lit mineur des rivières.

Ces contraintes ont entrainé une augmentation très substantielle des investissements et des coûts de production pour les exploitants, en même temps qu'une raréfaction des ressources accessibles. Dans les conditions réunionnaises actuelles l'investissement dans une carrière peut représenter jusqu'à 3 fois le chiffre d'affaires annuel. De plus les autorisations préfectorales accordées sont dorénavant moins nombreuses et le sont pour des durées plus brèves. Pour toutes ces raisons, le nombre d'exploitations en activité n'a cessé globalement de décroître sur l'île, passant de 36 en 1997 à 14 en 2008 (dont 11 carrières et trois extractions dans le lit mineur de la Rivière des Remparts).

En 1996 les PME locales dominaient encore un marché réunionnais à l'époque très morcelé et devenu vulnérable. Ces PME s'appelaient Settama, Atchapa, Sobex, SCPR-Tomi, Ouest concassage, Egata, Cojondé, Vassor, Sud Concassage, Sita, Perraud, Lemerle, etc. La plupart de celles-ci, par manque de moyens, n'ont pu faire face à l'industrialisation du secteur et ont été progressivement contrôlées ou rachetées par les grands groupes cimentiers ou du BTP présents sur le territoire.

Les principaux producteurs de granulats sont au nombre de trois sur l'île : Colas (SCPR), Lafarge et Holcim créant ainsi une situation d'oligopôle (illustration 25). Les deux grands groupes cimentiers présents sur l'île que sont Lafarge et Holcim ont cherché à contrôler l'ensemble de la filière béton de l'extraction des granulats à la mise en œuvre sur chantier de bâtiments. Le Groupe Colas, spécialisé dans les travaux publics a cherché son indépendance vis à vis de ces deux majors.

Groupe acquéreur	PME locale acquise
Colas - GTOI	SCPR-Tomi ; Sud Concassage (50 %) ; Société Lemerle, Société Payet, Société STMC
VINCI - SBTPC	Sud Concassage (50 %)
Lafarge	Sobex ; Vassor-SCM.
Holcim	Société Perraud ; Société STPF ; Société SICAR ; Société Valormat.

Illustration 25 : Prise de contrôle des carrières de granulats par de grands groupes cimentiers et du BTP

5.3. ESTIMATION DE LA PRODUCTION DE GRANULATS ALLUVIONNAIRES

5.3.1. Les quatre pôles de production

La production de granulats de La Réunion repose encore aujourd'hui quasi-exclusivement sur l'exploitation d'alluvions. Ces opérations permettent la production de sables et graviers naturels généralement lavés (40 %) et de granulats concassés (60 %). Actuellement, ces alluvions proviennent principalement de quatre pôles majeurs d'activité répartis de façon équilibrée entre trois grands bassins de production : l'Est, l'Ouest et le Sud. Deux de ces pôles sont localisés dans le Sud (illustration 26).

D'après les données de la DRIRE, un total de 14 exploitations, a opéré en 2008 pour produire des granulats alluvionnaires. Parmi les carriers, 4 sont des PME indépendantes non affiliées aux grands groupes industriels.

Parallèlement, des « petits » carriers non autorisés à extraire des matériaux ont probablement continué d'exploiter cette même année (en particulier dans la seule Rivière Saint-Etienne).

Les exploitations en activité sont reportées sur la carte des ressources à 1/80 000 annexée au SDC (annexe 4). Les sites d'extraction sont regroupés :

1. à l'est, dans la zone aval du cône alluvial de la Rivière du Mât (3 carrières) ;
2. à l'ouest, dans le secteur du Port sur le cône alluvial de la Rivière des Galets (3 carrières) ;
3. au sud, dans le secteur de Pierrefonds sur le cône alluvial et les terrasses de la Rivière Saint-Etienne (5 carrières).
4. au sud, dans le secteur aval de la Rivière des Remparts (curage d'entretien en lit mineur).

Bassin	Pôle d'activité	Sites d'extraction déclarés	Carrières en activité	Groupes Présents	PME présentes
EST	Rivière du Mât aval	2	2	Holcim	
OUEST	Zone Arrière Portuaire	3	3	Colas (SCPR) et Lafarge	GOC
SUD	Rivière Saint-Etienne/Pierrefonds	4	4	Colas (SCPR), Lafarge, Vinci (Sud Concassage)	Soreco, Exforman
	Rivière des Remparts	1	0	Holcim et Colas (SCPR)	Sud TP

Illustration 26 : Les quatre grands pôles de production de granulats en 2008 à La Réunion

5.3.2. Le cas particulier de la Rivière des Remparts

Le GIE de la Rivière des Remparts, qui regroupe quatre membres (Holcim, SCPR, Préfabloc et Sud TP) bénéficie d'une autorisation préfectorale de dragage dans le lit mineur de la rivière dans le cadre d'un curage d'entretien pour le libre écoulement des eaux.

Cette autorisation, qui était soumise à la législation des carrières est venue à échéance en 2007. L'arrêté d'autorisation prévoyait un volume à extraire de 250 000 m^3 de matériaux par an. Suite aux récentes évolutions réglementaires qui soumettent ce type d'opération au seul régime de la nomenclature « Eau », le GIE a obtenu une autorisation d'occupation temporaire (AOT) avec un nouveau quota rehaussé à 1000 kt par an pour l'année 2008.

L'extraction dans cette rivière s'est jusqu'à présent concentrée sur les fractions de sédiments les plus fines (sable et graviers). Les blocs et graves grossières ne sont pas valorisés. L'exploitation, peu rationnelle, remonte progressivement vers l'amont en laissant un grand nombre de petites fosses disséminées.

Suite aux résultats de l'étude générale pour le Programme de Gestion des Risques d'Inondation, il apparaît que cette extraction est préjudiciable pour les berges de la Rivière des Remparts, au niveau du centre-ville de Saint-Joseph. Cette conclusion est susceptible de remettre en cause les conditions d'exploitation inscrites dans l'autorisation.

5.3.3. Estimation de la production

a) La production déclarée

Les tonnages de production déclarés et consolidés par bassin sont présentés pour les années 2005 à 2008 dans le tableau de l'illustration 27. La production des grands groupes représente 81% de la production totale 2008, les PME locales n'ayant participé qu'à hauteur de 19 %.

Cette production déclarée comprend les extractions en carrière et les curages d'entretien de la Rivière des Remparts.

En revanche, elle n'inclut pas les curages d'urgence en ravine supervisés par la DDE. Ces curages d'urgence en ravine, non soumis à déclaration auprès de la DRIRE, ont concerné en 2006 la Rivière des Pluies (80 kt autorisées) et en 2007, les Rivières du Mât et Patates à Durand (410 kt autorisées).

La production officielle de granulats (production déclarée et curages d'urgence) à La Réunion a été en forte progression au cours des dernières années, passant de 5,2 Mt en 2006 à 6,0 Mt en 2007 et 7,1 Mt en 2008. Mais les prévisions sont en forte baisse pour 2009 ;

En se basant sur les données du Schéma des Carrières de 2001, cette production a nettement progressé : production de 4,3 Mt d'après le syndicat des carriers (SICRE) et production déclarée auprès de la DDE de 2,6 Mt en1996.

Bassin d'exploitation	Production (t)			
	2005	2006	2007	2008
Rivière des Remparts	780 200	847 676	779 311	798 784
Rivière Saint-Etienne	701 700	986 159	1 266 369	978451
TOTAL BASSIN SUD	1 481 900	1 833 835	2 045 680	1 777 235
Total BASSIN OUEST	2 300 000	1 990 500	2 380 030	3 905 504
TOTAL BASSIN EST	953 679	1 300 514	1 137 364	1 388 943
TOTAL REUNION	4 735 579	5 124 849	5 563 074	7 071 682

Illustration 27 : Production déclarée de granulats alluvionnaires par bassin et site d'extraction (d'après les statistiques de la DRIRE)

b) La production informelle

Diverses enquêtes menées depuis 2006 auprès des services compétents de l'Etat, des collectivités locales et des professionnels, croisées à des observations ponctuelles sur sites, ont permis de faire une première estimation de la production non déclarée de granulats sur l'île. Cette production informelle résulte de la persistance de quelques zones d'extraction illégales en lit de rivière. A titre d'exemple, pour le Bassin Sud :

- au niveau de la Rivière Saint-Etienne, le stock extrait non déclaré a été estimé entre 250 et 350 kt/an ;

- concernant la Rivière des Remparts, le stock extrait non déclaré a été aussi estimé entre 250 et 350 kt/an.

A partir des résultats des enquêtes, l'extraction informelle a été évaluée entre 1,5 et 1 Mt/an de 2006 à 2008, en supposant une diminution progressive au cours de cette période.

En se référant aux données précédentes, la production totale de granulats élaborés à La Réunion a été estimée à 6,7 Mt en 2006, 7,5 Mt en 2007 et 8,0 Mt en 2008. Mais les prévisions sont en forte baisse pour 2009 (6 Mt d'après le SICRE).

5.4. LA FILIERE CIMENT

5.4.1. Les différents types de ciment

Le ciment Portland appelé couramment « ciment » est un liant hydraulique en poudre qui, mélangé avec de l'eau, du sable et des graviers, durcit pour donner naissance à une roche artificielle, « le béton ».

Sa fabrication comporte trois étapes : le broyage d'un mélange de calcaire et d'argile, la cuisson à 1450 °C de ce mélange pour obtenir le clinker, le broyage du clinker avec ajout de gypse, pouzzolane, cendres volantes, …

Il existe plusieurs types de ciments :

- le ciment Portland artificiel (CPA) qui contient au moins 97% de clinker ;
- le ciment Portland composé (CPJ) qui contient au moins 65% de clinker et, au plus, 35 % d'ajouts (laitiers de haut-fourneau, cendres volantes, …) ;
- le ciment pouzzolanique (CPZ) qui contient 30 à 50 % de matériaux pouzzolaniques. Un matériau est dit pouzzolanique s'il est capable de former, à température ordinaire, en présence d'eau et de chaux, des composés hydratés stables possédant les propriétés hydrauliques des ciments. Les normes européennes indiquent que les matériaux pouzzolaniques doivent contenir au moins 25 % de silice réactive (SiO_2).

5.4.2. Approvisionnement en ciment de l'île

Le Réunion importe (illustration 2) du ciment « prêt à l'emploi », généralement en sacs de 50 kg et en vrac et du clinker brut, non broyé et du gypse.

Du tuf à haut pouvoir pouzzolanique est ajouté au clinker importé et au gypse, l'ensemble étant finement broyé pour obtenir du ciment. Ce tuf est produit par la Société des Ciments de Bourbon, dans la carrière de La Saline à St Pierre, à raison de 100 000 m^3 par an.

Rappelons que la consommation de ciment sur l'île a progressé depuis 2003 pour atteindre 570 kt en 2006 puis 615 kt en 2007. Elle a légèrement régressé en 2008 jusqu'à 583,5 kt.

La Société des Ciments de Bourbon élabore deux ciments dans ses installations situées au Port :

- du Ciment CPJ contenant 15 % de pouzzolane, utilisé pour les bétons de haute qualité ;
- du Ciment CPZ contenant 35 % de pouzzolane, utilisé pour les bétons maigres et les enduits (mortier).

Les produits élaborés avec du ciment pouzzolanique voient leur résistance augmenter au delà de 28 jours (durée normalisée pour laquelle le béton doit avoir atteint la résistance requise) du fait de la réactivité de la pouzzolane qui est plus lente que celle du clinker.

5.5. LES ENROCHEMENTS

Les besoins en enrochements ont été satisfaits à partir :

- de carrières de roche massive. Une seule extraction a été opérée sur le site des Lataniers lors de la construction des aménagements portuaires du port de la baie de La Possession, (1982 à 1984). Une autre extraction avait été envisagée à Cap Soldat, près de l'aéroport de Gillot, mais le projet a été abandonné.

- des « galets » de grande dimension prélevés dans le lit des ravines (endiguements des ravines, travaux de la piste longue de l'aéroport, protection du littoral).

- des andains de pierre. Des prélèvements d'andains ont eu lieu à Savannah et Cambaie sur la commune de Saint-Paul, à Sainte-Marie et à Saint-Leu.

Dans certains cas, les besoins n'ont pu être satisfaits, ce qui a conduit le Maître d'Œuvre à opter pour des produits en béton tels que les tétrapodes ou autres structures préfabriquées.

Les besoins en enrochement sont importants sur l'île. La demande provient des travaux d'endiguement des ravines, des aménagements portuaires et aéroportuaires, très rarement des murs poids en béton « cyclopéen » constitués de gros blocs (taille comprise entre 0,5 et 1 m^3).

5.6. LES SCORIES

Des carrières de scories ont été ouvertes dans le sud de l'île, dans la région de l'Etang Salé, dans les hautes plaines (Le Tampon, Plaine des Palmistes) et sur le pourtour littoral du volcan de la Fournaise (Saint-Benoît, Sainte-Rose, Saint-Philippe, Saint-Joseph, Petite-Ile, Saint-Pierre). La plupart sont aujourd'hui abandonnées.

L'attrait des scories s'expliquait pour les raisons suivantes :

- les gisements de scories sont nombreux et proches des zones de besoin, à proximité des pistes et des villages ;

- les conditions d'exploitation sont aisées (cônes récents), la seule contrainte d'extraction étant le défrichage ;

- les scories sont utilisables pour les besoins courants à l'état naturel sans traitement particulier. La granularité des scories est celle d'une grave tout-venant ;

- la légèreté du matériau favorise l'extraction qui s'opérait, traditionnellement, manuellement, et son transport sur les pistes en terre, à faible portance.

Ces matériaux ont été très largement utilisés pour l'entretien des chemins agricoles et forestiers. Mais d'un point de vue technique, ils n'offrent pas des caractéristiques adaptées à l'empierrement des chemins. Ils sont friables, s'écrasent facilement sous le passage des engins, sont sensibles à l'eau et obligent à répéter les travaux de réparation des chemins.

De nombreux chemins autrefois empierrés avec de la scorie sont aujourd'hui bétonnés (exemples routes des Hauts, route du volcan).

Mais les scories sont aussi utilisables pour :

- les assainissements autonomes ou semi-collectifs, utilisées en tant que filtres pour leur capacité épurative performante ;

- les aménagements paysagers : les scories sont, de par leur couleur tantôt noire, tantôt rouge, prisées pour l'aménagement des aires touristiques et les aménagements paysagers (terre-pleins routiers en milieu urbain, jardins privés) ;

- la fabrication de produits en béton léger : des dalles isolantes ont été fabriquées à partir de scories extraites à l'Anse des Cascades sur la commune de Sainte Rose (société PROTERE) ;

- la constitution de substrat de culture : mélangées à de la matière organique, elles permettent de constituer d'excellents substrats pour les cultures « hors sol. »

En 1997, on comptait 14 carrières en activité et une vingtaine abandonnées. En 2007, seule la carrière de Piton Villers au Tampon était en activité avec une production de 25 kt/an.

5.7. LES PIERRES ORNEMENTALES

Les roches ornementales sont des matériaux utilisés dans trois secteurs principaux :

- le bâtiment : moellons pour la construction de murs de soutènement, tranches sciées et polies pour le revêtement des façades d'immeubles et la production de carreaux pour les revêtements de sol, cuisines et salles de bain, marches d'escalier ;

- la voirie : bordures de trottoir, pavés, dallages ;

- les monuments, surtout les monuments funéraires.

Une étude de préfaisabilité d'une filière roches ornementales à La Réunion a été réalisée par le BRGM en 2004.

D'après cette étude, la production locale 2003 de produits sciés en basalte à partir d'andains ou de gros blocs prélevés dans les alluvions a été estimée à 600 m³, soit environ 1500 tonnes (moellons bruts non comptabilisés). Deux entreprises réunionnaises, les établissements Mousseau (Saint-Denis) et Décoroc (L'Etang-Salé) se partagent l'essentiel du marché.

Mais, en parallèle, des produits en basalte sont également importés principalement de Chine et Italie (450 tonnes en 2003, 577 t en 2007).

En ce qui concerne les autres roches ornementales (marbre et granite) utilisées principalement dans le funéraire, ne sont commercialisés à La Réunion que des produits d'importation, soit sous forme de tranches et blocs (usinés localement) ou d'ouvrages polis (illustration 2).

D'après les statistiques des douanes 2007, ces matériaux sont principalement importés du Brésil, de Chine, de Turquie, de France et d'Espagne. Les entreprises impliquées sur ce marché sont les suivantes : Granimarbre Déco (Saint-Denis), Marbrerie de Bourbon (Saint-Pierre), Marbrerie Moderne (Saint-Benoît), Déco-Marbre (Saint-Paul), Négoce OI (Le Tampon), Pyroc (Saint-Joseph), Entrepôt de la Pierre (La Possession).

Les roches disponibles à La Réunion sont généralement de teinte gris-noir à gris-bleu et globalement, peu attrayantes pour une utilisation en pierres ornementales. Il n'existe pas de matériaux rocheux dont les caractéristiques permettraient d'envisager une production industrielle de blocs, tranches sciées ou produits finis destinés à l'exportation. Seul le développement d'une activité destinée à satisfaire le marché local est envisageable.

Deux solutions sont possibles pour obtenir des blocs à La Réunion, les prélever dans les alluvions des rivières et sur les andains ou ouvrir une carrière en roche massive permettant de débiter des blocs équarris de plusieurs m³. Les meilleurs gisements de blocs d'origine alluvionnaire sont disponibles dans les carrières de granulats. Le prélèvement de blocs sur les andains est aussi une solution actuellement employée par les producteurs de carreaux de basalte.

L'avantage d'utiliser des blocs alluvionnaires ou des andains est de pouvoir disposer de la matière première à un coût marginal. Mais du fait de la forme quelconque des blocs, la perte au sciage est importante (pouvant atteindre 50 %).

Pour ouvrir une carrière de roche ornementale permettant d'extraire des blocs de grande de dimension à La Réunion, la solution envisageable serait de mettre en évidence une coulée de lave d'épaisseur suffisante (10 m minimum) et très peu fracturée. Nous avons observé la plupart des coulées de lave épaisses citées dans la bibliographie et celles-ci sont souvent prismées ou fissurées verticalement.

Si l'on souhaite le maintien ou le développement de l'activité « roches ornementales » à La Réunion, quelques recommandations peuvent être proposées :

- les maîtres d'ouvrage et/ou maîtres d'œuvre pourraient imposer, comme choix architectural, des variétés de basalte que l'on ne trouve actuellement qu'à La Réunion (basalte à olivine ou basalte vert bouteille, basalte à feldspath ou roche pintade, par exemple),

- prévoir dans les appels d'offres des délais suffisants permettant aux producteurs locaux de répondre aux quantités exigées par le client.

Le chantier du futur tram-train qui doit débuter en 2010 devrait constituer une opportunité pour cette activité. En effet, l'utilisation des matériaux locaux est préconisée dans le cahier des charges et 12 km de voie sont prévus en zone urbaine avec des trottoirs dont une partie pourrait être réalisée en dalles de basalte.

5.8. LE COUT DES MATERIAUX A LA REUNION

5.8.1. Le prix des granulats départ carrière

Le prix moyen « départ carrière » d'une tonne de granulats pour béton est passé de 10 €/tonne à 15 €/tonne entre 2000 et 2008 (illustrations 28 et 29).

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Prix (€/t)	10.0	11.0	11.5	11.0	10.5	11.0	12.0	14.0	15.0

Illustration 28 : Evolution du prix moyen « départ carrière » des granulats à béton à La Réunion

Ce prix moyen des granulats élaborés à La Réunion a enregistré une hausse de 44 % entre 2000 et 2008, soit en moyenne 6 % par an. En 2009, les prix se répartissent comme suit :

- sable lavé (0/6 mmm) : 18 à 20 €/t HT
- gravillons lavés (6/10 ou 10/20 mm) : 12 à 15 €/t HT
- graves (0/20 à 0/63 mm) : 10 à 13 €/t HT

L'augmentation des prix, qui s'est accélérée fin 2004 et poursuivie jusqu'en 2008, s'explique, entre autre, par l'essor des activités du BTP sur l'île et la demande soutenue en matériaux qui en a résulté, ainsi que par les efforts d'investissement réalisés par les « majors » pour accroître les capacités des outils de production et restructurer le secteur (rachat de PME locales). Elle tient aussi au fait que l'essentiel des extractions ne se fait plus en rivière (sauf curage de la Rivière des Remparts) ce qui a conduit à l'adjonction de frais de fortage au coût de production (il est souligné que les côuts de fortage ont sensiblement évolué au cours de ces dernières années).

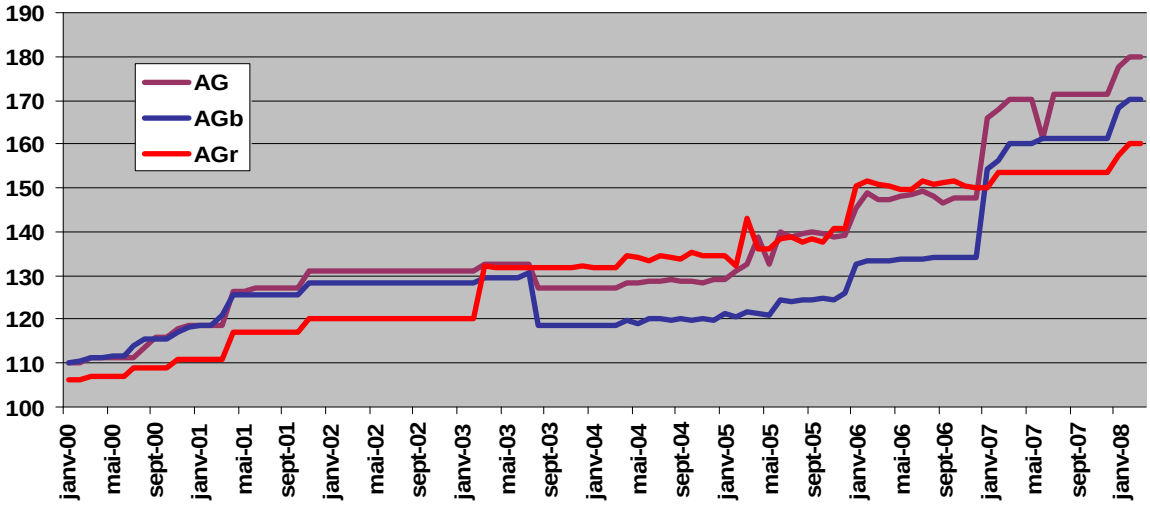


Illustration 29 : Evolution de l'indice des prix des différents types de granulats à La Réunion d'après le CERBTP (AG : granulats 0/31,5mm AGb : granulats à béton, AGr : granulats routiers)

5.8.2. Le prix des autres matériaux

a) Le ciment

Les indices d'évolution du prix du ciment montrent une forte augmentation début 2008, en particulier le prix du ciment CPA en vrac qui a progressé de 25 % (illustration 30). Le prix moyen HT du ciment serait de l'ordre de 170 €/t en 2009.

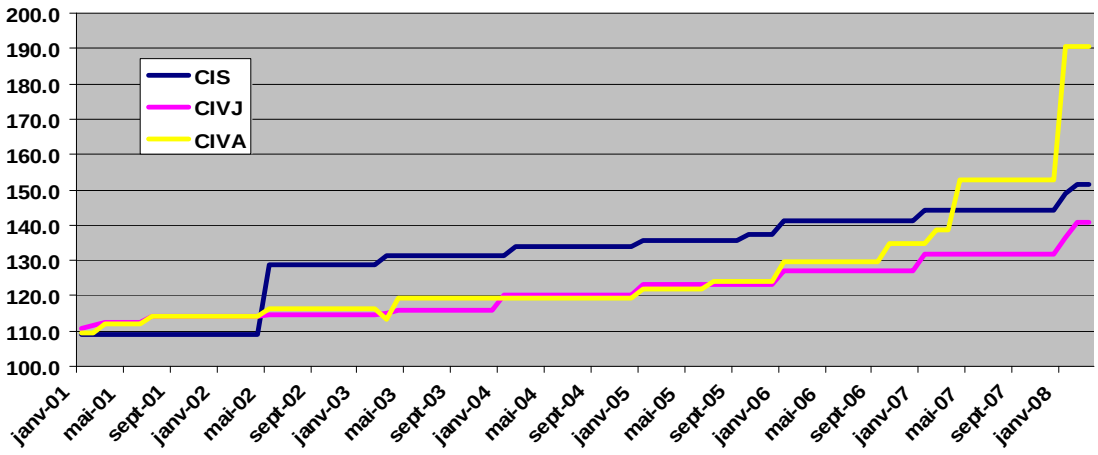


Illustration 30 : Evolution de l'indice des prix des différents ciments à La Réunion d'après le CERBTP (CIS : ciment sac CIVJ : ciment vrac CPJ, CIVA : ciment vrac CPA)

b) Les carreaux de basalte

L'étude 2004 sur les roches ornementales avait montré que les produits locaux en basalte étaient vendus entre 50 et 60 €/m^2 alors que les produits d'importation similaires revenaient à 23 €/m² en provenance de Chine ou d'Inde et à 47€/m² pour les produits en provenance d'Italie.

Ces produits en basalte étaient de plus concurrencés par les dalles en béton (prix : 25 €/m²) et les carreaux céramiques (prix de l'ordre de 10 €/m²).

6. Les modes de transport

6.1. LE RESEAU ROUTIER

Le réseau routier de la Réunion comporte :

- un réseau national, avec 391 km de routes dont 136 km à 2x2 voies, correspondant à la ceinture routière de l'île, la route des Tamarins et à la route de Cilaos ;
- un réseau départemental, avec 722 km de routes ;

  Les routes départementales sont classées en catégorie 1 (caractéristiques similaires à celles du réseau national à 2 voies) et en catégorie 2 comprenant des sections étroites, non calibrées. Cette classification est fondée sur l'intérêt de la route et sur l'importance du trafic.
- un réseau communal, de 4380 km environ ;
- un réseau de routes forestières, bétonnées ou empierrées ;
- des voies privées

Ces dernières années, une nouvelle gestion des routes a été mise en place dans l'île :

- le réseau routier national est géré par le Conseil Régional ;
- le réseau routier départemental est géré par le Conseil Général.

Ce réseau présente des voiries neuves, en particulier sur le réseau de routes nationales littorales, et une proportion importante de voiries anciennes.

Les routes des Hauts sont souvent sinueuses. Leurs tracés épousent la forme du relief (nombreux virages, peu d'ouvrages d'art). Ce réseau doit être considéré comme un réseau de montagne avec des fortes pentes (50 % des routes possèdent une pente supérieure à 6 %) et des vitesses de circulation lentes.

En dehors du réseau national et de quelques tronçons de routes départementales, les routes de la Réunion ne sont pas adaptées à un trafic lourd (> 20 tonnes).

Dans la partie ouest, l'ouverture à la circulation en 2009, de la Route des Tamarins (2X2 voies) située à mi-pente doit faciliter l'alimentation en matériaux des communes de L'Etang-Salé, des Avirons, de Sain-Leu et Trois Bassins.

6.2. LES DIFFERENTS TYPES DE TRANSPORT DES MATERIAUX

Le trafic lié au transport des matériaux de construction est estimé à 7 millions de tonnes/an de granulats et 600 000 tonnes/an de ciment. Il constitue le premier flux d'importance de la Réunion, devant le transport de la canne à sucre (2 millions de tonnes) et celui des matières importées et exportées (2 millions de tonnes).

Le trafic peut être décomposé comme suit :

- le transport des matériaux bruts, depuis les zones d'extraction vers les centres de premier traitement (installations de concassage/criblage d'alluvions et de broyage de clinker) ;

- le transport des produits élaborés (concassés, criblés, lavés) entre les installations et les lieux de consommation (centrales de béton prêt à l'emploi ou d'enrobés, usines de préfabrication, centres de stockage, petits chantiers) qui est pérenne ;

- le transport vers les grands chantiers, qui est temporaire.

Les zones d'extraction dans les cônes alluviaux des principales rivières sont à une distance variable des installations de premier traitement : très faible (moins de 1 km) pour certaines installations fixes comme dans la zone de la Rivière du Mât (carrière Holcim) ou pour les groupes mobiles, jusqu'à quelques km (Le Port, Rivières Saint-Etienne et des Remparts).

6.3. CAPACITES DE TRANSPORT ACTUELLES ET POTENTIELLES

En 2009, le transport des pondéreux sur l'île est totalement subordonné à la route, contrairement à la métropole et à de nombreux pays dans le monde.

Les capacités de transport par camion sont encore méconnues. Selon une évaluation conduite par la CCIR, à partir des données disponibles, le nombre d'entreprises de transport serait voisin de 1000. Bien qu'imprécis, ce chiffre dénote la complexité des transports dans le département de la Réunion. La moitié des transporteurs aurait une activité liée aux granulats et ses dérivés.

Le parc des engins de transport de matériaux est composé :

- de camions-bennes de 14 tonnes utilisés pour le transport vers les Hauts ;

- de camions-bennes de 19 tonnes dont la flotte est la plus abondante ;

- de camions-bennes de 26 t ;

- de semi-bennes de 38 t utilisés sur les routes littorales rapides ;

- de camions-toupies, pour le transport des bétons.

Les statistiques concernant les véhicules circulant dans l'île ne permettent pas de discriminer les types de camions.

Le transport de granulats est :

- soit pris en charge par les entreprises de transformation (« Transport Pour Compte Propre ») ;

- soit confié à des sous-traitants (« Transport Pour Compte d'Autrui »).

Pour tenter de lutter contre la saturation du trafic routier, une étude de faisabilité du **transport maritime** par cabotage a été réalisée par SOGREAH en 2005-2006, tant pour les passagers que pour le fret.

Parmi les filières « marchandises » étudiées, on peut citer le charbon (approvisionnement centrales électriques), les hydrocarbures, les conteneurs, les pouzzolanes de Saint-Pierre et les granulats.

Le modèle proposé pour les marchandises était basé sur les propositions suivantes :

- point de départ ou d'arrivée des flux de cabotage au niveau des Ports-Est et Ouest ;

- ports de cabotage prévus à Bois Rouge (nord-est) et à Bel Air (sud-ouest).

Cette étude montre que le cabotage maritime n'abaisse pas de façon significative le coût de transport des marchandises par rapport à la route. En revanche, les gains environnementaux apparaissent élevés (les niveaux de pollution générés par la route sont trois fois plus élevés).

En ce qui concerne le **projet de tram-train**, la priorité est mise sur le transport des passagers. Mais le transport de marchandises est étudié dans le cadre des extensions de la première section Sainte-Marie/Saint-Paul (chapitre 2.4.2). Les produits envisagés pour ce transport sont, comme pour le cabotage maritime, les conteneurs, le sucre et le charbon (entre Le Port et les centrales électriques). Mais un transport de matériaux de carrière n'est pas exclu.

6.4. LES NUISANCES DES TRANSPORTS

6.4.1. La dégradation des chaussées

La dégradation des chaussée est liée à la charge des camions transportant les matériaux, soit vers les installations de transformation, soit vers les chantiers. La dégradation d'une chaussée est un phénomène lent, pouvant s'étaler sur plusieurs années. Son constat se fait souvent a posteriori.

Plusieurs cas de détérioration de chaussée par les camions transportant des matériaux, ont été constatés (exemple de la route de Champ Borne).

6.4.2. La dégradation des accotements

Les accotements des voies anciennes sont vulnérables. Des dégradations de murets de rive sont souvent constatées dans les virages.

6.4.3. La sécurité sur les axes de transport

Des situations de danger apparaissent lorsque les camions roulent sur les tronçons étroits sans accotement. De tels tronçons obligent les piétons et les deux roues à circuler directement sur la chaussée, d'où risque d'accident avec les camions.

L'absence de voie piétonne ou de voie cyclable, conçues à cet effet, augmente les risques sur les axes routiers en milieu périurbain.

La forte pente des routes est aussi source d'accident au même titre que la vétusté du parc. Des accidents graves se sont produits ces dernières années du fait du mauvais état de certains camions.

6.4.4. Le bruit, les poussières et la pollution atmosphérique

Le transport des matériaux par les voies routières qui traversent les agglomérations, engendre des gênes importantes liées au bruit, aux poussières et à la pollution par les gaz d'échappement.

6.4.5. L'arrimage

(Article R 65 du code de la Route)

Les défauts d'arrimage se traduisent par la chute de graviers, voire par des déversements de matériaux sur la chaussée, pouvant être à l'origine d'accidents pour les usagers de la route.

Toutes précautions utiles doivent être prises pour que le chargement d'un véhicule automobile ou remorqué ne puisse être une cause de dommage ou de danger. Tout chargement débordant ou pouvant déborder le contour extérieur du véhicule du fait des oscillations liées au transport doit être solidement amarré. Les chaînes, bâches et autres accessoires, mobiles ou flottants, doivent être fixés au véhicule de manière à ne sortir à aucun moment du chargement et à ne pas traîner sur le sol.

Les infractions à l'article R. 65 du Code de la Route sont réprimées par l'article R.239 et entraînent l'immobilisation du véhicule.

Le chargement, le calage et l'arrimage des marchandises incombent au donneur d'ordre qui a la charge de leur exécution.

6.4.6. Le gabarit des véhicules de transport autorisé au 07/07/1997

(Article R 61 du Code de la Route)

Suite au Décret n° 97-572 du 30 mai 1997 modifiant certaines dispositions du Code de la Route relative aux poids lourds et aux dimensions des véhicules, la largeur totale autorisée est de 2,55 m.

La hauteur couramment admise est de 4,00 m. Le Code de la Route n'édicte pas de limite impérative de hauteur. Mais au delà de 4,00 m, le conducteur doit s'assurer en permanence qu'il peut circuler sans causer de dommage aux ouvrages d'art, aux plantations, aux installations aériennes situées au-dessus des voies publiques.

Les longueurs maximales autorisées des véhicules sont de 12 m et de 16,50 m pour les véhicules articulés (longueur de la remorque limitée à 12 m).

6.5. LE COUT DE TRANSPORT

Les matériaux de carrière sont des matériaux pondéreux à faible valeur marchande. Le coût du transport des matériaux est fonction de la distance, d'une part, mais aussi de la capacité du camion et des caractéristiques de la route (pente, largeur, charge autorisée, trafic).
D'après les différentes données collectées auprès des carriers, le coût de transport des granulats à La Réunion serait le suivant (illustration 31) :

Type de camion	19/26 tonnes	32/38 tonnes
Routes côtières (voies rapides)	0,50 €/t/km	0, 35 €/t/km
Routes des Hauts (routes départementales)	0,75 €/t/km	0,50 €/t/km

Illustration 31 : Coût de transport des granulats en 2009

Pour des destinations dans les Hauts, les coûts de transport sont supérieurs à ceux pratiqués sur le littoral car les conditions de trajet sont différentes (fortes pentes, sinuosité, traversées de villages, routes dégradées, camions de gabarit inférieur). La vitesse de déplacement d'un véhicule sur les routes des Hauts varie entre 30 et 50 km/h alors qu'il est de 60 à 90 km/h sur les voies littorales.

Rapporté au prix moyen de la tonne de granulats, qui est actuellement de l'ordre de 15 €/t en 2009, le prix du matériau transporté double pour une distance de l'ordre de 30 km.

La grande disparité des prix des transports pratiqués sur l'île est due :

- au fait que le réseau routier ait des caractéristiques très variables (4 voies récentes du littoral et de la Route des Tamarins, routes départementales inadaptées à fortes pentes) ;
- à la forte concurrence existante au niveau des transporteurs ;
- au non respect, par certains transporteurs, des réglementations, principalement des charges autorisées par camion. En l'absence de pesées systématiques dans les carrières et unités de concassage, les transporteurs acceptent des surcharges parfois élevées, pénalisantes pour les chaussées (dégradations) et qui faussent la concurrence.

6.6. LA REGLEMENTATION DES TRANSPORTS

6.6.1. Les textes

Le Code de la Route est applicable à l'ensemble du réseau routier de la Réunion, de même que le Code de la Voirie.

L'arrêté du 24 novembre 1980, portant application de l'article L 58-1 du Code de la Route dans le Département de la Réunion, concerne la circulation des véhicules sur certaines sections de routes nationales et départementales.

La réglementation des transports est définie par la Loi d'Orientation du Transport Intérieur (LOTI) de 1982, applicable à la Réunion.

Le décret n° 99.752 du 30 août 1999 fixe la réglementation en ce qui concerne le transport routier des marchandises. Les dispositions du titre II et notamment l'article 14 du décret n'étant pas applicables aux transports effectués dans les DOM, un arrêté préfectoral a été pris pour pallier cette absence. Il s'agit de l'arrêté préfectoral n° 3658/DDE du 17 décembre 1999 qui définit les titres et documents de transport nécessaires devant se trouver à bord des véhicules.

La réglementation européenne en vigueur est mentionnée dans le règlement CEE 561/2006 du Parlement européen et du Conseil du 15 mars 2006 relatif à l'harmonisation de certaines dispositions de la législation sociale dans le domaine des transports par route. Ce règlement fixe les durées maximales de conduite et minimales de repos des conducteurs routiers.

Le décret n° 2008-418 du 30 avril 2008 relatif à certaines dispositions de la législation sociale dans le domaine des transports par route dispense un certain nombre de véhicules de l'obligation d'utilisation du chronotachygraphe et de l'application d'articles du règlement (CE) n° 561/2006 sur les temps de conduite et de repos des conducteurs routiers.

Il existe un comité régional des transports par lequel le préfet soumet les questions pour lesquelles la consultation de celui-ci est requise par les lois et règlements. Le comité régional des transports peut en outre être consulté par le préfet de région sur toute question relative à la politique des transports dans la région et relevant de la compétence de l'Etat.

6.6.2. La réglementation

Les contraintes en matière de transport de matériaux concernent les tonnages et les hauteurs des camions. Celles concernant le réseau de routes nationales et départementales sont présentées sur les illustrations 32 et 33.

Certaines routes départementales sont limitées à 20 tonnes : RD 41, RD 48. La limitation peut être induite par celle d'un pont, par exemple, le pont de l'Entre-Deux limité à 20 tonnes. La route de Cilaos (RN5) est limitée à 19 tonnes.

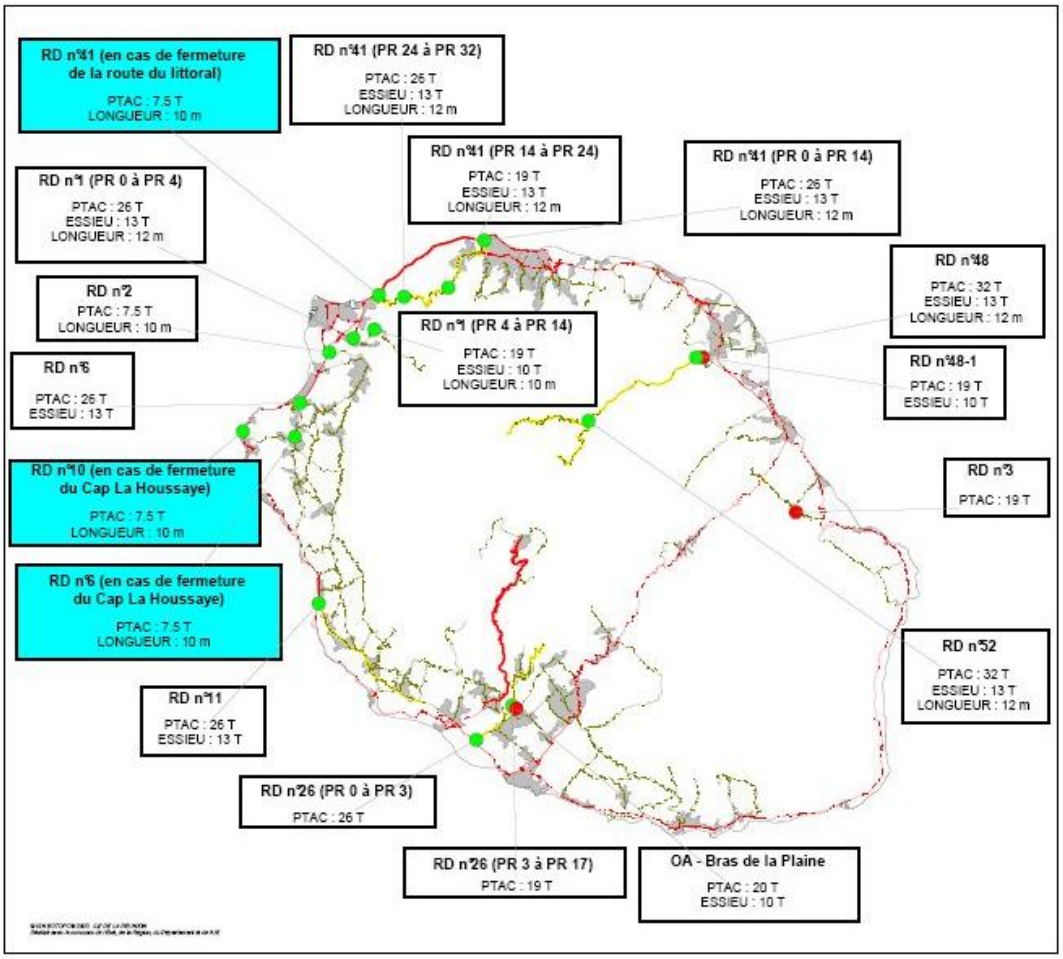


Illustration 32 : Limitations de tonnage des camions sur le réseau routier national (document DDE, 2009)

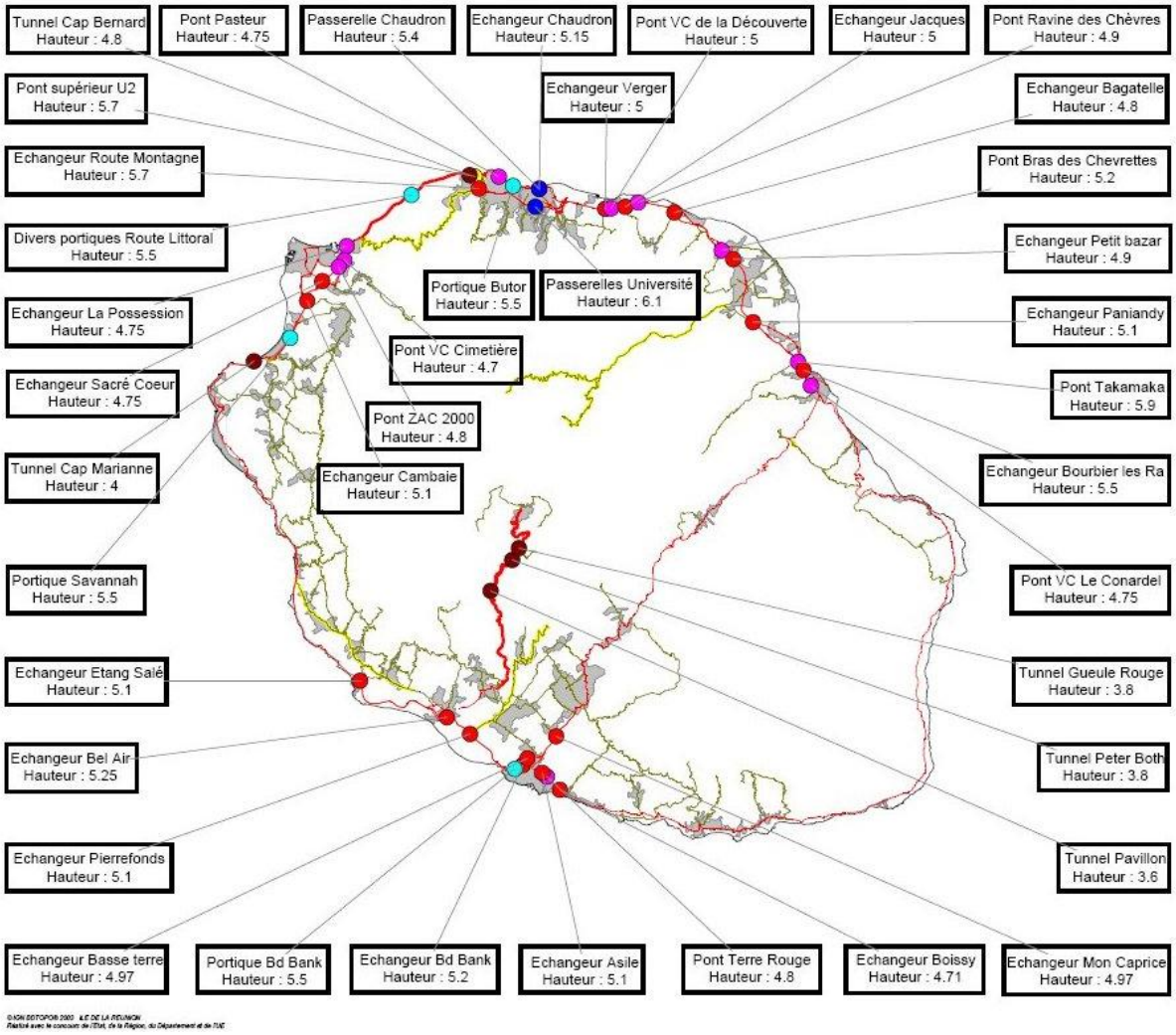


Illustration 33 : Limitation de hauteur des camions sur le réseau national (document DDE, 2009)

6.7. LES FLUX DE MATERIAUX

Ils concernent essentiellement les flux de granulats.

6.7.1. Les flux côtiers

Une estimation des principaux flux annuels en 2006 a été réalisée en comparant la production des quatre pôles d'activité extractive, à la consommation des quatre microrégions calculée à partir de la répartition de la population (illustration 34).

Les principaux flux de granulats s'observent depuis les zones de production vers les centres de consommation déficitaires. Ces déficits sont liés à la rareté ou à l'absence de ressources dans ces secteurs et/ou à des besoins importants.

C'est le cas de la microrégion Nord (Saint-Denis) qui est approvisionnée par les extractions dans les cônes alluviaux de la Rivière du Mât et de la Rivière des Galets (Zone Arrière Portuaire). La ceinture routière à 4 voies facilite ces transports. Les principales difficultés proviennent de l'encombrement du réseau en période de pointe et lors des périodes de basculement de la circulation sur 2 voies entre La Possession et Saint-Denis. Certaines entreprises ont constitué des zones de stockage au niveau de l'agglomération de Saint-Denis, ce qui leur permet d'utiliser des camions de grande capacité (38 tonnes) et d'optimiser leur transport en pratiquant des convois nocturnes (pour éviter les encombrements).

Un flux important de matériaux se produit également des installations de la Rivière des Remparts vers l'ouest pour satisfaire les besoins de la zone Saint-Pierre/Saint-Louis.

A l'échelon plus local, on observe également des flux de granulats depuis les installations de la Rivière du Mât vers l'agglomération de Saint-Benoît et depuis les installations de Saint-Paul et du Port vers la région de Saint-Gilles à Saint-Leu. Au sud, les flux sont rayonnants depuis les installations de Bel Air à Saint-Louis vers les agglomérations du Tampon, de Saint-Pierre et de l'Etang Salé.

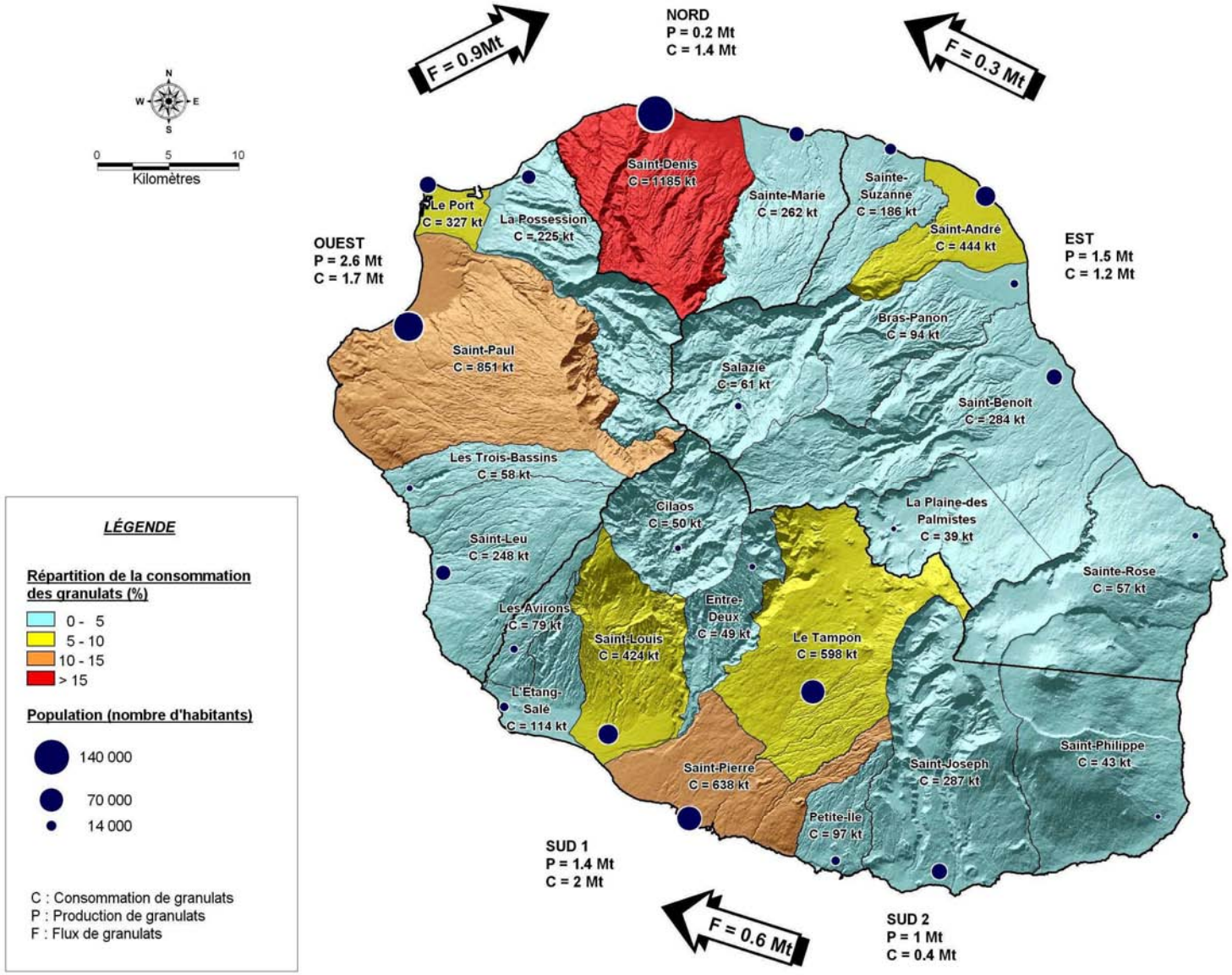


Illustration 34 : Carte des principaux flux de granulats en 2006

6.7.2. Les flux vers les Hauts

Les centres de production de granulats étant situés sur la côte, les granulats doivent être transportés vers les sites de consommation des Hauts. Ces flux s'opèrent par le réseau des routes départementales, dont les caractéristiques sont défavorables au transport (pente forte, charge limitée...).

L'urbanisation des premières pentes de l'île a induit une augmentation des flux vers les Hauts : développement du secteur de la Montagne à Saint-Denis, des Hauts de la Possession (Dos d'Ane) et de Saint-Paul (Plateau Caillou), des régions des Trois Bassins et du Tampon. Ces flux concernent aussi, dans une moindre mesure, le secteur des Plaines et les cirques. La mise en circulation à mi-pente de la Route des Tamarins en 2009 devrait faciliter le transport des matériaux vers les secteurs de Saint-Gilles, Trois Bassins, Saint-Leu, les Avirons et l'Etang Salé.

7. Intégration des carrières dans l'environnement

7.1. LES PROBLEMES ENVIRONNEMENTAUX

7.1.1. Les nuisances générées par les carrières

Les atteintes peuvent porter sur:

- l'atmosphère (bruit, vibrations, poussières, projections) ;
- le paysage (dégradation et transformation des sites, dépôt de poussières et d'ordures) ;
- le milieu naturel (faune, flore, eaux) ;
- le milieu humain (bruit, vibrations, dangers).

a) Le bruit

Le bruit de fond d'une carrière est déterminé par le bruit des installations de traitement (concassage, criblage,..), la circulation des engins de chargement et de transport, les foreuses. A la source, le niveau sonore est voisin de 100 décibels.

S'ajoute à ce bruit, continu et répétitif, des bruits impulsionnels et brefs tels que tirs de mine, klaxons, sirènes.

La perception du bruit dépend de la topographie du site de carrière et des conditions climatiques (vent, pluie, humidité, plafond nuageux...).

Le bruit doit être considéré sur le site d'extraction, sur les zones de transformation et de stockage, mais également sur les voies d'accès.

b) Les vibrations

Elles sont générées par les installations de la carrière et par les tirs de mines. Les vibrations constituent une gêne pour les personnes et pour les constructions.

Les vibrations induites par un tir sont fonctions de la charge utilisée et du plan de tir, de la nature de l'explosif, de la nature et de la structure des terrains.

c) Les projections

Lors des tirs de mines, des blocs peuvent être projetés. Ces projections sont en général dues à une répartition de la charge explosive ne tenant pas compte des zones de moindre résistance.

d) Les poussières

Les poussières constituent la principale source de pollution de l'air lors de l'exploitation des carrières. Elles sont occasionnées par le transport et le traitement des matériaux et, dans le cas de carrières de roches massives, par la foration des trous de mine et l'abattage de la roche. Comme dans le cas du bruit, l'importance des émissions poussiéreuses dépend de la climatologie du secteur, de la topographie et de la granulométrie des éléments véhiculés. Les émissions de poussières peuvent avoir des conséquences sur la sécurité publique, la santé des personnes, l'esthétique des paysages et des monuments, la faune et la flore.

e) Les impacts sur le paysage

On peut distinguer l'atteinte portée pendant la phase d'exploitation de la carrière et l'atteinte liée à la modification de l'état initial lors de la réhabilitation du site.

Pendant la période d'activité de la carrière, le paysage est modifié à la suite des opérations de décapage des sols et d'extraction, par l'apparition d'engins, d'installations de traitement, de stocks de matériaux et de fronts d'exploitation (front de taille). La perception des paysages évolue au fur et à mesure de l'avancement des extractions (apparition d'un plan d'eau, suppression d'une butte, d'un relief,..) jusqu'au stade ultime de la réhabilitation définitive du site.

L'impact définitif, après la phase de réhabilitation peut être atténué par une restitution des terres à leur état d'origine ou bien par la création d'un nouveau paysage.

Il convient de souligner que certaines carrières peuvent nuire à la perception des paysages du cœur du Parc National, y compris si elles sont implantées hors de ce périmètre où la préservation des paysages est fondamentale.

f) Les impacts potentiels sur les milieux aquatiques

Les impacts potentiels des exploitations de carrière résultent principalement des rejets de matières en suspension qui peuvent entraîner des perturbations de la qualité du milieu aquatique, récepteur des eaux de ruissellement.

La qualité des eaux, superficielles et/ou souterraines, peut également être affectée par la manipulation de produits (déchets de la carrière) susceptibles de libérer des éléments indésirables, voire toxiques.

En ce qui concerne les extractions dans le lit mineur des cours d'eau dans le cadre de curages d'entretien ou d'urgence, les impacts potentiels concernent le milieu physique (abaissement de la ligne d'eau, phénomènes d'érosion régressive et progressive, déstabilisation des berges, élargissement du lit, mise à nu de substrats fragiles, apparition de seuils rocheux, assèchement d'anciens bras, dommages sur les fondations des ouvrages, abaissement du niveau des nappes alluviales...).

Les impacts concernent l'hydrobiologie et la qualité des eaux : modification, voire destruction totale, de l'habitat aquatique, des frayères et des zones de refuge, destruction de la végétation aquatique, accélération de l'eutrophisation, augmentation de la turbidité et dégradation de la qualité de l'eau, dommages directs à la faune aquatique. Certains de ces effets s'atténuent après cessation des activités extractives, mais la plupart, et notamment les atteintes au milieu physique, ne sont pas réversibles.

De même, la continuité hydraulique et le maintien de la qualité des cours d'eau sur tout le linéaire sont essentiels pour les peuplements piscicoles, toutes les espèces indigènes de poissons étant des espèces migratrices effectuant une partie de leur cycle en mer.

En outre, ces activités extractives sont susceptibles d'occasionner la destruction de zones à fort intérêt écologique ou qui jouent un rôle important dans le fonctionnement des cours d'eau.

g) Les impacts sur la faune et la flore

Très souvent, des pestes végétales envahissent les parties décapées des carrières. Un soin particulier sera porté à leur destruction permanente afin qu'elles n'envahissent pas à leur tour les espaces naturels jouxtant la carrière.

Les poussières générées par les activités de carrières sont susceptibles de causer des nuisances sur la flore environnante.

Les nuisances sur la faune sont le plus liées au bruit induit par les engins et les tirs de mine (dérangement des animaux), à la destruction de leur habitat (nids, terriers), et à

l'apparition de prédateurs (chiens errants, rats,...). Les nuisances peuvent être provoquées par la détérioration de la qualité physico-chimique des eaux ou la suppression de points d'eau.

Lors des opérations de défrichage, on veillera à préserver les espèces en place présentant un intérêt (plantes endémiques) par des actions de replantations, de bouturage par exemple.

Dans les zones naturelles sensibles, exposées au vent, des précautions particulières devront être prises pour limiter les envols.

De plus, la dissémination des espèces exotiques envahissantes depuis les carrières vers les chantiers où les matériaux sont mis en œuvre est particulièrement avérée en ce qui concerne l'Ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*), fortement présents dans toutes les carrières de scories de l'île (Plaine des Cafres, Plaine des Palmites). Or ce matériau est mis en œuvre pour des travaux routiers ou des aménagements paysagers sur des espaces naturels à forte valeur patrimoniale dans la zone écologique favorable au développement de l'ajonc, y compris dans le cœur du Parc National. Malheureusement, l'éradication totale de l'ajonc d'Europe avant mise en exploitation et régulièrement durant l'exploitation, bien que souhaitable, est difficilement réalisable techniquement et ne permet pas d'éliminer le risque de dissémination lié à la banque de semences déjà présente dans les matériaux. Afin de lutter contre cette menace, il convient d'adopter une obligation d'information des utilisateurs de ces matériaux sur les risques environnementaux liés à la mise en œuvre des scories. En cas de mise en œuvre sur des sites particulièrement sensibles, une obligation de traitement préalable des matériaux ou d'élimination régulière des plants d'ajonc pourra être prescrite.

Selon la qualité des écosystèmes en présence et l'ampleur des nuisances potentielles, des mesures compensatoires seront demandées à l'exploitant.

7.1.2. Impacts constatés sur les carrières existantes

a) Le défrichement

Des défrichements ont été observés sur les cônes de scories exploités (Plaines des Palmistes, Saint-Joseph, Saint-Benoît). Ils concernent les zones d'extraction et les pistes d'accès. Ces défrichements ont parfois eu lieu dans les lits des ravines.

b) Le bruit

Les nuisances sont constatées au niveau des fosses d'extraction à proximité des milieux urbains ainsi que dans les zones de transport entre les sites d'extraction et les installations de traitement (Bras-Panon, Le Port, Saint-Louis).

c) Les poussières

Ces nuisances sont ressenties principalement sur les voies d'accès aux sites d'extraction. Le climat sec, la présence de vent quasi-permanente sont des facteurs aggravants.

d) Les paysages

Les atteintes paysagères sont relativement fortes du fait de la non prise en compte du caractère remarquable des sites. Les impacts les plus forts ont été constatés au niveau des cônes de scories, pour lesquels les extractions sont encore visibles depuis les voies d'accès et les routes avoisinantes.

e) Les dangers

Traditionnellement, les extractions sont éloignées des installations de premier traitement. Des situations de danger liées à la circulation d'engins apparaissent sur le parcours entre l'aire d'extraction et les installations.

f) La transformation des sites en décharges

Les carrières abandonnées sont souvent des zones de décharge privilégiées pour des détritus, des produits de démolition, des ordures ménagères,.....Cette pratique est d'autant plus facile que certains sites sont non clôturés et libres d'accès.

7.2. LA REDUCTION DE L'IMPACT DES EXTRACTIONS ACTUELLES ET FUTURES SUR L'ENVIRONNEMENT

L'analyse des atteintes que peuvent porter les carrières et les activités extractives à l'environnement conduit à proposer des moyens pour réduire ces nuisances.

Les recommandations et moyens à mettre en œuvre s'adressent aux extractions actuelles (en activité) et aux carrières futures qui devront être ouvertes pour satisfaire les besoins en matériaux de l'île.

7.2.1. Une meilleure intégration paysagère

L'intégration paysagère d'une carrière doit être analysée à trois niveaux :

- dès la phase de recherche du site d'extraction ;
- pendant la phase d'exploitation ;
- lors du réaménagement du site.

Pour ce faire, il est recommandé aux auteurs des études d'impact de faire appel aux compétences d'un professionnel du paysage dans le choix du site d'implantation et jusqu'à la remise en état définitive du site.

a) Lors du choix du site d'exploitation

Compte tenu de la consommation de l'espace causée par les extractions de matériaux, il convient d'être attentif à la protection du paysage. A cet effet, l'étude d'impact doit démontrer que l'intégration de la carrière dans le paysage est réalisée de façon satisfaisante.

On s'appuiera sur un inventaire descriptif du contexte environnant, en analysant ses différentes sensibilités (situation, couleur, texture). La description des différentes unités paysagères (micro-paysages) autour du site est primordiale dans l'analyse de l'état initial.

Les points de vue (ou points de perception) seront clairement identifiés.

L'implantation choisie devra respecter les caractéristiques morphologiques du secteur. L'orientation des fronts de taille sera choisie en fonction du champ visuel des points de vue. Le mode d'exploitation en « dent creuse » permet de réduire l'impact visuel.

Dans l'analyse de l'état des lieux, on s'attachera à évaluer les dynamiques de paysage à partir de clichés anciens, des cartographies anciennes, des projets en cours, des évolutions naturelles.

Pour les carrières situées à proximité du cœur de Parc, les simulations d'intégration paysagères devront inclure les points de vue vers le cœur de Parc ou depuis les itinéraires d'accès majeur au cœur du Parc.

b) Pendant la gestion de l'exploitation

L'impact visuel s'apprécie selon les différents points de vue d'où l'on est susceptible de voir la carrière (vision proche ou éloignée, dominante ou rasante), par les gens qui y vivent ou bien ceux qui les fréquentent occasionnellement.

Les installations de traitement et les stocks de matériaux devront être judicieusement implantés. Leur hauteur pourra être réduite afin de libérer le champ visuel.

Parfois, lorsque le champ visuel est contraint, des écrans peuvent être mis en place.

Ces écrans sont disposés en limite de parcelle. Le choix du type d'écran (haie, stock de découverte utilisé en merlon végétalisé, ...) doit être guidé par l'environnement de la carrière (zone naturelle, zone industrielle,...).

L'impact visuel étant lié à l'importance de la superficie de l'exploitation, l'impact est croissant au fur et à mesure que la carrière s'étend. Pour remédier à cela, une remise en état progressive et coordonnée à l'exploitation du site est recommandée, par une gestion en phases et par traitements successifs des surfaces, au fur et à mesure de l'avancement de l'extraction (cf. paragraphe 7.3).

Quelles que soient les dispositions mises en place, une carrière ne pourra être totalement cachée. L'image donnée de l'exploitation devra être soignée, par une conception professionnelle de l'entreprise (propreté des accès et du site, intégration du végétal sur le site de carrière).

c) Après la phase d'exploitation du site

L'exploitation d'une carrière est une phase temporaire dans l'histoire d'un site et il appartient au carrier d'en imaginer le devenir.

La remise en état de la carrière, ou son réaménagement en donnant une nouvelle vocation au site, doit permettre son intégration satisfaisante dans le paysage. Afin que l'espace transformé retrouve un sens, il doit être cohérent avec l'extérieur. L'insertion doit être globale.

Différents propositions d'intégration, extraites de l'étude « Carrières et Paysages DIREN/CAUE/ONF, sont proposées dans le paragraphe 7.3, en fonction du milieu environnant.

L'analyse de la dynamique des paysages à intégrer dans l'étude d'impact, revêt ici une importance toute particulière puisque au cours de la vie de la carrière, les paysages environnants ont pu évoluer (création d'une zone industrielle, modification des types de cultures, nouvelles routes..).

7.2.2. La réduction des nuisances sonores

a) Le bruit

Pour les exploitations dont les émissions sonores provoquées par l'abattage et le transport des matériaux sont susceptibles de constituer une gêne pour les riverains, on réduira ces émissions :

- en profitant, pour l'orientation du front de taille, de la topographie naturelle (creux et buttes) ou en modifiant celle-ci spécialement pour jouer un rôle d'écran (merlons de terre végétalisée, stocks de matériaux...) ;

- en réduisant le roulage à l'intérieur de la carrière (utilisation de convoyeurs) ;

- en cas d'utilisation de substances explosives, en procédant aux tirs à jours et heures fixes, après information des riverains, et en utilisant des détonateurs à micro-retards.

Pour les installations de traitement, on pourra réduire le bruit :

- en s'éloignant du récepteur ;

- en interposant un écran entre la source et le récepteur ;

- en agissant sur la conception même des machines (mise en place de toiles caoutchouc sur les surfaces métalliques soumises à des projections de pierres) ;

- en confinant totalement les matériels bruyants dans des bâtiments ou des capotages.

b) Vibrations

Les vibrations dues aux installations peuvent être facilement réduites (éloignement par rapport aux zones sensibles, socles anti-vibrations).

En ce qui concerne celles provoquées par l'utilisation d'explosifs, un certain nombre de mesures simples permettent d'atténuer leurs effets :

- utilisation de détonateurs électriques à micro-retards (échelonnement de quelques dizaines de millisecondes) qui engendrent des vibrations perçues séparément, sans accroissement de l'amplitude maximale ;

- orientation des fronts d'abattage adaptée à la fissuration et au pendage des couches, les vibrations se transmettant de façon préférentielle parallèlement aux discontinuités, permettant une dissipation d'énergie vers une zone ne présentant pas de risque.

7.2.3. La réduction des nuisances atmosphériques

a) Les projections

Les projections dues aux tirs de mines peuvent être réduites par :

- le choix et la localisation de l'explosif afin que les plans de discontinuité soient mis à profit (carreau de carrière réglé sur le plan de fracture subhorizontale, si possible) ;

- une répartition de la charge explosive afin d'éviter les projections dues aux zones de moindre résistance ;

- l'utilisation des fractures naturelles par l'orientation des fronts d'abattage en fonction du pendage des plans de stratification, si possible.

b) Les poussières

Un certain nombre de mesures permettent de se prémunir des émissions poussiéreuses au niveau de l'extraction et du transport :

- mise en place d'écrans naturels ou artificiels (front de taille concave, écrans végétaux, levées de terre,...) ;

- aménagement des stockages de matériaux (limitation en hauteur, pulvérisation d'eau aux points de chute, stockage des matériaux fins sous abri) ;

- utilisation de convoyeurs et limitation de la vitesse de roulage ;

- arrosage des pistes de circulation et des stocks par temps sec ;

- revêtement des pistes de circulation avec enduit ;

- utilisation de matériels équipés de dépoussiérage autonome ;

- intégration dans le plan d'exploitation de la carrière des données météorologiques (direction et force des vents dominants).

Au niveau des installations, certains postes peuvent être pourvus de dispositifs de captage ou de moyens de rétention des poussières (points d'alimentation de l'installation par les engins, concasseurs et cribles de l'étage primaire, ensemble des postes des étages secondaires et tertiaires, points de rejet des organes fixes de transport des matériaux). Ces aménagements peuvent être réalisés selon plusieurs méthodes : installation d'un capotage complet retenant les poussières aux points d'émission, installation d'un dispositif de pulvérisation fine d'eau et d'un capotage assurant le confinement du brouillard d'eau pulvérisée et des poussières au point d'émission, mise en place d'une prise d'aspiration canalisant les poussières émises vers un dispositif de dépoussiérage, construction de locaux ou de bardages enfermant

séparément ou globalement chacune des parties de l'installation, mise en dépression des locaux permettant d'éviter toute dispersion des poussières.

7.2.4. La réduction des impacts sur le milieu aquatique

a) Le traitement des eaux de lavage des installations et engins

Les eaux de lavage des installations de traitement seront entièrement recyclées à l'aide de dispositifs performants.

Des précautions strictes seront prises, pendant toute la durée de l'exploitation, afin de préserver le milieu aquatique de tout risque de pollution accidentelle. Des aires étanches avec cuvettes de rétention seront aménagées au niveau des zones de stationnement ou d'entretien des engins et sous les stockages de produits potentiellement polluants.

b) Le traitement des eaux de ruissellement

Les eaux ruisselant sur le site de carrière seront maîtrisées et décantées avant leur rejet dans le milieu naturel. En effet, ces eaux sont généralement chargées en éléments fins (sables, limons, argiles...) et peuvent perturber les écosystèmes (accroissement de la turbidité).

Les points de rejet des eaux dans le milieu naturel seront choisis en fonction de la vulnérabilité de celui-ci. Afin de préserver des sites sensibles, des fossés et dérivations pourront s'avérer nécessaires (rejets à l'aval d'un étang par exemple, ou d'une prise d'eau ...)

Les eaux des bassins versants en amont seront détournées du site de la carrière de façon à éviter leur contamination.

c) Les opérations de dragage et d'entretien des ravines

La sensibilité du milieu sera examinée dans le cadre de l'étude d'incidence au titre de la loi sur l'eau (article L. 211-2 du Code de l'environnement).

Cette étude indique notamment les mesures à prendre pour limiter les impacts sur les populations piscicoles et de macrocrustacés et sur l'équilibre géomorphologique de la rivière.

En ce qui concerne les extractions dans les cours d'eau, les dispositions suivantes seront retenues :

- laisser les gros blocs pour réparer, dans la mesure du possible, les dégâts causés ;

- aménager, si nécessaire, le lit du cours d'eau de façon à favoriser le comblement des fosses d'extraction et à limiter la progression des érosions progressives et régressives ;

- recréer un axe d'écoulement pérenne ;

- examiner la possibilité de permettre un engraissement du cordon littoral (pour éviter une érosion du trait de côte).

Toutes les mesures devront être prises pour éviter ou limiter les rejets de matières en suspension en période critique dans le milieu aquatique (reproduction des poissons, étiage sévère).

d) La protection des nappes

Le contexte hydrogéologique sera pris en compte dans l'étude d'impact. Ce volet "hydrogéologie" devra, pour tous les projets d'extraction, définir les éléments suivants :

- le sens de l'écoulement de la nappe, à l'aide des données piézométriques existantes, en période d'étiage et de hautes eaux ;

- les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (épaisseur, profondeur, perméabilité, coefficient d'emmagasinement) ;

- la géologie de l'aquifère (nature de la couverture, nature et position du substratum, différents aquifères) ;

- la vulnérabilité de la nappe ;

- l'importance de la réserve d'eau au droit du projet ;

- le niveau d'exploitation des eaux souterraines ;

- la qualité des eaux souterraines évaluée à partir des analyses chimiques et bactériologiques faites sur les captages ;

- les sources de pollution individuelle, collective ou industrielle au droit ou en amont du projet.

7.2.5. La conservation des champs d'inondation

Les projets de carrière ne doivent pas réduire les champs d'expansion des crues. L'étude d'impact devra démontrer que les projets de carrière n'augmentent pas les risques d'inondation sur les zones urbanisées.

7.3. LA REMISE EN ETAT ET LE REAMENAGEMENT DES SITES D'EXPLOITATION

7.3.1. La réglementation en matière de remise en état des carrières

La réglementation impose une remise en état obligatoire du site en fin d'exploitation selon les modalités qui sont fixées par l'arrêté préfectoral d'autorisation.

Il est précisé dans l'article 16-4 de la loi du 04 janvier 1993 que "tout exploitant de carrière qui n'aura pas satisfait aux obligations de remise en état d'une carrière autorisée au titre des articles 5 et 6 peut se voir refuser une nouvelle autorisation d'exploiter."

L'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations des carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières stipule (article 12) que "la remise en état doit être achevée au plus tard à l'échéance de l'autorisation, sauf dans le cas de renouvellement de l'autorisation d'exploiter***."***

La remise en état comporte au minimum les dispositions suivantes :

- la mise en sécurité des fronts de taille ;

- le nettoyage de l'ensemble des terrains et, d'une manière générale, la suppression de toutes les structures n'ayant pas d'utilité après la remise en état du site ;

- l'insertion satisfaisante de l'espace affecté par l'exploitation dans le paysage, compte tenu de la vocation ultérieure du site.

Des garanties financières sont exigées avant le début de l'exploitation, pour prévenir toute défaillance de l'exploitant et assurer la remise en état de la carrière.

7.3.2. Définitions et principe

Dès l'achèvement de l'extraction de matériaux, divers types d'opérations peuvent être conduits sur les sites de carrière.

a) Définitions

La remise en état du site : elle consiste à effacer les empreintes de la carrière et favoriser son insertion dans le milieu environnant. Cette remise en état est obligatoire et à la charge du pétitionnaire (cf. paragraphe précédent). Elle comprend la remise en état des accès à la carrière.

L'aménagement « au sens strict » est une revalorisation du site de la carrière qui permet de créer un espace nouveau présentant un intérêt touristique, agronomique, foncier, écologique. Cette opération, parfois de grande envergure, dépasse le cadre de l'exploitation de matériaux (intervention d'autres acteurs).

La réhabilitation : ces opérations concernent les sites de carrières anciennes abandonnées, qui sont souvent dégradés, voire dangereux. Il s'agit de redonner une vocation à la zone ou de lui assurer une meilleure intégration dans le milieu environnant.

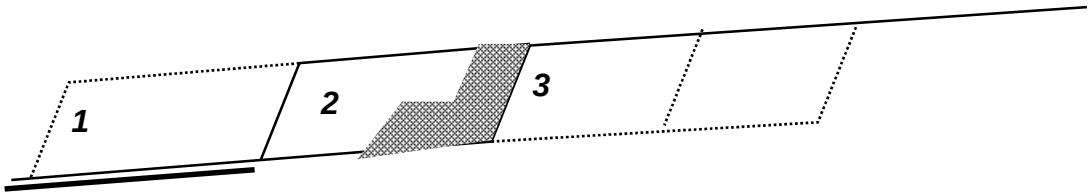
b) Le phasage de l'extraction

Quelle que soit la vocation ultérieure du site, il est primordial de planifier l'extraction en plusieurs phases et de lancer les opérations de remise en état simultanée du site en cours d'exploitation afin de :

- réduire l'emprise de la surface d'extraction de la carrière et par voie de conséquence, de minimiser l'impact de la carrière sur l'environnement ;

- réduire les coûts de remise en état en les engageant dès les opérations d'extraction.

Pour les projets d'extraction de longue durée et/ou de grande ampleur, il est souhaitable de privilégier les autorisations pour des phases d'exploitations limitées dans le temps et dans l'espace. Le renouvellement des autorisations sera subordonné à la remise en état des parties exploitées. Les conditions de remise en état du site seront examinées lors des décisions de renouvellement (illustration 35).



1) ***Autorisation 1, extraction et remise en état achevée,***
2) ***Autorisation 2, extraction en cours,***
3) ***Demande d'autorisation 3, renouvellement subordonné à la remise en état de 2.***

Illustration 35 : Principe de conduite d'une extraction

Pour les extractions de gisements stratégiques pouvant faire l'objet de plusieurs demandes d'ouverture de carrière, les remises en état pour chaque carrière devront être en accord avec la vocation future de la zone (agricole, espace naturel, aménagement touristique, zone industrielle...). A cet effet, un schéma d'extraction global pourra être réalisé par le gestionnaire de la zone.

c) Les opérations de réaménagement

Hormis l'intégration de la carrière dans l'environnement, il convient de prendre aussi en compte la ressource en matériaux dans le choix du réaménagement. En effet, ce dernier peut, par les investissements qu'il entraîne, par l'activité qu'il génère, geler définitivement une ressource. Dans le cadre d'une utilisation rationnelle et économe des matériaux, il conviendra, dans les zones de ressources rares et nobles, de privilégier des réaménagements qui ne pénalisent pas l'exploitation ultérieure des matériaux, soit au droit de la zone d'extraction, si la ressource n'a été que partiellement exploitée, soit aux abords de celle-ci si le gisement s'étend au-delà de la carrière.
Les réaménagements de carrière consistent à créer des espaces nouveaux, avec création d'éventuels équipements ou d'infrastructures, ou à défaut remise en état des moyens de production préexistants tel que le réseau d'irrigation dans les espaces agricoles. La nouvelle affectation est souvent différente de l'affectation origine.

L'intervention des collectivités locales et d'instances telles que les conservatoires régionaux d'espaces naturels peut être envisagée afin de prendre en charge l'entretien et l'exploitation des sites après réaménagement.

7.4. LES DIFFERENTS TYPES DE REAMENAGEMENT DE CARRIERES

7.4.1. Bilan des actions de réaménagement à la Réunion

Les actions de réaménagement significatives réalisées avant 2000 sont décrites ci-dessous :

La gravière du Colosse sur la commune de Saint-André a été aménagée en base de loisirs par la commune.

La carrière de scories du Piton Doré à la Plaine des Palmistes a été aménagée en aire de pique-nique, par l'ONF, en partenariat avec le Conseil Général et la Région. Le réaménagement a consisté à végétaliser les talus de la carrière (technique de fascinage et plantations sur banquette), à créer des parkings, des aires de circulation, avec un mobilier propre à une aire de pique-nique (tables et bancs, poubelles).

La carrière de scories de la Pointe Langevin à Saint-Joseph, en bordure du littoral, est devenue un espace de loisirs (aires de pique-nique, parcours sportif, terrain de sport...).

Sur la commune de Saint-Paul, une carrière abandonnée a été remblayée par des matériaux inertes. Il s'agit d'une ancienne gravière créée lors de la construction de la route nationale.

La carrière du Piton Lacroix à la Plaine des Cafres a été réhabilitée en 2003 par l'ONF en retenue d'eau pour la lutte contre les incendies (DFCI).

D'autres projets étaient à l'étude à 2001 et concernaient :

- la gravière du Gol sur la commune de Saint Louis, dans le cadre du schéma d'aménagement du site du Gol ;

- la carrière du Piton Rond à la Plaine des Palmistes, dont la réhabilitation est prévue en site naturel avec table d'orientation ;

- la carrière de scories de l'Anse des Cascades à Saint-Rose, avec un projet de création d'une aire d'accueil touristique intégrée au milieu (projet commune/ONF).

7.4.2. Réaménagement des carrières en nappe (gravières en eau)

Les formes de réaménagement envisageables sont nombreuses (illustration 36). Toutefois, le choix du type de réaménagement doit être examiné attentivement en tenant compte des caractéristiques de l'aquifère (qualité des eaux, renouvellement, risque d'eutrophisation, vulnérabilité de la nappe, invasion des eaux marines...) et des caractéristiques du milieu superficiel (zone inondable, relation avec les écoulements superficiels, intégration dans le paysage, proximité du littoral).

Chaque type de réaménagement appelle des morphologies de plans d'eau adaptées. La diversification des formes de réaménagement (zone naturelle, bases de loisirs, aquaculture,..) sera privilégiée tout en évitant le mitage du paysage.

a) Les réaménagements en base de loisirs (baignade, canotage, pêche,..)

Le plan d'eau doit être pérenne et suffisamment profond. La stabilité des berges doit être assurée après l'arrêt de l'extraction. Pour cela, il est nécessaire de disposer de pentes faibles. La création de hauts-fonds à la périphérie réduit les risques de noyade et d'affaissement des berges.

La qualité des eaux est déterminante vis-à-vis de la faisabilité d'un tel aménagement.

b) Les aménagements paysagers et écologiques

On privilégiera les morphologies qui permettent de reproduire des conditions adaptées à la faune et à la flore de l'île, proches de celles des milieux naturels existants dans le secteur considéré et plus particulièrement de celles qui favorisent la protection des espèces menacées.

c) Les aménagements aquacoles

La qualité de l'eau est déterminante tout comme la pérennité du plan d'eau en période d'étiage. A noter que ces aménagements nécessitent la création de multiples bassins et que les rejets aval sont souvent polluants. A la Réunion, les conditions hydrologiques des cours d'eau en période d'étiage (débits très faibles) permettent difficilement la mise en place de pisciculture sans perturber considérablement la qualité de l'eau des rivières.

d) Le remblaiement des gravières sous eau

Compte tenu des difficultés à contrôler la qualité des matériaux, les décharges de déchets inertes sous eau seront interdites.

e) La constitution de réserves d'eau

Le stock d'eau disponible dans une gravière peut être utilisé à des fins agricoles, sylvicoles ou dans la lutte contre les incendies. Les variations brusques du niveau d'eau à la suite de sollicitations doivent être examinées tant sur le plan hydraulique que sur le plan de la stabilité des talus.

f) L'alimentation artificielle d'aquifères et/ou de champs captants

Cet aménagement est envisageable et intervient dans le cas d'aquifères peu profonds et très sollicités. Il nécessite des études préalables de faisabilité.

7.4.3. Réaménagement des carrières en cône alluvial

Les gisements alluvionnaires de la Réunion se situent sur le pourtour de l'île au débouché des grandes ravines. Ces plaines (cônes alluviaux) constituent des entités paysagères à part entière visibles depuis les planèzes amont. Les zones potentiellement exploitables sont des zones agricoles ou des zones d'activité.

Les réaménagements envisageables sont la remise en culture, la réalisation de parcours sportifs ou l'implantation de zones d'activité.

Les risques d'inondation peuvent survenir en période de fortes pluies. Ces inondations sont provoquées par :

- les eaux réceptionnées dans la fosse lorsque le débit d'infiltration est inférieur aux précipitations (très probable compte tenu du régime climatique de l'île de la Réunion) ;

- l'apparition d'une nappe superficielle temporaire dans les alluvions. Ces niveaux sont difficilement décelables par les réseaux piézométriques classiques ;

- les remontées de niveaux aquifères sous l'effet d'une forte alimentation.

La stabilité des talus doit être garantie après l'arrêt de l'extraction. Pour cela, il est nécessaire de disposer de pentes sécuritaires (pente inférieure à l'angle de frottement du matériau). Si des venues d'eau pérennes ou temporaires apparaissent dans le talus, ou dans le cas de matériaux fins, un calcul de stabilité pourra être demandé en tenant compte des paramètres suivants : caractéristiques des matériaux, hauteur totale du talus, niveau de la nappe, surcharge éventuelle en sommet de talus…

Etat de la carrière		***Possibilités de réaménagement***
Carrière en eau	*Faible profondeur d'eau (<1m)*	*Réserve ornithologique* *Zone naturelle* *Pisciculture* *Bassin de lagunage* *Bassin d'infiltration ou de décantation des eaux pluviales (alimentation d'aquifères)* *Assèchement et/ou remblayage pour une réutilisation agricole* *Coupure d'urbanisation*
Carrière en eau	*Profondeur d'eau moyenne ou forte (>1 m)*	*Bases de loisirs polyvalentes* *Bassin de pêche* *Zone de baignade* *Barque et canotage* *Bassin piscicole* *Bassin de stockage d'eau, ou d'alimentation d'aquifères et/ou de champ captant.*
Carrière hors d'eau	*en fosse*	*Remblayage* *Remise en culture* *Reboisement* *Retenue artificielle (stockage d'eau)* *Bassins d'eaux pluviales (effet tampon)*
Carrière hors d'eau	*A flanc de relief*	*Remise en culture* *Reboisement* *Zone résidentielle en milieu urbain* *Zone industrielle en milieu périurbain* *Parc de loisirs* *Terrains sportifs*

Illustration 36 : Les différents types d'aménagement envisageables

Les talus devront être protégés vis-à-vis des phénomènes de ravinement. Les graves alluvionnaires sont très sensibles aux phénomènes d'érosion (ravinement par les eaux

superficielles). Compte tenu du régime des précipitations de la Réunion (records mondiaux d'intensité de pluies), des protections devront être mises en œuvre pour préserver ces talus (végétalisation, détournement et canalisation des eaux en amont...).

Pour assurer **une bonne intégration paysagère** des carrières et réduire l'impact visuel des talus d'exploitation, les extractions se feront de préférence de l'aval vers l'amont. Ces talus seront reboisés avec des espèces végétales adaptées à la qualité des sols et au climat local, et typiques de la zone.

7.4.4. Réaménagement des carrières en roches massives

Sont assimilées aux roches massives, du point de vue de la remise en état des lieux, toutes les roches cohérentes : les coulées basaltiques, les empilements de coulées et scories, les pyroclastites soudées, c'est-à-dire celles, qui naturellement, offrent des talus verticaux.

Le réaménagement doit permettre (illustration 37) :

- une mise en sécurité du site

La stabilité des talus définitifs doit être assurée notamment par la création de risbermes. Après un abattage à l'explosif, des blocs peuvent se détacher des talus. Pour s'affranchir d'éventuelles chutes, on doit privilégier les talus verticaux avec des risbermes intermédiaires plus larges.

Le degré de mise en sécurité sera déterminé en fonction de la vocation ultérieure du site (site touristique fréquenté, zone naturelle, ...)

- une insertion paysagère satisfaisante

On doit éviter les réaménagements trop typés (gradins, banquettes, talus rectilignes,...). Les fronts de taille seront disposés parallèlement aux ravines pour réduire l'impact visuel depuis la côte. Les risbermes sont l'élément essentiel des réaménagements de carrières en roche massive : elles permettent un reboisement des talus et, ainsi, une meilleure intégration paysagère. Pour assurer une meilleure intégration, la forme des fronts taille sera retravaillée.

Pour favoriser la recolonisation végétale, il peut être nécessaire de rapporter sur ces banquettes de la terre végétale. Le choix des essences tiendra compte des conditions climatiques locales (zone sèche ou humide) et des peuplements existants.

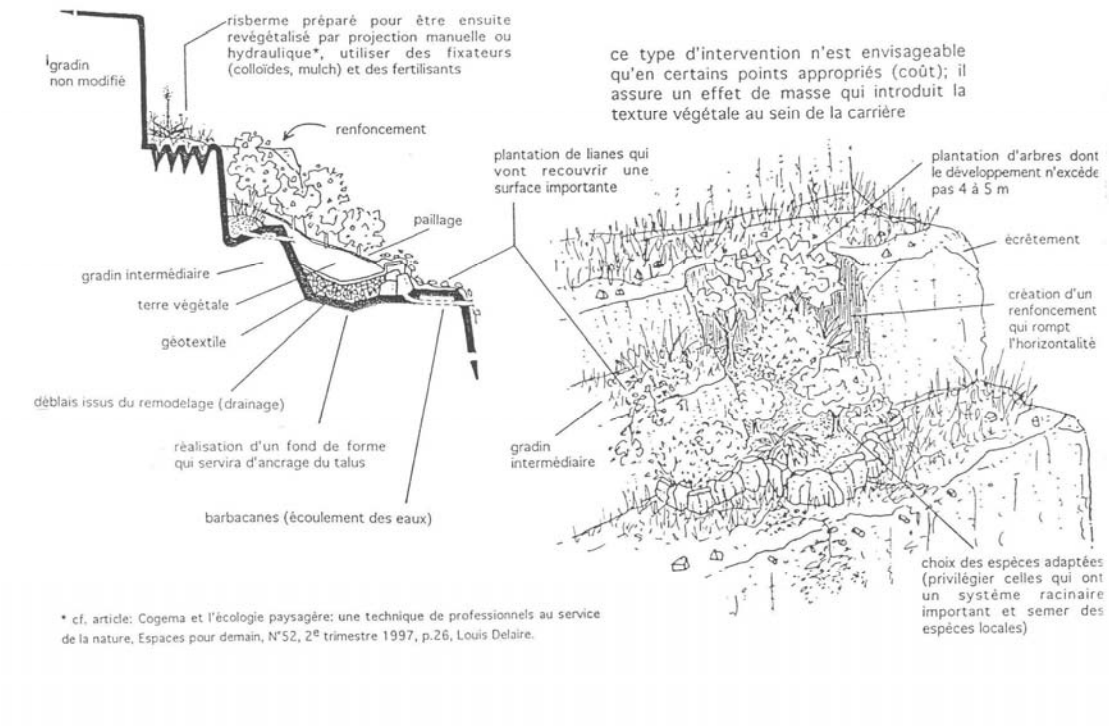


Illustration 37 : Principe de réaménagement de carrière en roches massives (source : étude Carrières et paysages, 1998)

7.4.5. Réaménagement des carrières de scories

Les carrières de scories sont situées le plus souvent ou sur le flanc de pitons et ont été ouvertes après un défrichage des terrains.

La réhabilitation doit permettre (illustration 38) :

- une insertion satisfaisante du site dans le paysage (impact paysager très fort amplifié parfois par la couleur rouge des scories) ;

- une mise en sécurité définitive des talus. Les talus des carrières de scories sont généralement très pentés, voire verticaux et ne sont pas stables sur le long terme.

Une réhabilitation du site est possible, soit en aire touristique (exemple de la carrière du Piton Doré à la Plaine des Palmistes), soit en reboisement.

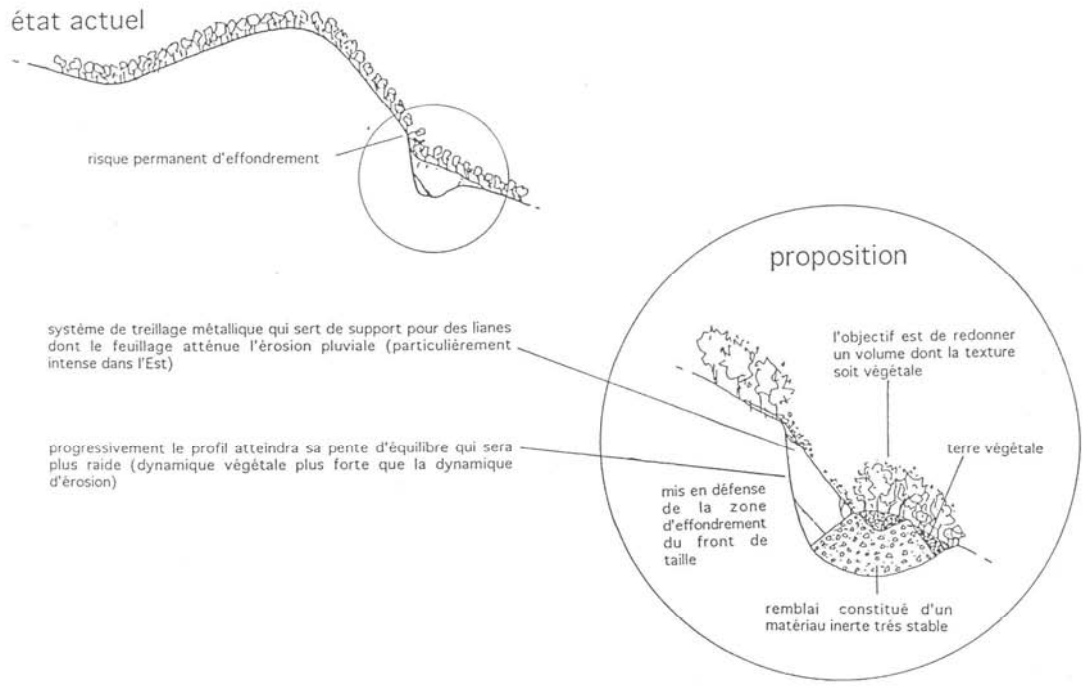


Illustration 38 : Réaménagement d'une carrière de scories (source : étude Carrières et paysages,1998)

7.4.6. Recommandations pour un réaménagement adapté en fonction du milieu

Hormis le type de carrière (en fosse, à flanc de coteau, en lit mineur) et la nature du matériau (alluvions, scories, roches massives), le réaménagement des carrières doit intégrer les recommandations spécifiques au nouvel usage du site après arrêt de l'extraction.

a) En milieu agricole

Le réaménagement doit permettre une remise en culture satisfaisante des parcelles, ce qui impose :

- une épaisseur minimale de sol ;
- une bonne fertilité du sol et une « pierrosité » peu élevée ;

- un aplanissement du terrain et un découpage parcellaire adapté ;
- une portance minimale du sol pour garantir le passage des engins agricoles ;
- une restauration des chemins d'accès, des fossés ou drains ;
- l'implantation éventuelle de haies brise-vent ou de haies anti-érosives.

Ces recommandations seront à examiner par le pétitionnaire, dans le cadre de l'instruction de sa demande d'autorisation, avec les interlocuteurs et administrations concernés : DAF, Chambre d'Agriculture, SAFER, agriculteurs, ...

b) En milieu périurbain et urbain

Le réaménagement conduit, la plupart du temps, à donner un nouvel usage au terrain, différent de celui qu'il avait avant la création de la carrière. L'accent portera sur :

- la maîtrise des eaux pluviales ;
- la stabilité des talus ;
- la fonctionnalité du site ;
- l'intégration dans le plan d'aménagement urbain...

Ces recommandations seront à examiner par le pétitionnaire, dans le cadre de l'instruction de sa demande d'autorisation, avec les services de l'Equipement et de la Commune.

c) En milieu de nature de forêt

Les modalités du reboisement intégreront :

- la nature des sols et leur fertilité, leur stabilité ;
- les dispositifs de lutte contre l'érosion (fascinage des talus et des pentes) ;
- le choix des essences à réintroduire ;
- l'arrosage éventuel des plants ;
- l'entretien nécessaire du reboisement (éclaircissement, débroussaillage, arrachage des pestes végétales...) ;
- la faune (points de nidification par exemple).

Ces recommandations seront à examiner par le pétitionnaire, dans le cadre de sa demande d'autorisation, en liaison avec l'ONF, la DAF, la DIREN...

d) En milieu naturel

Il faut distinguer plusieurs types de milieux : forêts, friches, zones humides, zones minérales littorales, …

S'agissant des milieux aquatiques, humides, la réhabilitation tiendra compte :

- des espèces et essences reconnues dans le milieu environnant ;
- des conditions hydrologiques à recréer.

Pour les zones naturelles de protection forte (ZNIEFF), l'accent portera sur :

- la réintroduction d'espèces endémiques ou rares ;
- la suppression des pestes végétales ;
- l'aménagement des points de nidification visant à protéger la faune ;
- les conditions d'accessibilité au site (accès interdit, accès pédestre, accès public...).

Ces recommandations seront à examiner par le pétitionnaire, dans le cadre de sa demande d'autorisation, en liaison avec la DIREN, les associations de protection de l'environnement...

7.5. REMISE EN ETAT ET REAMENAGEMENT DES CARRIERES ABANDONNEES

Certaines carrières anciennes ou sites d'extraction temporaire abandonnés n'ont pas fait l'objet de remise en état ou réaménagement après exploitation. Ces sites, actuellement inoccupés, n'ont pas été affectés à un nouvel usage. Certaines de ces carrières constituent des sites dégradés et présentent des risques potentiels pour la sécurité ou l'environnement, risques qui peuvent être ponctuellement accrus par des pratiques illicites (déblais, abandon de déchets potentiellement polluants, etc.).

La réglementation prévoit que les sites abandonnés, sans remise en état, ou avec une remise en état sommaire (zone mitée) après exploitation et qui posent des problèmes d'environnement notables peuvent faire l'objet d'une remise en état par les collectivités, si aucune action administrative ou judiciaire n'est plus possible à l'encontre de l'ancien exploitant (cf. circulaire du 11 janvier 1995).

Les principes qui doivent conduire les réhabilitations sont, sur le plan technique, les mêmes que ceux édictés pour les remises en état et réaménagements à charge de l'exploitant.

On privilégiera, lorsque les conditions le permettent sur le plan environnemental et lorsque la ressource le justifie, la reprise de l'extraction. Pour ce faire, une demande d'ouverture de carrière devra être déposée par un pétitionnaire, avec les garanties financières permettant cette remise en état souhaitée.

7.6. MISE EN ŒUVRE DES MESURES D'INTEGRATION DES CARRIERES DANS L'ENVIRONNEMENT

Ce chapitre a pour objet de résumer l'ensemble des outils législatifs et réglementaires mis à la disposition de l'inspection des installations classées pour atteindre les objectifs d'intégration dans l'environnement ainsi que les actions qu'elle mettra en œuvre à l'égard des exploitants responsables de la remise en état des carrières.

En cas de non respect des dispositions législatives et réglementaires, les exploitants sont passibles de graves sanctions administratives, financières et pénales.

a) Pour les nouvelles carrières et carrières existantes autorisées

Toute exploitation de carrière ne peut être entreprise sans y avoir été préalablement autorisée. L'exploitant doit déposer une demande d'autorisation avec une étude d'impact dans laquelle il s'engage en fin d'exploitation à remettre les lieux en sécurité et en état.

Les mesures qui en découlent sont, après enquêtes publique et administrative et avis de la commission départementale de la nature, des paysages et des sites (formation des carrières), reprises dans l'arrêté préfectoral d'autorisation.

b) Pour les carrières illégales en exploitation

Dans ce cas, l'exploitant est mis en demeure de régulariser sa situation (article L. 514-2 du Code de l'environnement).

Lorsque la carrière est compatible avec les orientations et objectifs du schéma départemental des carrières et régularisable au vu des éléments du dossier et des enquêtes publique et administrative, les mesures d'intégration de la carrière dans l'environnement sont prescrites dans l'arrêté préfectoral d'autorisation.

Lorsque l'exploitant ne satisfait pas à la mise en demeure de régulariser ou si sa demande est rejetée ou si la carrière n'est pas régularisable, l'exploitant est tenu de remettre les lieux en sécurité et état par voie d'arrêté préfectoral de fermeture dans un délai déterminé.

c) Pour les carrières abandonnées

A défaut de solvabilité de l'exploitant ou en cas de disparition juridique de celui-ci, la responsabilité du propriétaire est recherchée

Toutefois, en l'absence de tout élément intentionnel, le propriétaire ne peut en aucun cas être désigné comme responsable, en sa seule qualité de propriétaire.

Lorsque la responsabilité du propriétaire est établie, celui-ci peut faire l'objet des mêmes procédures qu'un exploitant au titre des installations classées.

Dans le cas contraire, les carrières abandonnées peuvent faire l'objet d'une remise en état par les collectivités.

Concernant les anciennes carrières en cœur du Parc National ou sur certains sites sensibles de l'aire d'adhésion (notamment à proximité d'itinéraires d'accès au cœur), et dans la mesure où celles-ci constituent des "points noirs" paysagers et environnementaux, les opérations de réhabilitation pourront intégrer le volet contractuel de la future charte du Parc National de La Réunion.

8. Orientations prioritaires et objectifs à atteindre

Les orientations du Schéma Départemental des Carrières s'articulent autour des deux principes précisés dans le décret n° 94 -603 du 11 juillet 1994, codifiés aux articles R. 515-2 à R. 515-7 :

- une utilisation économe et rationnelle des matériaux ;
- une réduction des impacts sur l'environnement.

Pour atteindre ces objectifs, plusieurs orientations ont été définies qui sont :

- valoriser tous les produits ou matériaux, générés par des activités autres que les carrières, dont la réutilisation ou le recyclage présente un intérêt économique et/ou environnemental pour l'île. Ce sont les déchets, les sous-produits industriels, les andains, les déblais, les mâchefers, pneumatiques ... ;
- gérer de façon rationnelle les ressources du sous-sol par la mise en place d'une politique durable d'économie des matériaux ;
- implanter de façon pertinente des nouveaux sites de carrière ;
- protéger ces sites de carrière et favoriser leur exploitation.

Ces orientations prises, il conviendra alors d'intégrer au mieux ces carrières, nécessaires au développement de l'île dans l'environnement. Ces mesures d'intégration, présentées dans le chapitre 7, visent à réduire les impacts liés à l'activité des carrières et à fixer les objectifs à atteindre en matière de remise en état et de réaménagement des sites.

8.1. VALORISATION DE MATERIAUX NON ISSUS DE CARRIERES

8.1.1. Favoriser l'utilisation de granulats recyclés

D'après le Plan de Gestion des Déchets du Bâtiment et des Travaux Publics de La Réunion, le gisement potentiel de granulats issus du recyclage des déchets inertes progresserait de 1,4 Mt/an en 2010 à 1,9 Mt/an à l'horizon 2020 (100 kt/an pour le bâtiment et 1,8 Mt/an pour les travaux publics). Ils représenteraient alors jusqu'à 30 % des besoins en granulats de La Réunion

La nécessité d'un partenariat entre les entreprises de recyclage et les pouvoirs publics s'impose pour :

- assurer l'utilisation des granulats issus du recyclage ;

- favoriser l'approvisionnement des sites de recyclage en interdisant les dépôts sauvages et en restreignant le stockage en décharge des matériaux valorisables ;

- valoriser l'image du granulat recyclé (politique incitative pour abaisser le prix des granulats recyclés et le rendre concurrentiel ; fiabilité et performances des granulats recyclés) ;

- créer une filière professionnelle "matériaux issus de démolition".

Des clauses spécifiques devront être insérées dans les appels d'offres publics pour la construction, incluant des variantes qui prévoiront l'emploi des déchets recyclés (écovariantes).

Dans les marchés publics de démolition, les clauses suivantes pourront être incluses dans les appels d'offres :

- les volumes de matériaux seront estimés par catégorie : matériaux durs, matériaux terreux, matériaux non inertes, produits spéciaux ;

- les matériaux durs (bétons, enrobés, pierres,..) seront transportés et déposés dans une unité de recyclage par broyage.

Afin de faciliter le recyclage des déchets, l'instauration de permis de démolition avec obligation de trier les matériaux pourrait être envisagée.

Dans le cadre des travaux de réfection des voiries, une implication des maîtres d'ouvrages est souhaitable pour inciter au recyclage des déblais (enrobés, bordures, dalles béton..). Des clauses pourront être incluses dans les appels d'offres signifiant l'obligation de diriger les déchets vers des unités de recyclage.

Certains aménagements peuvent nécessiter des d'affouillements de sol importants. On peut citer, à cet égard, les chantiers routiers, les créations de bassins d'eau, de retenues, de zones de loisirs, les implantations de bâtiments...

Dans le cadre des études d'impact qui concernent ces aménagements pouvant interférer sur les modes d'approvisionnement en matériaux d'une région donnée, l'incidence économique de la réalisation du projet, sur les activités existantes, devra être évaluée.

Les matériaux excédentaires pourront être dirigés :

- vers d'autres chantiers (remblaiement de site) à condition d'assurer la légalité de ces sites d'accueil ;
- vers des carrières ou des stations de concassage/criblage (installations existantes) ;
- vers des stations de transit qui, en fonction des volumes, sont soumises à déclaration ou autorisation (deux stations soumises à autorisation à La Réunion).

8.1.2. Propositions concernant les grands travaux d'infrastructure

Parmi les carrières recensées à la Réunion, certaines ont été ouvertes à l'occasion de grands travaux :

- la carrière des Lataniers à la Possession a été ouverte pour la construction du Port-Est ;
- la gravière du Colosse à Saint-André et la gravière du Gol à Saint-Louis ont été exploitées pour la réalisation de remblais routiers ;
- le projet de carrière de Cap Soldat à Sainte-Marie devait alimenter les travaux d'extension de la piste longue aéroportuaire.

Les grands travaux engendrent des besoins qui impliquent l'ouverture de carrières, pour des durées limitées, mais qui concernent des volumes importants.

Les grands travaux peuvent, à l'inverse, générer des excédents de matériaux. Par exemple, le creusement du Port-Est a fourni un stock important de matériaux alluvionnaires qui est actuellement exploité pour la fabrication de granulats.

Les excédents de matériaux issus du creusement de tunnels, de l'arasement de buttes pour la réalisation de plates-formes, sont susceptibles de modifier les données du marché local.

a) Principe d'une information préalable

Une information préalable sera mise en place dès que les volumes totaux en jeu seront supérieurs à :

- 500 000 m^3 pour des matériaux courants ;
- 250 000 m^3 pour des granulats nobles (alluvionnaires) ;
- 100 000 m^3 pour des matériaux rares (enrochements).

ou lorsque des besoins ne seront pas satisfaits dans la zone de travaux.

La démarche de l'information préalable est la suivante :

- constitution d'un dossier comprenant :
  - une présentation du projet ;
  - les besoins après optimisation du mouvement déblais/remblais ;
  - les excédents de matériaux ;
  - les ressources disponibles ;
  - l'impact sommaire sur l'environnement lié à l'exploitation de ces ressources ;
  - les orientations techniques et économiques ;
  - le calendrier de réalisation.
- consultation des partenaires concernés ;
- présentation des orientations retenues à la Commission départementale de la nature, des paysages et des sites (formation carrières) ;
- dépôt en Préfecture des demandes d'autorisation pour instruction.

Rappelons que, dans le cadre de l'analyse des incidences d'un projet, les études d'impact doivent traiter des impacts liés à l'extraction et au transport des matériaux nécessaires à la construction des ouvrages.

b) Orientations

Elles auront pour objectifs de :

- privilégier l'équilibre déblais/remblais, par rapport aux solutions alternatives éventuelles. Les administrations à l'origine des grands chantiers livreront une estimation des tonnages de matériaux déplacés afin de fournir un indicateur sur cette forme de "recyclage" ;
- recourir à l'alimentation à partir des carrières existantes, quand les conditions économiques, techniques, environnementales et réglementaires le permettent ;
- ne pas perturber l'équilibre local (besoin - ressource) ;
- favoriser les carrières situées sur l'emprise du projet, ou à proximité (notamment pour les gisements réservés aux usages courants)

Ces recommandations doivent être intégrées aux cahiers des charges des Maîtres d'Ouvrages dans le cadre des marchés de travaux.

Les deux grands projets de travaux prévus pour les dix ans à venir sont les suivants : le Tram-Train et la Route-Digue du Littoral (paragraphe 2.3). Le chantier de la Route des Tamarins a été achevé en 2009, mais d'autres chantiers routiers de moindre envergure sont programmés.

Le creusement des tunnels hydrauliques dans le cadre du "transfert des eaux Est-Ouest" générera aussi des excédents de matériaux.

Un projet se définit par :

- le volume total des déblais ;
- le volume des déblais réutilisables en remblais ;
- le volume des déblais réutilisables excédentaires ;
- le volume des déblais non réutilisables (mais recyclables) ;
- les besoins en matériaux de remblai ;
- les besoins en matériaux nobles pour la réalisation des plates-formes, des chaussées et des ouvrages d'art.

Dans le cadre de la mise en œuvre des orientations du Grenelle de l'Environnement, les entreprises de terrassement et de construction routière ainsi que les sociétés d'ingénierie ont signé avec le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEDDAT) et l'Assemblée des Départements de France (ADF) une convention d'engagement volontaire le 25 mars 2009. Les signataires s'engagent à préserver les ressources non renouvelables. Lors d'opérations de terrassement, de construction, d'aménagement ou d'entretien des infrastructures routières, les signataires s'engagent à :

- Réemployer ou valoriser 100% des matériaux extraits sur les chantiers

A l'horizon 2020, les entreprises de terrassement se fixent pour objectif de réemployer ou valoriser 100% des matériaux géologiques naturels excavés sur les chantiers et à éviter de recourir à des emprunts ou carrières extérieurs au projet. Il s'agira d'optimiser l'équilibre déblais-remblais des projets. En cas de déficit en matériaux du chantier, les entreprises rechercheront des emprunts dans l'emprise des chantiers, des emprunts contigus ou proches du projet, des apports en provenance de chantiers proches.

- Atteindre un recyclage de 100 % des routes

Les entreprises de construction routière s'engagent à passer d'un pourcentage de recyclage en centrale de 23% (pourcentage moyen 2009) à 60% des matériaux bitumineux issus de la déconstruction routière en 2012, pour se rapprocher ensuite des niveaux de recyclage de certains pays (82% en Allemagne en 2007) et de celui fixé par l'Europe (70% minimum en 2020).

8.1.3. Les andains

Cette ressource est estimée à 5 Mm^3 actuellement potentiellement mobilisables répartis sur environ 350 ha. Il a été convenu que la récupération des andains ne correspondait pas à un affouillement de sol et ne devrait pas être soumise à la réglementation "carrière". Les conditions d'exploitation des andains seront définies dans un protocole établi entre les diverses parties (entreprises, agriculteurs, propriétaires).

Toutefois, leur récupération peut avoir un impact négatif sur l'écoulement des eaux et sur l'érosion des terres. Elle est soumise au dépôt obligatoire d'un dossier (ex "Loi sur l'Eau") selon la surface d'aménagement concernée au titre de la rubrique 2.1.5.0 du Code de l'Environnement (1 ha à 20 ha D, > 20 ha A). Par ailleurs, les andains jouent un rôle majeur naturel et paysager dans les espaces agricoles.

Il convient donc d'engager des études préalables à tout enlèvement d'andain agricole afin d'éviter l'aggravation de l'érosion des sols, de maintenir les terrasses et éviter tout mouvement de sol durant et après les travaux. La recherche systématique de l'avis de l'avis des services de la DRAF est recommandée avant travaux.

" Les travaux décidés par la commission d'aménagement foncier comprenant des travaux tels que l'arrachage des haies, l'arasement des talus, le comblement des fossés, la protection des sols, l'écoulement des eaux nuisibles, les retenues et la distribution des eaux utiles, la rectification, la régularisation et le curage des cours d'eau non domaniaux " sont soumis à autorisation.

Les récupérations d'andains seront soumises à autorisation selon la procédure prévue dans les articles R. 214-6 à 214-56 du Code de l'environnement.

Au vu des difficultés rencontrées pour les enlèvements d'andains, il est apparu nécessaire de mettre en place des **protocoles d'enlèvement** (objectif du Schéma

Départemental des Carrières 2001) dans lesquels seront examinées les conditions rationnelles (techniques, économiques, environnementales,..) d'exploitation de cette ressource. Dès lors que ces protocoles d'enlèvement d'andains auront été définis et acceptés par toutes les parties concernées (agriculteurs, carriers, prescripteurs,..), l'approvisionnement à partir de cette ressource devra être favorisé.

La Chambre d'agriculture de La Réunion nous a précisé que, fin 2009, une charte d'enlèvement des andains avait été élaborée pour le secteur de Saint-Louis et était en discussion pour le secteur de Saint-Benoît (mais n'avait pas encore abouti).

Dans le même sens, la conception des réseaux routiers devra être étudiée de façon à faciliter l'accès à la ressource.

Les ressources en andains, parfois éloignées des installations de concassage, peuvent être traitées au moyen d'unités de concassage mobiles pour satisfaire des besoins localisés et temporaires. Cette possibilité devra être examinée au niveau des protocoles définissant les conditions d'exploitation des andains.

Des clauses spécifiques pourront être insérées dans les appels d'offres publics, qui prévoiront l'utilisation de cette ressource de substitution ainsi que les modalités d'exploitation.

Dans le cadre de la protection des terres agricoles dans les zones cannières, le principe d'une compensation en termes de surface d'andains à enlever avait été affiché dans le schéma des carrières 2001 pour les extractions dans les alluvions (Pierrefonds, Bras-Panon, Rivière de l'Est). Ces mesures de compensation, qui doivent être techniquement et économiquement supportables par les carriers, doivent être définies dans l'étude d'impact des demandes concernées.

Il serait également souhaitable de procéder à l'enlèvement des andains générés par la mise en culture des nouveaux périmètres irrigués pour valoriser les périmètres agricoles ainsi créés. Cette opération pourrait être réalisée par le maître d'ouvrage de la mise en culture qui mettrait les andains à la disposition des utilisateurs potentiels sur des terrains spécialement affectés à cet usage.

Enfin, conformément aux objectifs du SDC 2001, est recommandée la promotion des premières opérations exemplaires d'enlèvement d'andains agricoles et la mise en place d'un réseau d'échange d'informations et de savoir-faire en la matière (diffusion de plaquettes, de films vidéo, etc.).

8.1.4. Les entretiens et aménagements de ravines

a) Rappel des aspects réglementaires

Par arrêté ministériel en date du 22 septembre 1994 (article 11), « les extractions de matériaux dans le lit mineur des cours d'eau et dans les plans d'eau traversés par les cours d'eau sont interdites ». Si des extractions sont nécessaires à l'entretien dûment justifié ou à l'aménagement d'un cours d'eau ou à l'aménagement d'un plan d'eau, elles sont alors considérées comme un dragage. Les articles L.215-14 et L.215-15 du Code de l'Environnement précisent les critères relatifs à l'entretien régulier, à savoir qu'il a pour objet « de permettre l'écoulement naturel des eaux et de contribuer à son bon état écologique ou, le cas échéant, à son bon potentiel écologique, notamment par enlèvement des embâcles, débris et atterrissements,... ».

Par arrêté ministériel en date du 22 janvier 2001, les exploitations de carrières de granulats sont interdites dans les espaces de mobilité des cours d'eau. L'espace de mobilité du cours d'eau est défini comme l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le lit mineur peut se déplacer.

La loi sur l'eau 2006-1772 du 30 décembre 2006, par son article 8, modifie l'article 130 du code minier en supprimant les thèmes « dragage des cours d'eau » et « extraction temporaire lors d'un encombrement du lit des rivières ». Le décret n° 2009-841 du 8 juillet 2009 modifiant la nomenclature des installations classées a sorti du champ de la législation des ICPE les dragages qui relèvent désormais exclusivement des procédures Loi sur l'Eau, en cohérence avec les dispositions de l'article 130 du Code minier.

En cohérence avec cette disposition, le décret n° 2009-841 du 5 juillet 2009 a sorti du champ d'application de la législation des installations classées, les opérations de dragage en supprimant la rubrique 2510-2 de la nomenclature.

b) Les dragages ayant un caractère d'urgence

Le critère d'urgence ne sera retenu que dans le cas de circonstances exceptionnelles, non programmables et non répétitives. Les dragages sont rendus nécessaires par l'existence de dangers graves et imminents, consécutifs à un événement climatique. Ces travaux, limités dans le temps, ont pour objectif de restituer le bon écoulement de l'eau. Ils sont exclus de la législation des installations classées (loi sur l'eau de 2006 et décret n° 2009-841 du 8 juillet 2009).

c) Les opérations nécessaires à l'entretien des cours d'eau

Il s'agit de dragages effectués dans le cadre d'opérations programmables et répétitives sur une même ravine destinées au bon écoulement des eaux. Ces dragages qui visent à améliorer la sécurité des populations sont actuellement conduits dans la Rivière des Remparts. Ils sont exclus de la législation des installations classées (loi sur l'eau de 2006 et décret n° 2009-841 du 8 juillet 2009).

Compte tenu du caractère répétitif des dragages, du temps nécessaire à l'instruction des autorisations, une procédure concernant les opérations de dragage dans les ravines a été définie ; elle comprend deux étapes :

- la justification des opérations de dragage à partir d'un état des lieux exhaustif de la ravine ou rivière considérée. Il apparaît nécessaire de disposer d'éléments tangibles et indiscutables afin de mettre en place une gestion raisonnée et éclairée des extractions, nécessaire à la conservation des équilibres naturels ;

- l'évaluation des excédents de débits solides pour chaque rivière par le gestionnaire du Domaine Public Fluvial.

d) La justification préalable de la nécessité de dragage

Elle reposera sur une analyse fine de l'état initial de la ravine ou de la rivière qui servira à justifier la nécessité d'entretenir le cours d'eau en vue de garantir le bon écoulement des eaux. Elle s'appuiera sur les résultats de l'étude BRGM, conduite en 1997, intitulée «Analyse des ressources potentiellement renouvelables dans le lit des principales ravines» et des études initiées par la DDE dans le cadre du Plan de Gestion du Risque Inondation (exemple de l'étude hydrogéomorphologique de la Rivière du Mât, de la Rivière Saint-Etienne et de la Rivière des Pluies).

Un dossier sera constitué pour chaque ravine qui pourrait être concernée par des opérations de dragage ou d'entretien. Ce dossier comprendra :

- une étude géomorphologique (érosion régressive, déplacement du cours d'eau sur son profil en travers) ;
- une étude hydraulique comprenant une évaluation du débit solide ;
- une analyse environnementale ;
- une analyse des menaces potentielles liées aux transports solides, justifiant les travaux.

Les études hydrauliques et environnementales conduites sur l'ensemble de la rivière, ne peuvent pas préciser, a priori, les volumes à draguer qui sont consécutifs aux crues de la rivière. Mais, elles doivent indiquer les profils souhaitables à atteindre, les modalités de repérage et de calcul des volumes excédentaires à draguer. Le surcreusement est interdit. Afin de pouvoir se prononcer sur l'opportunité de ces travaux et de leur compatibilité avec la préservation de l'environnement, on définira, avec la meilleure précision possible, les tronçons de dragage potentiel.

Dans la mesure où ce dossier et les divers éléments de planification concernant ce cours d'eau démontrent l'opportunité d'en assurer l'entretien par enlèvement du matériau du lit mineur, le Préfet, pourra, sur avis favorable des services de la DDE, autoriser le dragage.

e) L'évaluation des excédents de matériaux à draguer et la demande d'autorisation

Pour chaque rivière concernée, les zones d'atterrissement (ou d'encombrement) seront identifiées, localisées, par le service gestionnaire du cours d'eau après chaque période ou événement cyclonique important.

Dans la demande d'autorisation de dragage, seront précisées les modalités de conduite de l'extraction, les incidences sur le milieu physique et hydrobiologique ainsi que les mesures prises pour limiter ces incidences sur le milieu (érosion, bichiques, etc.). La demande, qui aura pris en compte les données du dossier de justification, sera soumise à l'avis de la DDE. Le Préfet statuera sur la demande d'autorisation et délivrera une autorisation au titre de la rubrique 3.2.1.0. en application des articles L. 214-1 à L.214-6 et R. 214-1 du Code de l'Environnement (la circulaire du 4 juillet 2008 précise la procédure à suivre).

Les autorisations de dragage peuvent être délivrées sur plusieurs années, dans la mesure où périodiquement et régulièrement, il peut y avoir nécessité d'enlever des matériaux à un même endroit. Dans ce cas, un compte rendu annuel de l'exploitant permettra d'évaluer la pertinence des travaux.

8.2. ORIENTATIONS POUR UNE UTILISATION RATIONNELLE DES MATERIAUX

Les orientations se traduisent par :

- un recours aux matériaux de substitution (cf. paragraphe 8.1) ;
- le non-gaspillage et la préservation des matériaux nobles et rares ;

Les matériaux nobles et rares présentant un intérêt particulier pour l'île de la Réunion, sont :

- les tufs pouzzolaniques de Saint Pierre
- les sables dunaires de l'Etang Salé ;
- les alluvions fluviatiles ou marines sablo-graveleuses, propres ;
- les roches massives en coulées épaisses ;
- les scories.

Les utilisations, pour chaque type de matériaux et/ou pour chaque gisement, doivent être considérées selon le caractère noble et l'abondance de la ressource, ainsi que la sensibilité du milieu.

Les tufs volcaniques de Saint Pierre ne devront être utilisés que sous la condition de mettre en jeu le pouvoir pouzzolanique du matériau. Pour ce faire, ces derniers devront être finement broyés et mélangés à de la chaux, du clinker ou du ciment pour activer sa réaction. Ils pourront être utilisés pour la fabrication de ciments et de bétons pouzzolaniques.

Les sables dunaires devraient être réservés à la fabrication des enduits et bétons et aux dispositifs d'assainissement compte tenu de leur aptitude épuratrice, mais les réserves exploitables sont en voie d'épuisement.

Les alluvions fluviatiles ou marines seront réservées à des usages nobles (bétons et couches de chaussées).

Les coulées basaltiques massives épaisses, dont les réserves sont encore difficiles à estimer, doivent être préservées car elles pourraient se substituer aux alluvions pour la production de granulats et en vue du développement d'une filière « roches ornementales».

L'exploitation des scories doit aussi être limitée à des usages spécifiques. Leur utilisation, inadaptée en tant que matériaux d'empierrement des chemins et de remblai, doit être proscrite dans le cadre d'une utilisation économe et rationnelle de cette ressource.

Ces recommandations devront être intégrées aux cahiers des charges des Maîtres d'Ouvrage dans le cadre des marchés de travaux.

Par ailleurs, toutes les demandes d'ouverture de carrière ou de renouvellement d'autorisation seront subordonnées à la justification de besoins conformes aux utilisations définies. Elles devront faire la preuve de la qualité des matériaux requise pour leur usage.

8.3. OPTIMISATION DU CHOIX DES SITES DE CARRIERE

8.3.1. Rappel des principes du SAR

Approuvé par décret n° 95-1169 du 06 novembre 1995, le Schéma d'Aménagement Régional est en cours de révision en vue d'une approbation en 2009-2010. La version arrêtée le 4 août 209 a été prise en compte pour la révision du Schéma Départemental des Carrières. Les trois principes fondamentaux d'aménagement restent les suivants :

- un impératif de protection des milieux naturels et agricoles ;
- un aménagement plus équilibré du territoire ;
- une densification des agglomérations existantes et une structuration des bourgs ruraux.

C'est pourquoi le SAR 2009 se fixe quatre grands objectifs pour assurer la préservation, la mise en valeur et le développement du territoire :

- répondre aux besoins d'une population croissante et protéger les espaces naturels et agricoles,
- renforcer la cohésion de la société réunionnaise dans un contexte de plus en plus urbain,
- renforcer le dynamisme économique dans un territoire solidaire,
- sécuriser le fonctionnement du territoire en anticipant les changements climatiques.

Le SAR se basant sur le schéma départemental des carrières en cours de révision, identifie les gisements et vise à une meilleure mobilisation des ressources présentes sur le territoire. Les zones favorables correspondant aux espaces-carrières du schéma révisé ont été reportées sur une carte.

8.3.2. Nécessité de conduire des prospections

Le contexte géologique de l'île, caractérisé par sa grande hétérogénéité, oblige à procéder à des investigations préliminaires pour vérifier la qualité du gisement, son homogénéité et la ressource exploitable.

Ces prospections consistent à :

- déterminer les paramètres géométriques du gisement (extension latérale, épaisseur, recouvrement, structure, description géomorphologique) ;

- déterminer la qualité du matériau (description géologique, composition minéralogique et chimique, caractéristiques mécaniques.) ;

- procéder à une analyse fine des paramètres environnementaux (paysage, contexte hydraulique, météorologie, faune, flore, contexte humain et économique).

8.3.3. Autres recommandations concernant l'ouverture des carrières

a) Recommandations pour l'ouverture de carrières en milieu alluvionnaire

Dans les cônes alluviaux :

Facilement accessibles à partir du réseau routier existant, les ressources alluvionnaires sont le plus souvent gelées par l'urbanisation ou des servitudes, telles celles liées à la protection de la ressource en eau potable. Les zones potentiellement exploitables se situent dans les zones littorales, espaces convoités pour l'implantation de zones d'activité.

Les extractions devront être planifiées en fonction de la destination future des zones (zone d'activité, zone agricole, base de loisirs). On privilégiera les extractions qui permettent une réhabilitation rapide du site.

Pour le choix des sites de carrières en milieu alluvionnaire, on prêtera attention :

- à la qualité du gisement (présence ou non de coulées boueuses et de couches limoneuses) ;

- au niveau de la nappe phréatique.

Dans le lit majeur :

L'exploitation de carrières dans le lit majeur est possible mais peut engendrer trois types de conséquences :

- Le risque d'interception de la zone d'extraction en cas de crue : cette capture de la carrière par le cours d'eau en crue est susceptible de provoquer de très gros dégâts sur l'installation elle-même, mais aussi sur les enjeux situés en aval de la zone d'exploitation. La capacité érosive des cours d'eau réunionnais est susceptible d'engendrer des érosions de berge parfois très brutales.

- Le risque d'enfoncement du lit : le lit majeur, et les terrasses alluviales en particulier, jouent un rôle majeur dans l'équilibre des cours d'eau. En permettant la mobilisation des matériaux alluvionnaires, ils permettent au cours d'eau d'atteindre sa capacité maximale de transport solide. L'impossibilité de mobiliser ces matériaux est susceptible de conduire à un affouillement ou d'entraîner un méandrement à l'aval, suivant les conditions locales. Ces phénomènes sont alors susceptibles de porter atteinte à la stabilité des ouvrages ou aux enjeux situés sur les rives.

- Le risque de capture et de découverte de la nappe alluviale : dans certains cas, une extraction trop profonde est susceptible d'engendrer une pollution de la nappe alluviale (et donc des captages qui y sont liés)

Afin de répondre à ces différents points, l'étude d'impact préalable à l'ouverture de la carrière tiendra compte de la connaissance de l'évolution historique du cours d'eau et de la présence des ouvrages et aménagements significatifs, à l'exception des ouvrages et aménagements à caractère provisoire, faisant obstacle à la mobilité du lit mineur. Cette évaluation de l'espace de mobilité (conduite sur un secteur représentatif du fonctionnement géomorphologique du cours d'eau en amont et en aval du site de la carrière, sur une longueur minimale totale de 5 kilomètres.) devra permettre de déterminer la distance de recul nécessaire par rapport au lit mineur. Une analyse de la nature des berges pourra utilement préciser leur érodabilité. L'étude d'impact précisera par ailleurs la situation et la vulnérabilité des nappes éventuellement interceptées et les mesures prises pour éviter leur pollution.

Les installations liées au traitement des matériaux constituent des enjeux potentiellement vulnérables compte tenu de leur proximité du cours d'eau. Afin de limiter cette vulnérabilité, l'implantation des installations en lit mineur ou dans l'espace de mobilité est interdite.

L'implantation de ces installations en lit majeur est possible sous les réserves suivantes :

- être situé hors des zones érosives et des zones de grand écoulement où les hauteurs et vitesses sont particulièrement élevées
- l'étude d'impact devra justifier de l'absence d'alternatives crédibles hors de la zone inondable
- des mesures structurelles (mise hors d'eau des équipements les plus vulnérables ou les plus polluants) et organisationnelles (mesures d'alerte).

b) Recommandations pour l'ouverture de carrières en roches massives

Les gisements en roches massives se situent au niveau des différentes planèzes. Les ressources potentiellement exploitables et facilement accessibles sont rares, soit elles sont gelées par l'urbanisation, soit elles correspondent à des terres agricoles de forte valeur.

D'autre part, l'implantation des carrières en roches massives est délicate compte tenu de la distance de sécurité nécessaire entre le front d'abattage (tirs de mine) et les zones habitées. La distance minimale étant de 200 m environ, il convient de disposer d'un espace non habité de 500 m minimum de largeur.

Pour le choix des sites de carrières en roches massives, on prêtera attention :

- à la puissance des terrains de couverture et à leur utilisation éventuelle (argiles) ;

- à l'homogénéité du gisement (présence d'intercalaires scoriacés) ;

- à la méthode d'abattage (utilisation d'explosif).

De plus, l'étude d'impact devra tenir compte des données existantes en matière d'aléa de mouvement de terrain pour définir les modalités techniques d'exploitation de façon à prévenir ces risques.

8.3.4. Orientations concernant le transport des matériaux

a) Le respect des charges autorisées

La réglementation en vigueur concernant les charges autorisées doit impérativement être respectée d'une part pour limiter les détériorations des chaussées et ouvrages routiers, d'autre part pour ne pas fausser le système concurrentiel.

Pour ces raisons, les carrières ainsi que zones où sont réalisées des opérations de dragage devront être équipées d'un système de pesée à précision commerciale, conforme à la réglementation sur les instruments de mesure.

b) Le choix des itinéraires

La réduction des trajets dans un but économique et environnemental privilégie l'implantation des carrières à proximité des zones de besoin que sont les grands pôles urbains. De même, on favorisera l'implantation de zones de stockage de matériaux et des installations secondaires de traitement (centrales à béton) à proximité des zones de besoin dans la mesure où elles permettent une réduction des coûts de transports.

c) L'accès aux carrières

Les nuisances qu'engendre la circulation des camions doivent être limitées au maximum. C'est la raison pour laquelle les dossiers d'ouverture de carrière devront inclure une étude des nuisances potentielles liées au transport des matériaux (prévue par l'article R. 512-8 du Code de l'environnement).

On recommandera :

- de favoriser l'exploitation de gisements de proximité pour les besoins importants, les grands travaux en particulier, pour ce qui concerne les matériaux destinés aux usages non nobles (remblais) ;

- de favoriser l'implantation de carrières à proximité des centres de transformation ;

- de relier les carrières importantes, par des voies spécifiques, aux voies de circulation importantes, afin d'éviter, dans la mesure du possible, la traversée de zones habitées et de ZNIEFF ;

- de bâcher les bennes transportant des matériaux secs ou de petite granulométrie, afin de limiter la dissémination des poussières ;

- d'assurer l'étanchéité des ridelles.

d) L'accès aux grands chantiers

Des dégradations sont apparues à plusieurs reprises sur les axes routiers devant desservir des chantiers temporaires. Compte tenu de la vulnérabilité du réseau routier et des nuisances dues au trafic, des recommandations doivent être affichées dans le cahier des charges des Maîtres d'Ouvrages. Elles concernent les caractéristiques des voies d'accès au chantier (itinéraires empruntés, limitation de tonnage, de gabarit) et les modes de transport présentant le plus faible impact sur l'environnement (bâches, etc.)

d) L'adaptation du transport routier aux conditions du trafic

Sur le réseau routier, lorsque cela est possible, le transport de nuit, hors zones urbaines, sera privilégié pour réduire :

- l'encombrement du réseau routier en période de pointe ;

- les coûts de transport des matériaux, sachant que ce coût dépend de la durée du trajet.

En ce qui concerne le stockage des matériaux, on privilégiera les stockages à proximité des installations ou sur les carrières afin de réduire les nuisances.

8.3.5. Adaptation du réseau au transport de matériaux

Des incompatibilités peuvent apparaître quant aux possibilités de transporter des matériaux sur le réseau routier existant, tant au niveau des ouvrages qu'au niveau des caractéristiques de la chaussée. Une évolution des caractéristiques du réseau peut s'avérer souhaitable, voire nécessaire (grands chantiers, problèmes des fortes pentes).

Ces incompatibilités devront être examinées, avant l'ouverture de la carrière, par un état des lieux relatif aux caractéristiques de la chaussée et de ses accotements, ainsi qu'un bilan du trafic existant et à venir. Des états des lieux périodiques du réseau devront être effectués (recensement des éventuelles dégradations). Les modalités de prise en charge des travaux d'entretien et de réparation devront être définies dans le dossier de demande d'ouverture de la carrière (cf. Code de la Voirie, article L. 131 - 8).

Les sections où des renforcements d'ouvrages pourraient être nécessaires devront être également examinées lors de la demande d'ouverture des carrières.

8.3.6. Protection des accès aux carrières

Lorsque les modalités d'accès à une carrière auront été définies, des mesures devront être prises pour protéger ces accès à fort trafic de camions. Les possibilités techniques de réduction des impacts seront examinées (merlon, rideau d'arbres, arrosage des pistes).

La protection des accès aux gisements, à l'égard de l'urbanisation, devrait pouvoir trouver une traduction au niveau des PLU, au même titre que le gisement lui même. En cas de difficulté, une procédure de projet d'intérêt général (PIG), incluant accès et gisement pourrait être proposée au Préfet pour inscription au PLU, notamment dans le cas de gisements d'intérêt régional et stratégique.

8.4. RESERVATION D'ESPACES POUR LES ACTIVITES DE CARRIERES

Le principal rôle des groupes de travail « ressources » et environnement » a été de définir des espaces-carrières à privilégier en vue de l'ouverture de nouvelles carrières. Ces espaces-carrières tentent de concilier la présence d'une ressource potentielle exploitable et l'absence d'enjeux environnementaux majeurs interdisant l'ouverture d'une exploitation.

8.4.1. Description des espaces-carrières

Les espaces-carrières représentent des zones à privilégier et à préserver pour l'exploitation des carrières afin d'assurer la satisfaction des besoins en matériaux sur le long terme. Ils devront être traduits dans les documents d'urbanisme régionaux et locaux.

Les espaces-carrières sont répartis sur l'ensemble de l'île, l'objectif premier étant de privilégier les ressources proches des zones de besoins. Ces espaces-carrières sont décrits au chapitre 3 « ressources » et sur des fiches placées en annexe 3. Ils concernent les alluvions fluviatiles et sous-marines, les roches massives, les scories, les tufs volcaniques et les sables dunaires :

- en ce qui concerne les alluvions fluviatiles, les réserves potentielles globales dans ces espaces-carrières seraient de 60 Mm^3 et suffisantes pour approvisionner le marché pendant 15 ans.

- les ressources potentielles en granulats marins entre Saint-Denis et La Possession pourraient être de l'ordre de 20 Mm^3 et sur l'ensemble des deux zones, de l'ordre de 40 Mm^3. Mais ces ressources demandent à être confirmées par des sondages et des essais d'extraction.

- les ressources potentielles en roches massives sont de l'ordre de 50 Mm^3**,** mais la présence de niveaux de matériaux scoriacés intercalaires risque de rendre leur exploitation délicate et d'engendrer une augmentation très significative du prix des granulats.

Ces espaces englobent les zones d'extraction existantes qui ne présentent pas d'incompatibilité majeure avec le milieu environnant. Leur implantation a été définie en tenant compte des valeurs patrimoniales de l'île : elles sont situées en dehors des espaces de protection environnementale de classe 1 (carrières interdites) définies dans le chapitre 4 (illustration 20).

Sur ces espaces, il conviendra :

- d'interdire la construction de bâtiments, d'infrastructures routières et toutes activités qui gèleraient les ressources ;

- de prévoir des accès pour les carrières ;

- de définir des règles pour éviter un mitage de ces zones, afin de coordonner les différentes extractions et pour harmoniser les réaménagements des sites après exploitation.

Toutefois, sur le plan légal, rien n'empêche que des carrières puissent être ouvertes en dehors de ces zones réservées, dès lors que ces projets respectent les orientations et objectifs du schéma et sont compatibles avec les documents d'urbanisme en vigueur.

8.4.2. Articulation avec les documents d'urbanisme

L'accessibilité aux gisements de matériaux représente un enjeu économique majeur pour la Réunion. Or, ces sites sont souvent convoités pour des implantations urbaines, des activités agricoles ou industrielles, ...

Les décisions du Schéma Départemental des Carrières ne sont pas opposables aux tiers et ne s'imposent pas aux PLU (Plans Locaux d'Urbanisme). En revanche, les espaces-carrières ont été inscrits dans le Schéma d'Aménagement Régional SAR arrêté en août 2009 et qui s'impose aux SCOT (Schéma de Cohérence Territoriale) et aux PLU.

Il est aussi nécessaire, parallèlement, de sensibiliser les maires à l'intérêt économique des carrières et à la nécessité de réserver des espaces-carrières au niveau des PLU.

L'harmonisation avec les PLU portera également sur les carrières en activité bénéficiant de droit acquis.

8.4.3. Emprise des futures carrières

Les espaces proposés présentent des superficies très supérieures à celles des zones d'extraction réellement nécessaires. La surface des futures extractions, pour satisfaire les besoins à venir, peut être calculée à partir des ratios tonnes/ha suivants qui sont des valeurs moyennes :

- en milieu alluvionnaire : 200 000 tonnes par ha (épaisseur exploitable de 10 m en moyenne) ;

- en roche massive : 500 000 tonnes par ha (épaisseur exploitable de 25 m en moyenne).

Pour répondre aux besoins de l'ordre de 7 millions de tonnes de matériaux par an, la surface des extractions nécessaires serait :

- de 35 ha par an en gisement alluvionnaire exclusivement ;

- ou de 14 ha par an en gisement de roche massive exclusivement.

Ces chiffres doivent être modulés en fonction de la qualité et de la puissance du gisement, c'est à dire de la présence ou non de terrains de couverture et de stériles, et de nappe aquifère qui limiteront les puissances exploitables.
La délimitation doit intégrer les besoins sur le long terme mais aussi les espaces de protection des carrières et de leur accès. Dans ces périmètres de protection, les activités seront réglementées. Les constructions et l'accès du public y seront interdits. Seules des activités compatibles avec l'activité de carrière seront autorisées (activités agricoles par exemple).

8.5. LUTTE CONTRE LES EXTRACTIONS ILLEGALES

Diverses enquêtes menées depuis 2006 auprès des services compétents de l'Etat, des collectivités locales et des professionnels, croisées à des observations ponctuelles sur sites, ont montré la persistance d'extractions illégales à La Réunion. A partir des résultats des enquêtes, l'extraction informelle a été estimée entre 1,5 et 1 Mt/an.

Les principaux problèmes rapportés en groupe de travail sont de différents types :

- Installations de concassage autorisées mais non respect des arrêtés préfectoraux et dépassement des volumes autorisés ;

- Extractions illégales dans le lit des rivières et transport des matériaux sur des installations autorisées ou non ;

- Extractions illégales dans des champs de canne associées à un concasseur mobile ;

- Installations de concasseurs mobiles sur des chantiers avec permis de construire puis transport des produits traités sur d'autres chantiers et voire même vente de ces matériaux à d'autres sociétés. Néanmoins, il conviendra de préciser que d'après la jurisprudence récente [(5)] les installations mobiles de traitement de produits minéraux ne relèvent pas de la législation sur les installations classées.

Afin de tenter de lutter contre ces extractions illégales, un groupe de travail spécifique a été constitué dans le cadre de la révision du schéma des carrières. Les actions proposées ont été classées en deux thèmes : la lutte préventive et la lutte contre les extractions illégales constatées.

---

[5] CAA De BORDEAUX, 3 décembre 2007, Société GSM, req. n° 05BX02376, CAA De DOUAI, 14 mai 2008, Ministre de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables c/ SARL Matthieu et Cie, req. n° 07DA00775, TA D'AMIENS, 20 mars 2007, Sté Matthieu et cie, req. n° 0402357

8.5.1. Lutte préventive contre les extractions illégales

- assurer la cohérence des documents de planification :
  - portage du schéma départemental des carrières (SDC) dans l'élaboration des documents d'urbanisme (PLU, SCOT ...) ;
  - souhait d'assurer le lien entre le SAR et le SDC, et entre le SDAGE et le SDC.
- informer les professionnels sur le cadre légal des activités d'extraction à la Réunion :
  - édition et diffusion d'une plaquette de rappel sur les procédures à suivre, les responsabilités, les sanctions, la réglementation en vigueur et les services référents ;
  - organisation d'une journée d'information à destination des professionnels après approbation du SDC ;
  - élargir l'information aux autres professionnels (architectes…).
- améliorer la concertation inter services :
  - développer des actions conjointes inter-services sur le terrain ;
  - mutualiser au sein des services concernés des informations relatives aux situations à problème.
- intervenir au niveau de la défiscalisation des concasseurs afin d'obtenir la garantie de leur utilisation dans le respect des ressources en matériaux.
- améliorer les marchés publics :
  - action auprès des maîtres d'ouvrage pour intégrer dans les appels d'offres des précisions sur l'utilisation, la destination et la traçabilité des matériaux enlevés, le matériel associé (concasseur…) ;
  - intégrer les déchets du BTP pour diminuer la pression sur les matériaux nobles.
- diminuer les tensions sur le marché des matériaux en privilégiant le choix d'aménagements moins consommateurs en matériaux.
- sensibiliser les communes sur la surveillance de leur territoire communal (mouvements de sols dans les PC, déblais…), sur le contrôle de conformité des autorisations données…

8.5.2. Lutte contre les extractions illégales constatées

- améliorer la concertation inter- services dans le cadre de la sanction pénale :
  - si PV par un service, information transmise aux autres services pour aboutir à un PV conjoint plus efficace ;
  - ou bien noter les contacts pris avec les autres services dans le PV.
- engager des actions administratives en parallèle des actions pénales et vice-versa ;
- réaction des services de l'Etat en cas de signalement écrit par un maire, une association de protection de l'environnement agréée ou un professionnel d'une situation potentiellement illégale sur une commune : fiche de signalement + accusé de réception ;
- les situations connues doivent faire l'objet d'une action inter services au titre de l'exemplarité (notamment dans les cours d'eau).

Un schéma de réaction pour lutter contre les extractions illégales a été proposé (illustration 39). Un vade-mecum des législations et réglementations pouvant être mises en œuvre au titre des Codes de l'environnement, forestier, de l'urbanisme, de la propriété des personnes publiques, des ports maritimes, des douanes, et minier est présenté en annexe 2.

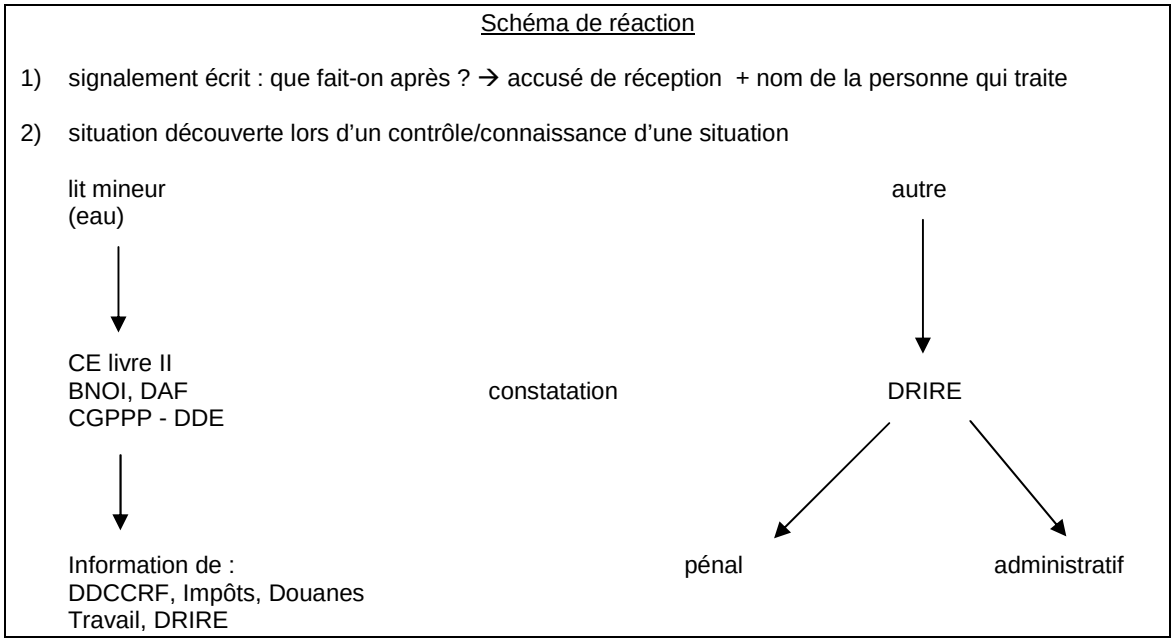


Illustration 39 : Schéma de réaction pour la lutte conte les extractions illégales

8.6. MISE EN PLACE D'UN OBSERVATOIRE DES MATERIAUX

Les différentes analyses conduites dans le cadre de l'élaboration du schéma départemental des carrières ont mis en exergue les difficultés pour quantifier les productions, les consommations et les flux de matériaux (informations dispersées, filières peu organisées, données manquantes).

Par ailleurs, la mise en œuvre des orientations et objectifs du schéma ne pourra être mesurée qu'à partir d'observations et d'analyses précises.

Ces missions pourraient être confiées à un observatoire dans lequel serait représentés les divers acteurs concernés par les filières matériaux (les services de l'Etat, les maîtres d'ouvrages, les professionnels. Le pilotage de cet observatoire pourrait être confié au CERBTP (cellule économique regroupant l'ensemble des acteurs du BTP).

Il pourrait intervenir également dans le cadre :

- de l'élaboration d'un guide d'utilisation des matériaux de substitution en fonction des caractéristiques des ouvrages à réaliser pour éviter l'usage abusif des matériaux nobles, notamment les ressources alluvionnaires,

- de l'examen des projets de chantiers et de la sensibilisation des maîtres d'œuvre et maître d'ouvrage en vue de l'utilisation économe et rationnelle des différents types de matériaux.

- de la mise en œuvre des protocoles d'enlèvement des andains ;

- de la valorisation du recyclage des déchets inertes, …

8.7. CONSEQUENCES DES ORIENTATIONS ET OBJECTIFS DU SCHEMA

Les orientations définies vont induire des modifications sur les modes d'approvisionnement en matériaux à la Réunion. Elles ne font qu'accompagner des changements qui sont devenus inéluctables du fait de la raréfaction des ressources alluvionnaires, des besoins importants et de la prise en compte croissante de la protection de l'environnement.

8.7.1. Incidence sur le coût des matériaux

Des surcoûts sensibles risquent d'apparaître au niveau du prix de revient des granulats, dus à plusieurs facteurs :

- les nouvelles ressources sont parfois éloignées des installations en activité et des zones de besoins. Les carriers devront, soit transporter les matériaux, soit déplacer leurs installations ou acquérir de nouveaux matériels.

- sur le moyen terme et le long terme, l'approvisionnement devra se faire, au moins partiellement à partir de roches massives. Des surcoûts apparaîtront au niveau de l'extraction puisque les carriers devront avoir recours à l'emploi d'explosifs. De plus, la présence probable de niveaux intercalaires scoriacés risque de baisser les rendements en matériaux nobles ;

- la prise en compte de la protection de l'environnement par les exploitants qui sont tenus de faire réaliser des études sur l'environnement (étude d'impact), mettre en place des mesures de contrôle et de réduction des nuisances pendant la phase d'exploitation et remettre en état le site en fin d'extraction (chapitre 7).

Sur un plan économique, on peut s'attendre, à court terme, à une augmentation du prix des granulats, en particulier lors du passage à des exploitations en roches massives.

8.7.2. Incidence sur la profession des carriers

Un autre effet attendu de la mise en place du schéma est la poursuite de la diminution du nombre de petites carrières. Les investissements et les garanties financières nécessaires à l'ouverture d'une carrière dissuadent, dans une certaine mesure, les petites entreprises.

8.7.3. Conséquences d'une politique ignorant les objectifs du schéma

Elles concernent en premier lieu l'approvisionnement en matériaux de l'île. Actuellement, il n'existe aucune protection des gisements, en particulier sur les zones littorales où les terrains sont très convoités et soumis à une pression foncière forte. La protection des espaces susceptibles d'accueillir des carrières permettra d'éviter des conflits et une spéculation sur les gisements potentiellement exploitables.

La non-application des objectifs du schéma va conduire à des dégradations de plus en plus marquées de l'environnement (dégradations des sites, mauvaise intégration des carrières dans les paysages, implantations des carrières à proximité de sites sensibles…). L'impact négatif des carrières se mesure très souvent a posteriori et se traduit alors par des incidences économiques fortes pour les collectivités.

Un des objectifs essentiels du schéma est de préserver l'équilibre production/consommation par bassin afin de limiter le transport des matériaux et de pérenniser l'activité économique de chaque micro-région. Cet équilibre est parfois précaire et peut être menacé.

Enfin, les orientations affichées dans le schéma privilégient l'utilisation de matériaux de substitution (andains, déchets inertes traités) et une utilisation rationnelle et limitée des matériaux de carrière. Si cette politique ne se met pas en place, il sera nécessaire d'ouvrir un plus grand nombre de carrières d'une part et de trouver d'autres solutions pour l'enlèvement des andains et pour le stockage des déchets inertes d'autre part.

9. Critères de jugement pour autoriser une carrière

Les principaux points à examiner en vue d'une demande d'ouverture de carrière sont les suivants conformément aux orientations du schéma :

- la justification du besoin de matériaux.
- l'assurance de l'existence d'une ressource exploitable tant au niveau de la qualité du matériau que des quantités ;
- le respect de l'environnement et la qualité de l'étude d'impact ;
- les accès à la carrière (transport, bruit, poussière) et l'état du réseau routier ;
- la fiabilité de l'Entreprise ;
- la bonne maîtrise des techniques employées (abattage, concassage, arrosage, ressource en eau...) ;
- les garanties financières et la viabilité du projet d'un point de vue économique ;
- la qualité du phasage pour réduire les impacts de l'extraction dans le temps ;
- la remise en état et la crédibilité de l'aménagement.

10. Bilan des propositions du Schéma Départemental des Carrières 2001

Objectif 1. Arrêter les extractions de matériaux dans le lit mineur des cours d'eau, sauf entretien dûment justifié ou dragage à caractère d'urgence

Cet objectif du SDC 2001 a généralement été atteint.

Principales mesures proposées par le SDC 2001 pour l'objectif 1 :

- L'examen préalable de la nécessité d'entretien des cours d'eau ou ravines (évaluation du risque d'encombrement) par les services d'Etat compétents, dans le cadre de l'article 130 du code minier et de la circulaire du 9 mai 1995,

- L'évaluation des excédents de matériaux à draguer (évaluation des débits solides) par les services d'Etat compétents, dans le cadre de l'article 130 du code minier et de la circulaire du 9 mai 1995,

Les travaux d'entretien des cours d'eau ont été sortis du champ d'application du régime des installations classées (ICPE) par la loi sur l'eau du 30 décembre 2006 qui a modifié le code minier et le décret n° 2009-841 du 8 juillet 2009..

Des études ont été initiées par la DDE dans le cadre du Plan de Gestion des Risques Iinnondation (PGRI) : Exemples de l'étude hydrogéomorphologique de la Rivière du Mât, de la Rivière Saint-Etienne et de la Rivière des Pluies

Objectif 2 : Privilégier l'exploitation des gisements de substitution tels que les roches massives où, à titre transitoire et dans certaines limites et conditions particulières, les matériaux alluvionnaires

Cet objectif n'a pas été atteint. La production de granulats à partir de roches massives est actuellement nulle.

Des essais de tir ont été effectués par la SCPR à la Ravine du Trou (commune de Saint-Leu, espace-carrière 13-01) dans le cadre de la construction de la route des Tamarins. Le rapport de synthèse indique des résultats décevants liés à l'hétérogénéité de la roche en place.

Des sondages ont aussi été réalisés à la Ravine Couilloux (Saint-Denis, La Montagne, Pointe du Gouffre, espaces-carrières 19-1 et 19-2) dans le cadre du projet de route-digue du Littoral. Les résultats seraient aussi décevants en termes de qualité des matériaux.

D'après les carriers, l'exploitation des roches massives à La Réunion pose de nombreux problèmes : déchets de l'ordre de 50% du volume extrait qu'il faudra stocker, utilisation d'explosifs, transport camion délicat, d'où prix prévisionnel très élevé des granulats, …

Principales mesures proposées par le SDC 2001 pour l'objectif 2

- La définition dans le schéma départemental des carrières d'espaces à privilégier (espaces-carrières) prenant en compte l'intérêt économique national et régional, les ressources et les besoins en matériaux, la protection des paysages, des sites et des milieux naturels sensibles et la nécessité d'une gestion équilibrée de l'espace,

  Cette démarche originale a été entreprise au cours de l'élaboration du schéma 2001. Sur ces espaces, il était convenu d'interdire l'urbanisation ce qui n'est pas toujours le cas (Sables de l'Etang-Salé, par exemple) ;

- La prise en compte des espaces-carrières, dans le cadre des procédures de révision des POS, en concertation avec les communes,

  Cette prise en compte était effective à 50 % en 2006 (rapport BRGM RP 53738 FR de 2004 actualisé en 2006).

- La réalisation d'une étude sur la définition et la préservation de gisements de matériaux prioritaires et stratégiques, dans le cadre des actions de service public du BRGM,

Une étude sur l'évaluation des paramètres d'exploitabilité des gisements stratégiques de matériaux à La Réunion a été entreprise par le BRGM (rapport RP 50352 FR)

- L'adaptation du réseau au transport des matériaux, notamment pour des autorisations d'exploitation de carrières de longue durée et la protection des accès aux carrières.

La création de routes d'accès aux carrières engendre parfois une urbanisation le long de ces routes et peut geler des ressources en matériaux.

Objectif 3 : Encourager l'utilisation de matériaux de substitution tels que les andains agricoles et les déchets recyclables en tant que nouvelles ressources

Les ressources en andains pour l'ensemble de l'île ont été estimées par le BRGM et la Chambre d'agriculture (Berdaguer E. et al, 2000) à plus de 5 Mm^3. La surface occupée par les andains serait supérieure à 350 ha. Les opérations d'épierrage menées depuis 2002 dans le cadre du projet d'Irrigation du Littoral Ouest (ILO) ont certainement généré de nouvelles ressources qui n'ont jusqu'à présent pas été quantifiées.

Les andains sont présents sur tout le pourtour de l'île mais sont particulièrement abondants dans les secteurs de Saint-André, Bras-Panon, Sainte-Anne, Saint-Louis (Pierrefonds) et Saint-Leu.

La dernière opération d'enlèvement massif et de valorisation d'andains à La Réunion a été réalisée par l'entreprise GTOI en 2004. Celle-ci, trop peu rentable a dû être abandonnée après que 2 kt de blocs ont été récoltés. Depuis, aucune autre action de grande envergure n'a été engagée pour ces matériaux.

Principales mesures proposées par le SDC 2001 pour l'objectif 3

- La mise en place d'un protocole d'enlèvement des andains agricoles entre la profession et la Chambre d'Agriculture, définissant les conditions rationnelles d'exploitation de cette ressource (techniques, économiques et environnementales),

Ce protocole n'a pas encore été arrêté en 2009.

- La mise en application du principe d'un enlèvement d'andains compensatoire à l'ouverture d'une carrière alluvionnaire (intégration dans les études d'impact d'un volet technico-économique prévoyant l'enlèvement d'andains autour de la carrière),

Ce principe n'a pas été appliqué.

- La réalisation d'une étude sur la qualification et l'exploitabilité des andains de pierre, dans le cadre des actions de service public du BRGM,

Cette étude a été réalisée par le BRGM (rapports RP 51220 FR et RP 52427 FR de 2001-2002). Le BRGM avait estimé le surcoût de production lié à la seule étape d'enlèvement des andains entre 2,5 et 6 €/t.

- La promotion des premières opérations exemplaires d'enlèvement d'andains agricoles et la mise en place d'un réseau d'échange d'informations et de savoir-faire en la matière (diffusion de plaquettes, de films vidéo, etc.),

Cette promotion n'a pas été réalisée.

- La concertation avec la profession des exploitants de carrière dans le cadre de la planification de la gestion des déchets du bâtiment et des travaux publics prévue par la circulaire interministérielle du 15 février 2000, sous le pilotage de l'Etat (DDE).

Un Plan de Gestion des Déchets du Bâtiment et des Travaux Publics, piloté par la DDE, a été approuvé par Arrêté Préfectoral en septembre 2005. Selon ce plan, le gisement de déchets inertes du BTP estimé pour 2005 serait de 120 kt/an (800 t recyclées) pour le bâtiment et 3500 kt pour les travaux publics (650 kt recyclées).

Le gisement prévisionnel 2015 de déchets inertes serait de 160 kt/an dont 100 kt/an recyclés pour le bâtiment et 6100 kt/an dont 1800 kt/an pour les travaux publics.

Objectif 4 : Privilégier l'utilisation économe et rationnelle des matériaux en fonction des usages

Principales mesures proposées par le SDC 2001 pour l'objectif 4:

La fixation d'un objectif de diminution de consommation des matériaux alluvionnaires de 4 % par an quantifié à partir de la consommation d'andains, de roches massives et de déchets inertes traités.

La production actuelle des granulats repose quasi-exclusivement sur l'extraction des ressources alluvionnaires. Cet objectif de réduction n'a pas été atteint en 2010 (aucune carrière de roche massive n'a été ouverte depuis 2001).

Objectif 5 : Intégrer les carrières dans l'environnement

Principales mesures proposées par le SDC 2001 pour l'objectif 5 :

- L'amélioration de la qualité des études d'impact relatives aux demandes d'autorisation d'ouverture de carrières et prise en compte des recommandations et préconisations du schéma départemental des carrières, tant en ce qui concerne l'implantation du site, son exploitation et sa remise en état,

Les études d'impact sont récentes à La Réunion (les premières datent de1998). Ces études d'impact se sont améliorées progressivement.

- Le réaménagement des carrières abandonnées par les anciens exploitants ou, à défaut, par leurs propriétaires ou les collectivités, en fonction des priorités fixées dans le schéma départemental des carrières.

Il resterait encore des carrières orphelines, non réaménagées.

11. Bibliographie

(Rapports BRGM récents dans le domaine des matériaux)

Rocher P. (1998) : Potentialités des filières « roches et minéraux industriels » à l'île de la Réunion – Description des ressources en matériaux dans les « espaces-carrières », rapport BRGM R40128 (98 REU 18), mai 1998

Berdaguer E., Cruchet M. et Fontaine F. (2000) : Cartographie des principales zones de concentration df'andains de pierre à La Réunion – Evaluation de la ressource, rapport BRGM 50120 FR (2000 SGR/REU 05), mars 2000

Thibaut PM., Rançon JP. et Cruchet (2000) : Evaluation des paramètres d'exploitabilité des gisements stratégiques de matériaux à La Réunion, rapport BRGM/RP 505832 FR (2000 SGR/REU 25), septembre 2000

Thibaut PM., Cruchet M., Rançon JP. et Rossi F. (2001) : Evaluation des ressources et potentiel de valorisation des matériaux pouzzolaniques de La Réunion, rapport BRGM/RP 50865 FR (2001 SGR/REU 11), mai 2001

Thibaut PM., Cruchet M., Rançon JP. et Rossi F. (2001) : Evaluation des ressources et potentiel de valorisation des matériaux argileux de La Réunion, rapport BRGM/RP 50866 FR (2001 SGR/REU 11), mai 2001

Garcin M. et Cruchet M. (2001) : Evaluation des ressources en matériaux rocheux exploitables dans la rivière des Remparts, commune de Saint-Joseph – Justification des dragages d'entretien dans le lit de la rivière, rapport BRGM/RP 51305 FR (2001 SGR/REU 29), novembre 2001

Cruchet M., Chevalier P. et Mouron R. (2001) : Qualification et exploitabilité des andains de pierre à La Réunion, rapport BRGM/RP51220 FR (2001 SGR/REU 23), novembre 2001

Pasquet JF. et Cruchet M. (2002) : Optimisation des ressources en matériaux d'épierrage des surfaces cultivées à La Réunion, rapport BRGM/RP 52427 FR (2002 SGR/REU 27), novembre 2002

Le Berre P., Haas H., Arnaud L., Rançon JP., Poirier C., Andriamitantsoa L. (2004) : Projet de filière céramique à La Réunion – Essais de fabrication de produits de terre cuite à partir de matériaux de La Réunion et de Madagascar, rapport BRGM/RP 52969 FR (04 REU 01), mars 2004

Cruchet M. et Jossot O. (2005) : Schéma départemental des carrières de La Réunion – Evaluation de sa traduction dans les documents d'urbanisme à fin 2004, rapport BRGM/RP 53738 FR, mars 2005

Le Berre P., De La Torre Y. et Cruchet M. (2005) : Faisabilité de l'extraction de granulats marins à La Réunion – Etude préliminaire, rapport BRGM/RP 53684 FR (05 REU 04), avril 2005

Mouron R. et Le Berre P ; (2005) : Etude de préfaisabilité d'une filière roches ornementales à La Réunion, rapport BRGM/RP 53722 FR (05 REU 03), février 2005

Petit V. (2006) : Projet DYNTOR – Projet de recherche sur l'érosion, le transport solide et la dynamique torrentielle des rivières de La Réunion – Synthèse, rapport BRGM/RP 54591 FR, mars 2006

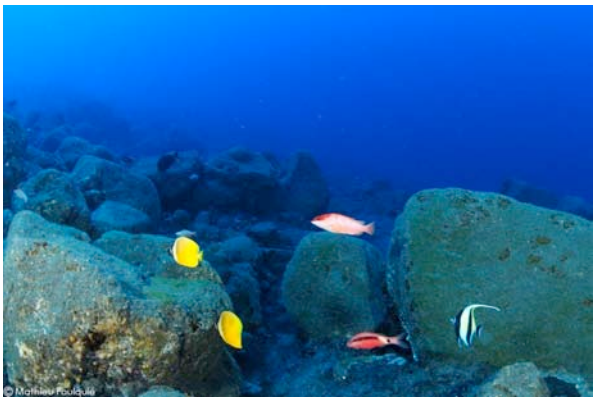
Bucelle M. et Rasoamanana K. (2007) : Description des sites et objets géologiques – Phase 3, rapport BRGM/RP 55545 FR (SGR/REU 2007/08), mai 2007

De La Torre, Stollsteiner P. et Malbrunot A. (2008) : Etude hydrogéomorphologique de la Rivière du Mât et propositions de solutions de gestion, rappoet BRGM/RP 56364 FR, mars et juin 2008

Guennoc P., Villain C., Thinon I. et Le Roy M. (2008) : CARTOMAR – Cartographie morphosédimentologique des fonds marins côtiers de La Réunion, rapport BRGM/RP 56579 FR, (SGR/REU 2008/26), septembre 2008

Annexe 1

Impact sur l'environnment de l'exploitation des granulats marins (rapport ARVAM, avril 2009)



Maître d'Ouvrage

Géosciences pour une Terre durable

brgm

EXPLOITATION DE GRANULATS MARINS A LA REUNION

Notice d'Impact

Ecosystèmes sous-marins

P.08.239

AVRIL 2009

PARETO Conseil & Ingénierie de l'environnement

ARVAM Océanologie

PARETO, ARVAM, ASCONIT (2009) Exploitation de granulats marins à la Réunion. Notice d'Impact. Ecosystèmes sous-marins. 67p.

BRGM Réunion
5, rue Sainte Anne- BP 906
97478 Saint-Denis

PARETO écoconsult
16, rue Albert Lougnon, Village entreprise
Technopole
97438 Sainte Marie
Tél/Fax : 02 62 29 70 68
paretoec@orange.fr

Agence pour la Recherche et la VAlorisation Marines
Cyclotron Réunion OI. 2, rue Maxime Rivière. B.P. 80005
97491 Sainte Clotilde CEDEX
Tél : 02 62 28 39 08
Fax : 02 62 28 08 81
arvam@wanadoo.fr

ASCONIT Consultants
Parc Scientifique Tony Garnier
6-8 espace Henry Vallée
69366 LYON cedex 07
Tel : 04.78.93.68.90
Fax : 04.78.94.11.98
contact@asconit.com

Rédaction :

FOULQUIE Mathieu

PINAULT Mathieu

Coordination :

QUOD Jean Pascal

- Sommaire -

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE 7

2 MATERIELS ET METHODES 8

2.1 LOCALISATION ET DEFINITION DE LA ZONE D'ETUDE 8
2.2 SYNTHESE DE L'EXISTANT 9

3 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET OCEANOGRAPHIQUE 10

3.1 SECTORISATION DE LA ZONE D'ETUDE ET STATUT DE PRESERVATION 10
3.2 BATHYMETRIE 11
3.3 COURANTOLOGIE ET HYDRODYNAMISME 12
3.3.1 PROFILS HOULOGRAPHIQUES 12
3.3.2 SCHEMAS COURANTOLOGIQUES 14
3.4 GEOMORPHOLOGIE 16
3.4.1 SECTEUR 1 (LA POSSESSION A SAINT-DENIS) 16
3.4.2 SECTEUR 2 (SAINTE-MARIE A SAINTE-SUZANNE) 18
3.5 SEDIMENTOLOGIE 20
3.5.1 DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE 20
3.5.2 ELEMENTS DE GRANULOMETRIE 20

4 DESCRIPTION DES PEUPLEMENTS MARINS 23

4.1 SECTEUR 1 23
4.1.1 BIODIVERSITE 23
4.1.2 CARACTERISATION DES BIOCENOSES ET SENSIBILITE ECOLOGIQUE 24
4.2 SECTEUR 2 35
4.2.1 BIODIVERSITE 35
4.2.2 CARACTERISATION DES BIOCENOSES ET SENSIBILITE ECOLOGIQUE 36
4.3 SYNTHESE 40

5 DEFINITION DE L'ETAT INITIAL DU MILIEU ET DES IMPACTS POTENTIELS DE L'EXTRACTION DE SABLES SUR LES ECOSYSTEMES ADJACENTS 41

5.1 ÉTAT ECOLOGIQUE INITIAL DU MILIEU 41
5.1.1 ETAT DE SANTE DES BIOCENOSES IDENTIFIEES 41
5.1.2 NOTION DE VULNERABILITE 42
5.1.3 FACTEURS DE VULNERABILITE RECENSES SUR LA ZONE D'ETUDE 42
5.2 CARACTERISATION DES TRAVAUX D'EXTRACTION DE SABLE 51
5.3 EFFETS ENVIRONNEMENTAUX POTENTIELS DES OPERATIONS D'EXTRACTION 52
5.3.1 LES MATIERES EN SUSPENSION ET LA TURBIDITE 53
5.3.2 LES DEGRADATIONS MECANIQUES 54
5.3.3 L'HYPERSEDIMENTATION 54
5.3.4 L'EFFET DE SYNERGIE 55
5.3.5 SYNTHESE DES IMPACTS POTENTIELS D'UN PROJET D'EXPLOITATION DE GRANULATS MARINS A LA REUNION 55
5.4 DISCUSSION SUR LES CHOIX DES SITES D'EXTRACTION ET PERSPECTIVES 57
5.5 APPROCHES METHODOLOGIQUES POUR LES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES 61
5.5.1 LES RECOMMANDATIONS DU CONSEIL INTERNATIONAL POUR L'EXPLORATION DE LA MER 61
5.5.2 LE PROTOCOLE BACI 61

6 CONCLUSION 63

7 BIBLIOGRAPHIE 65

Sigles et abréviations

ARVAM	Agence pour la Recherche et la Valorisation Marines
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DDE	Direction Départementale de l'Equipement
DIREN	Direction Régionale de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
MES	Matière En Suspension
SAR	Schéma d'Aménagement Régional
ZNIEFF	Zone Naturelle d'intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

Glossaire

Adsorption	Phénomène de surface par lequel des molécules de gaz ou de liquide se fixent sur des surfaces solides.
Bathymétrie	Science de la mesure des profondeurs de l'océan pour déterminer la topographie du sol de la mer.
Benthique	Ensemble des organismes présents sur ou dans le fond des eaux et ayant un lien étroit avec celui-ci.
Biocénose	Ensemble d'êtres vivants coexistant dans un espace défini qui offre les conditions nécessaires à leur vie.
Bio-construction	Edifice naturel élaboré par un processus biologique (fixation du carbonate de calcium par les coraux).
Biotope	Milieu biologique déterminé offrant des conditions d'habitat stables à un ensemble d'espèces.
Blanchissement	Dépigmentation des coraux résultant de la disparition d'algues symbiotiques.
Contre-courant	Courant allant dans la direction opposée à celle du courant principal.
Corail solitaire	Corail composé d'un seul individu solitaire, non colonial, pouvant vivre de manière fixée ou libre.
Désorption	Phénomène inverse à l'adsorption, par lequel les molécules adsorbées sur une surface s'en détachent.
Ecosystème	Un biotope et une biocénose constituent un écosystème.
Elinde	Conduite permettant la remontée des sédiments aspirés sur le fond vers la cale du navire.
Epigé	Désigne l'ensemble des organismes qui se trouvent et vivent à la surface du sédiment (faune et flore).
Espèce pionnière	Espèce qui s'installe en priorité dans un habitat nouveau encore peu occupé par les autres espèces.
Endogé	Qualifie ce qui se trouve et vit à l'intérieur du sédiment, par exemple dans le sable ou la vase.
Eutrophe	Se dit d'une eau sujette au phénomène d'eutrophisation.
Eutrophisation	Apport en excès de substances nutritives (nitrates et phosphates) dans un milieu aquatique.
Faciès	Terme général permettant de catégoriser les biocénoses en fonction de leurs caractéristiques propres.
Fine	Particule d'origine diverse remise en suspension présentant une granulométrie inférieure à 63µm (vase).
Géomorphologie	Science qui étudie le relief terrestre ou sous-marin.
Halieutique	Activité relevant de la pêche sous toutes ses formes, professionnelle ou de loisir, en eau douce ou marine.
Hyper sédimentation	Processus à partir duquel un espace maritime se charge de particules terrigènes.
Ichtyologique	Désigne l'ensemble des poissons vivants dans un espace géographique ou un habitat déterminé.
Infralittoral	Etage du littoral qui est émergé lors des marées de vive-eau
Intertidale	Zone comprise entre les niveaux des pleines et des basses mers. Zone de balancement des marées.
Isobathe	Ligne rejoignant les points qui sont situés à la même profondeur.
Larve	Forme jeune dont la morphologie, et souvent le mode de vie, sont très différents de l'adulte.
Littoral	Qui appartient aux bords de la mer, aux côtes.
Passe	Passage naturel dans un récif qui permet la sortie des eaux du lagon.
Pélagique	Qualifie les organismes et les processus ayant lieu en milieu océanique, sans lien avec le fond.
Post larve	Stade larve compétente ou juvénile qui vient de coloniser le récif, mais qui n'est pas encore installé.
Polype	Individu de la colonie corallienne composé d'une cavité gastrique et d'une corolle de tentacules rétractiles
Pulvérulent	Qui est sous forme de poudre.
Recrutement	Arrivée de jeunes individus dans une population
Rémanent	Se dit d'un phénomène qui persiste quand sa cause a disparu.

Résilience : Capacité de restauration de l'écosystème après perturbations

Réseau trophique : Ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème.

Sciaphile : Se dit d'un organisme qui vit principalement à l'ombre.

Sublittoral : Dénomination scientifique correspondant à la partie de l'étage infralittoral qui n'est jamais émergée

Substratum : Base sur laquelle repose une formation géologique ou des alluvions (= sédiments).

Supra-littoral : Zone située au dessus du niveau des hautes mers, qui est éclaboussée facilement par les embruns.

Suspensivore : Qui capturent des particules en suspension par des polypes nourriciers

Symbiotique : Association entre plusieurs organismes vivants qui s'apportent un bénéfice mutuel.

Synergie : Mise en commun de moyens qui se renforcent entre eux pour aboutir à un même but.

Terrigène : Désigne toute substance sédimentaire provenant des couches supérieures des terres émergées.

Thermocline : Interface entre deux masses d'eau de températures différentes.

Transit sédimentaire : Flux de particules en suspension dans un fluide.

Tubicole : Terme qualifiant les animaux qui construisent un tube dans lequel ils vivent.

Turbidité : Désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent.

Zooxanthelle : Algue unicellulaire symbiotique de certains mollusques, des organismes coralliens et des éponges.

Illustrations

Figure 1 : Localisation du secteur de prospection (IGN, GEOPORTAIL) 8
Figure 2 : Localisation des deux plateaux envisagés pour les opérations d'extraction (source : SHOM) 8
Figure 3 : localisation des unités géomorphologiques du secteur 1 10
Figure 4 : localisation des unités géomorphologiques 41 à 43 du secteur 2 11
Figure 5 : Carte bathymétrique du secteur d'intervention - limite rouge = isobathe 50m (source : SHOM) 12
Figure 6 : Les différents régimes de houle à La Réunion (Gabrié, 1982) 13
Figure 7 : Orientations du courant global dominant en régime d'Alizés (SOGREAH/PARETO, 2005) 15
Figure 8 : Cartographie des faciès sédimentaires au niveau du secteur 1 17
Figure 9 : Cartographie des faciès sédimentaires au niveau du secteur 19
Figure 10 : Echelle de Wentworth 21
Figure 11 : Peuplements de substrats meubles du secteur 1 27
Figure 12 : Peuplements de zones à galets 30
Figure 13 : Peuplements de bancs récifaux 32
Figure 14 : Les peuplements d'affleurements basaltiques profonds (-35 à -60m) 34
Figure 15 : Peuplements de substrats meubles (secteur 2) 37
Figure 16 : Peuplements des zones à galets profonds 39
Figure 17 : Cartographie des principales biocénoses de l'unité géomorphologique 47 44
Figure 18 : Représentation de la sensibilité écologique et des facteurs de vulnérabilité de l'unité géomorphologique 47 45
Figure 19 : Cartographie des principales biocénoses de l'unité géomorphologique 48 46
Figure 20 : Représentation de la sensibilité écologique et des facteurs de vulnérabilité de l'unité géomorphologique 48 47
Figure 21 : Carte géomorphologique des fonds marins du secteur de Bois-Rouge 49
Figure 22 : Représentation de la sensibilité écologique et des facteurs de vulnérabilités du secteur de Bois-Rouge 50
Figure 23 : schéma d'une drague aspiratrice en mouvement (source : http://www.dcsc.tudelft.nl) 51
Figure 24 : Illustration des différents impacts potentiels des travaux d'extraction de sables (source IFREMER) 52
Figure 25 : Différents impacts possibles et études envisageables (d'après Augris et Cressard 1984) 53
Figure 26 : Orientations possibles du panache de surverse dans l'hypothèse d'opérations d'extraction dans le secteur 1 59
Figure 27 : Orientations possibles du panache de surverse dans l'hypothèse d'opérations d'extraction dans le secteur 2 60
Figure 28 : Carte de synthèse (études complémentaires à mener et zone potentielle pour l'extraction, secteur 2) 64

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les granulats marins représentent une réelle possibilité de substitution aux matériaux alluvionnaires terrestres. Leur exploitation est déjà importante dans certains pays tels que le Royaume-Uni et le Japon. En France métropolitaine, la majorité est extraite sur la façade Atlantique et dans la Manche.

Dans le contexte spécifique de l'île de la Réunion, et suite à la révision du schéma des carrières, une problématique concernant le manque de visibilité sur les stocks de matériaux terrestres (alluvions fluviatiles, en particulier) se pose. Il est donc envisagé d'orienter une part des futurs prélèvements dans l'océan et d'effectuer une démarche prospective dans cette voie.

L'objectif principal de la présente étude est d'apporter des éléments d'aide à la décision concernant l'impact de l'extraction de granulats marins sur l'environnement et de préciser les conditions dans lesquelles l'opération projetée pourrait satisfaire aux préoccupations environnementales.

Les objectifs secondaires de cette notice d'impact sont les suivants :

- ✓ Décrire et préciser la nature et l'état des fonds et des peuplements associés ainsi que leur niveau de sensibilité respectif,
- ✓ Localiser les zones littorales les plus sensibles à l'extraction de granulats au sein des 2 zones d'extraction potentielles et d'identifier des indices de vulnérabilité,
- ✓ Qualifier l'impact potentiel de l'activité de dragage sur les zones retenues,
- ✓ Définir les grandes orientations pour d'éventuelles investigations complémentaires.

Conformément aux termes de référence, les deux zones envisagées pour l'exploitation de granulats sont :

1) le plateau s'étendant de la Possession à Saint-Denis,

2) le plateau de Sainte-Marie à Sainte-Suzanne.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 LOCALISATION ET DEFINITION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone de prospection est comprise entre le secteur de la Possession et Sainte-Suzanne. Elle s'étend sur un linéaire côtier d'environ 35 km.

Figure 1 : Localisation du secteur de prospection (IGN, GEOPORTAIL)

Au sein de cette large zone, deux secteurs plus précis ont été envisagés pour l'extraction de granulats. Le premier se situe le long de la route du littoral, entre la Possession et Saint-Denis, et le second sur le plateau s'étendant de Sainte-Marie jusqu'à Sainte-Suzanne. La bathymétrie d'intervention envisagée est comprise entre 10 et 40m de profondeur. (Figure 2). (Voir Figure 2).

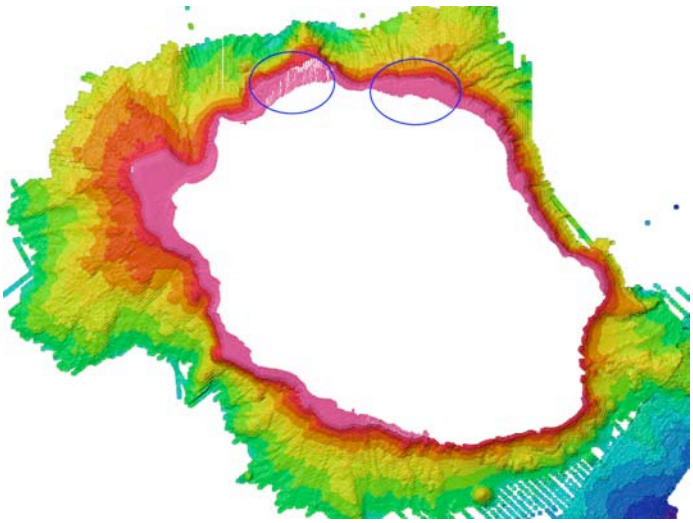


Figure 2 : Localisation des deux plateaux envisagés pour les opérations d'extraction (source : SHOM)

2.2 SYNTHESE DE L'EXISTANT

Une compilation des données sur les caractéristiques du milieu a été réalisée sur la base des documents existants et disponibles, des informations complémentaires collectées auprès des acteurs locaux. Les données synthétisées correspondent à des paramètres hydrologiques, physiques et biologiques relatifs à :

- ✓ Les caractéristiques du milieu ;
- ✓ les techniques d'extraction de granulats marins.

L'ensemble des données collectées a été regroupé dans cette notice d'impact qui s'attache à présenter les principaux résultats concernant :

- ✓ Les caractéristiques environnementales et océanographiques du secteur ;
- ✓ Les peuplements et biocénoses présents sur les zones envisagées ;
- ✓ Les facteurs de vulnérabilité littorale avérés et supposés ;
- ✓ Les impacts potentiels de travaux d'extraction sur les peuplements et biocénoses.

3 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET OCEANOGRAPHIQUE

3.1 SECTORISATION DE LA ZONE D'ETUDE ET STATUT DE PRESERVATION

Le littoral réunionnais est sectorisé selon deux typologies :

- ✓ Le découpage ARVAM/IARE (1995), qui découpe le littoral réunionnais en 51 unités géomorphologiques (zones)
- ✓ Le découpage DCE (IFREMER, 2003), qui différencie 9 masses d'eau indépendantes hors zones récifales et 4 masses d'eau en zones récifales.

Deux masses d'eau et huit unités géomorphologiques sont concernées par la présente étude :

- ✓ La masse d'eau LC2 (Grande Chaloupe - Pointe de Galets) qui comprend l'unité géomorphologique 48 à 50,
- ✓ La masse d'eau LC1 (Sainte-Suzanne – Grande Chaloupe) qui comprend les unités géomorphologiques 41 à 47.

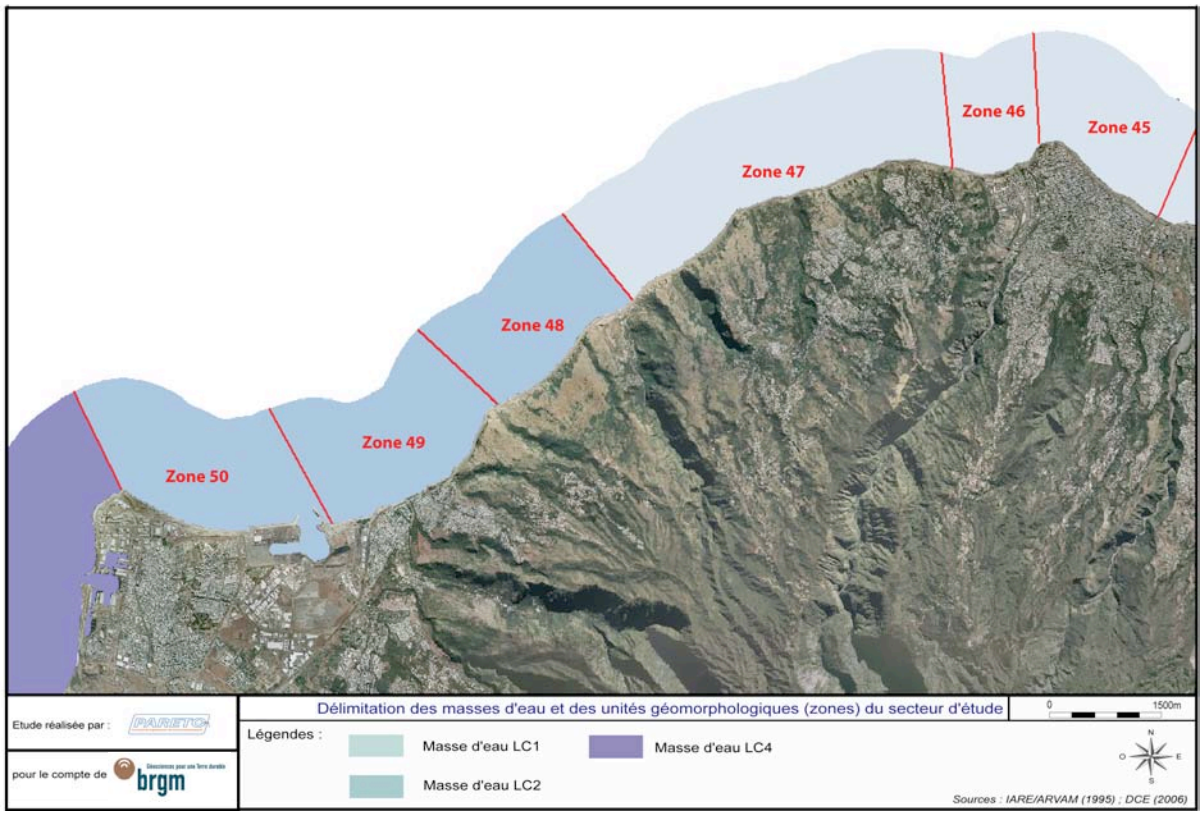


Figure 3 : localisation des unités géomorphologiques du secteur 1

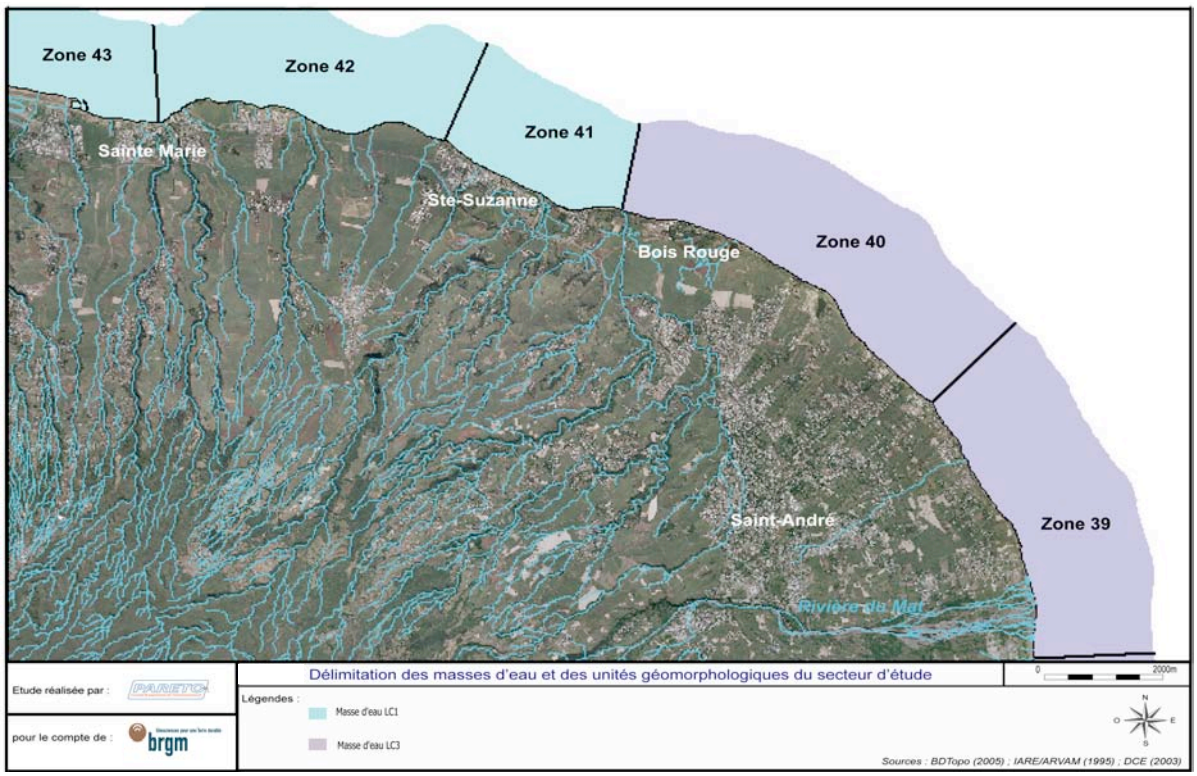


Figure 4 : localisation des unités géomorphologiques 41 à 43 du secteur 2

D'un point de vue statutaire, cet espace est caractérisé par la vocation « espace urbain/espace d'activité » de son littoral (SMVM et SAR Réunion, 1995) et ne comporte pas de ZNIEFF marine (DIREN, 2007).

Elle est également exclue du périmètre de la nouvelle Réserve Naturelle Marine (DIREN, 2007).

3.2 BATHYMETRIE

- ✓ Secteur 1 (Route du Littoral) : La pente y est douce et régulière (2° à 5°, entre 0 et 100 m) avec légère rupture de pente vers l'isobathe 40 m qui laisse apparaître ponctuellement des affleurements basaltiques profonds.
- ✓ Secteur 2 (plateau entre Sainte-Marie et Sainte-Suzanne) : Entre 0 et 20 m, la pente est progressive et régulière (2,6°). Entre 20 et 50 m, les fonds sont plus accidentés. Au-delà de 50 m, la pente s'accentue fortement et l'isobathe 100 m est rapidement atteinte.

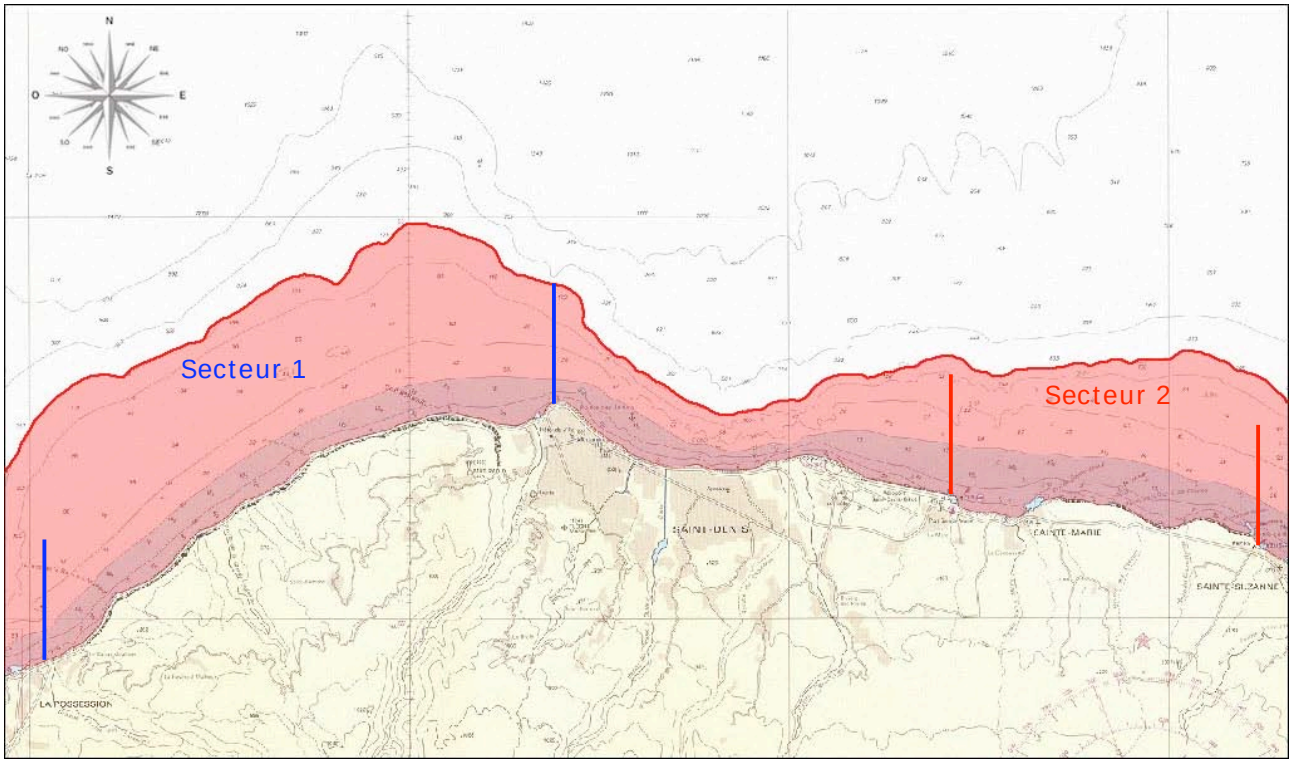


Figure 5 : Carte bathymétrique du secteur d'intervention - limite rouge = isobathe 50m (source : SHOM)

3.3 COURANTOLOGIE ET HYDRODYNAMISME

3.3.1 Profils houlographiques

Dans une île comme la Réunion, la houle constitue le phénomène océanographique majeur et le plus visible (Piton, 1992a).

Les houles les plus fréquentes y sont les houles d'alizés provenant de l'Est/Sud-Est et contournant l'île par l'Ouest/Sud-Ouest et l'Est/Nord-Est (composante affectant la zone d'étude) (Figure 6), de période de 5 à 10 secondes et de 1 à 2 m d'amplitude, pour une longueur d'onde de 50 à 70 m. La profondeur jusqu'à laquelle les mouvements de la houle se font sentir est donc de 50 à 70 m (Piton, 1992a).

Des houles plus fortes, mais plus rares, atteignent parfois la Réunion : les houles australes, de période 12 à 20 secondes, d'amplitude 3 à 6 m et de longueur d'onde 200 à 300 m, encore appelées localement "raz-de-marée" ; elles ont pour origine des coups de vents violents se produisant par 40°S dans le Sud de l'Afrique. Elles atteignent donc l'île par le Sud-Ouest (Figure 6).

Enfin les houles engendrées par les cyclones (houles cycloniques), atteignent l'île en général par le secteur Nord-Est à Nord-Ouest 3 à 4 fois pas an. Ce type de houle joue un rôle important dans l'établissement et le contrôle des communautés benthiques par une action déterminante sur le cordon littoral et les sédiments des fonds meubles (Troadec et Montaggioni, 1981).

Il est à noter que les deux secteurs d'étude ouverts sur l'océan sont sous l'influence de systèmes dépressionnaires de saison chaude et du régime général des vents d'alizés qui peuvent contourner l'île par le Nord. Elle est par contre soustraite aux actions directes des houles australes de Sud-Ouest.

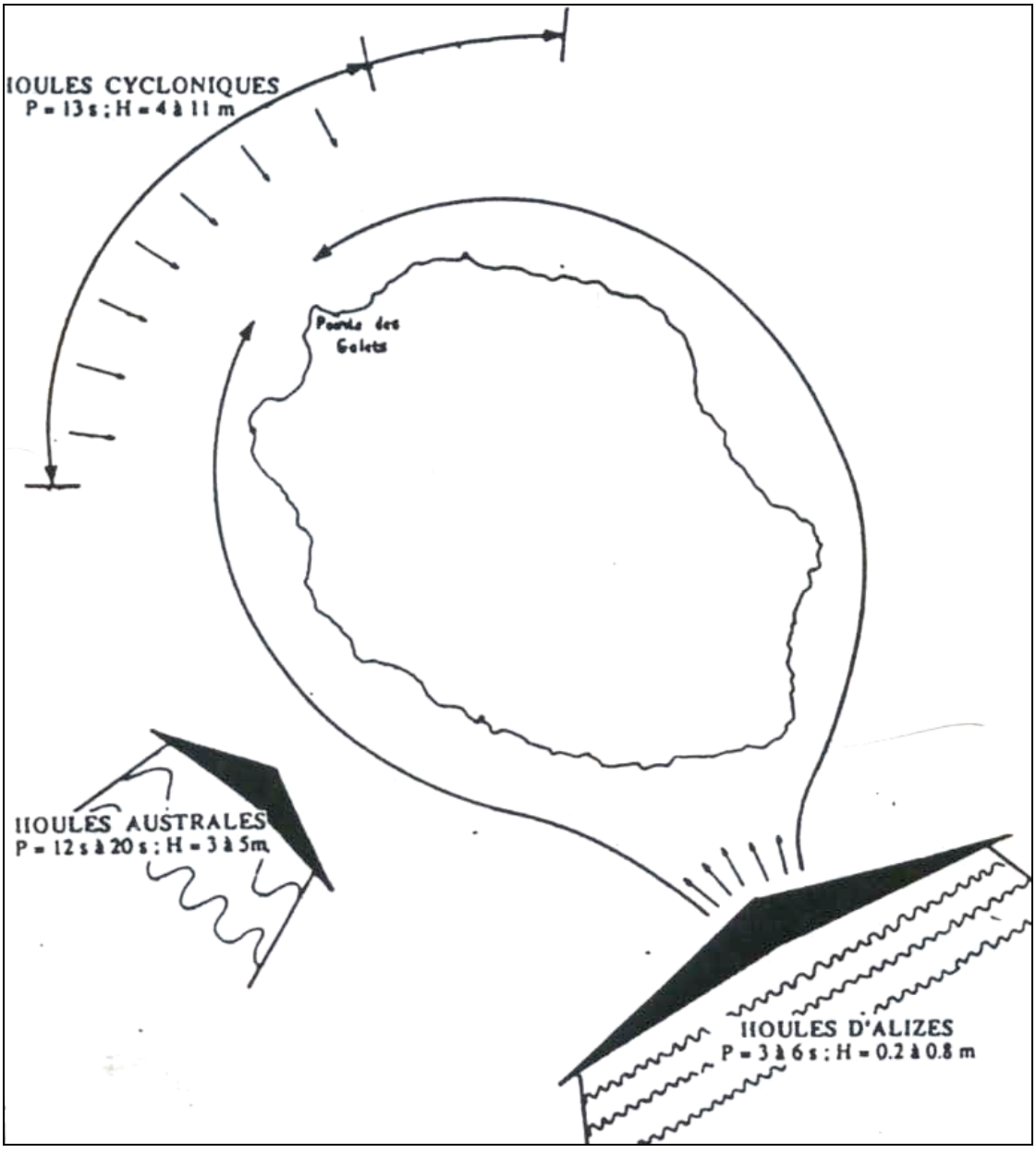


Figure 6 : Les différents régimes de houle à La Réunion (Gabrié, 1982)

3.3.2 Schémas courantologiques

L'île de la Réunion émerge du courant subéquatorial induit par les alizés. Ce courant (courant général) se dirige de l'est vers l'ouest à une vitesse moyenne de 0,5 nœuds (0,9 km/h). Il transporte sur une profondeur d'une centaine de mètres, une eau dont la température varie entre 22°C et 28°C selon les saisons. Ces vitesses moyennes semblent cependant s'accélérer au voisinage des côtes réunionnaises pour atteindre des valeurs de l'ordre de 1,5 à 3 nœuds (2,8 à 5,6 km/h) (Piton et Taquet, 1992).

En ce qui concerne la direction du courant près de l'île, il est remarquable de constater d'après les mesures en continu effectuées par la DDE jusqu'à 50 m de profondeur, qu'elle est en moyenne plus ou moins parallèle au trait de côte, mais alternant avec la marée. Or, la marée à la Réunion, de type semi diurne à inégalité diurne, est de très faible amplitude, de 10 cm au minimum en période de morte-eau et de 95 cm au maximum en vive-eau. Ceci suffit cependant pour provoquer en général quatre changements de direction par jour, vers le secteur ouest durant le flot et vers le secteur est durant le jusant le long de la côte nord de l'île. Ces changements de direction du courant au moins dans les 50 premiers mètres peuvent s'étendre sur plusieurs milles autour de l'île (Piton, 1992b). Dans le contexte présent, ils favorisent les brassages ou mélanges de l'eau de la couche superficielle.

Il est à noter que l'action des houles donne également naissance à un ensemble de courants plus ou moins puissants et permanents sur une bande d'une centaine de mètres de large. Ce courant de houle, qui s'associe à l'action des vagues dans la zone de déferlement, provoque :

- ✓ Un transport d'eau vers la terre sous l'effet du courant d'entraînement résiduel de la couche par petits fonds ;
- ✓ Des courants parallèles à la côte à l'intérieur de la zone de déferlement ;
- ✓ Des « rips currents », ou courant de « trop-plein d'eau » de la côte vers le large qui peuvent s'étendre jusqu'à un kilomètre de la côte et être assez forts (1 à 2 nœuds).

Ce système de courants liés à la houle est par conséquent favorable aux mélanges turbulents.

Plus localement, Piton (1992b) note au niveau de Saint-André (extrême limite Est du secteur 2) une dérive moyenne en surface, de préférence vers le large (il préconise néanmoins des mesures complémentaires pour préciser ces observations, notamment près du fond). Au-delà des 20 m, le site est décrit comme très favorable aux mélanges. En deçà, les flux de retour vers la côte sont assez rapides.

Plus à l'ouest, au droit du port de Sainte-Marie, l'étude réalisée par SOGREAH/PARETO (2005) a mis en évidence l'existence de courants essentiellement parallèles à la configuration générale des fonds et de la côte. Ils sont alternativement orientés au sud-est quand les vents ne sont plus dominants par rapport à la marée, ou au nord-ouest sous l'effet des vents dominants (figure 7).

Au cours de cette même étude, le suivi du trajet d'un panache expérimental (coloré à la Rhodamine), en face de l'aéroport, a montré que tant que le vent était faible (inf. à 3 m/s), seule la marée conditionnait le trajet du panache. Ensuite, dés que le vent se lève et atteint une vitesse de 9 m/s, il entraîne la couche supérieure de la colonne d'eau (3 premiers mètres) et tend à ralentir les courants de surface jusqu'à les inverser. Le panache se situant dans cette couche supérieure, il a tendance à repartir vers l'ouest / nord-ouest.

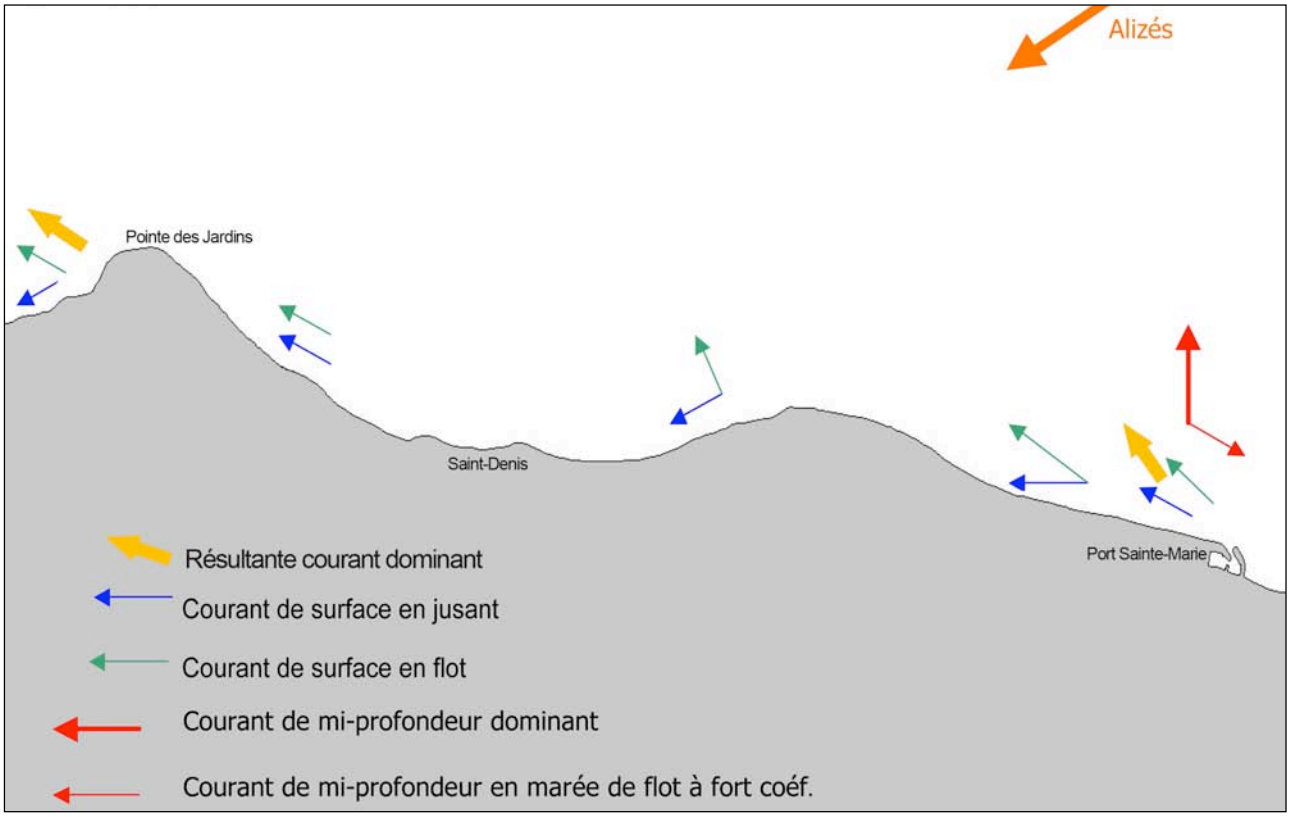


Figure 7 : Orientations du courant global dominant en régime d'Alizés (SOGREAH/PARETO, 2005)

3.4 GEOMORPHOLOGIE

L'étude des cartes sédimentologiques réalisées par le BRGM dans le cadre du programme CARTOMAR (Guennoc *et al*, 2008), nous permet de dresser un premier aperçu de la distribution spatiale des différents types de formations sédimentaires, au sein des deux secteurs concernés par le projet, entre 15 et 100 m de profondeur.

3.4.1 Secteur 1 (La Possession à Saint-Denis)

Sur la partie ouest, la zone rugueuse présente entre 20 et 60 m laisse place ensuite à des vases profondes.
Au droit de la route du littoral, entre 15 et 50 m de profondeur, on note la prédominance de sables basaltiques (sables basaltiques vaseux, biodétritiques et à fraction). Au-delà, à partir de 55-60 m et jusqu'à l'isobathe 100m, les substrats rocheux apparaissent (roches affleurantes, sub-affleurantes et éparses).

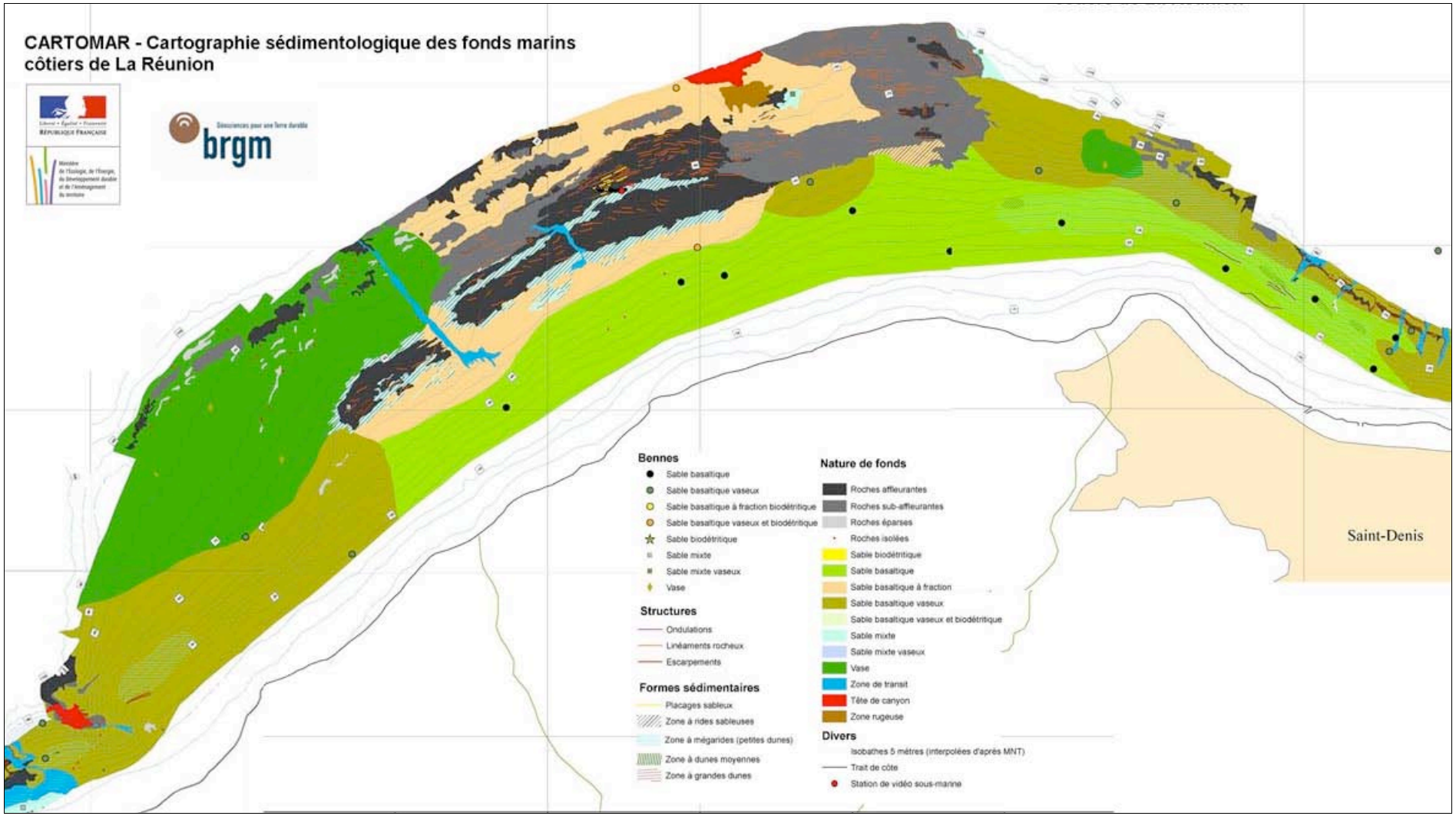


Figure 8 : Cartographie des faciès sédimentaires au niveau du secteur 1

3.4.2 Secteur 2 (Sainte-Marie à Sainte-Suzanne)

La distribution des faciès sédimentaires apparait relativement plus homogène que dans le secteur 1. La zone des sables basaltiques est présente entre 15 et 60 m de profondeur, laissant ensuite la place à des sables basaltiques vaseux, au moins jusqu'à l'isobathe 100 m.

Les substrats rocheux sont situés au centre de la zone, entre 25 et 70 m de profondeur, principalement sous forme de roches affleurantes et sub-affleurantes.

A noter que sur le site de Bois-Rouge (secteur de Sainte-Suzanne), les travaux de Bigot *et al* réalisés en 1994 montraient la présence d'une zone à galets stabilisés, entre 25 et 35 m de profondeur, dont la richesse faunistique est avérée.

Sur ce même secteur, la carte détaillée des faciès sédimentaires établie par Bigot en 2000, précise la répartition bathymétrique des autres faciès, qui se répartissent de la manière suivante :

- ✓ sables basaltiques grossiers entre 0 et 10 m,
- ✓ substrat sablo-vaseux entre 10 et 25 m,
- ✓ vases entre 35 et 100 m,
- ✓ zones d'affleurements basaltiques profonds entre 100 et 120 m.

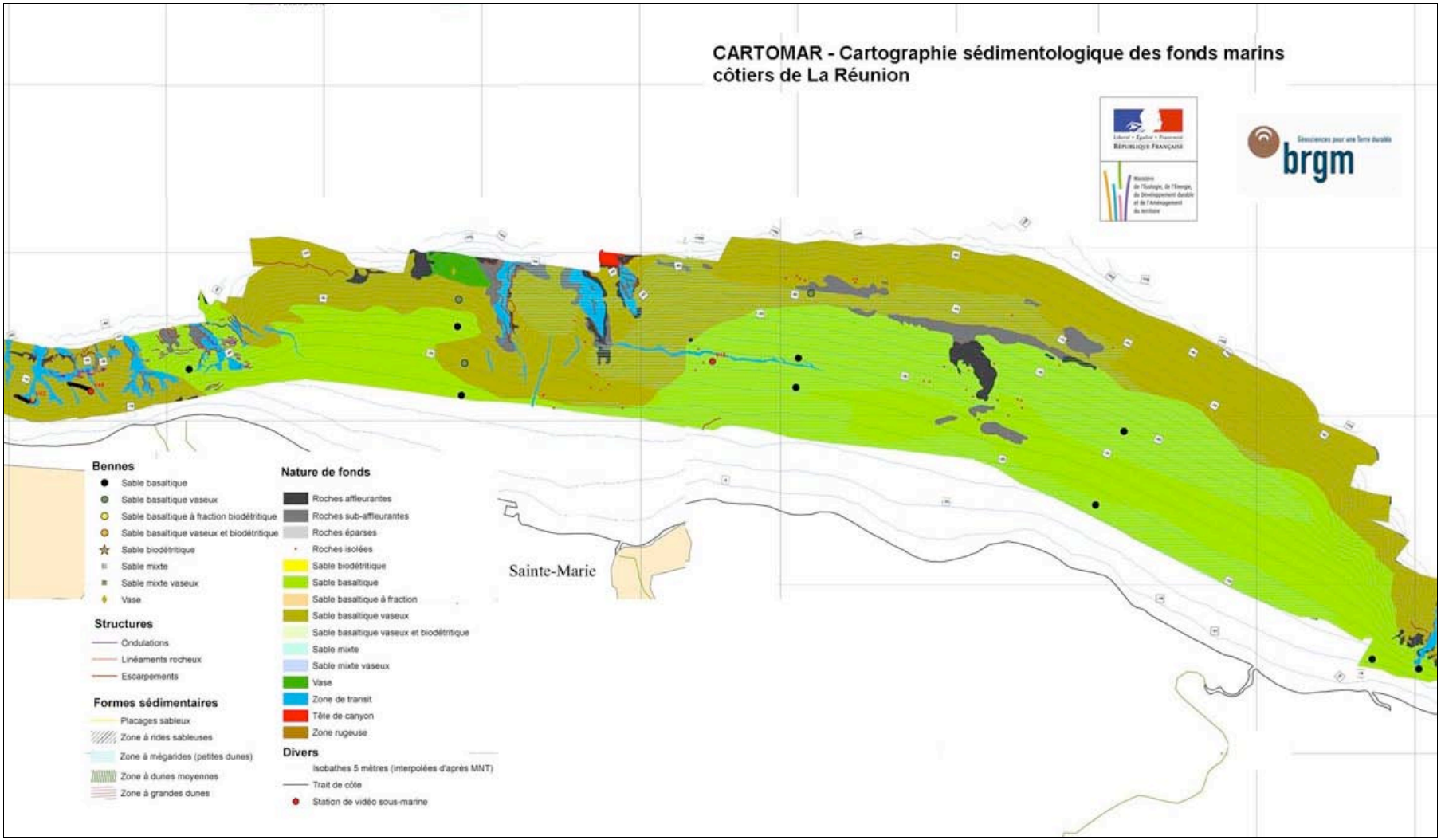


Figure 9 : Cartographie des faciès sédimentaires au niveau du secteur

3.5 SEDIMENTOLOGIE

3.5.1 Dynamique sédimentaire

D'un abord souvent très complexe, son analyse en lien avec la problématique permet cependant de :

- ✓ Comprendre la répartition sédimentaire mise en évidence sur les cartes géomorphologiques,
- ✓ Appréhender le mouvement général des différentes masses sédimentaires en fonction des différents types de régimes hydrodynamiques.

La dynamique sédimentaire constitue un paramètre important du fonctionnement des milieux benthiques et littoraux en lien avec la problématique environnementale posée en cas d'extraction de matériaux marins.

Les principaux types de mouvements sédimentaires sont ainsi identifiés en fonction des régimes dominants auxquels ils sont soumis :

- ✓ régime général (houles d'alizés),
- ✓ régime cyclonique (cyclone et dépressions tropicales).

--> Une étude fine de la dynamique sédimentaire au sein des 2 secteurs envisagés mériterait d'être conduite, afin d'évaluer le risque potentiel d'impact d'un éventuel « surplus » de transit sédimentaire sur les zones d'affleurements basaltiques profonds, corrélé aux travaux d'extraction.

3.5.2 Eléments de granulométrie

L'échelle de Wentworth permet de classer les sédiments d'après le diamètre du grain et de distinguer 4 catégories de sables (grain fin à très gros grain), classes de sédiments susceptibles d'être exploités. L'extraction de graviers et galets n'est pas exclue.

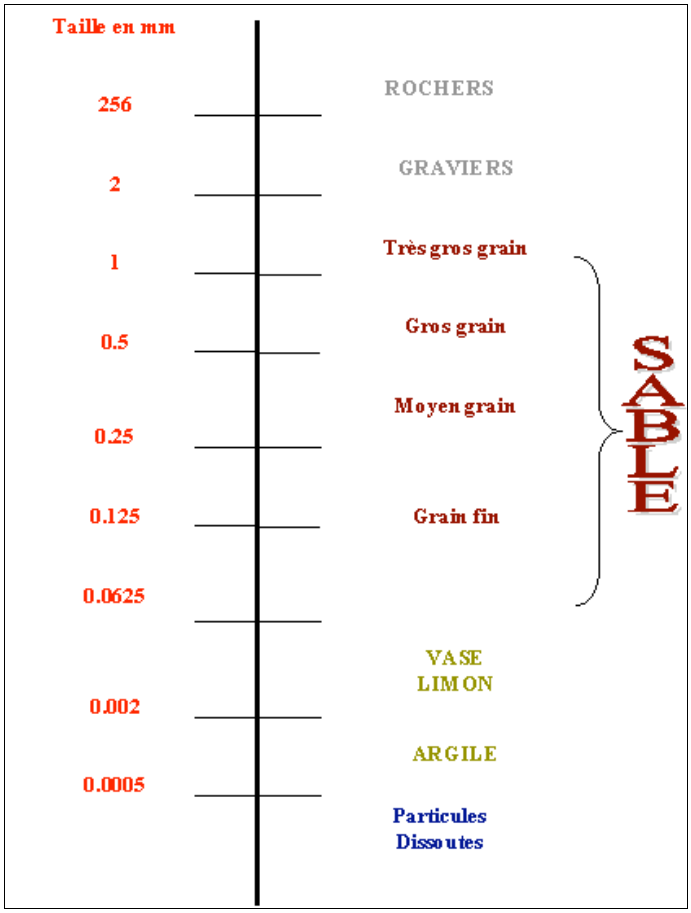


Figure 10 : Echelle de Wentworth

La campagne de cartographie morphosédimentologique des fonds marins côtiers de la Réunion, menée par le BRGM en 2008 (Guennoc *et al.*, 2008), a permis de différencier 8 faciès sédimentaires et de les classifier de la manière suivante :

- *Sable biodétritique :* constitué de petits débris de corail et de coquilles, sa granulométrie moyenne est comprise entre 1 et 2 mm mais peut parfois atteindre le centimètre. Il est assez souvent observé sous forme de « langues » ou « couloirs » sableux s'étalant sur les formations sous jacentes. Ces sédiments correspondent à une réflectivité variable (passant du clair au sombre) selon la rugosité du fond (plat ou à rides, mégarides, ...),

- *Sable volcanique* : constitué de fines à très fines particules d'origine uniquement volcanique, sa granulométrie moyenne varie entre 125 et 250 µm,

- *Sable volcanique à fraction biodétritique* : c'est un sable constitué principalement d'éléments volcaniques et présentant une fraction biodétritique mineure mais non négligeable (de 10 à 20%). Sa granulométrie présente deux fractions distinctes : l'une prédominante comprises entre 125 et 500 µm correspondant au sable volcanique et l'autre moins importante, comparable à celle d'un sable biodétritique, et supérieure à 500 µm,

- *Sable volcanique vaseux* : sable constitué principalement d'éléments d'origine volcanique et possédant une fraction plus fine vaseuse. L'histogramme des fractions granulométriques montre une répartition assez homogène de 10 à 250 µm pouvant parfois descendre sous les 10µm. Ce sable constitue généralement une transition entre une zone à sable volcanique et une zone de vase,

- *Sable volcanique vaseux et biodétritique* : ce sable de couleur marron très sombre, est constitué principalement de sable d'origine volcanique. Il contient une fraction très fine vaseuse et une fraction grossière biodétritique. L'étude granulométrique révèle deux modes principaux : une fraction principale entre 125 et 500 µm et une deuxième composée d'élément inférieur à 63µm. Il contient aussi un pourcentage non négligeable de fraction biodétritique (10%),

- *Sable mixte* : c'est un sable brun constitué à parts équivalentes d'éléments d'origine volcanique et biodétritique. Sa granulométrie moyenne se situe entre 250 µm et 1 mm. Il ne correspond pas réellement à un sable bien mélangé, ce qui serait impossible dans de telles conditions hydrodynamiques, mais à un agencement particulier de sables volcanique et biodétritique. En effet, très fréquemment, le sable biodétritique est concentré dans les creux des rides du sable volcanique sous-jacent par l'action des courants,

- *Sable mixte vaseux* : il s'agit d'un sable mixte possédant une fraction très fine non négligeable (15 %). Il se localise par « taches » dans des zones à sables mixte dominant,

- *Vase* : ce terme regroupe ici différents faciès de sédiments très fins bruns à noirs. Il s'agit le plus souvent d'un sédiment d'une granulométrie moyenne de 10 à 63 µm. Des éléments plus grossiers isolés peuvent aussi être observés dans ces sédiments. La vase a aussi été observée en fine couche plus homogène sur des sédiments plus grossiers Ces sédiments sont observés le plus souvent aux embouchures des principaux cours d'eau côtiers de l'île.

La répartition de ces sédiments sur les secteurs d'étude est représentée sur les figures 8 et 9.

4 DESCRIPTION DES PEUPLEMENTS MARINS

4.1 SECTEUR 1

4.1.1 Biodiversité

Un total de 498 espèces a été recensé sur le secteur compris entre le Port Est et l'entrée de Saint-Denis, au sein de 25 références bibliographiques datées de 1981 à 2007 (Bouchon *et al*, 1981 ; Delacroix, 1982 ; Delacroix *et al*, 1985 ; Dutrieux et Quod, 1994 ; ARVAM et IARE, 1995 ; Durville, 1995 ; Bigot *et al* 1998 (a et b) ; Garnier *et al* 1999 ; Garnier *et al* 2000 ; Dorseuil *et al* 2001 ; Garnier *et al* 2001 (a, b et c) ; Bigot et Garnier, 2002 ; ARVAM, 2002 ; Tessier, 2005 ; ARVAM, 2006 (a et b) ; Bigot, 2006 ; PARETO et ARVAM, 2007).

Parmi ces espèces, on a distingué :

- ✓ 307 espèces de poissons ;
- ✓ 82 espèces de coraux madréporaires (coraux durs) ;
- ✓ 49 espèces de mollusques ;
- ✓ 16 espèces d'échinodermes ;
- ✓ 13 espèces de crustacés ;
- ✓ 10 espèces d'algues.

Si l'on compare ces résultats aux 723 espèces de poissons et aux 180 espèces de coraux durs référencées à la Réunion (Bourmaud, 2003), cette zone abrite respectivement à elle seule 41% et 46% de ces deux derniers groupes taxonomiques le long d'un linéaire côtier de 6 km (soit moins de 3% du linéaire côtier total), ce qui est considérable pour une zone "non-récifale".

Cette richesse biologique relative provient de la grande diversité des milieux présents sur le territoire. Chacun de ces milieux abrite des associations d'espèces caractéristiques, appelées biocénoses. Il est ainsi possible de rencontrer sur la même zone d'étude des faciès caractéristiques de milieux meubles à forte sédimentation (faciès à *Heterocyathus sp*. et *Heteropsammia sp*.) et des peuplements de banc récifal, habituellement rencontrés dans les eaux claires de l'Ouest de l'île. Les zones à galets littoraux sont, quant à elles, des zones privilégiées de colonisation de nombreuses espèces de poissons juvéniles (Planes, 1993).

Il convient cependant de préciser que l'essentiel de la biodiversité recensée a été échantillonnée à l'ouest du secteur d'étude, du Port Est au site dit Le Camp Magloire (La Possession). Le secteur situé au droit de la route du littoral semble beaucoup plus pauvre malgré la présence d'affleurements basaltiques profonds, au large de la Grande Chaloupe, et d'un petit banc corallien au niveau de la pointe du Gouffre, qui n'ont à ce jour pas été échantillonnés.

4.1.2 Caractérisation des biocénoses et sensibilité écologique

La notion de sensibilité écologique est complexe et englobe de nombreuses composantes. Il est possible de la définir comme l'aptitude d'une biocénose à résister à un facteur de stress, le facteur de stress étant défini comme une situation qui force le système à mobiliser ses ressources et dépenser une quantité plus grande d'énergie pour maintenir son intégrité. L'aptitude à résister à un facteur de stress comprend deux aspects :

- ✓ L'un est représenté par les variables structurelles de la biocénose, comme la richesse ou la diversité spécifique. On peut en effet supposer que plus une biocénose est riche et diversifiée, plus les pertes seront grandes en cas d'agression,
- ✓ L'autre aspect est représenté par les variables fonctionnelles que représentent l'inertie (résistance qu'oppose un système à une contrainte) et la résilience (manière dont le système se déforme et revient ou non à son état initial après avoir subi cette contrainte).

L'objectif de ce chapitre est de caractériser précisément, sur la base d'une recherche bibliographique approfondie, les biocénoses marines présentes sur le secteur d'étude, tant sur le plan de leur valeur structurelle (patrimoniale) que fonctionnelle. Cette évaluation permet la hiérarchisation des peuplements selon quatre niveaux de sensibilité écologique croissante : "Très faible", "Faible", "Moyenne" et "Forte".

4.1.2.1 Les peuplements de substrats meubles

De manière générale, les substrats meubles sont prédominants sur la zone d'étude, de la bathymétrie des -5/-10m à plus de -90m. Ces sédiments abritent une faune benthique caractéristique composée d'espèces vivant à l'interface du fond (faune épigée) ou vivant enfouies dans les sédiments (faune endogée). La répartition faunistique de ces organismes est directement liée aux facteurs édaphiques et aux conditions de milieu (hydrodynamisme, sédimentologie, hydrologie,...) qui caractérisent ces écosystèmes particuliers.

4.1.2.1.1 Faciès littoraux à Veneridae (-5 à –15 m) (photo 1, figure 11)

Les fonds de -5 à -15m, sous l'influence de conditions hydrodynamiques contraignantes, sont dominés par une faune endogée constituée majoritairement d'espèces de mollusques bivalves de la famille des Veneridae (*Pitar sp.*, *Timoclea spp.*), associés à des vers polychètes fouisseurs (*Potamilia sp.*) et quelques gastéropodes du genre *Oliva* et *Terebra* (ARVAM et IARE, 1995 ; Durville, 1995). Seuls de gros terriers évasés, construits par des crustacés de la famille des Callianassidae rompent la monotonie du paysage.

Pour les poissons, à l'exception de quelques spécimens isolés de Capitaines et de Capucins, seule l'espèce fouisseuse caractéristique de sédiments meubles *Xyrichthys pentadactylus* (Rason) est bien représentée.

--> La sensibilité écologique de ce faciès présentant sur toute la zone des formations de type "ripple marks" (photo 1, figure 11) témoignant d'un remaniement constant des matériaux constitutifs et globalement pauvre tant du point de vue patrimonial que fonctionnel, peut être considérée comme « très faible » dans le cadre de cette étude.

4.1.2.1.2 Faciès intermédiaire à peuplements benthiques successifs (-13 à –70 m)

Ce faciès succède sans transition nette aux faciès littoraux, à partir de la bathymétrie des -13/-15 m jusqu'à plus de 70 m de profondeur. Il est caractérisé par une succession du Sud vers le Nord de trois sous-faciès à peuplements benthiques caractéristiques :

(i) Le sous-faciès à *Heterocyathus sp. et Heteropsammia sp.* (photo 2, figure 11) est prépondérant sur la moitié sud de la zone d'étude (de la Pointe des Galets à la Grande Chaloupe). Ces petits Madréporaires solitaires vivants à la surface des sédiments sableux représentent deux genres dominants de la communauté épigée (plusieurs dizaines à plusieurs centaines par m^2), en association avec des vers tubicoles (Eunicidae, Sabellidae), de nombreux Crustacés, des oursins réguliers (*Astropyga radiata)* ou irréguliers au mode de vie fouisseur (*Maretia sp, Brisopsis spp*.). Malgré des conditions hydrodynamiques assez intenses sur l'ensemble du secteur, les milieux meubles colonisés par ces organismes correspondent préférentiellement à des environnements marqués par une relative stabilité sédimentaire (faible action des houles, courants) (ARVAM et IARE, 1995 ; Bigot *et al,* 1998a).

(ii) Le sous-faciès à *Potamilia sp.* (photo 3, figure 11) remplace progressivement les peuplements à madréporaires solitaires à partir de la Grande Chaloupe jusqu'à la Grande Ravine. Bien que les organismes restent les mêmes, on remarque sur ce secteur un peuplement bien différent du précédent sous-faciès. L'abondance des vers fouisseurs tubicoles du genre Potamilia est très supérieure aux autres espèces et peut atteindre des densités très importantes (de l'ordre de 500 vers/m^2) qui laissent penser à une changement des conditions hydrodynamiques, en particulier des courants, au niveau de cette zone de cap (Durville, 1995).

(iii) Le sous-faciès à *Virgularia sp.* (photo 4, figure 11), succède ensuite aux vers *Potamilia sp.* à partir de la Grande Ravine jusqu'à la Ravine du Butor. Sur ce secteur, le substrat présente une couche importante de sédiments vaseux. Le peuplement dominant est constitué de pennatules du genre Virgularia qui dressent leurs panaches hors du sédiment (jusqu'à quelques dizaines/m^2). Elles sont accompagnées de quelques coraux solitaires et de vers fouisseurs décrits précédemment. On peut noter la présence d'une algue verte *Caulerpa mexicana* qui forme des plaques de végétation relativement fournies et d'un petit mollusque *Oliva volvaroides* (Durville, 1995).

--> De façon générale, ces fonds restent relativement pauvres du point de vue biologique malgré une succession de peuplements benthiques bien particuliers. Du fait de la petite taille de tous ces individus de surface, la biomasse reste faible dans ces zones (Durville, 1995). La sensibilité écologique de faciès peut être définie comme « faible » à « très faible » dans le cadre de cette étude.

4.1.2.1.3 Faciès endogés de pentes sablo-vaseuses profondes (-40 à -70 m)

Ce type de peuplement particulier (photo 5, figure 11) est présent sur la zone sablo-vaseuse comprise entre les isobathes -40 et -60/-70 m. Il est caractérisé par une majorité de micro-crustacés (Amphipodes), de petits mollusques bivalves et d'annélides polychètes tubicoles. La richesse et/ou l'abondance de ces peuplements est variable selon l'importance de la pente et l'accumulation potentielle d'éléments sédimentaires fins.

De façon générale, les fonds sableux sont peu favorables à l'installation de populations de poissons diversifiées. Les seules espèces territoriales rencontrées sont des Rasons (*Xyrichthys pentadactylus*) et des Hétérocongres (*Heteroconger hassi*) qui s'enfouissent dans le sédiment. Ce milieu accueille aussi des poissons pélagiques planctonophages, notamment le "Pêche Cavale" (*Selar crumenophthalmus*). Elle présente un intérêt halieutique considérable pour la pêche côtière à la Réunion (Bigot *et al*. 1998 a et b).

En l'absence d'organismes fixés, l'étude des milieux marins profonds pourrait être réalisée grâce aux peuplements endogés. Ils serviront le cas échéant, d'indicateurs biologiques des perturbations d'origines diverses qui pourraient affecter les milieux naturels (Bigot *et al*, 1998b). Globalement, les milieux sablo-vaseux et les peuplements enfouis qu'ils abritent sont assez résistants aux perturbations qu'ils subissent.

-->La sensibilité écologique de ce faciès de faible intérêt écologique peut être considérée comme « très faible » dans le cadre de cette étude. En l'absence d'organismes fixés, les milieux sablo-vaseux et les peuplements enfouis qu'ils abritent sont assez résistants aux perturbations qu'ils subissent.

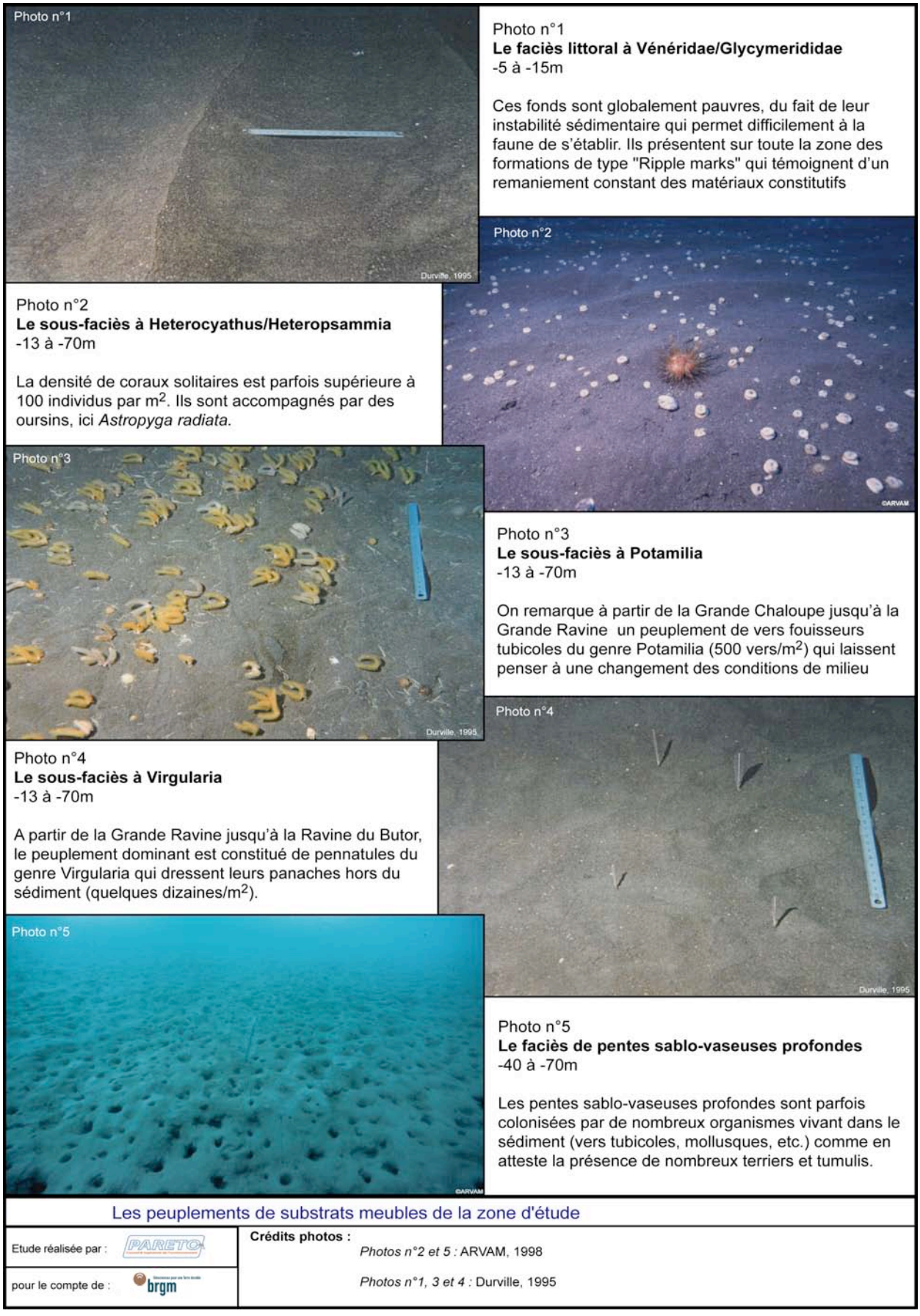


Figure 11 : Peuplements de substrats meubles du secteur 1

4.1.2.2 Les peuplements de zones à galets

Les peuplements de zones à galets, principalement rencontrés à l'ouest du port de la Possession, présentent des degrés de diversité et d'abondance variables, en fonction de l'hydrodynamisme et du niveau bathymétrique considéré. On distinguera ainsi les peuplements de zones à galets littoraux, présents entre 0 et -13/-15m, des peuplements de zones à galets sublittoraux (de -13/-15 à -20/-25m).

4.1.2.2.1 Peuplements à galets littoraux (0 à –15 m)

Les secteurs peu profonds et proches du rivage sont soumis à l'action régulière de la houle et des courants littoraux. Les galets y sont généralement en perpétuel remaniement. La turbidité des eaux y est importante (remise en suspension des MES) et les courants souvent forts. Ils offrent donc aux organismes benthiques des substrats de fixation instables, peu propices à la colonisation et au développement. Ils sont, à de rares exceptions près, très peu colonisés (Figure 12, Photo 1 et 2).

D'un point de vue ichtyologique, l'intérêt écologique de ces milieux a longtemps été sous-évalué. Les peuplements adultes pionniers, composés d'espèces non territoriales à large spectre alimentaire ou d'herbivores (Acanthuridae), ne présentent pas de spécificité remarquable. En revanche, dans un environnement à dominante sableuse, les galets littoraux constituent une des rares zones potentielles d'accueil des larves lors du recrutement. Cette installation est transitoire, car les larves doivent par la suite migrer vers d'autres milieux plus favorables à leur croissance (recherche de biotopes plus stables et plus profonds).

--> Ces fonds présentent globalement un intérêt écologique faible du point de vue de la faune fixée, du fait du fort hydrodynamisme et de l'instabilité des galets, qui ne permettent pas aux colonies de s'établir durablement. En revanche, d'un point de vue ichtyologique, ces zones de nurserie ont un rôle fondamental lors de la phase de colonisation post larvaire de nombreuses espèces de poissons (Planes, 1993). La sensibilité écologique de cette biocénose à faible valeur patrimoniale, mais présentant une fonctionnalité remarquable (zones de nurseries), peut être considérée comme « moyenne ».

4.1.2.2.2 Peuplements à galets sublittoraux (-13 à -25 m)

Les secteurs à galets plus profonds (-13/-25 m), constituent souvent une zone de transition avec le cordon à galets littoral. Ils sont rarement soumis aux phénomènes de remaniement sédimentaire et présentent une gradation croissante du niveau de colonisation en allant vers les zones les plus profondes. La diversité biologique y est en général moyenne, mais relativement abondante. Ces milieux sont relativement stables en condition océanographique de régime général, et permettent le développement d'organismes divers. Quelques coraux encroûtants (*Favia speciosa*, *Favia rotumana*, *Favites pentagona, Horastrea indica*), massifs (*Porites sp*) et sub-massifs (*Pocillopora sp.*) accompagnent les algues encroûtantes de type Mélobésiées, les éponges (Dictyoceratidae, *Strongylophora sp*) et de nombreux peuplements d'Hydraires de grande taille (*Sertularella diaphana*), (photo 3, figure 12).

La richesse en poissons y est plus élevée que sur les galets littoraux (photo 4, figure 12), que ce soit en espèces benthiques (Rougettes, Pteroïs), necto-benthiques (Apogonidae, Acanthuridae, Lutjanidae, Serranidae, Mullidae) ou pélagiques (Carangidae, Caesionidae). Les peuplements ichtyologiques sont dominés par des espèces carnivores (Lutjanidae, Mullidae, Serranidae) et planctonophages (*Pseudanthias cooperi*, *Acanthurus mata*, *Odonus niger* et *Heniochus spp.*).

--> L'abondance des organismes filtreurs et/ou suspensivores (benthos), et planctonophages (poissons) est souvent liée à la forte courantologie qui caractérise ce type de milieu et qui agit comme facteur dispersif important des éventuelles sources de perturbation. De ce fait, bien que ces milieux possèdent un intérêt écologique certain, les peuplements qu'ils abritent sont assez résistants aux perturbations qu'ils subissent. La sensibilité écologique de cette biocénose contenant des enjeux patrimoniaux certains, mais dont la dynamique est moyennement vulnérable, peut être considérée comme « moyenne ».

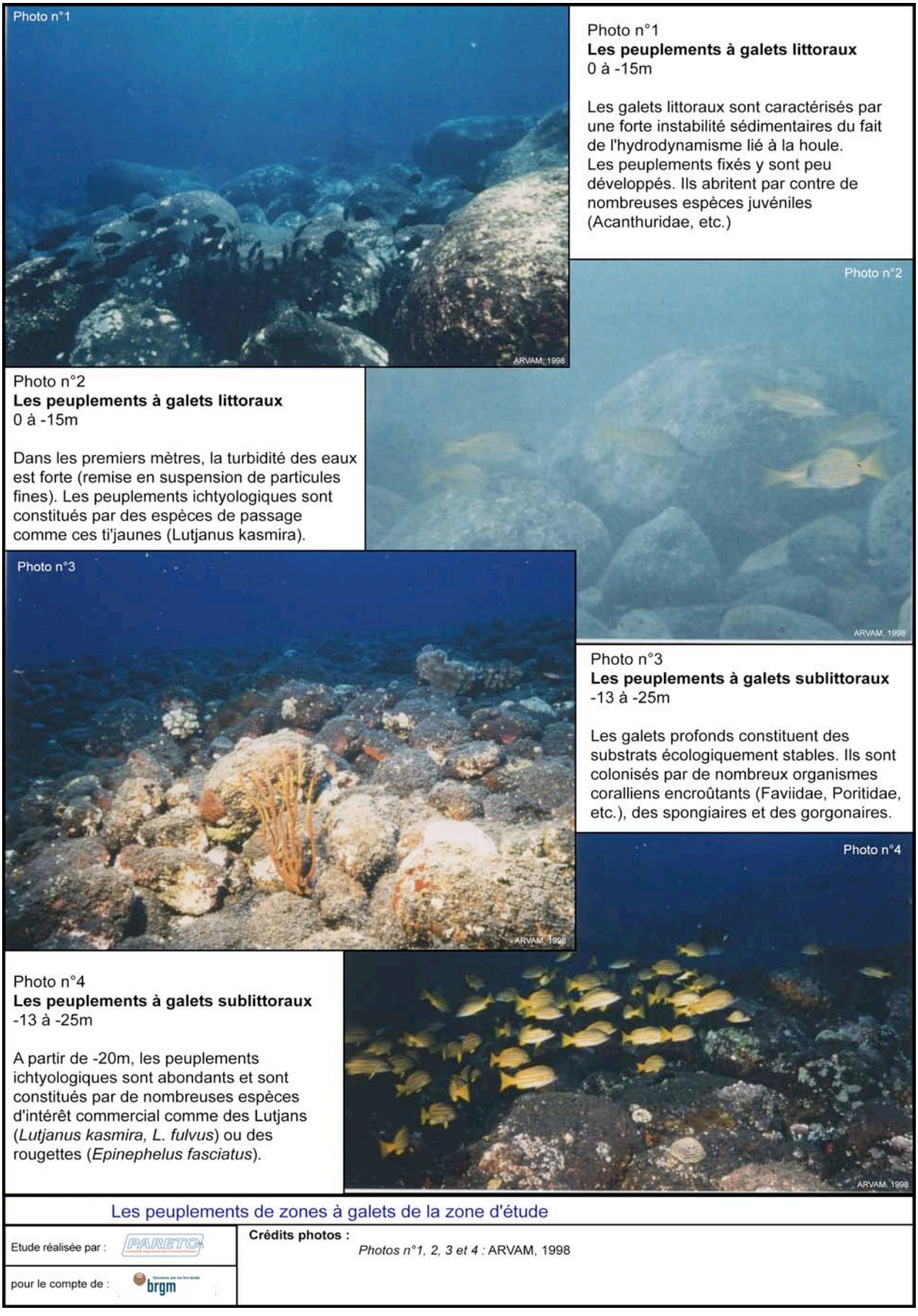


Figure 12 : Peuplements de zones à galets

4.1.2.3 Les peuplements de substrats durs

Qu'ils soient naturels ou artificiels, superficiels ou profonds, les secteurs à substrat dur ou aggloméré constituent des "enclaves" isolées émergeant de pentes sablo-vaseuses parsemées de galets épars. Comparativement aux milieux avoisinants, leur relative stabilité géomorphologique en fait des milieux plus stables, propices à l'installation de la faune marine et au développement de réseaux trophiques diversifiés.

4.1.2.3.1 Les peuplements de bancs récifaux (0 à –7m)

Le banc récifal correspond à un stade embryonnaire de la construction corallienne affectant les surfaces volcaniques solidifiées de faible profondeur. Il est caractérisé par un relief marqué et une colonisation corallienne exceptionnelle pour la zone d'étude. Deux faciès peuvent cependant être distingués :

(i) Le faciès à coraux denses est marqué par un taux de recouvrement et une diversité en Madrépores (coraux durs) élevés malgré l'action de nombreux facteurs de vulnérabilité sur ces zones littorales. Les principales espèces rencontrées sont des Pocillopores (*Pocillopora verrucosa, P. eydouxii*), des Porites (*Porites rus, P. lobata, P. luthea*), des Acropores (*Acropora robusta, A. danae, A. humilis*), des Faviidae (*Favia sp. Favites spp., Platygyra daedalea*) et des Millepores (*Millepora sp.*) qui attestent d'un hydrodynamisme modéré. La richesse biologique de cet écosystème est importante tant du point de vue de l'abondance des coraux qui s'y développent que des organismes benthiques présents (figure 13, Photos n°1 et 2).

(ii) Le faciès à coraux épars où la richesse du milieu diminue en périphérie de zone ; on retrouve un faciès à peuplements de dalle basaltique arasée, soumis à l'action de facteurs environnementaux défavorables (ravines, hydrodynamisme, conditions édaphiques). La diversité corallienne est faible avec une dominance d'espèces opportunistes et pionnières (*Pocillopora verrucosa*) et de coraux mous (*Sinularia sp.*), (figure 13, Photos n°3).

Ces milieux sont également favorables à l'établissement d'une faune ichtyologique relativement diversifiée, mais marqués par un déséquilibre structurel probablement lié à la pression de la pêche littorale. Les planctonophages, représentés surtout par des Pomacentridés (*Chromis nigrura, Chromis dimidiata*) dominent tandis que les espèces d'intérêt commercial sont absentes.

--> Malgré le recensement d'une richesse écologique certaine, une nette diminution de la diversité biologique a été observée depuis les années 1980. Cette richesse reste importante au niveau de secteurs localisés (le Camp Magloire près de La Possession), notamment du point de vue de l'abondance des organismes coralliens bio-constructeurs qui s'y développent. En regard du projet d'extraction de granulats, la sensibilité de ces faciès peut être qualifiée de « moyenne » pour le faciès à coraux épars et de « forte » pour le faciès à coraux denses.

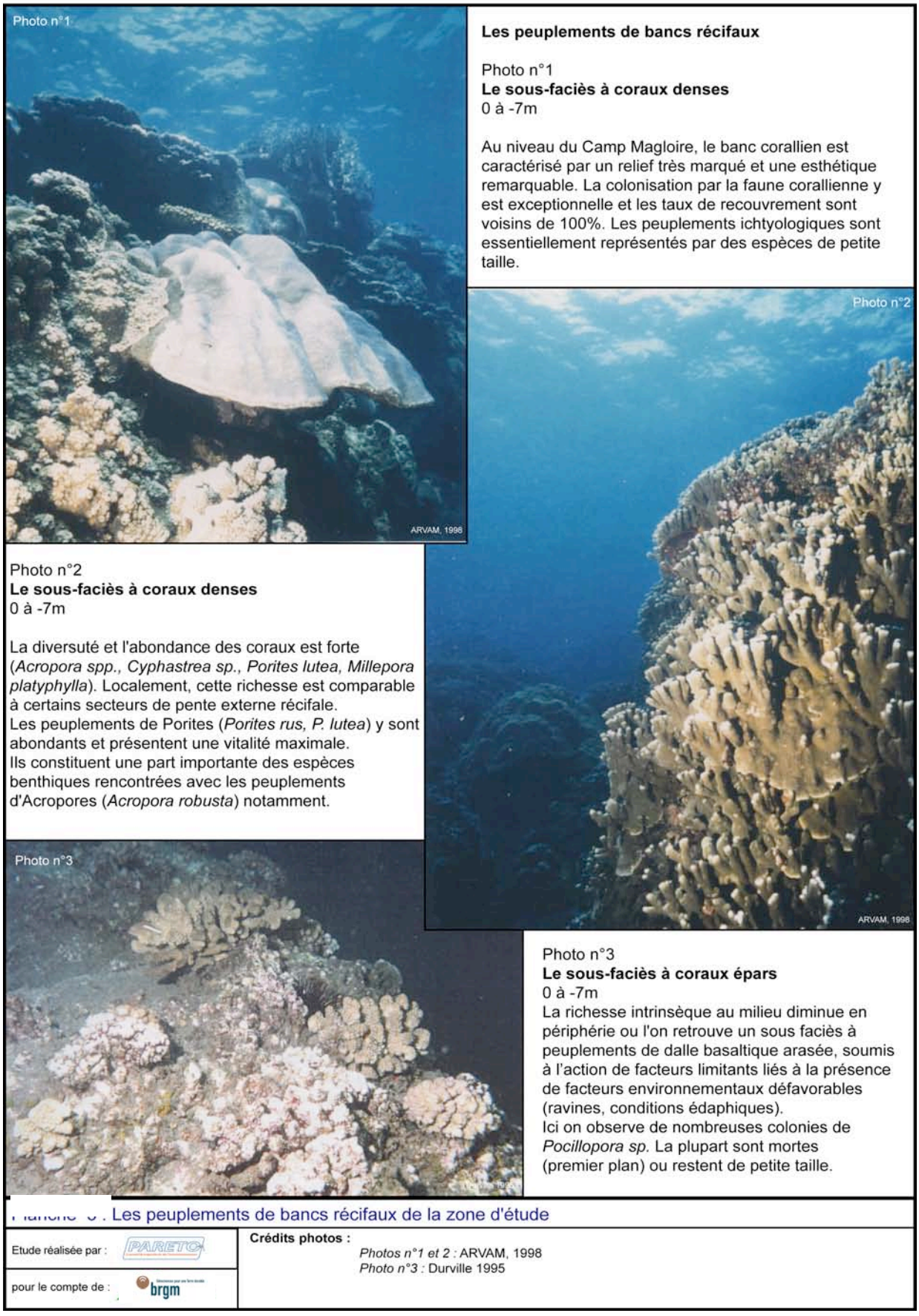


Figure 13 : Peuplements de bancs récifaux

4.1.2.3.2 Les peuplements d'affleurements basaltiques profonds (-35 à -100m)

Les secteurs d'affleurements basaltiques profonds sont caractérisés par une courantologie de fond souvent importante sur la zone d'étude (Troadec, 1991). L'analyse des peuplements benthiques a mis en évidence un étagement de deux faciès en fonction de la profondeur, mais surtout de l'exposition à la lumière (photos 1 à 3, figure 14) :

(i) Le faciès à coraux massifs, rencontré en bordure sommitale de certains affleurements (site du Grand Tombant de la Possession), se caractérise par un recouvrement corallien relativement dense pour la profondeur (20 à 30%), mais très peu diversifié. Ce recouvrement est composé presque exclusivement des espèces *Porites sp. et Pocillopora sp.* qui semblent adopter des morphologies originales en raison des conditions extrêmes d'hyper sédimentation, probablement engendrées par les travaux du Port.

(ii) Le faciès à algues calcaires encroûtantes présente peu d'espèces coralliennes fixées. Moins de dix espèces ont été recensées entre 40 et 45 m de profondeur où leur abondance n'excède pas 5% de recouvrement. Ils sont constitués majoritairement par des espèces caractéristiques d'éclairement réduit (*Leptoseris spp., Pavona varians, Mycedium sp., Scolymia chevalieri*) ou indicatrices d'hyper sédimentation (*Coscinarea monile, Favites sp.*). Les concrétions coralligènes (algues calcaires encroûtantes) y sont très abondantes et représentent plus de 80% de la couverture du substrat aggloméré. Les peuplements d'Antipathaires caractéristiques de profondeur (Faure, 1982 ; Bouchon, 1978) et les peuplements à Gorgonaires sont peu abondants comparativement à d'autres secteurs équivalents. Ils sont associés à quelques Spongiaires encroûtants et à des ascidies pyriformes de la famille des Botryllidae. (Figure 14, Photo n°2)

En revanche, ces affleurements profonds sont caractérisés par une forte diversité et une abondance des peuplements ichtyologiques. Ils sont dominés par des espèces commerciales à régime carnivore (*Lutjanus kasmira, Parupeneus bifasciatus, P. macronema, Mulloidichtys vanicolensis., Sargocentron sp., Myripristis sp., Cephalopholis argus., Epinephelus tukula, Plectorhinchus cf. gibbosus*) malgré une exploitation importante de cette zone par les barques basées au Port. On note également la relative abondance d'espèces planctonophages (*Chromis chrysura*) dont certaines de grande taille (*Acanthurus sp., Naso hexacanthus*). Ces affleurements sont régulièrement visités par des grands prédateurs (*Caranx sp., Sphyraena sp., Gymnosarda unicolor*) d'intérêt halieutique important.

--> L'analyse comparative des sources bibliographiques révèle une modification structurelle des communautés benthiques et une nette diminution du nombre d'espèces rencontrées en l'espace de 25 ans. Cette évolution pourrait être liée aux différentes phases de travaux entrepris depuis 1980 sur Le Port Est (dragage et relargage de matériaux terrigènes). En revanche, les peuplements ichtyologiques présentent un état très satisfaisant, tant en terme de richesse spécifique que de taille des individus d'intérêt commercial rencontrés. La sensibilité écologique de ces faciès peut être considérée comme « forte ».

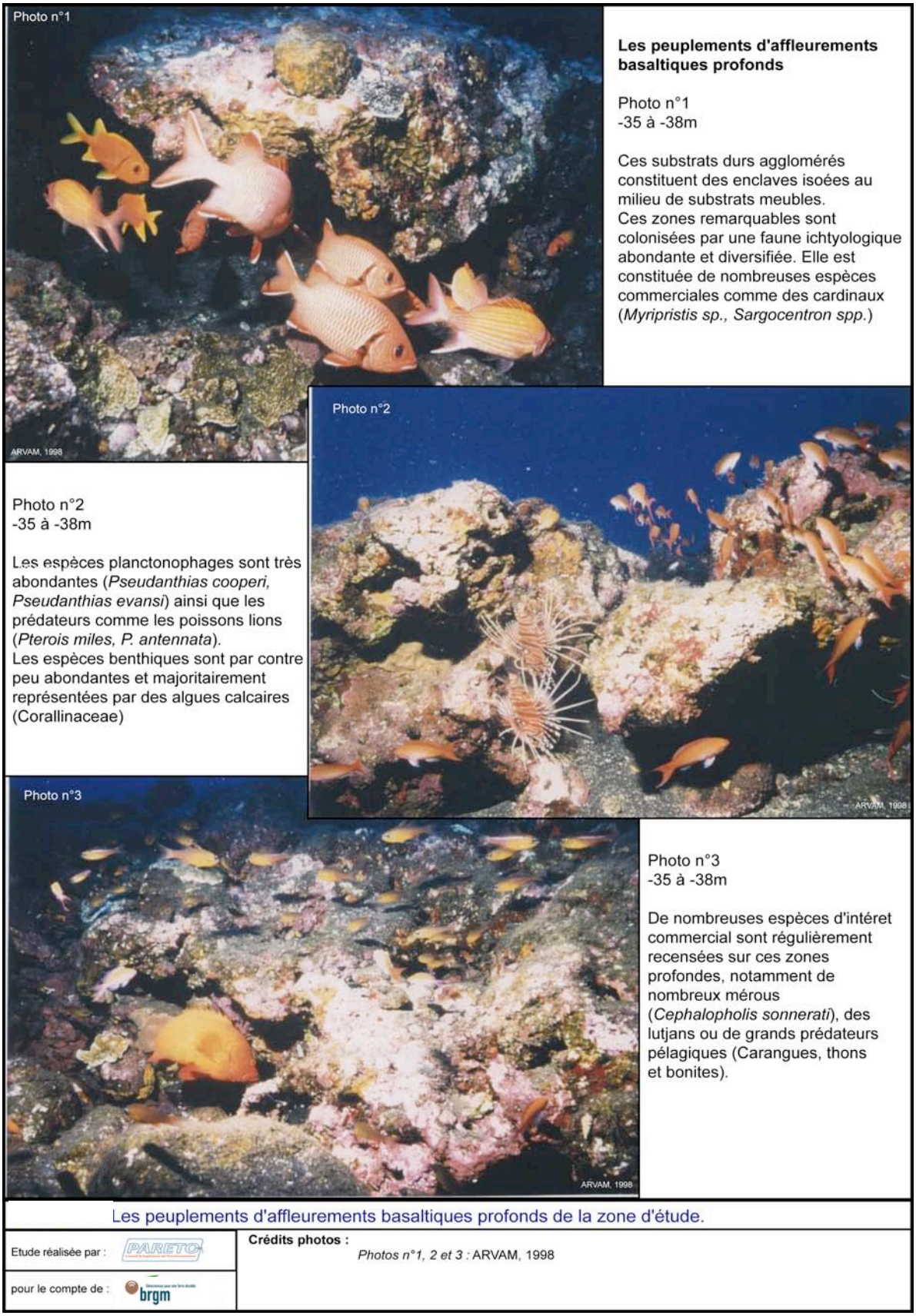


Figure 14 : Les peuplements d'affleurements basaltiques profonds (-35 à -60m)

4.2 SECTEUR 2

4.2.1 Biodiversité

Un total de 185 espèces a été recensé sur ce secteur, au sein de 12 références bibliographiques datées de 1992 à 2006. Parmi ces espèces peuvent être distinguées :

- ✓ 81 espèces de poissons ;
- ✓ 10 espèces de coraux madréporaires (coraux durs) ;
- ✓ 61 espèces de mollusques ;
- ✓ 7 espèces d'échinodermes ;
- ✓ 8 espèces de crustacés.

Si l'on compare ces résultats aux 180 espèces de coraux durs et aux 723 espèces de poissons référencées à la Réunion (Bourmaud, 2003), ce secteur abrite respectivement 5,6% et 11,2% de ces deux derniers taxons, ce qui est relativement faible, même pour une zone non récifale.

Cette relative pauvreté écologique provient à la fois de la faible diversité des milieux présents sur le territoire et du faible potentiel de concentration biologique des milieux les plus rencontrés (substrats meubles en majorité). En effet, la faible diversité d'espèces de coraux durs et la richesse relative en mollusques sont caractéristiques de substrats meubles à dominante sableuse ou sablo-vaseuse dont le potentiel écologique est très inférieur aux zones à galets profonds (plus rares sur la zone) et aux substrats durs (très localisés et plutôt situés au centre du secteur 2).

Il convient cependant de préciser que la plupart des ces études concernent majoritairement le littoral de Bois-Rouge, situé à la limite est du secteur 2 (Dutrieux, 1992 ; Bigot 1995 ; Bigot 2000 ; Bigot *et al.*, 1994 ; PARETO/ARVAM 2007). Toute la zone comprise entre Sainte-Marie et Sainte-Suzanne a été nettement moins étudiée.

Toutefois, à partir des cartes sédimentaires établies par le BRGM dans le cadre du programme CARTOMAR, et les cartographies réalisées ponctuellement lors des différentes études dans le secteur de Bois-Rouge, il est envisageable d'extrapoler la nature des biocénoses présentes sur les zones moins étudiées.

4.2.2 Caractérisation des biocénoses et sensibilité écologique

4.2.2.1 Les peuplements de substrat meuble

Dans le secteur le plus étudié (Bois-Rouge), la faune rencontrée est majoritairement localisée sur les secteurs superficiels (entre -10 et -30 m) et profonds (supérieurs à -35 m) où le sédiment est de nature sablo-vaseuse.
Dans ces milieux meubles, la vie se concentre à l'intérieur des sédiments (principalement au niveau des horizons superficiels) et à l'interface du fond, aucun autre type de "support" n'y étant disponible.

Cette faune est constituée par une foule d'organismes appartenant aux principaux taxons représentatifs des invertébrés marins (Mollusques, Vers, Echinodermes, Cnidaires, etc.). Leur taille varie généralement de 1 millimètre à plusieurs centimètres. Cette faune constitue un chaînon essentiel dans le fonctionnement des réseaux trophiques (photos 1 à 4, figure 15).

La biomasse que représentent ces organismes joue un rôle fondamental dans la nutrition d'animaux supérieurs tels que les poissons plus ou moins inféodés au milieu.

L'analyse des régimes alimentaires des peuplements enfouis et leur évolution dans le temps constituent des indicateurs biologiques majeurs de fluctuations environnementales. Ils renseignent notamment sur la dynamique évolutive du milieu récepteur en termes d'enrichissement organique et/ou de modification structurelle des sédiments.

--> En l'absence d'organismes fixés, l'étude du milieu marin repose sur l'analyse des peuplements enfouis. Ils serviront le cas échéant, d'indicateurs biologiques des perturbations d'origines diverses qui pourraient affecter les milieux naturels (Bigot, 2006). La sensibilité écologique de ce faciès de faible intérêt écologique peut être considérée comme « très faible » dans le cadre de cette étude.En outre, les milieux sablo-vaseux et les peuplements qu'ils abritent sont globalement assez résistants aux perturbations qu'ils subissent.

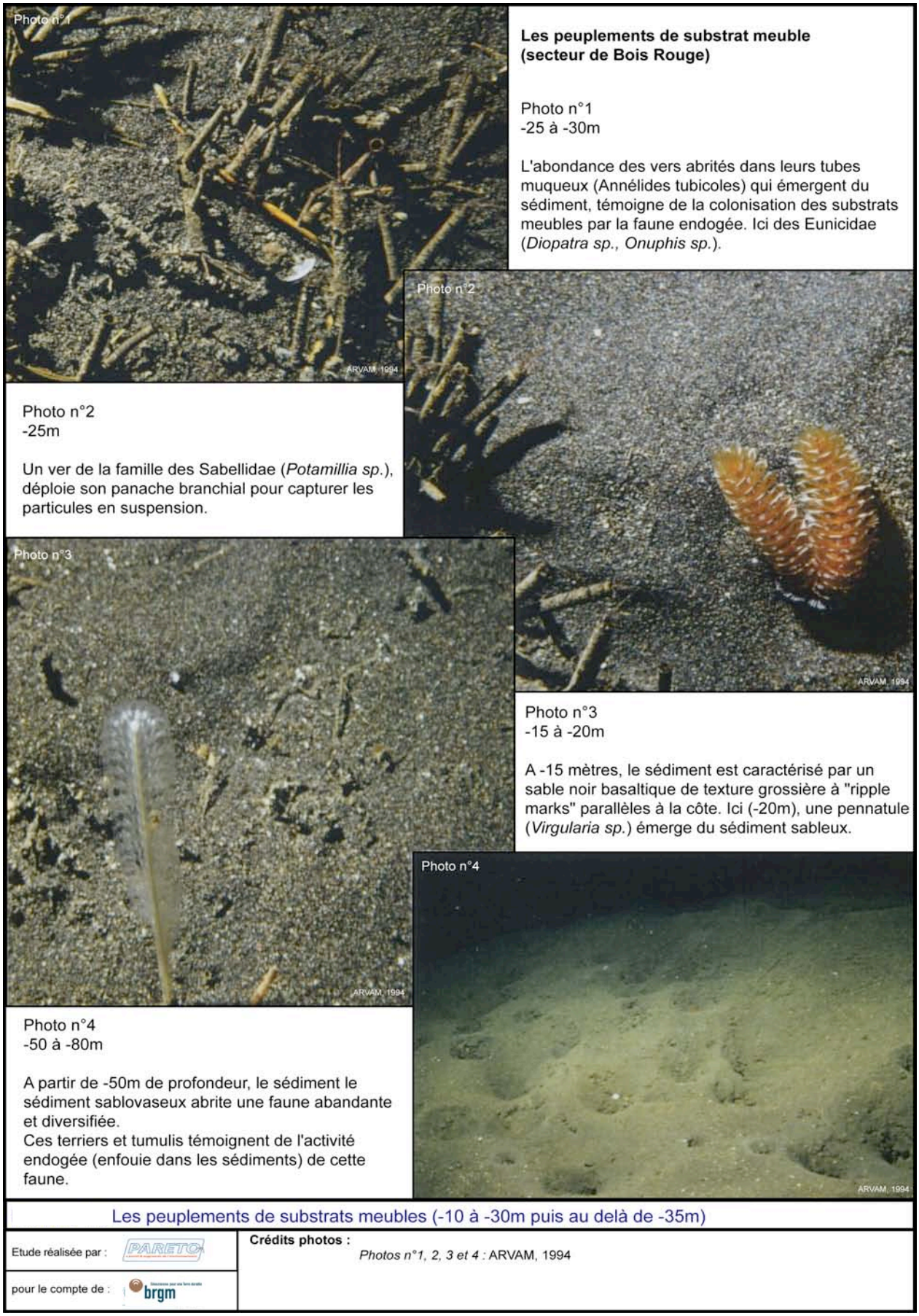


Figure 15 : Peuplements de substrats meubles (secteur 2)

4.2.2.2 Les peuplements de zones à galets profonds

Sur Bois-Rouge, la zone comprise entre -25 et -35m est couverte de galets de 20 à 50cm de diamètre colonisés par une faune fixée abondante. Cette épifaune est constituée par des organismes suspensivores, notamment par des Gorgonnaires (*Juncella sp.*), des Antipathaires (*Cirripathes sp.*) et des Hydraires (*Antennella balei, Sertularella diaphana*), qui témoignent de la richesse des eaux en particules nutritives.

On note par ailleurs la présence de nombreuses éponges encroûtantes appartenant à la famille des Clathriideae, des Dictyoceratidae, et du genre Haliclona. Ces espèces ont comme caractéristique écologique une forte tolérance à l'hyper sédimentation. Deux autres espèces de forme dressée du genre *Stongylophora* et *Axinella* ont été fréquemment observées sur ce site. Ces organismes tirent à la fois profit du substrat de fixation qui leur est offert et de l'abondance de la pluie particulaire environnante.

Sur certaines stations, on note également la présence de colonies coralliennes (*Horastrea indica, Coscinarea monile*) isolées ou encroûtantes (*Tubastrea aurea, Echinopora gemmacea*) et d'Alcyonaires Nephthyidae (*Dendronephthya dendronephthya*). La présence de nombreuses espèces suspensivores, semi-sciaphiles (préférant les éclairements réduits) témoignent de l'importante turbidité des eaux à ces profondeurs (obscurcissement de la masse d'eau).

Les peuplements ichtyologiques sont caractérisés par la dominance de planctonophages (*Pseudanthias squamipinnis, Pterocaesio tile*). Leur présence est probablement liée à une courantologie et à une charge planctonique et particulaire optimale pour ces espèces. Par ailleurs, bien que moyennement abondants, la présence d'espèces corallivores et de nombreux carnivores (Lutjanidae, Serranidae) traduit un certain équilibre écologique des peuplements et l'existence d'une pression de pêche relativement faible sur cette zone (difficultés d'accès, méconnaissance, conditions météorologiques, etc.).

Il est intéressant de noter la faible représentation des détritivores stricts (Mollusques Gastéropodes, oursins, ophiures), et l'absence de limnivores (Holothuries). Ceci semble indiquer que la majeure partie des ressources nutritives du milieu à cette profondeur se trouve dans la colonne d'eau (courantologie régulière et suffisante), plutôt que déposée sur le fond. Elles profitent donc préférentiellement aux organismes filtreurs au détriment des détritivores qui se nourrissent essentiellement de la matière organique ayant sédimenté au fond.

--> L'abondance des organismes filtreurs et/ou suspensivores et planctonophages (poissons) est souvent liée à la forte courantologie qui caractérise ce type de milieu et qui agit comme facteur dispersif important des éventuelles sources de perturbation. De ce fait, bien que ces milieux possèdent un intérêt écologique certain, les peuplements qu'ils abritent sont assez résistants aux perturbations qu'ils subissent.

Ces milieux contiennent des enjeux patrimoniaux certains et leur sensibilité écologique peut être considérée comme « moyenne» dans le cadre de cette étude.

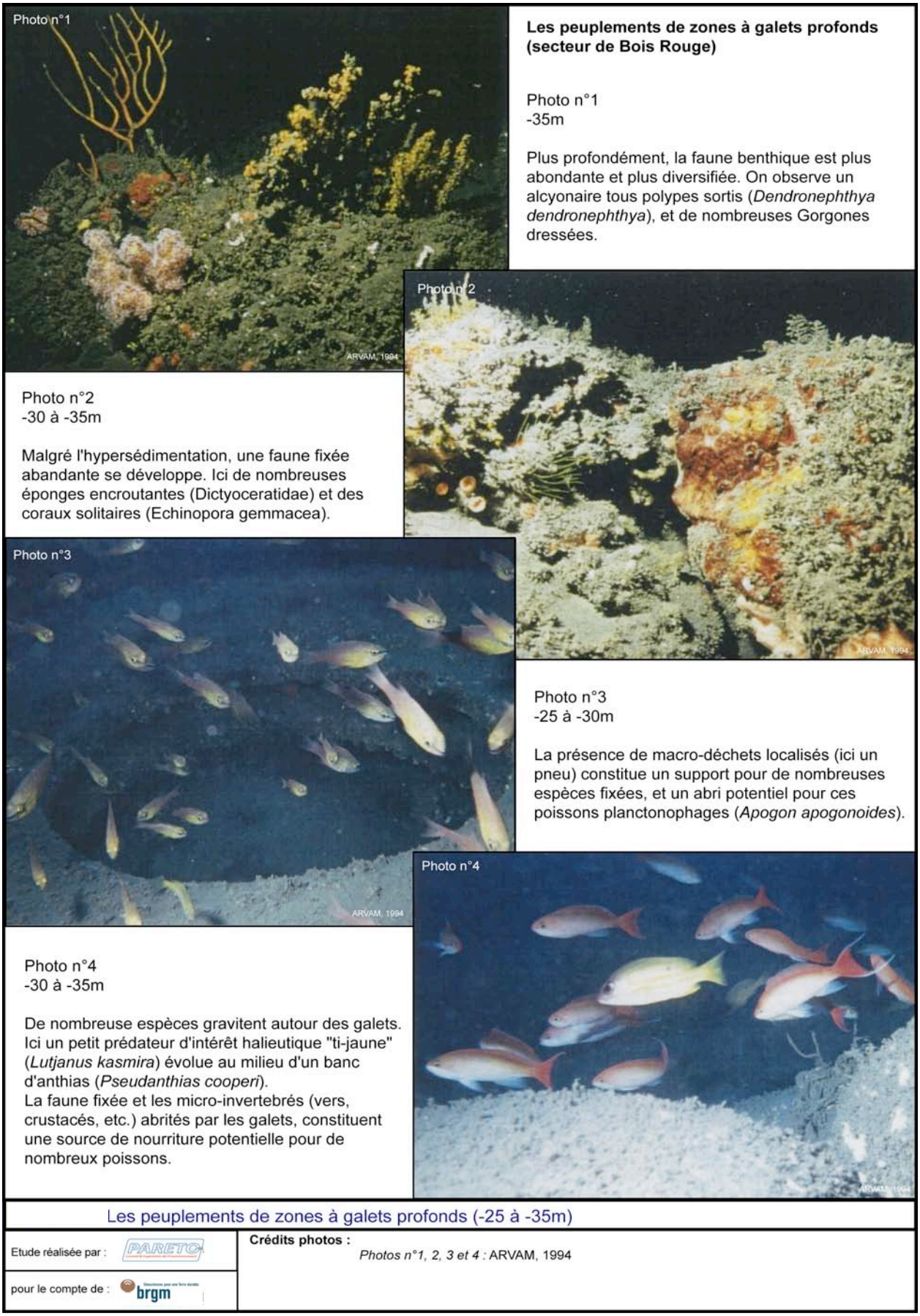


Figure 16 : Peuplements des zones à galets profonds

4.2.2.3 Les peuplements d'affleurements basaltiques profonds

Ces peuplements, non échantillonnés à ce jour, peuvent être considérés comme globalement comparables à ceux décrits pour le secteur 1 (Cf. § 4.1.5.2).

Compte tenu de sa rareté sur cette zone, de son intérêt patrimonial remarquable, la sensibilité écologique de cet habitat peut être considérée comme « forte ».

4.3 SYNTHESE

Le secteur 1 peut être considéré comme une mosaïque de peuplements, relativement hétérogène, constitué par :

- ✓ Des zones à substrats meubles, dont la sensibilité générale est considérée comme FAIBLE à TRES FAIBLE,
- ✓ Des zones à galets et à substrats durs, dont la sensibilité est considérée comme MOYENNE à FORTE.

Le secteur 2, largement moins étudié du point de vue des habitats associés et de la biodiversité associée, apparaît néanmoins comme plus homogène que le secteur 1. Il présente :

- ✓ des zones de substrats meubles à TRES FAIBLE sensibilité,
- ✓ des zones à galets et à substrats durs de sensibilité MOYENNE à FORTE.

5 DEFINITION DE L'ETAT INITIAL DU MILIEU ET DES IMPACTS POTENTIELS DE L'EXTRACTION DE SABLES SUR LES ECOSYSTEMES ADJACENTS

5.1 ÉTAT ECOLOGIQUE INITIAL DU MILIEU

5.1.1 Etat de santé des biocénoses identifiées

5.1.1.1 Secteur 1

L'analyse comparative des données bibliographiques disponibles révèle globalement, malgré le recensement récent de zones réduites relativement préservées, des biocénoses présentant un état de santé médiocre, voire dégradé, principalement sur les zones de banc corallien du Camp Magloire et de la Pointe du Gouffre.

Une modification structurelle (et donc fonctionnelle) des communautés benthiques et une nette diminution du nombre d'espèces rencontrées en l'espace de 25 ans semble affecter l'ensemble des biocénoses marines présentes dans les secteurs concernés par l'étude et particulièrement les plus riches et les plus sensibles, notamment les affleurements basaltiques profonds.

D'après l'inventaire ZNIEFF, le secteur incluant les unités géomorphologiques 47 et 48 ne comprend pas de milieu classé comme déterminant selon les critères ZNIEFF.

5.1.1.2 Secteur 2

Comme indiqué précédemment, le manque de données sur la majeure partie du secteur rend l'exercice de détermination de l'état initial relativement ardu.

Il est néanmoins possible de s'appuyer sur le diagnostic réalisé en 1999 (Bigot, 2000) sur le site de Bois-Rouge, pour dégager quelques éléments de diagnostic, que l'on peut supposer plus ou moins « extrapolables » à la zone adjacente.

Concernant les peuplements endogés (directement concernés par d'éventuels travaux d'extraction), l'analyse quantitative révélait une faune moyennement abondante. En revanche, concernant la richesse spécifique (nombre d'espèces), les valeurs observées se rapprochaient des valeurs moyennes mesurées dans d'autres secteurs de l'île.

Comme pour le secteur 1, l'inventaire ZNIEFF ne signale pas la présence de milieux dits déterminants dans cette zone.

5.1.2 Notion de vulnérabilité

En écologie, la vulnérabilité est le fait relatif à la situation d'un écosystème, qui amoindrit les garanties qu'il présente en termes de protection de sa richesse biologique et de sa structuration écologique. Il s'agit d'une fragilité qui peut entraîner des pressions de natures diverses et qui doit être prise en compte pour protéger et/ou restaurer l'intégrité de l'écosystème concerné (Larousse, 2009).

Synthétiquement, ce terme englobe 2 dimensions majeures :

- ✓ L'exposition à des stress, des perturbations, des chocs ;
- ✓ La sensibilité écologique des biocénoses concernées.

Le risque est quant à lui fonction des activités anthropiques qui s'exercent. Les facteurs de risques peuvent également avoir une origine naturelle, éventuellement aggravée par l'action anthropique.

Cette prise en compte de la sensibilité du milieu et des risques qu'il encoure débouche sur la définition de zones vulnérables (= zones à la fois sensibles et soumises à des risques). Le degré de vulnérabilité sera fonction des degrés respectifs de sensibilité et de risques.

L'établissement de cartes de vulnérabilité basées sur les notions de sensibilité et de facteurs de risques, permettra une représentation croisée des différents critères.

Leur contenu vise à représenter graphiquement les réactions du milieu marin sous l'action d'activités humaines. Ces réactions s'exprimant directement en fonction de la sensibilité du milieu récepteur et des facteurs de risques existant en amont.

5.1.3 Facteurs de vulnérabilité recensés sur la zone d'étude

5.1.3.1 Secteur 1

Le littoral du secteur 1 se caractérise principalement par une morphologie en falaise et une absence d'urbanisation.

Cette falaise composée de basalte et matériaux scoriacés est très sensible aux phénomènes d'érosion (pluies, vents) et des éboulements de blocs rocheux se produisent fréquemment. En conséquence, des travaux de purge et la pose de filets de protection ont été réalisés. En mars 2006, un pan de falaise s'est effondré. Les quelque 20 000 m^3 de roches déblayés forment aujourd'hui un exondement au niveau de la Grande Chaloupe. Le relargage en matériaux terrigènes issus de ces déblais, observé lors de fortes pluies, a probablement des conséquences sur les peuplements marins alentours.

En outre, l'entretien de la route du littoral, dans sa configuration actuelle, nécessite de procéder périodiquement à des rechargements à l'aide de nouveaux tétrapodes. En octobre 2005, un total de 710 tétrapodes de 8 et 25 tonnes ont ainsi été posés entre le tunnel de la route en corniche et la Ravine à

Jacques (DDE, 2007). Ces mesures nécessaires (protection contre les atteintes océaniques) ont pour conséquence une destruction mécanique totale des communautés fixées sur les structures recouvertes.

Ce littoral est également sous l'influence des pluies du secteur de la Montagne, très arrosé en saison humide, qui expose les communautés benthiques à des phénomènes de dessalures chroniques des eaux côtières (ruissellements, percolations). Cette perturbation peut induire ou favoriser, lorsque d'autres facteurs de vulnérabilité interviennent (température élevée, fort ensoleillement, apports de polluants divers), des phénomènes de blanchissement coralliens qui aboutissent généralement à la mort des colonies concernées. En 2005, un fort blanchissement observé par photographie aérienne fut à l'origine d'une mortalité massive des communautés coralliennes installées sur cette zone (ECOMAR et ARVAM, 2005).

Concernant les usages, la pêche et la chasse sous-marine, pratiquées sur les zones les plus accessibles ont également un impact non négligeable sur les espèces d'intérêt commercial (La Grande Chaloupe).

Le projet de création de la future route du littoral, avec un tracé mixte en mer couplant des zones de remblais et des digues devrait changer significativement ce contexte dans les années à venir.

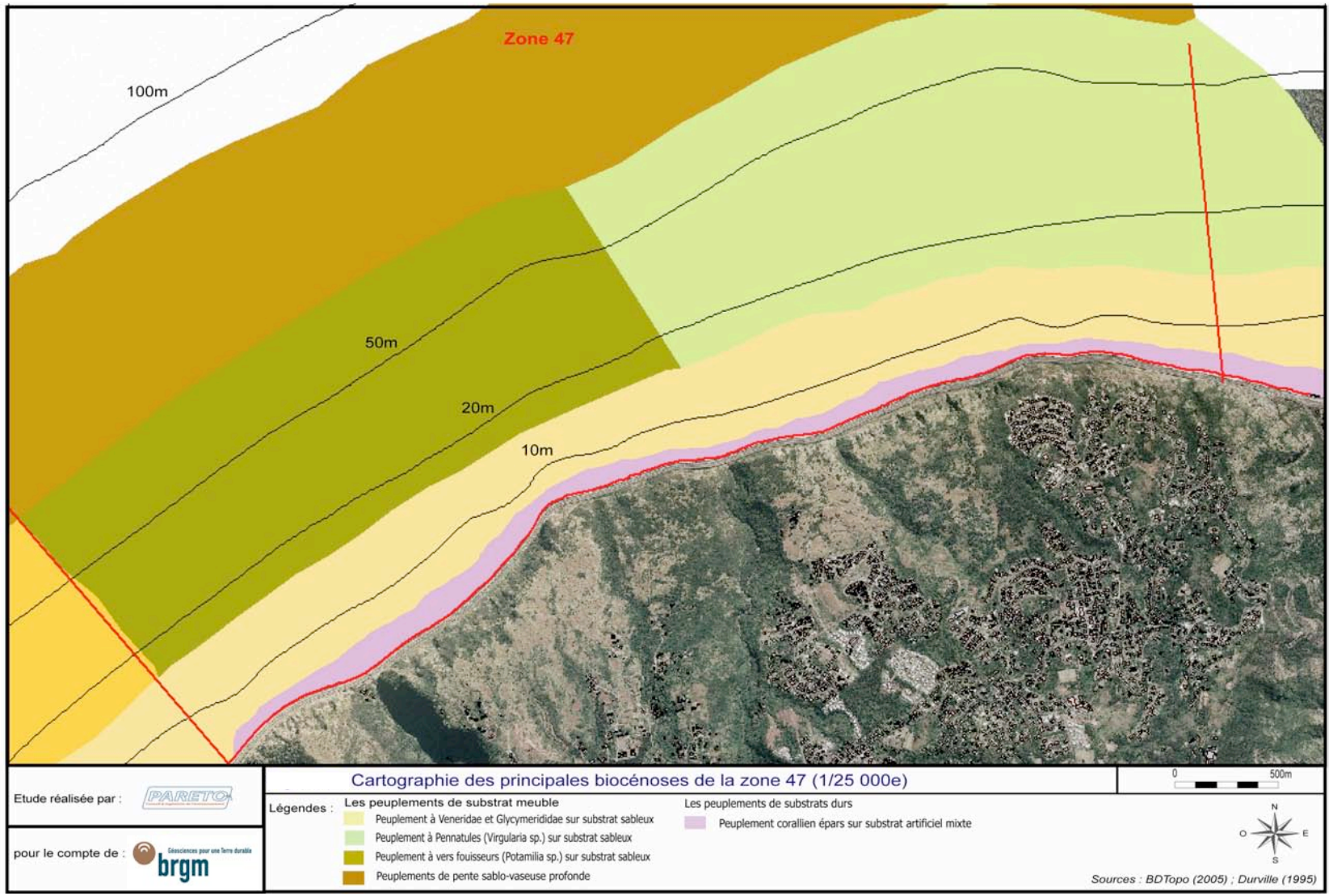


Figure 17 : Cartographie des principales biocénoses de l'unité géomorphologique 47

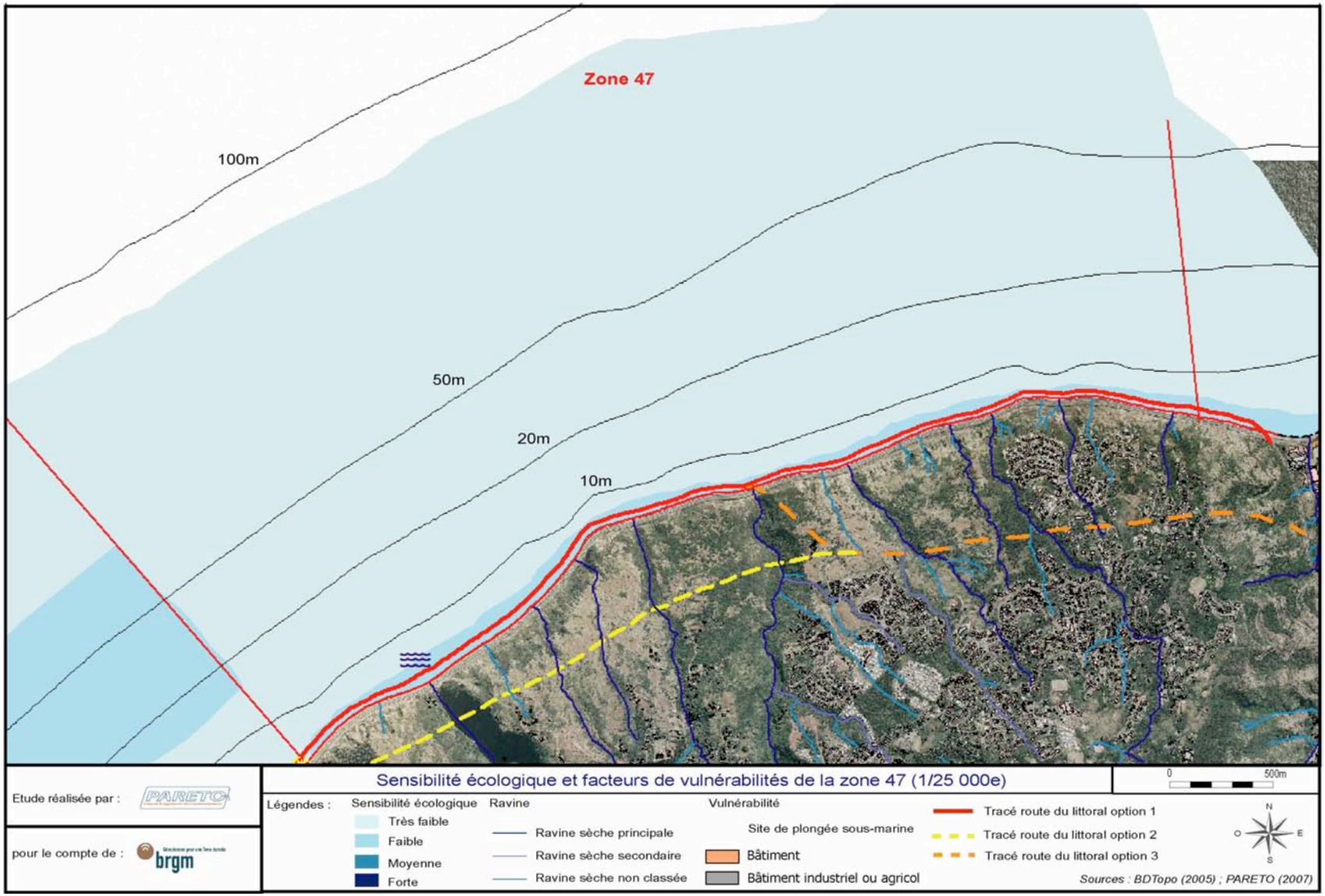


Figure 18 : Représentation de la sensibilité écologique et des facteurs de vulnérabilité de l'unité géomorphologique 47

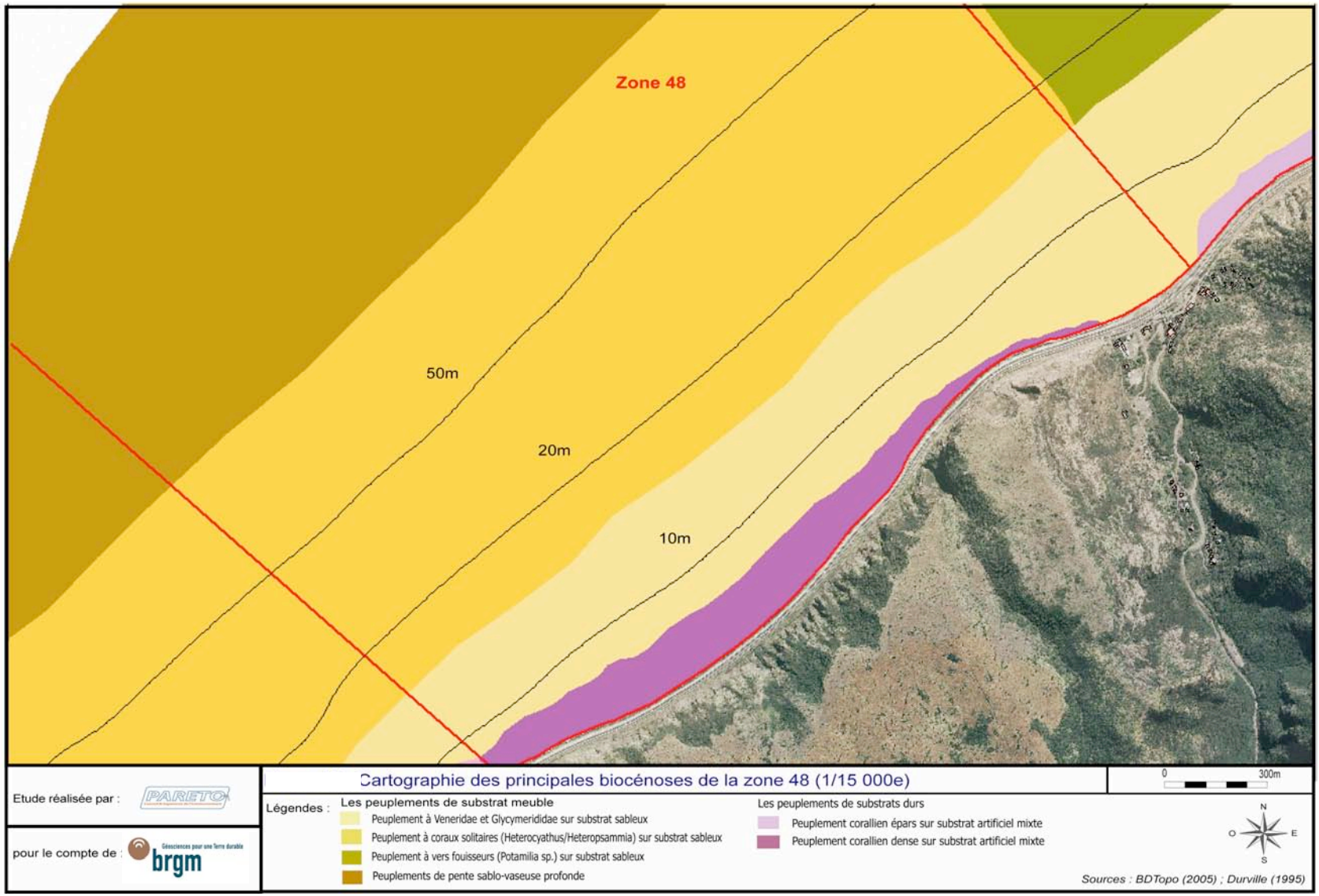


Figure 19 : Cartographie des principales biocénoses de l'unité géomorphologique 48

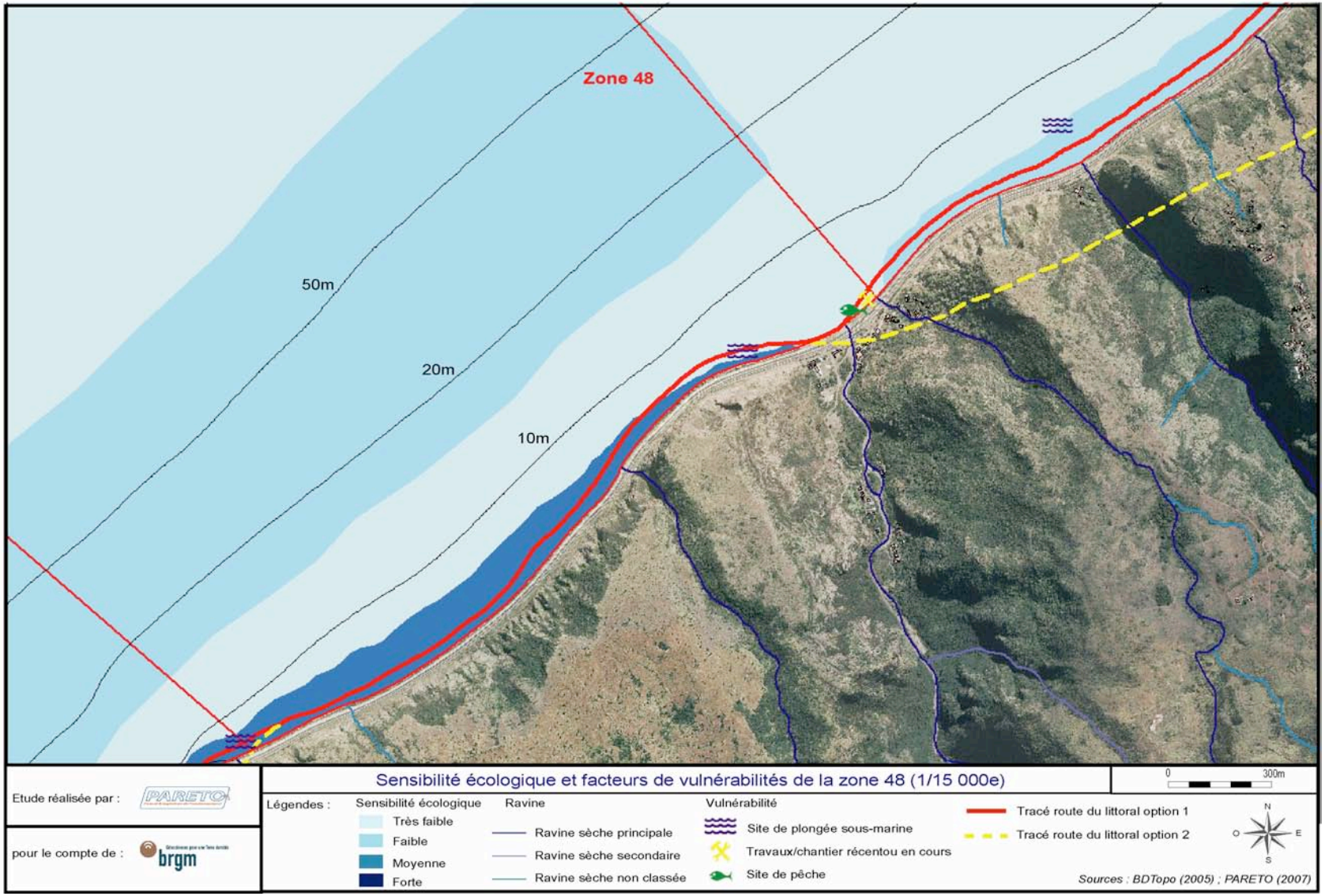


Figure 20 : Représentation de la sensibilité écologique et des facteurs de vulnérabilité de l'unité géomorphologique 48

5.1.3.2 Secteur 2

Les éléments décrits ci-après proviennent également des études menées sur le secteur de Bois-Rouge.

Les rejets de l'usine sucrière de Bois Rouge se font directement en mer avec des débits importants et une charge polluante moyenne (eaux de lavages, eaux de refroidissement).

La centrale thermique située à proximité déverse ses eaux de refroidissement directement en mer.

La distillerie de Savanna, contiguë à la sucrerie, rejette quant à elle ses vinasses à très forte charge organique dans un forage par un procédé expérimental de percolation. La bordure littorale est ainsi préservée de cette source de pollution potentielle.

La sucrerie et la centrale thermique ont ainsi des rejets littoraux. Il est probable qu'ils soient à l'origine de perturbations non négligeables du milieu marin littoral (de 0 à -20 m).

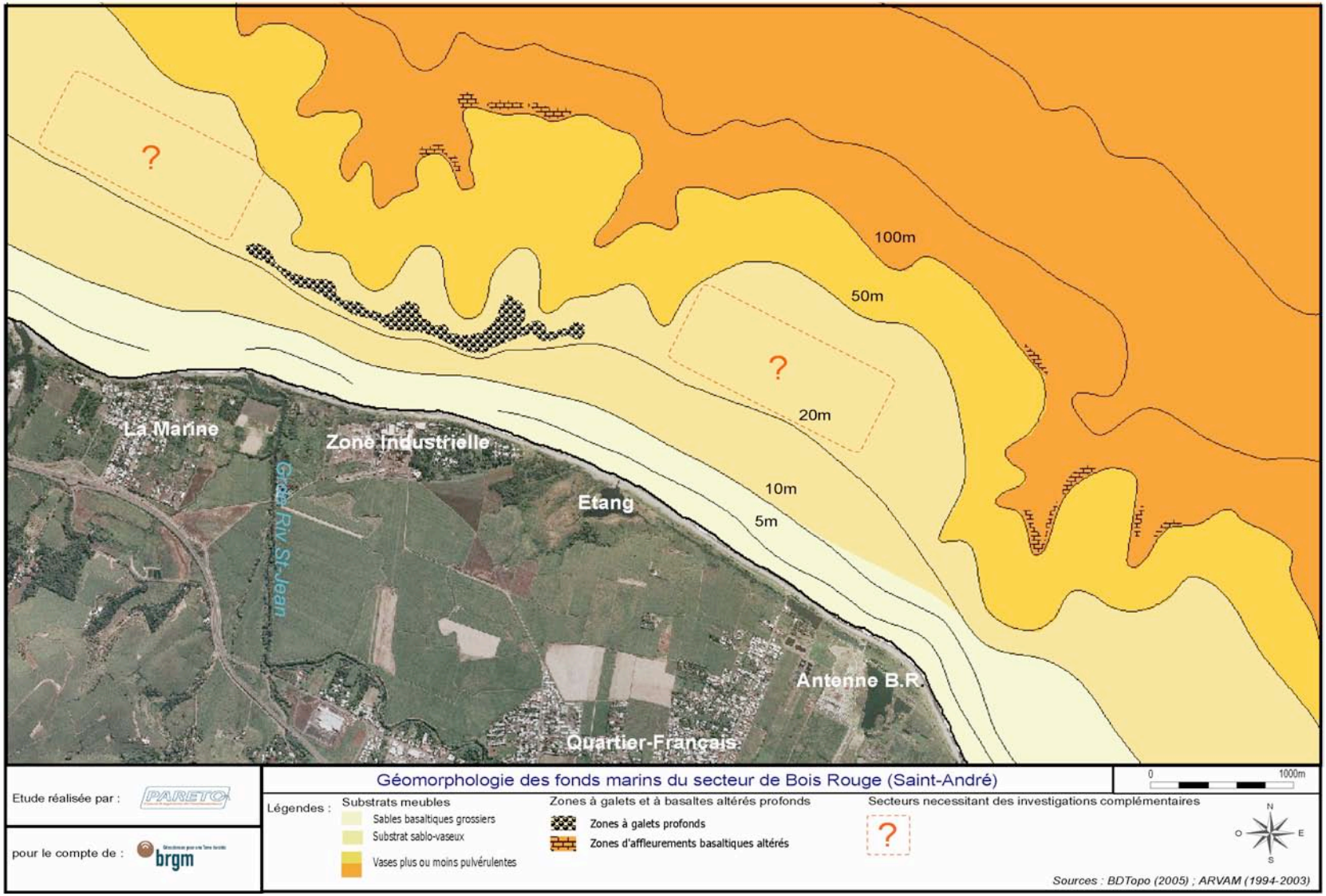


Figure 21 : Carte géomorphologique des fonds marins du secteur de Bois-Rouge

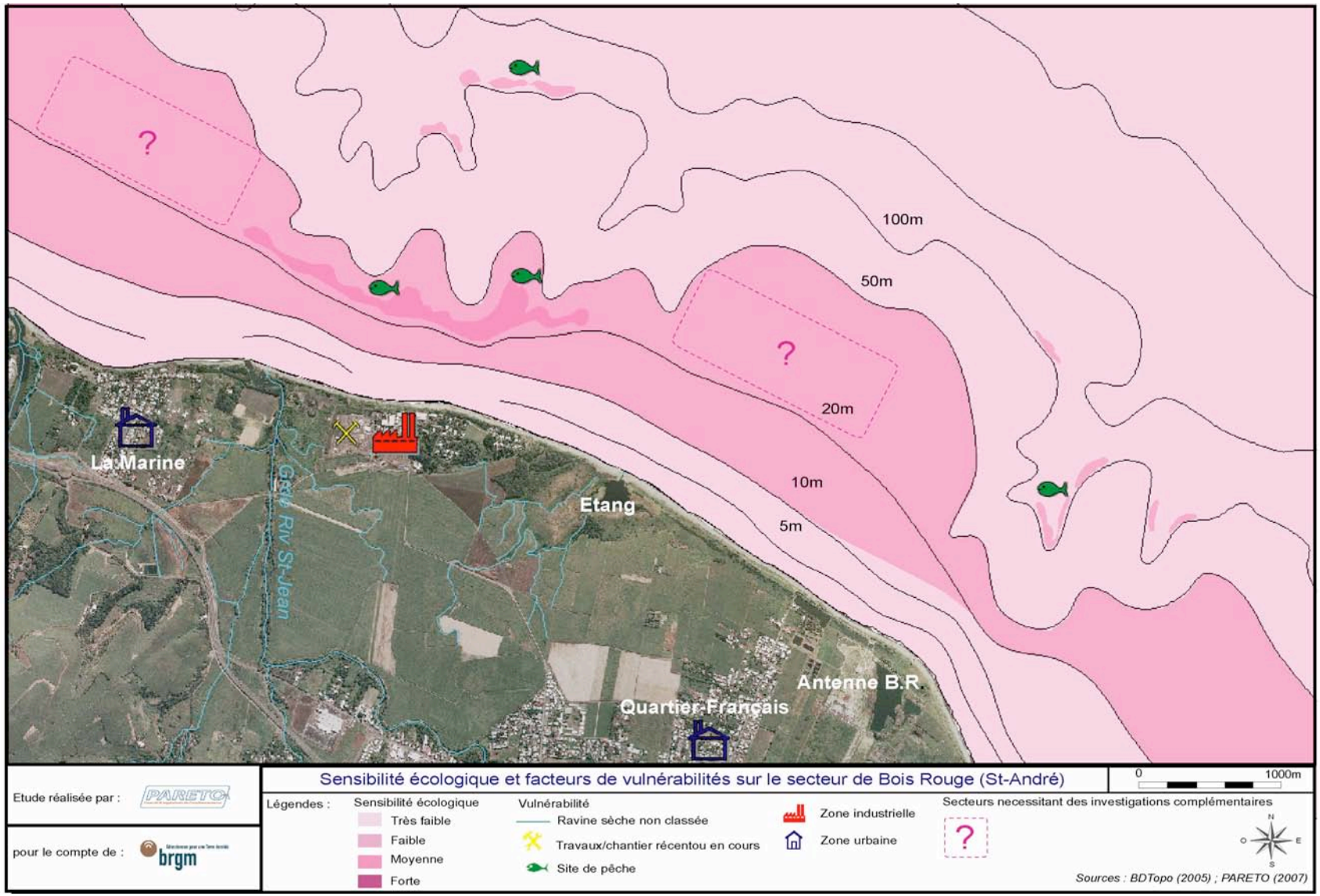


Figure 22 : Représentation de la sensibilité écologique et des facteurs de vulnérabilités du secteur de Bois-Rouge

5.2 CARACTERISATION DES TRAVAUX D'EXTRACTION DE SABLE

La faisabilité d'une opération d'extraction de granulats en milieu marin est contrainte par un certain nombre de paramètres : qualité du matériau recherché, identification de la ressource, maîtrise nécessaire des impacts environnementaux.

Les moyens d'extraction généralement utilisés pour l'extraction de granulats en mer sont des dragues-aspiratrices à élinde.

Dans le cadre de ce type de dragage, la méthode consiste à arracher les sédiments du fond et à les aspirer par pompage hydraulique. Le mélange eau-sable est ensuite refoulé jusqu'à la coque du bateau où le mélange est décanté et le surplus composé d'eau et de sédiments fins rejeté (appelé surverse), génère un panache turbide. Le dragage est effectué alors que le bateau est en marche, ce qui produit des sillons linéaires superficiels de 1 à 3 m de largeur environ et généralement de 0,2 à 0,3 m de profondeur. Le dragage répété par des dragues traînantes peut créer une baisse importante du fond de la mer qui est déterminée par la fréquence et l'intensité du dragage (Norden Andersen *et al.*, 1992). Cette méthode marque le sous-sol lors du passage du bec d'élinde mais les empreintes sont plus ou moins durables selon la mobilité des sédiments sableux.

Figure 23 : schéma d'une drague aspiratrice en mouvement (source : http://www.dcsc.tudelft.nl)

Il serait aussi envisageable d'utiliser une drague équipée en benne-preneuse, en particulier pour les matériaux grossiers.

Les dragues à bennes preneuses exploitent les matériaux au point fixe, mouillées sur leurs ancres, à l'aide d'une benne mise en œuvre au moyen d'un mât de charge ou d'une grue. Une drague à benne ne permet pas un dragage régulier mais une succession d'excavations d'espacement variable. Une solution voisine serait d'utiliser un ponton flottant équipé d'une pelle mécanique et de rejeter les matériaux dans des chalands (technique utilisée pour l'agrandissement du Port-Est).

5.3 EFFETS ENVIRONNEMENTAUX POTENTIELS DES OPERATIONS D'EXTRACTION

L'extraction de granulats peut avoir un certain nombre d'effets environnementaux sur le fond de la mer comme l'évacuation des sédiments et de la faune résidente, les modifications de la nature et de la stabilité des sédiments qui accompagnent l'exposition des couches sous-jacentes, un accroissement de la turbidité et la redistribution de particules fines (Newell *et al*, 1998).

Ce type de travaux a des effets sur la faune benthique pendant et après l'opération d'extraction des granulats, mais aussi des effets sur les populations dépendantes des poissons/crustacés (pêcheurs, …).

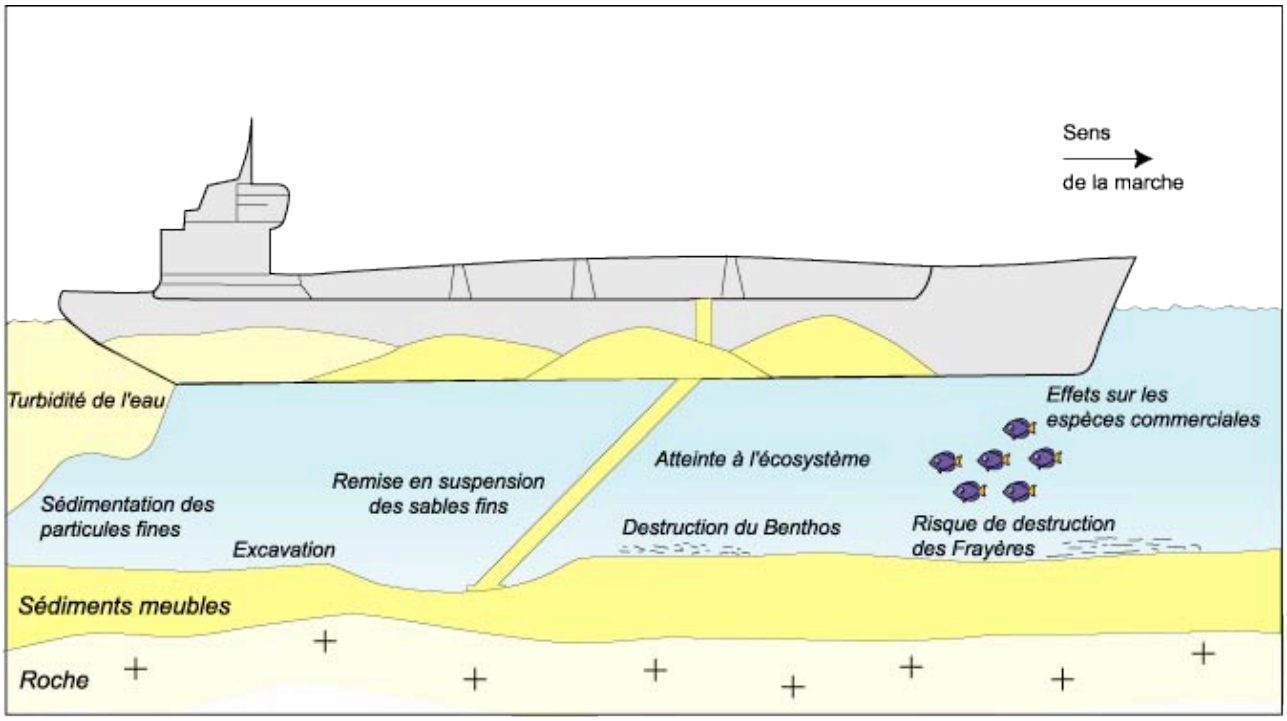


Figure 24 : Illustration des différents impacts potentiels des travaux d'extraction de sables (source IFREMER)

Les différents processus par lesquels le dragage est susceptible d'affecter le milieu marin ont fait l'objet d'inventaires tant en France qu'à l'étranger (figure 25). On peut résumer l'essentiel de la façon suivante :

- ✓ Si le dragage a lieu à faible distance des côtes, l'équilibre du littoral peut être affecté, entraînant des modifications des lignes de rivage et en particulier des plages,
- ✓ En cours de dragage, le pompage des matériaux au fond, de même que la surverse, entraînent la mise en suspension d'une partie de la fraction fine du sédiment. Cette turbidité provoque une baisse de la transparence de l'eau, ayant pour conséquence une diminution de la pénétration de la lumière, donc de la photosynthèse. En outre, les sédiments fins se déposent sur les fonds avoisinants, colmatant ainsi les organismes marins comme les coraux.

causes	conséquences	conséquences possibles	etudes entreprises	techniques
dragages 1	suppression du benthos	modification de la productivité benthique	* étude préalable des peuplements benthiques	prélèvements systèmatiques sur zones et approches
dragages 2	modification écosystème	modification de la productivité benthique et de la productivité planctonique	* études des relations benthos/substrat * surveillance des peuplements et vitesse de repeuplement	modèle mathématique d'écologie prévisionnelle
dragages 3	risque de destrucion des frayères	modification de la capacité de reproduction de l'espèce	* étude de la qualité de l'eau *période de fixation des larves benthiques	* mesures hydrologiques * pêches horizonbtales stratifiées
dragages 4		effets sur les espèces commerciales	* dépendance des espèces commerciales vis-à-vis du benthos * localisation des frayères	* étude des contenus stomacaux * enquêtes et reconnaissance systématiques
remise en suspension des fines 5	turbidité de l'eau - lavage des sédiments	action sur le plancton	* hydrodynamique de la circulation	mesures directes, études par :
		action sur le benthos		
remise en suspension des fines 6	sédimentation des "fines"	dépots sur plages ou zones conchylicoles	* aire de dispersion et de dépôt des particules fines	* traceurs radioactifs * modèles mathématiques de dispersion et de pollution résultante * photos aériennes
chagement de topographie et de circulation 7	surcreusement ou comblement des souilles	zone impropre au chalutage	surveuillance et vitesse de comblement des souilles	études bathylétriques
8		érosion des plages		profils topographiques

Figure 25 : Différents impacts possibles et études envisageables (d'après Augris et Cressard 1984)

5.3.1 Les matières en suspension et la turbidité

Au cours de l'extraction de granulats, l'eau est le premier milieu altéré par création d'une turbidité :

- ✓ en profondeur par le passage du bec d'élinde,
- ✓ en surface par le rejet des particules fines avec l'eau de la surverse.

Les MES issues de la remise en suspension de matériaux fins, lors de leur dragage, de leur transport et/ou de leur largage, peuvent avoir plusieurs conséquences sur les écosystèmes. Des teneurs élevées (de l'ordre de 200mg/l), peuvent entraîner des dépôts et une altération des épithéliums des branchies de poissons à l'origine de mortalités anormales, principalement chez les jeunes individus (Galaf et Ghannam, 2003). De fortes teneurs peuvent également entraîner des phénomènes d'hyper sédimentation (zones à faible énergie) et de colmatage de microhabitats, à l'origine d'une déstabilisation de l'équilibre écologique. Chez les coraux,

la sédimentation induit une baisse de la fertilité et une diminution du taux de survie larvaire (Glimour, 1999). Concernant les peuplements photosynthétiques (coraux hermatypiques, algues), de fortes turbidités réduisent la luminosité, et de ce fait l'apport nutritionnel, les ressources énergétiques disponibles s'en retrouvant fortement réduites (Brugneaux *et al.*, 2004). Les organismes qui peuvent se satisfaire d'une faible luminosité (éponges, ascidies, gorgonaires) peuvent alors être favorisés (Williams 2001).

Il a été démontré que l'augmentation de la turbidité des eaux, due aux opérations de dragage, influence directement la faune et la flore benthiques, avec pour conséquence la disparition de certaines espèces tout en permettant la prolifération d'espèces tolérantes (Galzin, 1982).

5.3.2 Les dégradations mécaniques

À la suite de l'extraction, il y aura un changement de la morphologie du fond qui pourra modifier le régime des courants de fond au voisinage du site exploité. En modifiant ainsi l'équilibre des sédiments superficiels, auxquels on peut rattacher dans certains cas les sables littoraux, ces extractions pourront provoquer ou aggraver l'érosion côtière, particulièrement dans le cas d'exploitation à proximité des côtes et par faible profondeur d'eau.

Les effets des exploitations de granulats marins sur les ressources biologiques seront soit immédiats donc relativement facilement quantifiables, soit à long terme et seul un suivi sérieux permettra d'en mesurer l'importance.

Parmi les répercussions immédiates, la destruction du peuplement benthique dans la zone d'exploitation est indéniable. Cette destruction affecte essentiellement les invertébrés directement exploitables par l'homme ou sources de nourriture pour certains poissons.

Les répercussions à plus long terme concernent principalement la dégradation ou la destruction de zones de frayères ou de nurserie de populations sensibles comme certaines espèces de poissons ou de crustacés.

5.3.3 L'hyper sédimentation

Concernant les dommages liés à l'hyper sédimentation, la vitesse de dépôt des vases brutes et des sables fins peut être relativement rapide ; une couche de sédiment de près d'1 cm d'épaisseur a pu être observée seulement 2h après le début d'une opération de dragage (Marzalek, 1982).

Dans son étude, Marzalek a noté que les alcyonnaires n'étaient pas recouverts et ne paraissaient pas affectés par cette sédimentation. Les scléractinaires, pour la plupart recouvert d'une fine couche de sédiment et de mucus, se nettoyaient eux-mêmes. Durant le suivi étalé sur plusieurs mois, Marzalek confirme que les alcyonnaires étaient les moins impactés par le phénomène de sédimentation, du, probablement, à leur « statut » d'espèce dressée et flexible, donc « nettoyée » par l'hydrodynamisme. Il n'a

constaté aucun dommage permanent concernant les spongiaires. Les scléractiniaires avaient également bien récupéré suite au dépôt de sédiments, à l'exception de quelques patches (taches) de blanchissement.

L'impact le plus marquant concerne l'envasement de la roche mère et ses effets sur la faune endogée et les microorganismes de surface qui n'ont pas survécu au recouvrement par les sédiments. La recolonisation de ces derniers semblait néanmoins redémarrer deux mois après l'envasement.

Concernant l'ichtyofaune, l'envasement des habitats de substrats durs situés à proximité des sites de dragage, reste susceptible de provoquer une baisse significative de l'abondance en terme d'espèces et d'individus (Lindeman et Snyder, 1999).

5.3.4 L'effet de synergie

Bien souvent, les impacts sont plus forts lorsque plusieurs paramètres (exemple : température et salinité) s'écartent de leurs valeurs moyennes. Ainsi, les coraux *Montipora spp.* sont plus sensibles à une augmentation de la température si la salinité et/ou l'intensité des rayons lumineux augmentent (Porter et al., 1999). D'une manière générale, la modification d'un des paramètres de l'eau ou du sédiment aura des effets plus importants sur les organismes marins si d'autres paramètres dépassent des valeurs seuils.

5.3.5 Synthèse des impacts potentiels d'un projet d'exploitation de granulats marins à la Réunion

Sur la base des investigations effectuées, on peut considérer que si impacts il y a, le temps estimé requis pour la récupération de la faune benthique à la suite d'une extraction d'agrégats marins peut varier selon la nature de l'habitat, l'échelle et la durée de la perturbation, l'hydrodynamique et les processus de transport des matériaux charriés associés, la topographie de la région et le degré de la similarité de l'habitat avec celui qui existait avant le dragage (Newell *et al.* 1998).

Cependant, les éléments disponibles, largement obtenus à partir d'études expérimentales, suggèrent qu'une évolution considérable vers une « récupération » pourrait être envisagée dans les 2 à 3 ans suivant l'arrêt du dragage dans les habitats de graviers sablonneux exposés à des vagues et des courants de marée modérés (Desprez, 2000 ; Van Dalfsen *et al.*, 2000).

En revanche, des observations préliminaires d'études récentes indiquent que la période de résilience peut être plus longue, particulièrement pour les sites dragués de manière répétée. Les observations réalisées dans des zones particulières ont indiqué que la faune demeure dans un état perturbé quelque 4 années après l'arrêt du dragage.

Les effets physiques du dragage persistent plusieurs années après l'arrêt du dragage. Le laps de temps durant lequel les sillons laissés par les dragues traînantes restent visibles dépend de la capacité des courants de marée et de l'action des vagues à éroder les crêtes ou à transporter les sédiments. L'érosion des voies de

dragage dans les zones faiblement exposées aux vagues et aux courants prend entre 3 et 7 ans, selon diverses observations.

Si dans une zone exposée à des vagues de longue période, les voies draguées (de 0.3-0.5m de profondeur) semblent totalement disparaître en moins de 8 mois, dans un site de dragage expérimental au large de Norfolk, Royaume-Uni, dans 25m d'eau, des voies draguées étaient toujours visibles 3 années après l'arrêt du dragage (Kenny *et al*, 1998).

--> La cinétique de restructuration des milieux physiques semble dépendre des caractéristiques océanographiques et environnementales locales, mais elle pourrait également être liée à l'étendue et à la durée de la perturbation résultant du projet. La faune colonisatrice semble également être affectée par ce changement d'habitat.

5.4 DISCUSSION SUR LES CHOIX DES SITES D'EXTRACTION ET PERSPECTIVES

Deux secteurs marins de la Réunion ont été pré-identifiés en vue d'une extraction potentielle de ressources minérales (sables et graviers) dans la tranche bathymétrique 10-40m. L'accès à des ressources plus profondes n'a pas été considéré, les outils nécessaires pour y accéder restant contraignants en terme d'exploitation.

De la présente expertise réalisée sur le milieu marin, sur les deux secteurs envisagés (Sainte Marie et La Possession-Saint Denis), il ressort les éléments clé suivants :

- ✓ Un potentiel réel de matériaux dans la tranche bathymétrique ciblée dans un environnement benthique mixant des substrats divers (sables, blocailles et blocs, substrats durs basaltiques),
- ✓ La présence dans ou à proximité des secteurs de peuplements à forte valeur écologique et socio-économique (habitats, pêche),
- ✓ Un manque patent de données de base à une petite échelle pour ce qui concerne les compartiments océanographiques (courants, qualité des eaux,...) et biologiques (structure et fonctionnement des communautés benthiques). L'acquisition de connaissances sur la courantologie est essentielle pour quantifier et qualifier l'aire d'impact potentielle tant au niveau de la zone de prélèvement que du cône de dilution de la surverse en surface.

Il ressort de l'analyse que le secteur 2 est le meilleur candidat du point de vue environnemental sans préjuger des aspects économiques et sociaux corollaires à la bonne réalisation d'un tel projet.

Dans ce secteur littoral de l'île existent des zones rocheuses sub-affleurantes à potentialités écologique et économique qu'il convient de mieux cerner, et ce en lien avec les facteurs océanographiques clés que sont la courantologie et la turbidité des eaux.

L'impact du projet d'exploitation sur les communautés benthiques fixes ou mobiles pourrait être mieux identifié au travers d'un diagnostic plus ciblé de ce secteur, qui reste mal connu.

Parmi les mesures d'accompagnement, d'atténuation, de compensation qui sont des facteurs clés de succès d'une démarche d'exploitation des gisements réunionnais de granulats marins, dont les impacts négatifs seront les plus faibles en termes (i) environnementaux et (ii) socio-économiques figurent les orientations suivantes :

- ✓ Développer une activité responsable avec une étude d'impact (et suivi) avec suivi bathymétrique, sédimentologique et biologique, intégrant une approche plus fine des cellules sédimentaires concernées (pour ne pas déstabiliser les stocks du niveau supérieur, voire l'estran cf. action des houles cycloniques jusque -50m),
- ✓ Intégrer les acteurs notamment les pêcheurs en amont cf. disparition possible d'habitats avec mesures compensatoires à envisager type Récifs Artificiels. Veiller au bon dialogue avec les pêcheurs,
- ✓ Restreindre les zones d'exploitation à distance de sécurité de 500m de zones tampon pour les substrats benthiques,
- ✓ Mieux caractériser du point de vue qualitatif les sédiments concernés cf. teneur potentielle en composés toxiques (notamment métaux lourds).

Au regard de l'expertise conduite, il paraît structurant d'approfondir l'évaluation de l'impact environnemental sur la (ou les) zone(s) par la conduite d'une expertise écologique ayant valeur d'état de référence : compartiment benthique (caractéristiques granulométriques et chimiques des sédiments) et hydrologique (courantologie de surface, qualité des eaux).

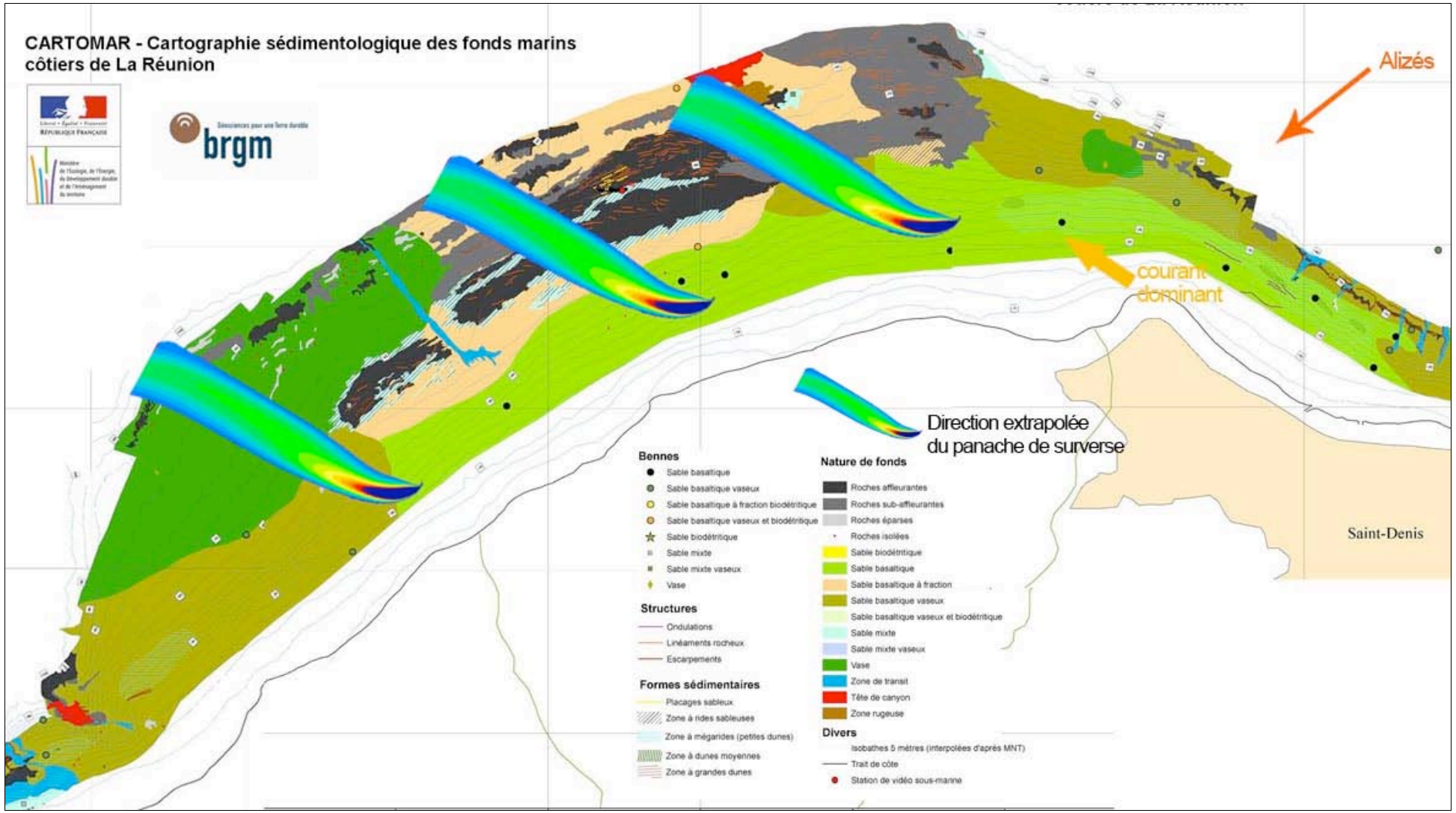


Figure 26 : Orientations possibles du panache de surverse dans l'hypothèse d'opérations d'extraction dans le secteur 1

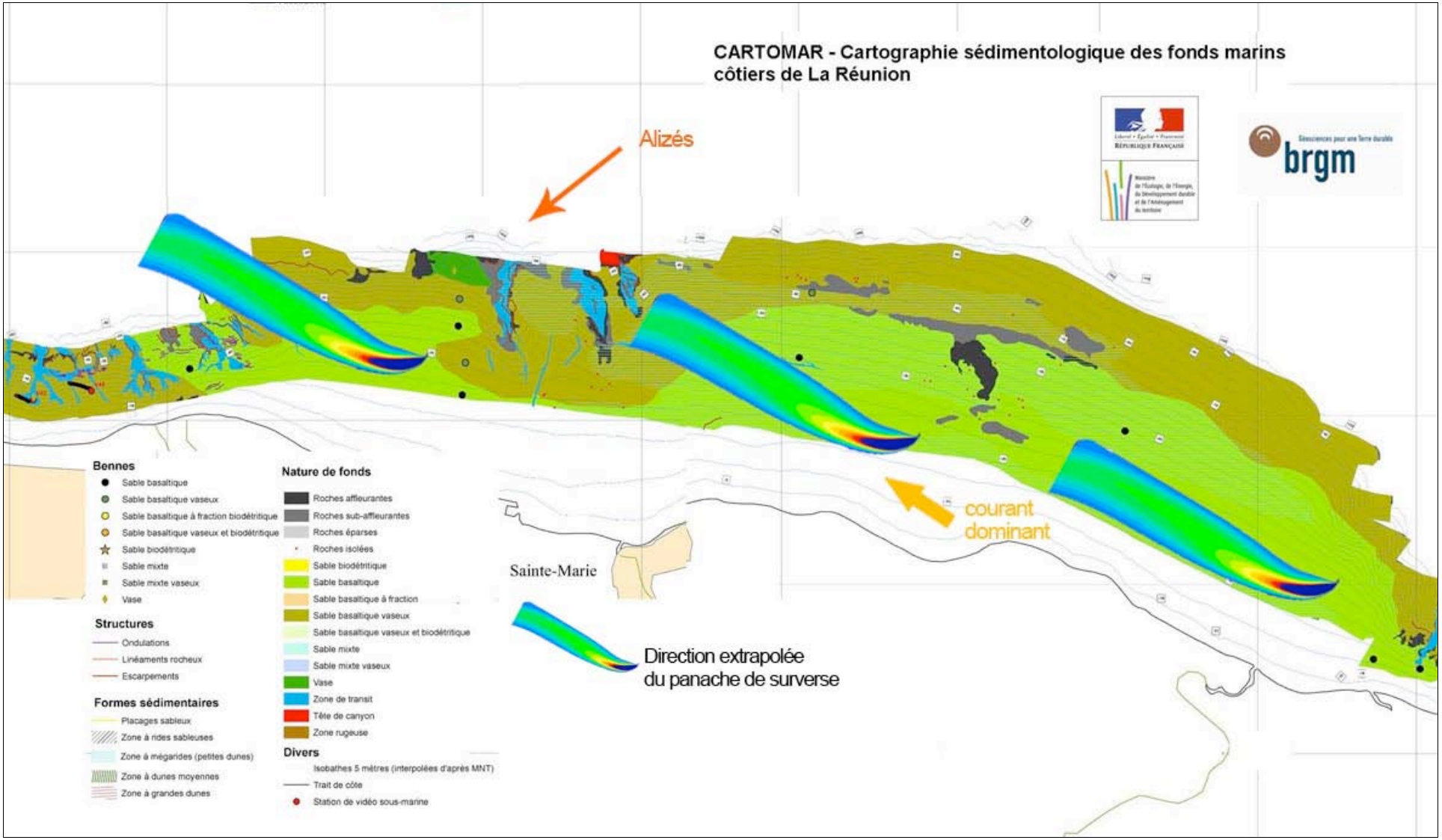


Figure 27 : Orientations possibles du panache de surverse dans l'hypothèse d'opérations d'extraction dans le secteur 2

5.5 APPROCHES METHODOLOGIQUES POUR LES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

5.5.1 Les recommandations du Conseil International pour l'Exploration de la Mer

Parmi tous les programmes envisageables en relation avec les recommandations internationales du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (ICES, 2003), il est possible de dégager des sujets d'étude jugés « prioritaires », afin de mieux connaître :

- ✓ La réactivité des poissons pendant et après extraction (recommandation CIEM n°15) ;
- ✓ Le degré de dépendance alimentaire des poissons vis-à-vis de la macrofaune benthique potentiellement perturbée lors de l'extraction (recommandation CIEM n°15) ;
- ✓ L'évolution des sédiments et de la faune benthique soumis au dépôt des eaux de surverse (recomm. CIEM n°7), ce type de conséquence indirecte des extractions a été rarement étudié, alors que la connaissance des effets de la surverse est fondamentale dans un contexte de fort hydrodynamisme, et donc de dispersion maximale ;
- ✓ Les modalités de recolonisation benthique et de retour à un nouvel équilibre des sites commerciaux après exploitation (recommandation CIEM n°12) ;
- ✓ Les étapes importantes du cycle biologique des principales ressources halieutiques sur lesquelles les extractions devront avoir un effet minimal (recommandation CIEM n°14).

5.5.2 Le protocole BACI

L'utilisation du protocole « Before-After-Control-Impact » ou BACI, permettrait d'évaluer l'impact direct des dragages sur les ressources vivantes (benthiques et halieutiques) par comparaison avec un site de référence non exploité.

Proposé par Green en 1979, le protocole BACI permet d'évaluer selon un principe assez simple, les impacts sur des communautés végétales et/ou animales.

Le fondement du BACI repose sur l'élaboration de protocoles expérimentaux au sein desquels on effectue des campagnes d'échantillonnage avant (Before) et après (After) l'impact. On établit parallèlement une zone témoin (Control) où l'impact n'aura pas d'effet et à l'intérieur de laquelle on effectuera le même type d'échantillonnage que dans la zone impactée.

À partir de cette structure méthodologique de base, le BACI a été décliné selon différents concepts (Smith, 2002), et notamment celui du « Beyond-BACI » développé par Underwood (1991 & 1996), qui consiste à multiplier les échantillonnages dans le temps et dans l'espace, à l'intérieur de plusieurs zones impactées et de plusieurs zones témoins.

Couramment utilisée en écologie terrestre, l'analyse BACI et beyond-BACI est de plus en plus utilisée en milieu marin, et a fait son apparition dans de nombreux guides méthodologiques pour évaluer l'impact des

activités humaines sur les biocénoses marines (Underwood, 1996 ; Taylor 1997 ; Green, 1999 ; Francour et Koukouras, 2000 ; Anderson, 2002 ; Jones *et al.,* 2004) et a fait l'objet de nombreux travaux, notamment concernant les études d'impacts (Currie & Parry, 1996 ; Poiner *et al.*, 1998 ; Benedetti-Cecchi, 2001 ; Santos *et al.*, 2002 ; Bishop *et al.*, 2005 ; Warburton 2005).

Le même type de méthode peut être mis en œuvre pour l'évaluation spatiale de l'impact indirect des dragages (zone perturbée par la surverse des éléments fins), l'évaluation temporelle de cet impact par suivi du processus de restauration (physique et biologique) des fonds, et la quantification de l'intensité de la perturbation et de sa durée sur l'ensemble des peuplements benthiques et halieutiques.

6 CONCLUSION

De l'analyse et de la synthèse de ces différentes études émerge un manque évident de données de base sur le secteur 2, précisément entre 10 et 40 m de profondeur, où il conviendrait de mener des études complémentaires, notamment pour confirmer (ou infirmer) la présence de peuplements de galets sub-littoraux (cf. carte de synthèse figure 28). D'autant qu'existe en zone littorale de Sainte-Marie des zones rocheuses sub-affleurantes à valeur écologique à définir dans le contexte de ce secteur à fort hydrodynamisme et turbidité (zones sources de larves et de nurseries de nombreuses espèces).

En effet, par rapport au secteur 1, de par son apparente homogénéité du point de vue des faciès sédimentaires et de sa faible sensibilité extrapolée (qui nécessitera des compléments d'information), le secteur 2 semble « favori » pour orienter la réflexion quant aux possibilités d'y réaliser des travaux d'extraction de sables et de graviers.

Néanmoins, les cartes géomorphologiques y révèlent la présence d'affleurements basaltiques profonds au fort potentiel de fixation biologique dans un périmètre relativement proche du secteur envisagé. Le choix de cette hypothèse risquerait d'impacter les biocénoses riches et diversifiées associées, à forte sensibilité écologique.

Une grande attention est aujourd'hui accordée à l'identification de mesures possibles d'atténuation pour réduire l'impact provoqué par l'extraction de granulats marins, illustrées par des conditions d'autorisations adéquates. Pour garantir que ces conditions d'autorisation atténuent effectivement les perturbations environnementales et que les prévisions concernant l'étendue et l'importance des effets soient valables, un programme de surveillance pourra être entrepris. La surveillance est requise pour documenter à la fois les conditions avant et après l'extraction sur les sites autorisés et pour déterminer si des impacts inacceptables apparaissent, ou si les conditions qui pourraient mener à un impact inacceptable sont en train d'apparaître, dans le voisinage des sites d'extraction nouveaux et existants. La surveillance s'avérera également appropriée plus tard pour déterminer si les conditions d'autorisation sont correctement appliquées et pour améliorer la base sur laquelle les demandes d'autorisations futures seront évaluées en améliorant les connaissances relatives aux effets sur le terrain.

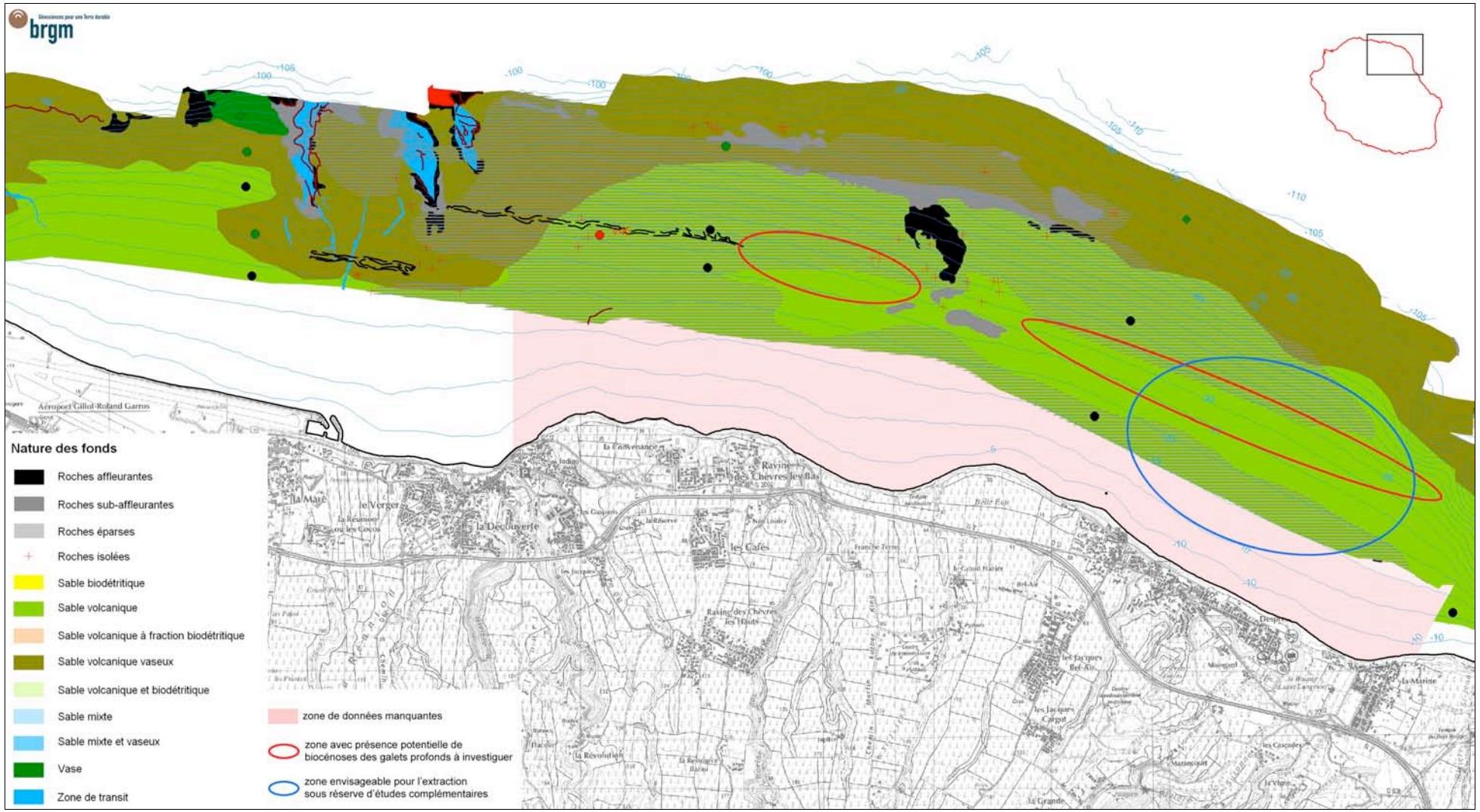


Figure 28 : Carte de synthèse (études complémentaires à mener et zone potentielle pour l'extraction, secteur 2)

7 BIBLIOGRAPHIE

Rapports et publications scientifiques :

ANDERSON M.J. (2002) Structures for establishing a database for marine monitoring. DOC *Science Internal Series* 58. Department of Conservation, Wellington. 21 p.

ARVAM (2006) a Rapport technique n°1 de déplacement de coraux dans la baie de la Possession. 30 pp + Annexes

ARVAM (2006) b Rapport technique n°2 de déplacement de coraux dans la baie de la Possession. 43 pp + Annexes.

ARVAM (2002) Suivi environnemental du milieu marin sur la période 1999-2001 de la Pointe des Galets et de la Baie de Possession. Rapport de synthèse final pour le compte de la DDE/SPBA - CCIR. (17 pp + annexes)

ARVAM, IARE (1995). Sensibilité écologique des milieux marins récepteurs de l'île de la Réunion. Pré Rapport d'étude. Tome 1. 45p + Annexes.

AUGRIS A. et P. CRESSARD (1984) Les granulats marins. Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) Rapports scientifiques et techniques - No 51. 89p.

BELGOCHLORE (2006) Le livre blanc du Chlore. 197p + Annexes

BENEDETTI-CECCHI, L. (2001) Beyond BACI: optimization of environmental sampling designs through monitoring and simulation. Ecological Applications, 11: 783-799

BIGOT L. (1995) Les rejets sucriers de la distillerie de Savanna, St André – ile de la Réunion. Impact sur le milieu et les peuplements marins. Rapport annuel 1994 – Rapp. ARVAM. Pour le compte de la Distillerie de Savanna 77p.+annexes.

BIGOT L. (2000) Suivi environnemental des rejets de la « Distillerie de Savanna » sur le site de Bois-Rouge, St-André – île de la Réunion. Evolution des écosystèmes marins entre 1994 et 1999. Analyse de l'impact sur le milieu et les peuplements benthiques – Rapport final d'étude – Rap. ARVAM pour le compte de la Distillerie de Savanna 50p. + annexes.

BIGOT L. (2006) Les communautés de macrofaune benthique des sédiments côtiers en zone tropicale non récifale : diversité des réponses aux modifications de l'environnement marin à la Réunion (Océan Indien). Thèse doctorale. Université de la Réunion. Laboratoire ECOMAR. 228p + Annexes.

BIGOT L., GARNIER R. (2002) Travaux d'extension portuaire du port Est – Reconnaissance et expertise écologique en plongée des digues portuaires. Rapport d'expertise pour le compte de la SGTPS. (14 pp + annexes)

BIGOT L., DUTRIEUX E., QUOD JP., LETOURNEUR Y. (1994) Sensibilité écologique des milieux marins de l'île de la Réunion. Rapport intermédiaire. Rapp. ARVAM/IARE pour le compte de la Direction Régionale de l'Environnement – Réunion (DIREN) 27p.

BIGOT L., QUOD JP., TROADEC R., AICHELMANN C., DUTRIEUX E. (1998) a Étude de suivi du milieu marin de La Baie de Possession et de la Pointe des Galets - Volet 2 & 3 : Typologies et diagnostic environnemental intégré. Définition du suivi 1998 – 2000. Rapport ARVAM/IARE pour le CCIR – DDE/SPBA. 69 pp. + annexes.

BIGOT L., QUOD JP., TROADEC R., TESSIER E., ACHEILMAN C., DUTRIEUX E. (1998) b Étude de suivi environnemental du milieu marin de la baie de La Possession et de la Pointe des Galets - Volet 4. Synthèse/Diagnostic de l'état initial. Définition du suivi 1998-2000. Rapport ARVAM/IARE pour le compte de CCIR et DDE/SPBA. (33 pp)

BISHOP M.J., PETERSON C.H., SUMMERSON H.C. & GASKILL D. (2005) Effects of harvest methods on sustainability of a bay scallop fishery. *Fish. Bull.* 103:712 719

BOUCHON C. (1978) Étude quantitative des peuplements à base de scléractiniaires d'un récif frangeant de l'ile de la Réunion (Océan Indien). Dissertation. Université Aix-Marseille 2, France.

BOUCHON C., BOUCHON-NAVARO Y., FAURE G. (1981) Etude d'environnement de la baie de La Possession. 30pp.

BOURMAUD C. (2003) Inventaire de la biodiversité récifale à la Réunion. Etude pour le compte de l'APMR/Région Réunion. (137pp)

BROWN B., HOWARD S. (1985) Responses of Coelenterates to trace metals : a field and laboratory evaluation. In : Proceedings of the fifth International Coral Reef Congress, Vol. 6. Tahiti, P 465 – 470.

BRUGNEAUX S., PIERRET L., MAZATAUD V. (2004) Les agressions d'origine anthropique sur le milieu marin côtier et leurs effets sur les écosystèmes coralliens et associés de la Martinique, Les cahiers de l'Observatoire N°1, Observatoire du Milieu Marin Martiniquais, 90p.

CURRIE D.R. & PARRY G.D. (1996) Effects of scallop dredging on a soft sediment community: a large-scale experimental study. Mar. Ecol. Prog. Ser., 134: 131-150

DELACROIX P. (1982) Etude d'impact sur le site de construction du nouveau port. Baie de la Possession. Institut scientifique et technique des pêches maritimes. Laboratoire de la Réunion.69 pp.

DELACROIX P., FAURE G., GUILLAUME M., MONTAGGIONI L., TROADEC R. (1985) Etude d'environnement des baies de Saint-Paul et de la Possession. Responsable scientifique : G. FAURE. Convention ADER PACA / Université de la Réunion

DESPREZ, M. (2000) Physical and biological impact of marine aggregate extraction along the French coast of the Eastern English Channel. Short and long-term post-dredging restoration. ICES Journal of Marine Science, 57: 1428-1438

DORSEUIL C., GARNIER R., QUOD JP. (2001) Suivi de la colonisation des blocs artificiels du Port Est à la Possession – Suivi 1999-2001. (16 pp + annexes)

DUTRIEUX E. (1992) Etude d'impact des rejets de la distillerie de Savanna sur le site de Bois-Rouge (Saint-André, Ile de la Réunion). Etude océanologique : état initial des fonds marins. Rapp. IARE/ARVAM, 53p.

DURVILLE P. (1995) Etude écologique sous-marine. Projet de réhabilitation de la route du littoral. Ile de la Réunion. O.C.E.A. 79pp + annexes

DUTRIEUX E., QUOD JP. (1994) Expertise des fonds marins au droit de la Ravine des Lataniers (Baie de la Possession). Impact du projet d'implantation d'enrochements. Rapport IARE/ARVAM pour le compte de BCEOM Réunion. (13 pp)

ECOMAR, ARVAM (2005) « Réseau Récif Réunion », le blanchissement corallien en 2005 à la Réunion. Rapport pour le compte de la DIREN Réunion. 31p.

FAURE G. (1982) Recherche sur les peuplements de Scléractiniaires des récifs coralliens de l'archipel des Mascareignes (Océan Indien occidental). Thèse d'Etat soutenue le 11 octobre 1982 à l'université d'Aix-Marseille II.

FAURE G. et al. (1985) Etude d'environnement des baies de Saint Paul et de La Possession (campagne 1984). Convention ADER-PACA. 52pp.

FRANCOUR P. & KOUKOURAS A. (2000) Methods for studying the impact of diver frequentation and mooring on coralligenous communities. In *Introductory guide to methods for selected ecological studies in marine reserves*. Goñi R., Harmelin-Vivien M., Badalamenti F., Le Direach L. & Bernard G. edit., GIS Posidonie publ., Fr. : pp. 69-74

GABRIE C . (1982) Sédimentologie de quelques récifs coralliens de la Mer Rouge et de l'Océan Indien. Traitement mathématique des données. Thèse doctorale. Université d'Aix Marseille II, 128p.

GABRIE C., VERNAUDON Y. ET TATARATA M. (1995) Agir pour le lagon. PAPEETE : La Délégation à l'Environnement, 23 pp

GALAF F., GHANNAM S. (2003) Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site Web sur la pollution du milieu marin. Mémoire de troisieme cycle. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II. Rabat. 22p.

GALZIN R. (1982) Effects of coral sand dredging on fish fauna in the lagoon of 'The Grand Cul de Sac Marin', Guadeloupe, French West Indies, p. 115-121. In: E.D. Gomez, C.E. Birkeland, R.W. Buddemeier, R.E. Johannes, J.A. Marsh, Jr. and R.T. Tsuda (eds.) Proceedings of the 4th International Coral Reef Symposium Vol. 1. Marine Science Center, University of the Philippines, Manila, Philippines.

GARNIER R. , BIGOT L., TURQUET J, NAIM O, QUOD JP (1999) Suivi environnemental du milieu marin sur la période 1999-2001. – Pointe des Galets et baie de La Possession – Ile de La Réunion – Rapport intermédiaire n°1 - Rapport ARVAM pour le compte de la DDE/SPBA – CCIR – 52 pp. + annexes.

GARNIER R., QUOD JP., BIGOT L., METE K. (2000) : Expertise environnementale de la Baie de la Possession en vue de l'installation d'une centrale électrique – Éléments de description de l'état initial du milieu marin. Rapport pour le compte de EDF/SOGREAH/ARIA. (26 pp + annexes)

GARNIER R., BIGOT L., DORSEUIL C., QUOD JP. (2001) a Suivi environnemental du milieu marin sur la période 1999-2001 de la Pointe des Galets et de la Baie de Possession. Rapport intermédiaire n°3 - Suivi 2001 - pour le compte de la DDE/SPBA - CCIR. (18 pp + annexes)

GARNIER R., BIGOT L., TURQUET J., CONEJERO S., METE K., DORSEUIL C. (2001) b Suivi environnemental du milieu marin sur la période 1999-2001. de la Pointe des Galets et de la Baie de La Possession. Rapport intermédiaire n°2 - Suivi 2000 - pour le compte de la DDE/SPBA – CCIR. (57 pp + annexes)

GARNIER R., BIGOT L.,QUOD JP. (2001) c Projet d'extension du Port Est Réunion – Analyse de l'état initial des fonds marins et impacts prévisionnels - Rapport pour le compte de CCIR/SOGREAH. (33 pp + annexes)

GILMOUR J. (1999) Experimental investigation into the effects of suspended sediment on fertilisation, larval survival and settlement in a scleractinian coral. Department of Zoology, University of Western Australia, Nedlands, Western Australia 6907, AUSTRALIE

GREEN, R.H. (1979) Sampling design and statistical methods for environmental problems. Wiley, New York.

GREEN R.H. (1999) Review of Potentially Applicable Approaches to Benthic Invertebrate Data Analysis and Interpretation. Aquatic Effects Technology Evaluation (AETE) Program

GUENNOC P., VILLAIN C., THINON I., LE ROY M. (2008) Cartographie morphosédimentologique des fonds marins côtiers de l'île de La Réunion, Rapport BRGM/RP56-579-FR – 43 p

ICES (2003) Report of the working group on the effects of extraction on marine sediments on the marine ecosystem 108p.

IFREMER (2003) Bilan – Diagnostic des données sur les eaux du littoral réunionnais dans le cadre de la mise en œuvre de la directive cadre européenne sur l'eau et la mise ne cohérence des réseaux de mesure, pour le compte de la DIREN.

IFRMER (2009) Ifremer Environnement. Le Tributylétain ou TBT.

JONES C., SOMERS K.M., CRAIG B. & REYNOLDSON T.B. (2004) Réseau de surveillance biologique du benthos de l'Ontario. Protocole. 147 p.

KENNY A. J., REES H. L., GREENING J., and CAMPBELL, S. (1998) The effects of gravel extraction on the macrobenthos at an experimental dredge site off North Norfolk, UK (results 3 years post-dredging). ICES CM 1998/V:14, 1-7.)

LINDEMAN K.C. and SNYDER D. B. (1999) Nearshore hardbottom fishes of southeast Florida and effects of habitat burial caused by dredging. Fishery Bulletin 97 :508-525

MARZALEK D.S. (1982) Impact of dredging on a subtropical reef community, Southeast Florida, USA, p. 147-154. In: E.D. Gomez, C.E. Birkeland, R.W. Buddemeier, R.E. Johannes, J.A. Marsh, Jr. and R.T. Tsuda (eds.) Proceedings of the 4th International Coral Reef Symposium Vol. 1. Marine Science Center, University of the Philippines, Manila, Philippines.

NEWELL, R. C., SEIDERER L. J., and HITCHCOCK D. R. (1998) The impact of dredging works in coastal waters: A review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. Oceanography and Marine Biology 36, 127-178.

NORDEN ANDERSEN O. G. N., NIELSEN P. E., and LETH, J. (1992) Effects of sea bed, benthic fauna and hydrography of sand dredging in Køge Bay, Denmark. pp.1-6. Proceedings of the 12th Baltic Marine Biologists Symposium. Bjornestad, E., Hagerman, L., and Jensen, K (editors). Olsen and Olsen, Helsingor, Denmark

OMMM (2004) Les agressions d'origine anthropique sur le milieu marin côtier et leurs effets sur les écosystèmes coralliens et associés de la Martinique.

PARETO, ARVAM (2007) Etude de faisabilité générale pour le développement du pole énergétique de Bois-Rouge (Saint-André). Synthèse bibliographique de l'environnement marin. 26p.

PITON B. (1992a) Commentaire de la courantologie devant la pointe de la Ravine Sèche. Rapp. Multigr. 4p.

PITON B. (1992b) Etude d'impact des rejets de la distillerie de SAVANA sur le site de Bois-Rouge (Saint-André), île de la Réunion. Rapp. IFREMER. 23p.

PITON B., TAQUET M. (1992) Océanographie physique des parages de l'île de la Réunion. (Océan Indien). Doc. Scient. ORSTOM, 39p.

PLANES S. (1993) Genetic differentiation in realtion to restricted larval dispersal of the convict surgeonfish, *Acanthurus triostegus*, in French Polynesia. Marine Ecology Progress Serie, 98 : 237-246.

POINER I., GLAISTER J., PITCHER R., BURRIDGE C., WASSENBERG T., GRIBBLE N., HILL B., BLABER S., MILTON D., BREWER D. & ELLIS N. (1998) The environmental effects of prawn trawling in the far northern section of the Great Barrier Reef: 1991-1996. CSIRO Division of Marine Research. Cleveland, Queensland, Australia. 554 p.

REGION REUNION (2001) Schéma d'Aménagement Régional (SAR) et Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM)Rapport.Novembre 1995. Ré-édition, 2001.

SANTOS T., CUNHA I. & WEBER M. (2002) A "Beyond BACI" Study of Aguda´s Breakwater in North Portugal. Littoral 2002, The Changing Coast. EUROCOAST / EUCC, Porto – Portugal; pp. 225-228

SHERMAN, K. et SOLOW A.R., 1992. The changing states and health of a large marine ecosystem. Paper submitted to International Council for the Exploration of the Sea. C.M. 1992/L:38, Session V. ICES, Copenhagen, Denmark. 31 p.

SMITH E.P. (2002) BACI design. *Encyclopedia of Environmetrics*, Volume 1, El-Shaarawi A.H. & Piegorsch W.W. édit., pp 141–148

SOGREAH/PARETO (2005) Station d'épuration de la CINOR. Caractérisation du milieu marin. Rapp. définitif 115p + annexes

TAYLOR B.R. (1997) Optimization of field and laboratory methods for benthic invertebrate biomonitoring. Fianl report. 114 p.

TESSIER E. (2005) Dynamique des peuplements ichtyologiques associés aux récifs artificiels à l'île de la Réunion (ouest de l'océan Indien) – Implication dans la gestion des pêcheries côtières. Thèse doctorale. Université de la Réunion. 230 pp + annexes

TROADEC R. (1991) Courantologie et sédimentologie des baies de Saint Paul et de La Possession à l'île de La Réunion. Thèse de Doctorat. Université d'Aix Marseille II, Université de La Réunion, 217 pp. + annexes.

TROADEC R., MONTAGGIONI L. (1981) Sédimentologie de la frange littorale de la baie de la Possession. Définition de l'état initial dans le cadre de l'extension portuaire. Centre Univ. La Réunion, 28p.

UNDERWOOD A. J. (1991) Beyond BACI: Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research 42(5) 569 – 587*

UNDERWOOD A.J. (1996) Environmental Design and Analysis in Marine Environmental Sampling. IOC Manuals and Guides No. 34. UNESCO

VAN DALFSEN J. A. ESSINK K., TOXVIG MADSEN H.; BIRKLUND J.; ROMERO J., MANZANERA M. (2000) Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the Western Mediterranean. ICES Journal of Marine Science 57(5): 1439-1445.).

WARBURTON K. M. (2005) Effects of wastewater outfall in a rocky intertidal community. Thesis, Faculty of Humboldt State University.

WILLIAMS G.C. (2001) First Record of a Bioluminescent Soft Coral: Description of a Disjunct Population of Eleutherobia grayi (Thomson and Dean, 1921) from the Solomon Islands, with a Review of Bioluminescence in the Octocorallia. Proceedings of the California Academy of Sciences 52 (17): 209-225.

Supports cartographiques :

BRGM (2OO8) Cartographie morphosédimentologique des fonds marins côtiers de l'île de La Réunion

DIREN (2007) Cartographie des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de l'île de la Réunion.

IGN (GEOPORTAIL)

SHOM Océan Indien, La Réunion.

Annexe 2

Vade-mecum des législations et réglementations permettant de lutter contre les extractions illégales

Révision du schéma départemental des carrières – VADE MECUM

L'extraction illégale de matériaux est susceptible de relever des législations et réglementations suivantes (mise en œuvre de celles-ci précisée dans le développement) :

Code de l'environnement

Livre II : la protection des milieux physiques

✓ Police de l'eau

Obligations
Article L. 214-1 du CE. Sont soumis aux dispositions des articles L. 214-2 à L. 214-6 les installations ne figurant pas à la nomenclature des installations classées, les ouvrages, travaux et activités réalisés à des fins non domestiques par toute personne physique ou morale, publique ou privée, et entraînant des prélèvements sur les eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non, une modification du niveau ou du mode d'écoulement des eaux, la destruction de frayères, de zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole ou des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, même non polluants.

Article L. 214-3 I du CE. Sont soumis à autorisation de l'autorité administrative les installations, ouvrages, travaux et activités susceptibles de présenter des dangers pour la santé et la sécurité publique, de nuire au libre écoulement des eaux, de réduire la ressource en eau, d'accroître notablement le risque d'inondation, de porter gravement atteinte à la qualité ou à la diversité du milieu aquatique, notamment aux peuplements piscicoles.

a) Au plan pénal : tout agent commissionné à ce titre est susceptible d'intervenir, en particulier DAF, DDE, BNOI.
- infraction aux dispositions des art. L. 214-1 et suivants (IOTA soumis à déclaration ou autorisation). Peut concerner les rubriques 3.1.1.0 (obstacle à la continuité écologique), 3.1.2.0 (modification sans autorisation des profils en long ou en travers d'un cours d'eau), 3.1.5.0 (destruction de frayères), 3.2.2.0 (si installation conséquente ou « stockage de matériaux » sur site - installations en lit majeur réduisant le champ d'expansion des crues), 1.2.1.0 (prélèvements dans un cours d'eau), 2.1.5.0 (modification de l'écoulement des eaux pluviales – cas des andains)…
- contravention de 5è classe – art. R. 216-7 et suivants ou délit – art. L. 216-6 à L. 216-10

b) Au plan administratif : mise en œuvre essentiellement par DAF/SPE surtout + CQEL (DDE) pour les eaux marines

Les sanctions applicables sont graduelles : mise en demeure de régulariser la situation si cela est possible (ce qui exclut les extractions en lit mineur), consignation, exécution d'office et possibilité de suspension d'activité ou de suppression de l'installation.

Nota : une autorisation délivrée au titre des ICPE vaut autorisation au titre du livre II du CE : les mesures individuelles et réglementaires prises en application du titre Ier du livre V fixent en effet les règles applicables aux installations classées ayant un impact sur le milieu aquatique, notamment en ce qui concerne leurs rejets et prélèvements.

Livre III : la protection des espaces naturels

✓ Circulation motorisée dans les espaces naturels

Nota : le projet en cours d'approbation, au plan régional, d'une doctrine sur la création et l'utilisation de pistes provisoires en lit mineur sera inclus dans le document final du SDC après validation par la commission eau.

Obligations
Article L. 362-1 du CE. En vue d'assurer la protection des espaces naturels, la circulation des véhicules à moteur est interdite en dehors des voies classées dans le domaine public routier de l'Etat, des départements et des communes, des chemins ruraux et des voies privées ouvertes à la circulation publique des véhicules à moteur.
La charte du Parc National de la Réunion (PNR) est susceptible de comporter un article établissant les règles de circulation des véhicules à moteur sur les voies et chemins de chaque commune adhérente du parc et des communes comprises en tout ou partie dans le cœur du parc.

a) Au plan pénal :
- circulation des véhicules à moteur interdite en dehors des voies classées dans le domaine public routier de l'Etat, des départements et des communes, des chemins ruraux et des voies privées ouvertes à la circulation publique des véhicules à moteur (L. 362-1)
- contravention de 5^{ième} classe – art. R. 362-1

Livre IV : la protection de la faune et de la flore

✓ Police de la pêche (prélèvements sauvages de granulats dans un lit vif)

Obligations
Article L. 432-3 du CE. Le fait de détruire les frayères ou les zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole est puni de 20 000 euros d'amende, à moins qu'il ne résulte d'une autorisation ou d'une déclaration dont les prescriptions ont été respectées ou de travaux d'urgence exécutés en vue de prévenir un danger grave et imminent.

Un décret en Conseil d'Etat fixe les critères de définition des frayères et des zones mentionnées au premier alinéa, les modalités de leur identification et de l'actualisation de celle-ci par l'autorité administrative, ainsi que les conditions dans lesquelles sont consultées les fédérations départementales ou interdépartementales des associations agréées de pêche et de protection du milieu aquatique.

Article L. 436-6 du CE. Le fait de placer un barrage, appareil ou établissement quelconque de pêcherie ayant pour objet d'empêcher entièrement le passage du poisson ou de le retenir captif est puni de 3 750 euros d'amende.
Le tribunal peut ordonner la remise en état des lieux, sous astreinte dans les conditions définies à l'article L. 437-20, sans préjudice de l'application des dispositions du présent titre.

a) Au plan pénal : compétence BNOI, gendarmerie, gardes particuliers, DAF, agents du PNR, ONF

- infraction à l'article L. 432-3 du CE " Installation, aménagement d'ouvrage ou exécution de travaux dans le lit d'un cours d'eau sans autorisation, lorsqu'ils sont de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou d'alimentation ou de réserves de la nourriture de la faune piscicole" et à l'article L. 436-6 du CE " Barrage dans le lit du cours d'eau empêchant le passage du poisson" ;
- délit L. 432-3 - amende 20 000 € ;
- délit L. 436-6 - amende 3750 € ;
- peines accessoires : saisie du matériel, responsabilité pénale des personnes morales.

✓ Protection de la faune et de la flore

Obligations
Article L. 411-1 I. du CE. Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine biologique justifient la conservation d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées, sont interdits :

1°) La destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;
2°) La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;
3°) La destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier à ces espèces animales ou végétales ;
4°) La destruction des sites contenant des fossiles permettant d'étudier l'histoire du monde vivant ainsi que les premières activités humaines et la destruction ou l'enlèvement des fossiles présents sur ces sites.

II. - Les interdictions de détention édictées en application du 1° ou du 2° du I ne portent pas sur les spécimens détenus régulièrement lors de l'entrée en vigueur de l'interdiction relative à l'espèce à laquelle ils appartiennent.

a) Au plan pénal : compétence BNOI, gendarmerie, police, gardes particuliers, gardes du PNR, ONF
- atteinte aux espèces protégées L411-1 et suivants
- délit – art. L. 415-3 : puni de 6 mois d'emprisonnement et de 9000 € d'amende, amende doublée si infraction commise dans le cœur d'un parc national
- peines accessoires : confiscation du matériel qui doit être confirmée par la justice
- réparation des dommages prévue en termes de compensation

Livre V : la prévention des pollutions, des risques et des nuisances

✓ Police des installations classées

Obligations
Article L. 511-1 du CE. Sont soumis aux dispositions du présent titre les usines, ateliers, dépôts, chantiers et, d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique.
Les dispositions du présent titre sont également applicables aux exploitations de carrières au sens des articles 1er et 4 du code minier.

a) Au plan pénal : compétence DRIRE, DSV[1], gendarmerie, police

- exploitation d'une installation classée sans autorisation préfectorale préalable : rubriques 2510.1 et 2510.3 de la nomenclature. L'infraction peut également concerner la rubrique 2515 en cas de concassage de matériaux sur le lieu d'emprunt ;
- délit – art. L. 514-9 et suivants : puni d'un an d'emprisonnement et de 75 000 euros d'amende ;
- en cas de condamnation, le tribunal peut interdire l'utilisation de l'installation ;
- l'interdiction cesse de produire effet si une autorisation est délivrée ultérieurement. L'exécution provisoire de l'interdiction peut être ordonnée par le tribunal ;
- le tribunal peut également exiger la remise en état des lieux dans un délai qu'il détermine, éventuellement sous astreinte ou ordonner que les travaux de remise en état des lieux seront exécutés d'office aux frais du condamné ;

[1] les établissements d'élevage qui relèvent de la législation sur les ICPE sont également suivis par la DSV à ce titre

- exploitation d'une installation classée sans déclaration préfectorale préalable (rubrique 2515.2 de la nomenclature notamment, qui vise les installations fixes de concassage d'une puissance inférieure à 200 kW et supérieure à 40 kW) : contravention de 5^{ième} classe – art. R. 514-4 du CE.

b) Au plan administratif : compétence DRIRE

Les sanctions applicables sont graduelles : mise en demeure de régulariser la situation si cela est possible (ce qui exclue les extractions en lit mineur), consignation, exécution d'office et possibilité de suspension d'activité (qui peut être mise en œuvre en même temps que la mise en demeure de régulariser la situation administrative) ou de suppression de l'installation.

✓ Police des déchets

Obligations
Article L. 541-46 I. du CE. Est puni de deux ans d'emprisonnement et de 75 000 euros d'amende le fait de :
4° Abandonner, déposer ou faire déposer, dans des conditions contraires aux dispositions du présent chapitre, des déchets appartenant aux catégories visées à l'article L. 541-7 (déchets dangereux) et énumérées dans son texte d'application ;

a) Au plan pénal : compétence inspecteurs des installations classées, gendarmerie, police, BNOI, douanes, agents du PNR, agents des DDE, DAF, ONF, DASS, DRIRE assermentés ou commissionnés à cet effet et agents de police municipale dans la limite des dispositions relatives à leurs compétences.

   - abandon, dépôt de déchets (dans des conditions de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits et des odeurs et, d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement) ;
   - délit – art. L. 541-46.4° : puni de deux ans d'emprisonnement et de 75 000 euros d'amende ;
   - en cas de condamnation, le tribunal peut ordonner, sous astreinte, la remise en état des lieux endommagés par les déchets qui n'ont pas été traités dans les conditions conformes à la loi.

b) Au plan administratif : compétence maires et en cas de carrence de l'autorité municipale dans l'exercice de ses pouvoirs de police, le préfet sur proposition des services cités au point a).

   - mise en œuvre de l'article L. 541-3 ;
   - après mise en demeure, possibilité d'exécution d'office des travaux nécessaires aux frais du responsable, voire consignation d'une somme répondant du montant des travaux à réaliser.

Droit à réparation

La directive européenne n°2004/35/CE du 21 avril 2004 sur la responsabilité environnementale concernant la prévention et la réparation des dommages environnementaux a été transcrite en droit français par la loi n°2008-757 du 1er août 2008. Cette dernière instaure la mise en œuvre de mesures de différents types dés lors qu'une activité cause des dommages à l'environnement, notamment :

Constituent des dommages causés à l'environnement au sens de l'article L161-1 du CE les détériorations directes ou indirectes mesurables de l'environnement qui :

1°) *Créent un risque d'atteinte grave à la santé humaine du fait de la contamination des sols résultant de l'introduction directe ou indirecte, en surface ou dans le sol, de substances, préparations, organismes ou micro-organismes ;*

2°) *Affectent gravement l'état écologique, chimique ou quantitatif ou le potentiel écologique des eaux, sauf si les masses ont été identifiées comme considérablement modifiées,*

3°) *Affectent gravement le maintien ou le rétablissement dans un état de conservation favorable les espèces des directives « oiseaux » et « habitats » du réseau Natura 2000 (lequel ne s'applique pas à la Réunion).*

4°) *Affectent les services écologiques, c'est-à-dire les fonctions assurées par les sols, les eaux et les espèces et habitats mentionnés au 3° au bénéfice d'une de ces ressources naturelles ou au bénéfice du public, à l'exclusion des services rendus au public par des aménagements réalisés par l'exploitant ou le propriétaire.*

Pour La Réunion, le champ d'application est donc restreint à la biodiversité aquatique, les dommages sur celle-ci pourront être « réparés » au titre des alinéas 2 de l'article L. 161-1 du CE. En effet, selon l'art L. 162-9 du même code *:*
« Les mesures de réparation des dommages affectant les eaux et les espèces et habitats mentionnés aux 2° et 3° du I de l'article L. 161-1 visent à rétablir ces ressources naturelles et leurs services écologiques dans leur état initial et à éliminer tout risque d'atteinte grave à la santé humaine. L'état initial désigne l'état des ressources naturelles et des services écologiques au moment du dommage, qui aurait existé si le dommage environnemental n'était pas survenu, estimé à l'aide des meilleures informations disponibles.
***La réparation primaire** désigne toute mesure par laquelle les ressources naturelles et leurs services visés au premier alinéa retournent à leur état initial ou s'en approchent. La possibilité d'une réparation par régénération naturelle doit être envisagée.*
*Lorsque la réparation primaire n'aboutit pas à ce retour à l'état initial ou à un état s'en approchant, **des mesures de réparation complémentaires** doivent être mises en œuvre afin de fournir un niveau de ressources naturelles ou de services comparable à celui qui aurait été fourni si le site avait été rétabli dans son état initial. Elles peuvent être mises en œuvre sur un autre site, dont le choix doit tenir compte des intérêts des populations concernées par le dommage.*

Des mesures de réparation compensatoire *doivent compenser les pertes intermédiaires de ressources naturelles ou de services survenant entre le dommage et la date à laquelle la réparation primaire ou complémentaire a produit son effet. Elles peuvent être mises en œuvre sur un autre site et ne peuvent se traduire par une compensation financière. »*

Les décrets d'application ne sont pas parus à ce jour.

Code forestier

✓ Défrichement

a) Au plan pénal : compétence DAF, ONF, BNOI, agents du PNR.

- interdiction de défrichements de bois et forêts à la Réunion, sauf dérogation (L363-1 et suivants) ;
- interdiction stricte de défrichements de bois et forêts dans les versants de rivières, ravines…(L. 363-12.2) ;
- délit – art. L363-7 et L363-14: amende 3 750 euros au plus par hectare de bois défriché, peut être triplée en cas de défrichement de réserves boisées dont la conservation est imposée au propriétaire ;
- en cas de récidive : une peine d'emprisonnement de deux mois peut être prononcée.

b) Au plan administratif : compétence DAF

- art. L. 363-7 : mise en demeure de rétablir les lieux défrichés en nature de bois dans un délai qui ne peut excéder trois années ;
- faute par le propriétaire d'effectuer la plantation ou le semis dans le délai prescrit, il est pourvu à ses frais par l'Office national des forêts après autorisation de l'autorité administrative qui arrête le mémoire des travaux et le rend exécutoire.

Code de l'urbanisme

a) Au plan pénal : compétence DDE, gendarmerie, police nationale, police municipale, maires.

- atteinte aux espaces boisés classés art. L. 130-1 à L. 130-6 : les PLU peuvent classer comme espaces boisés classés, les bois, forêts, parcs à conserver, à protéger ou à créer, qu'ils soient soumis ou non au régime forestier, enclos ou non, attenant ou non à des habitations ;
  Le classement en espace boisé classé interdit tout changement d'affectation ou tout mode d'occupation du sol de nature à compromettre la conservation, la protection ou la création des boisements.

- Infractions relatives à l'occupation et à l'utilisation du sol sans autorisations – art. L. 160-1 (Sanctions et servitudes) et art. L. 480-1 à L. 480-16 (Infractions) :

- Les infractions peuvent concerner des constructions, des installations ou des travaux réalisés sans autorisations préalables (absence d'une déclaration préalable, d'un permis de construire, d'un permis de démolir ou d'un permis d'aménager) ou contraires à la réglementation d'urbanisme en vigueur. Les constructions, installations ou travaux réalisés sans autorisation dans des zones à risques identifiés dans un Plan de Prévention des Risques, en particulier d'inondation sont aussi concernés ;

- Tous travaux d'exhaussements ou d'affouillements de sol sont soumis au préalable à autorisation , soit une déclaration si plus de 2 mètres de haut ou de profondeur et d'une surface de plus de 100 m2, soit un permis d'aménager si plus de 2 mètres de haut ou de profondeur et d'une surface de plus de 2 hectares.

Sanctions (art. L. 480-4) : amende comprise entre 1 200 euros et un montant qui ne peut excéder 300 000 euros. Le juge peut également prononcer une démolition et/ou une remise en état des lieux avec ou sans astreinte financière.

Les peines prévues peuvent être prononcées contre les utilisateurs du sol, les bénéficiaires des travaux, les architectes, les entrepreneurs ou autres personnes responsables de l'exécution desdits travaux.

Moyen d'interrompre les travaux (arrêté interruptif de travaux (AIT)) :

- soit judiciaire, l'interruption des travaux peut être ordonnée par le ministère public agissant à la requête du maire, du fonctionnaire compétent ou de l'une des associations mentionnées à l'article L. 480-1,
- soit d'office, par le juge d'instruction saisi des poursuites ou par le tribunal correctionnel.

Le maire peut également, si l'autorité judiciaire ne s'est pas encore prononcée, ordonner par arrêté motivé l'interruption des travaux. Une copie de cet arrêté est transmise sans délai au ministère public. Le maire peut en outre prendre toutes les mesures de coercition nécessaires pour assurer l'application immédiate de la décision judiciaire ou de son arrêté (saisie du matériel et des matériaux, pose des scellés).

b) Au plan administratif : pas de police administrative prévue par les textes. Par contre, les pouvoirs qui appartiennent au maire ne font pas obstacle au droit du représentant de l'Etat dans le département de prendre, dans tous les cas où il n'aurait pas été pourvu par le maire et après mise en demeure adressée à celui-ci et restée sans réponse à l'expiration d'un délai de 24 heures, toutes les mesures prévues ci-dessus.

Code général de la propriété des personnes publiques

Occupation illicite du domaine

L'occupation temporaire du domaine public est soumise à Autorisation d'Occupation Temporaire (AOT) et à redevances auprès du Trésor Public

a) Au plan pénal : le cas échéant, amendes

b) Au plan administratif : police de la conservation et de la protection du domaine mise en œuvre par DDE
   - dispositions générales précisées à l'article L. 2131-1
   - dispositions particulières relatives au Domaine public fluvial précisées par les articles L. 2131-2 à L. 2131-6

Le régime particulier de la contravention de grande voirie :

Les contraventions de grande voirie sont instituées pour réprimer les atteintes portant soit à l'intégrité ou à l'utilisation du domaine public ou bien à la protection d'une servitude (art. L. 2132-2).

Les atteintes à l'intégrité ou à l'utilisation du domaine public sont prévues pour :

- le Domaine Public Maritime : articles L. 2132-3 et 4. En particulier, nul ne peut en outre, sur ce domaine, procéder à des dépôts ou à des extractions, ni se livrer à des dégradations.

- le Domaine Public Fluvial : articles L. 2132-5 à 11. En particulier, l'article L. 2132-7 précise que nul ne peut, sous peine de devoir remettre les lieux en état ou, à défaut, de payer les frais de la remise en état d'office par l'autorité administrative compétente :
  1° Jeter dans le lit des rivières et canaux domaniaux ou sur leurs bords des matières insalubres ou des objets quelconques ni rien qui puisse embarrasser le lit des cours d'eau ou canaux ou y provoquer des atterrissements ;
  2° Y planter des pieux ;
  3° Y mettre rouir des chanvres ;
  4° Modifier le cours desdits rivières ou canaux par tranchées ou par quelque moyen que ce soit ;
  5° Y extraire des matériaux ;
  6° Extraire à moins de 11,70 mètres de la limite desdites rivières ou des bords desdits canaux, des terres, sables et autres matériaux.

Le contrevenant est également passible d'une amende de 150 à 12 000 euros.

Les atteintes aux servitudes sont prévues pour :

- le Domaine Public Maritime : article L. 2132-15
- le Domaine Public Fluvial : articles L. 2132-16 et 17

Elles sont constatées, poursuivies et réprimées par voie administrative.

Sanctions (art. L. 2132-26 à 28) : amende qui ne peut excéder 1500 à 3000 euros .

Code des ports maritimes

Concerne le domaine public maritime et le domaine public portuaire. Mise en œuvre par DDE, officiers et officiers adjoints de ports, agents des collectivités locales dûment assermentés et tout agent ou officier de police judiciaire.

L'Etat(DDE) est responsable de la police des eaux dans les ports maritimes.

a) Au plan pénal : amende forfaitaire ou amende prévue pour la contravention de 5ème classe.

b) Au plan administratif : police de grande voirie prévue aux articles L. 331-1 à L. 331-3 (Répressions des atteintes au domaine public) et articles L. 332-1 à L. 332-2 (Conservation du domaine public des ports maritimes également applicable aux ports fluviaux).

Code des douanes

La Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP) appliquée aux matériaux d'extraction est destinée à limiter l'extraction nouvelle de matériaux (définis par décret) et à encourager leur recyclage afin de préserver l'environnement.

Sont imposables les matériaux d'extraction de toutes origines se présentant naturellement sous forme de grains ou, quelle que soit leur forme, obtenus à partir de roches concassées ou fractionnées, à l'exclusion :

1. des matériaux des types qui ne sont généralement pas destinés aux travaux publics, au bâtiment et au génie civil,
2. ou dont la plus grande dimension est supérieure à 125 millimètres,
3. ou qui sont issus d'une opération de recyclage ou de récupération,
4. ou qui présentent une teneur d'oxyde de silicium sur produit sec supérieure ou égale à 97%,
5. ou qui sont constitués de pavés, de pierres taillées ou sciées, de terre, de gypse, d'ardoise, d'argile,
6. ou qui répondent à la définition du calcaire et de la dolomie industriels, c'est-à-dire les produits de l'espèce destinés à être utilisés pour les seules industries du ciment, de la chaux, de la sidérurgie, des charges minérales et à enrichir les terres agricoles.

La taxe est assise sur le poids net des matériaux, arrondi à la tonne la plus proche. En revanche, la taxe n'est pas mise en recouvrement si son montant annuel est inférieur à 61 euros.

a) Au plan pénal :

- non-paiement de la TGAP appliquée aux matériaux d'extraction (0,2 euro/tonne) par défaut de déclaration ou déclaration inexacte ou incomplète ;
- contravention 1ère ou 2è classe – art. 411.1 et 410

Code minier

Obligations
Article 131
Toute personne exécutant un sondage, un ouvrage souterrain, un travail de fouille, quel qu'en soit l'objet, dont la profondeur dépasse dix mètres au-dessous de la surface du sol, doit être en mesure de justifier que déclaration en a été faite à la DRIRE.

a) Au plan pénal :

- non déclaration à la DRIRE d'un sondage, ouvrage souterrain, travail de fouille, quel qu'en soit l'objet, dont la profondeur dépasse dix mètres au-dessous de la surface du sol ;
- délit - article 142-8° : puni d'une peine d'emprisonnement d'un an et d'une amende de 15 000 euros.

Pour mémoire : Code du travail, code général des impôts, code de la route (surcharges)

TABLE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES

Abréviations :

Art. : article

Sigles :

AIT : Arrêté interruptif de travaux
BNOI : Brigade de la nature de l'Océan Indien
CE : Code de l'environnement
CQEL : Cellule qualité des eaux littorales
DAF : Direction de l'agriculture et de la forêt
DDCCRF : Direction départementale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes
DDE : Direction départementale de l'équipement
DRIRE : Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
DSV : Direction des services vétérinaires
IFREMER : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

IOTA : Installations, ouvrages, travaux et activités
PLU : Plan local d'urbanisme
PNR : Parc national de la Réunion
PV : Procès-verbal

SCOT : schéma de cohérence territoriale

SDAGE : schéma départemental d'aménagement et de gestion des eaux

SDC : schéma départemental des carrières

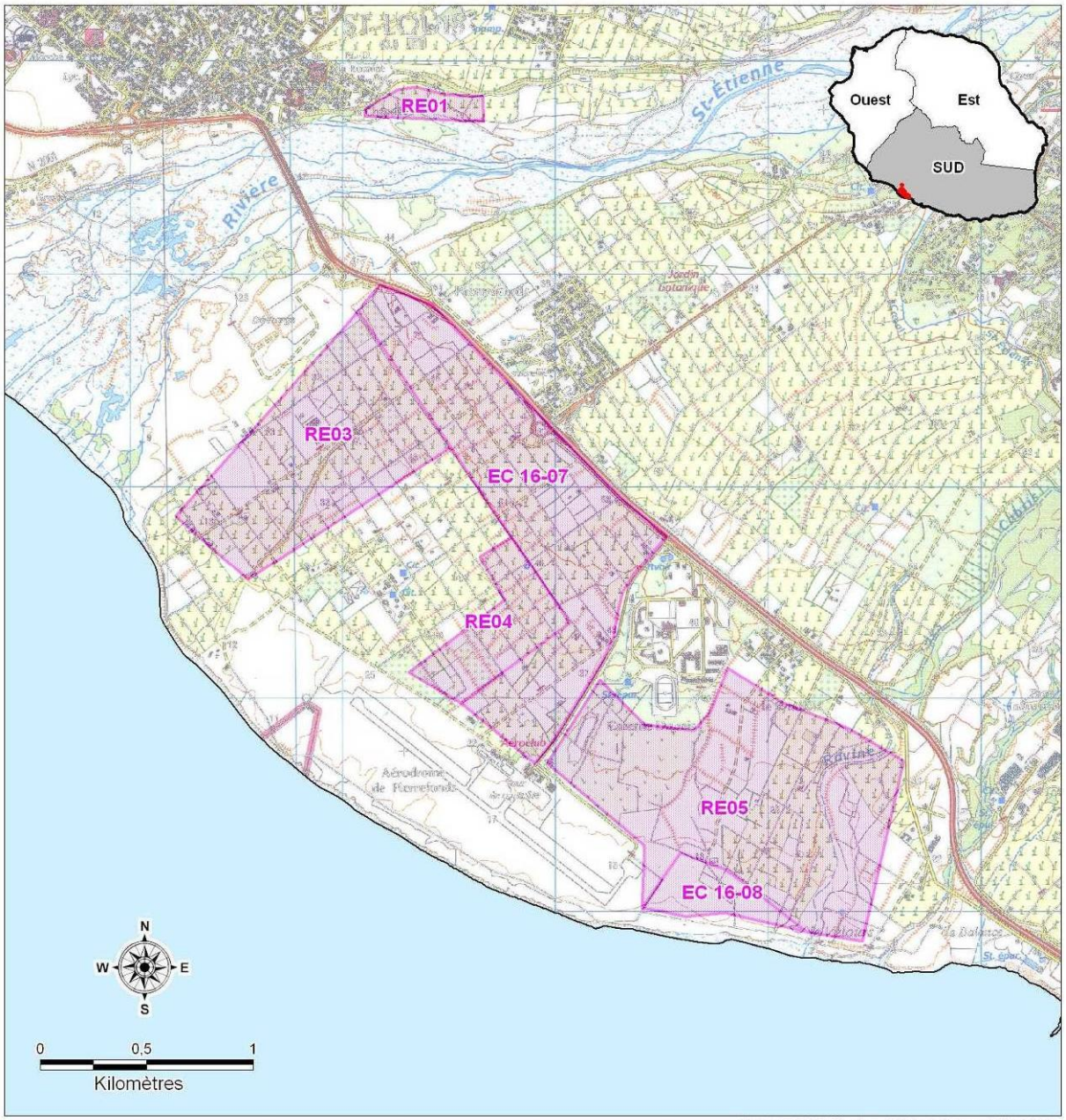
SPE : Service police de l'eau

TGAP : Taxe générale sur les activités polluantes

Annexe 3

Fiches descriptives des espaces-carrières

Espaces carrières de Saint-Pierre
(RE01, RE03, RE04, RE05, 16-07,16-08)
Commune de Saint-Pierre
Bassin Sud



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Pierrefonds Nord	RE01	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Pierre
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	7 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	5 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	0,5 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	-
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Znieff de type 2 (52%) - Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Espace agricole (86%) - Zones de surveillances rapprochées (12%) - Coupures d'urbanisation (57%)
Remarques	

Pierrerfond Ouest	RE03	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Pierre
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	73 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	5 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	2 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12288x0080, 12288x0068, 12288x0067,
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A, A
Occupation des sols	
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (96%) - Périmètres irrigués non équipés (100%)
Remarques	

Pierrefond Centre	RE04	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Pierre
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	23 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	5 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	0.5 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12288x0077
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A, A
Occupation des sols	-
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (99%) - Périmètres irrigués non équipés (100%)
Remarques	

Pierrefond Le syndicat	RE05	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Pierre
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	120 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	5 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	3 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12288x0078, 12288x0106, 12288x0107
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A, U
Occupation des sols	-
Classe environnementale	Classe 1 et 2
Données environnementales	Classe 1 : - Espaces boisés classés (4%) Classe 2 : - Espace agricole (69%) - Coupures d'urbanisation (45%)
Remarques	

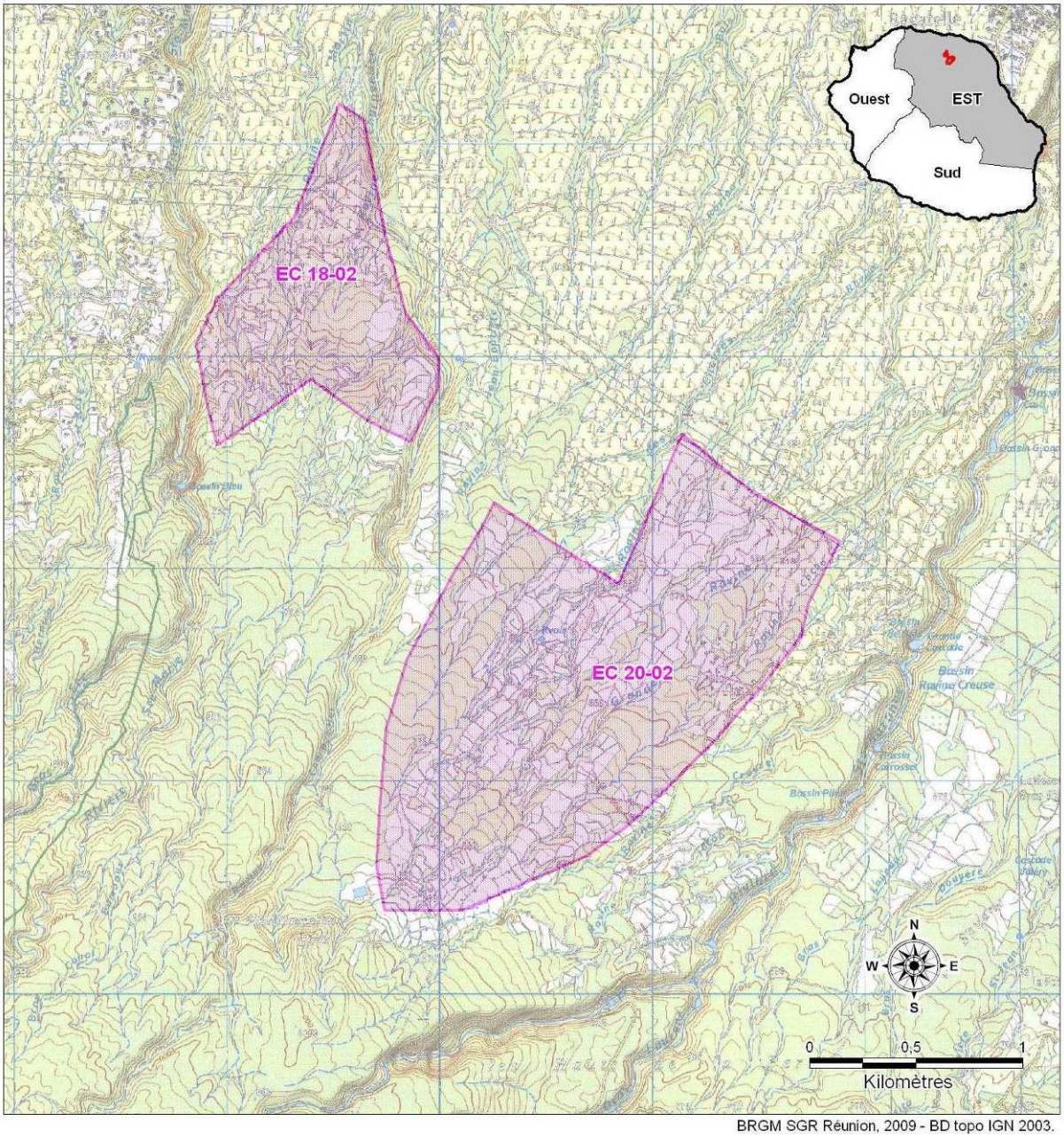
Pierrefonds	16 / 07	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Pierre
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions *Gisement hors nappe*
Superficie de l'espace-carrière	100 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	5 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	2.5 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12288x0080, 12288x0077, 12288x0087, 12288x0153
Ressources en eaux souterraines	Profondeur moyenne de la nappe : 20 à 30 m Aires de protection de l'aquifère de Pierrefonds
Classes des POS ou PLU	N, AU, A
Occupation des sols	Habitations éparses, culture de canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Périmètres irrigués non équipés (100%)
Remarques	Présence d'un forage destiné à l'irrigation.

Pierrefonds	16 / 08	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Pierre
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions *Gisement hors nappe*
Superficie de l'espace-carrière	12 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	5 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	0,5 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12288x0107, 12288x0106, 12288x0078
Ressources en eaux souterraines	Profondeur moyenne de la nappe : 10 à 15 m
Classes des POS ou PLU	U
Occupation des sols	Culture de canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Coupure d'urbanisation (36%)
Remarques	

Espaces carrières des Hauts de Beaufond (18-02) et des Hauts de Bagatelle (20-02) Communes de Sainte-Marie et Sainte-Suzanne Bassin Est



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

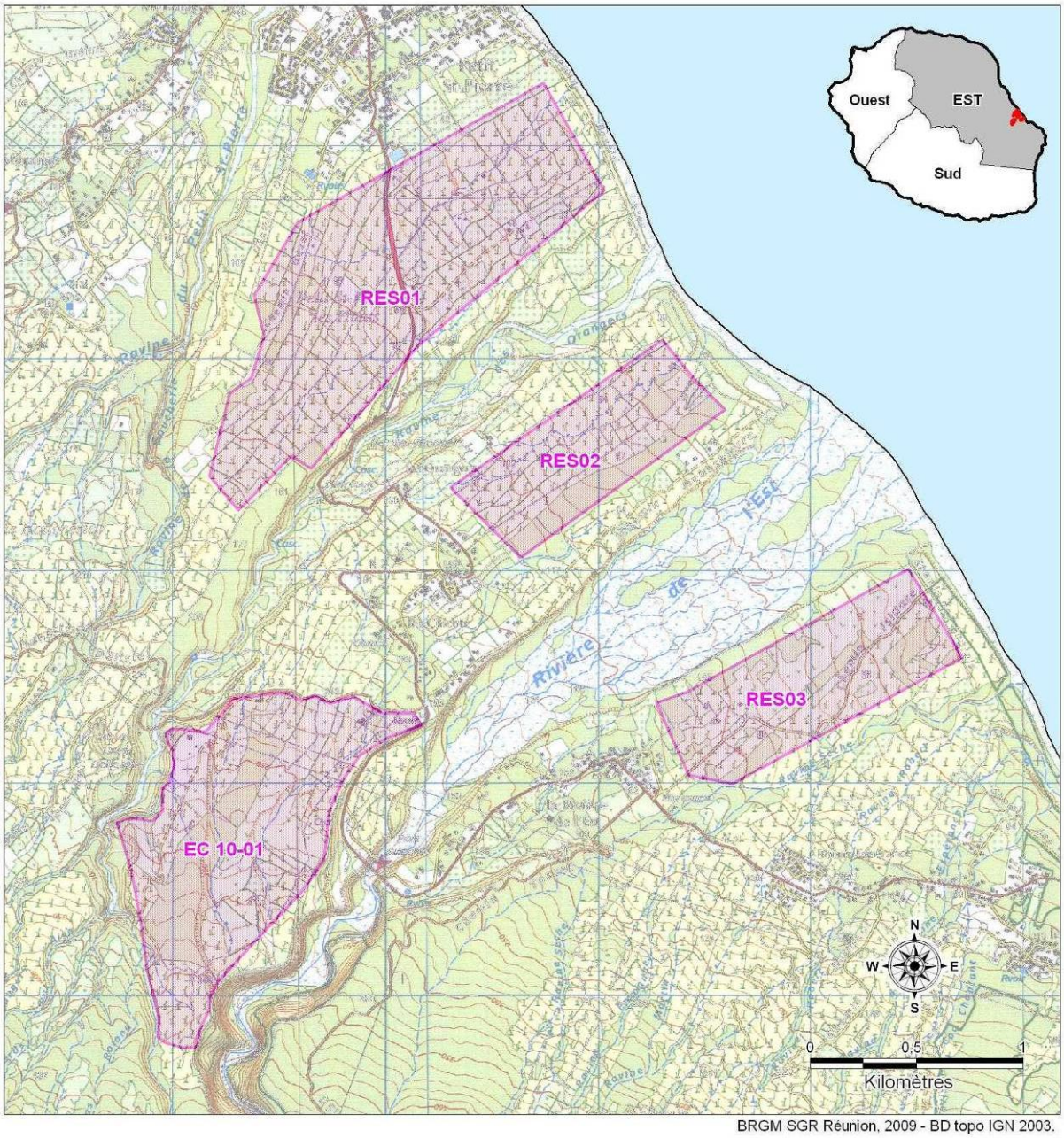
Hauts de Beaufond Sainte-Marie	18 / 02	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Sainte-Marie
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Roches Massives
Superficie de l'espace-carrière	95 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	15 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	2,5 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	-
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A, N
Occupation des sols	Culture canne à sucre, bois, lignes haute tension, une maison
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (89%) - Espace agricole (37%) - Périmètres irrigués non équipés (16%) - Znieff de type 2 (7%)
Remarques	

Hauts de Bagatelle Sainte-Suzanne	20 / 02	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Sainte-Suzanne
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Roches Massives
Superficie de l'espace-carrière	271 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 à 20 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	3 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	-
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A, N
Occupation des sols	Forêt, culture de canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Espace agricole (67%) - Znieff de type 2 (57%) - Zone rouge des PPR (12%)
Remarques	

Nouveaux Espaces carrières de la rivière de l'Est (RES01, RES02, EC10-01, RES03) Communes de Saint-Benoît et Sainte-Rose Bassin Est



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Petit Saint Pierre	RES01	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Benoît
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	148 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	7.5 Mm^3
Indice national du des forages de référence en matière de coupe géologique	-
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (99%) - Coupures d'urbanisation (99%) - Zone rouge de PPR (5%)
Remarques	

Chemin Robespierre	RES02	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Benoît
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	54 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	3 Mm^3
Indice national du des forages de référence en matière de coupe géologique	12288x0073
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	-
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (100%) - Coupures d'urbanisation (96%) - Zone rouge de PPR (9%)
Remarques	

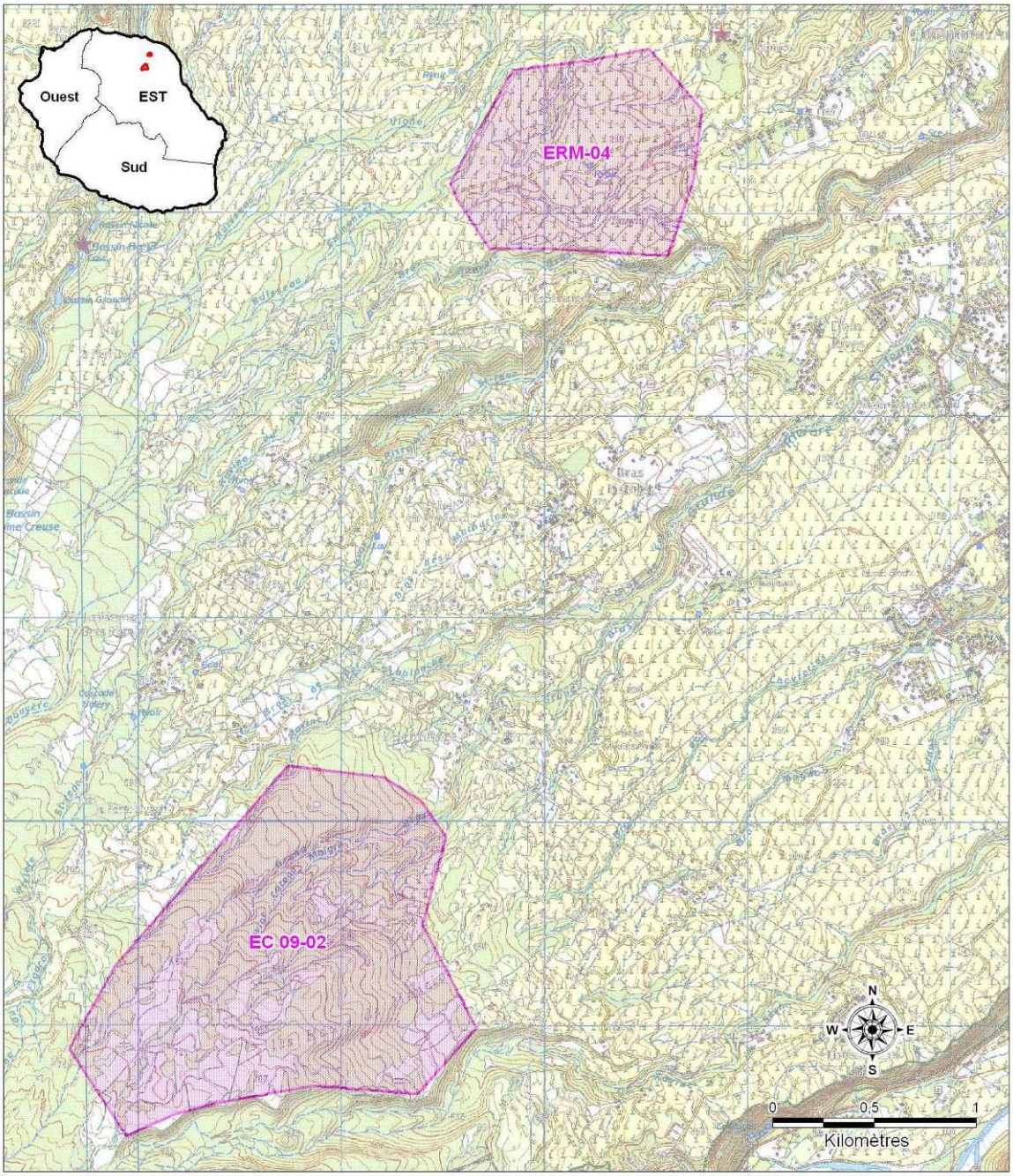
Rivière de l'Est Saint-Benoît	10 / 01	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Benoît
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions et andains *Gisement hors nappe*
Superficie de l'espace-carrière	111 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	5 Mm^3
Indice national du des forages de référence en matière de coupe géologique	12278x0033, 12278x0035, 12278x0039, 12277x0114, 12277x0115, 12277x0022
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	Culture canne à sucre, végétation boisé
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Espace agricole (99%) - Znieff de type 2 (2%) - Zone rouge de PPR (6%)
Remarques	

Chemin Isidore	RES03	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Rose
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	66 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	3.5 Mm^3
Indice national du des forages de référence en matière de coupe géologique	12288x0080, 12288x0068, 12288x0067,
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	-
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Espace agricole (96%) - Coupures d'urbanisation (86%)
Remarques	

Espaces carrières des Hauts de Saint-André (09-02) et de Panne (ERM-04)
Communes de Saint-André et de Sainte-Suzanne
Bassin Est



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

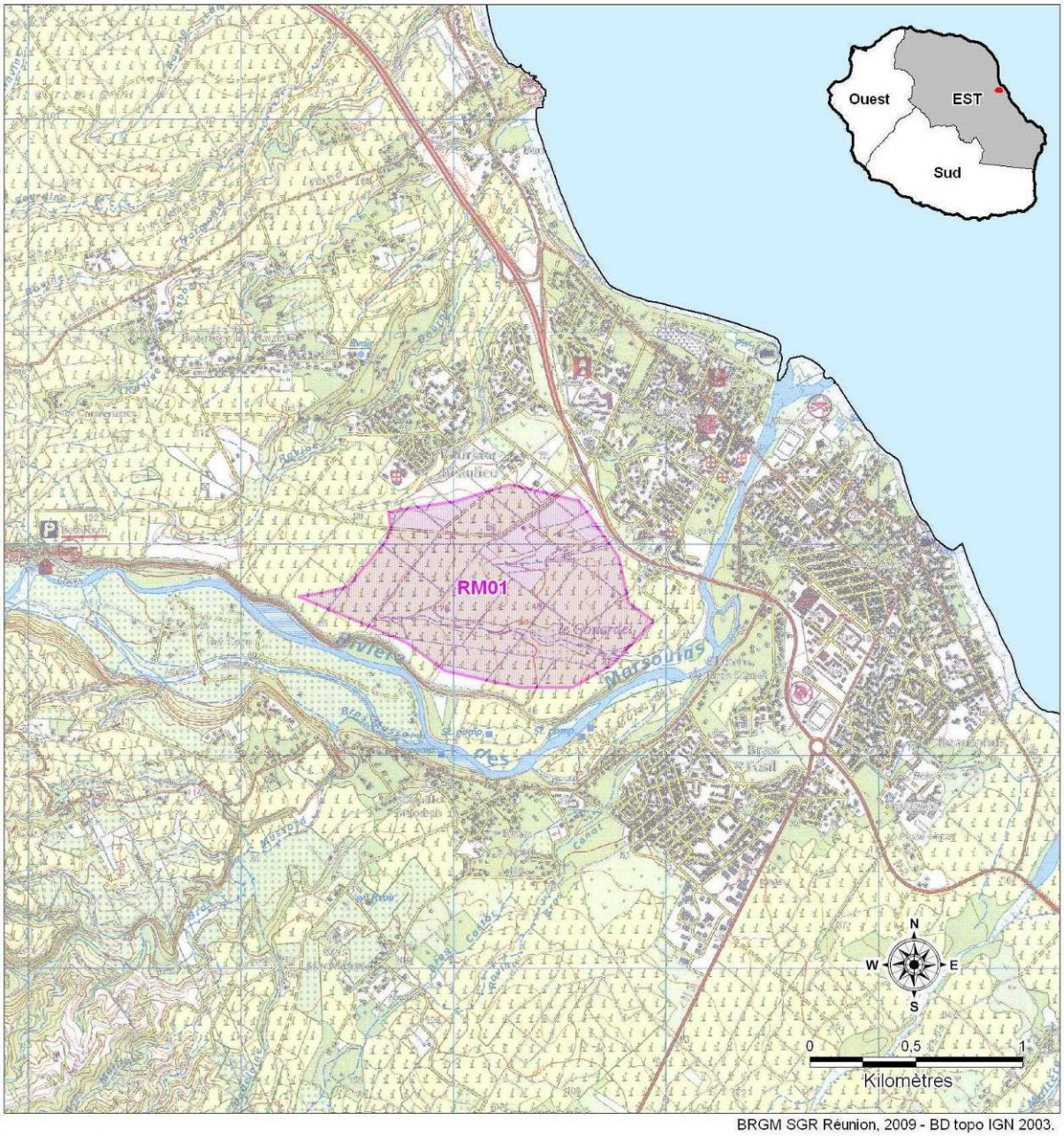
Hauts de Saint-André	09 / 02	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-André
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Roches Massives
Superficie de l'espace-carrière	228 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 à 20 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	4 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	-
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A, N
Occupation des sols	Culture au Nord, forêt
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Espace agricole (56%) - Znieff de type 2 (72%) - Zone rouge de PPR (1%)
Remarques	Accès à aménager

Panne	ERM04	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Sainte-Suzanne
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Roches massives
Superficie de l'espace-carrière	97 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	20 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	4 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	
Ressources en eaux souterraines	
Classes des POS ou PLU	A, N
Occupation des sols	Culture canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (18%) - Aire d'alimentation de captage (9%) - Espace agricole (93%) - Zone rouge de PPR (16%)
Remarques	

Nouvel Espace carrière de Saint-Benoît (RM01)
Communes de Saint-Benoît
Bassin Est

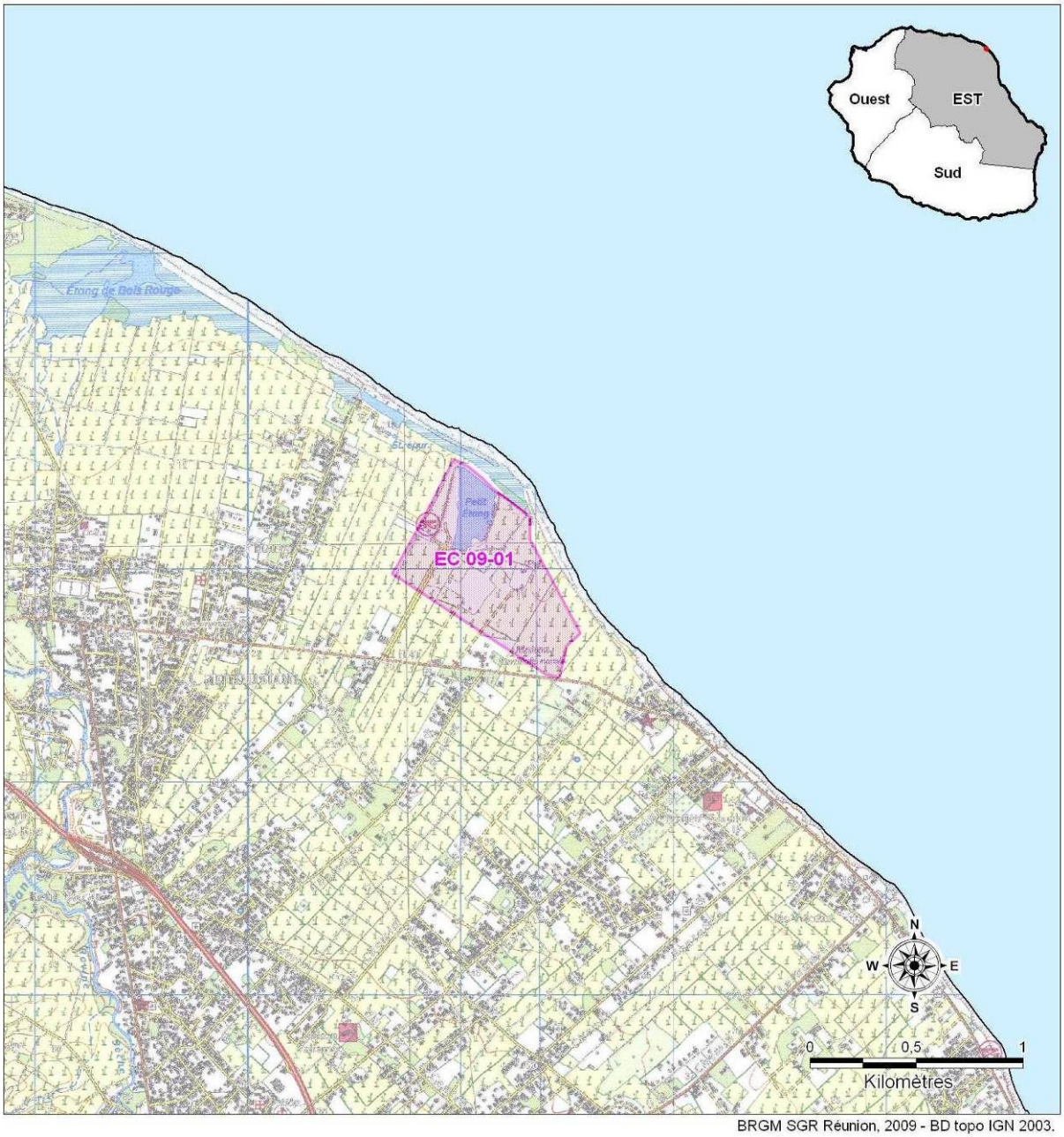


BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Le Conardel	RM01	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Benoît
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	98 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	?
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	Réserve incertaine
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12277x0073,
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	-
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (73%) - Zone rouge de PPR (4%) - Zone de surveillance rapprochée (14%)
Remarques	

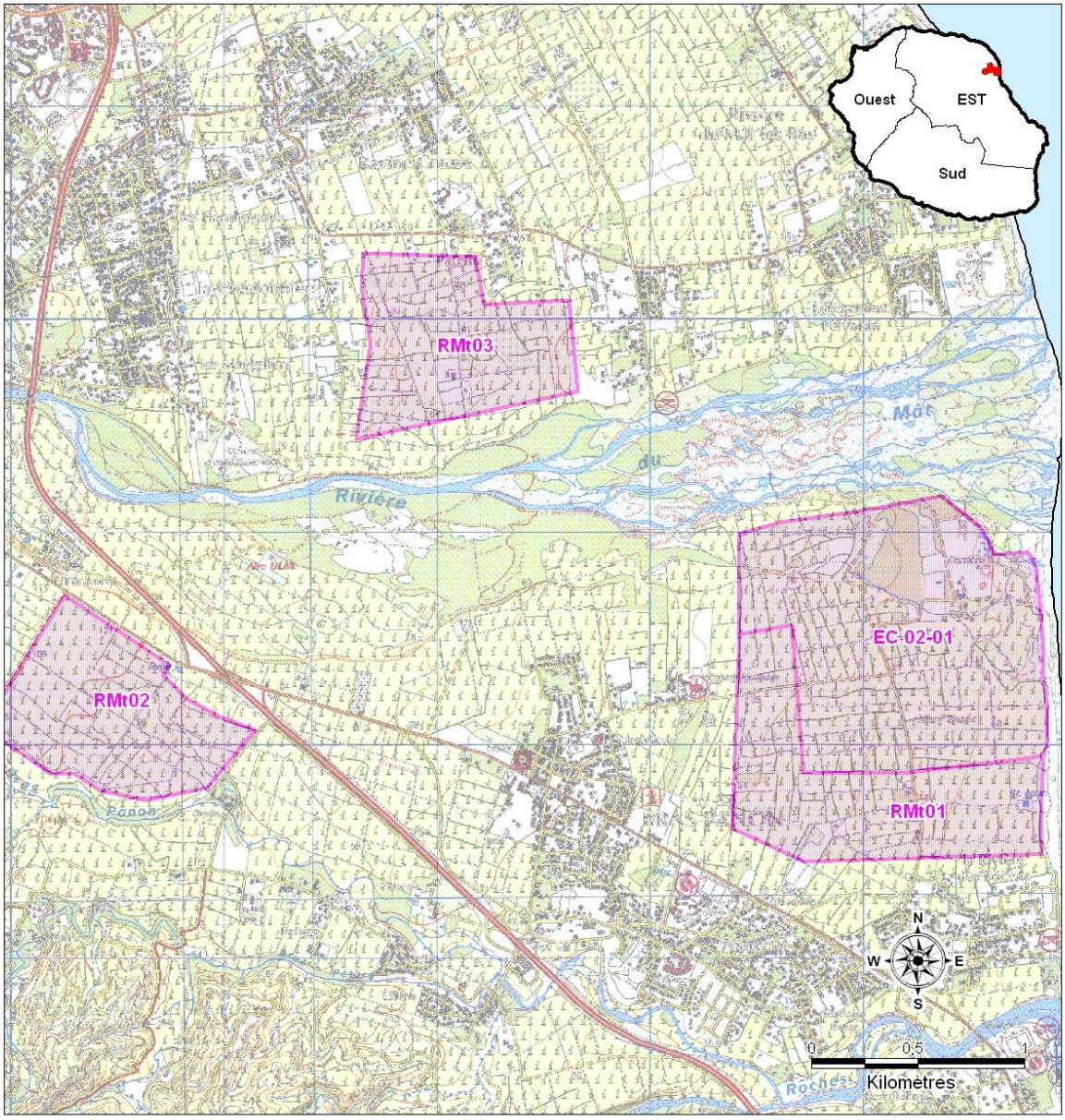
Espace carrière Le Colosse (09-01)
Commune de Saint-André
Bassin Est



Le Colosse	09 / 01	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-André
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologique de référence)	Alluvions *Gisement en nappe*
Superficie de l'espace-carrière	45 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	7 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	1 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12272x0001, 12272x0008
Ressources en eaux souterraines	Profondeur moyenne de la nappe : 5 m
Occupation des sols	Zone agricole (canne à Sucre)
Classes des POS ou PLU	AU, A
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (36%) - Périmètres irrigués non équipés (76%)
Remarques	

Nouveaux Espaces carrières de Bras-Panon
(02-01, RMt01, RMt02, RMt03)
Communes de Bras-Panon & Saint-André
Bassin Est



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Cône alluvionnaire de Bras-Panon	02 / 01	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Bras Panon
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions et andains *Gisement hors nappe et éventuellement en nappe dans la partie aval (littorale)*
Superficie de l'espace-carrière	148 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	5 à 20 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	6 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12273x0014, 12273x0073, 12273x0069, 12273x0010, 12273x0044, 12273x0046, 12272x0124
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A, N, N
Occupation des sols	Culture canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	Classe 2 : - Aire d'adhésion au Parc national (3%) - Espace agricole (93%) - Coupures d'urbanisation (37%) - Périmètres irrigués non équipés (43%) - Znieff de type 2 (4%) - Zone rouge PPR (20%)
Remarques	

Cône de Bras Panon Sud	RMt01	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Bras-Panon
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	78 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	5 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	2 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	-
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	-
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (88%) - Coupures d'urbanisation (76%) - Périmètres irrigués non équipés (90%)
Remarques	

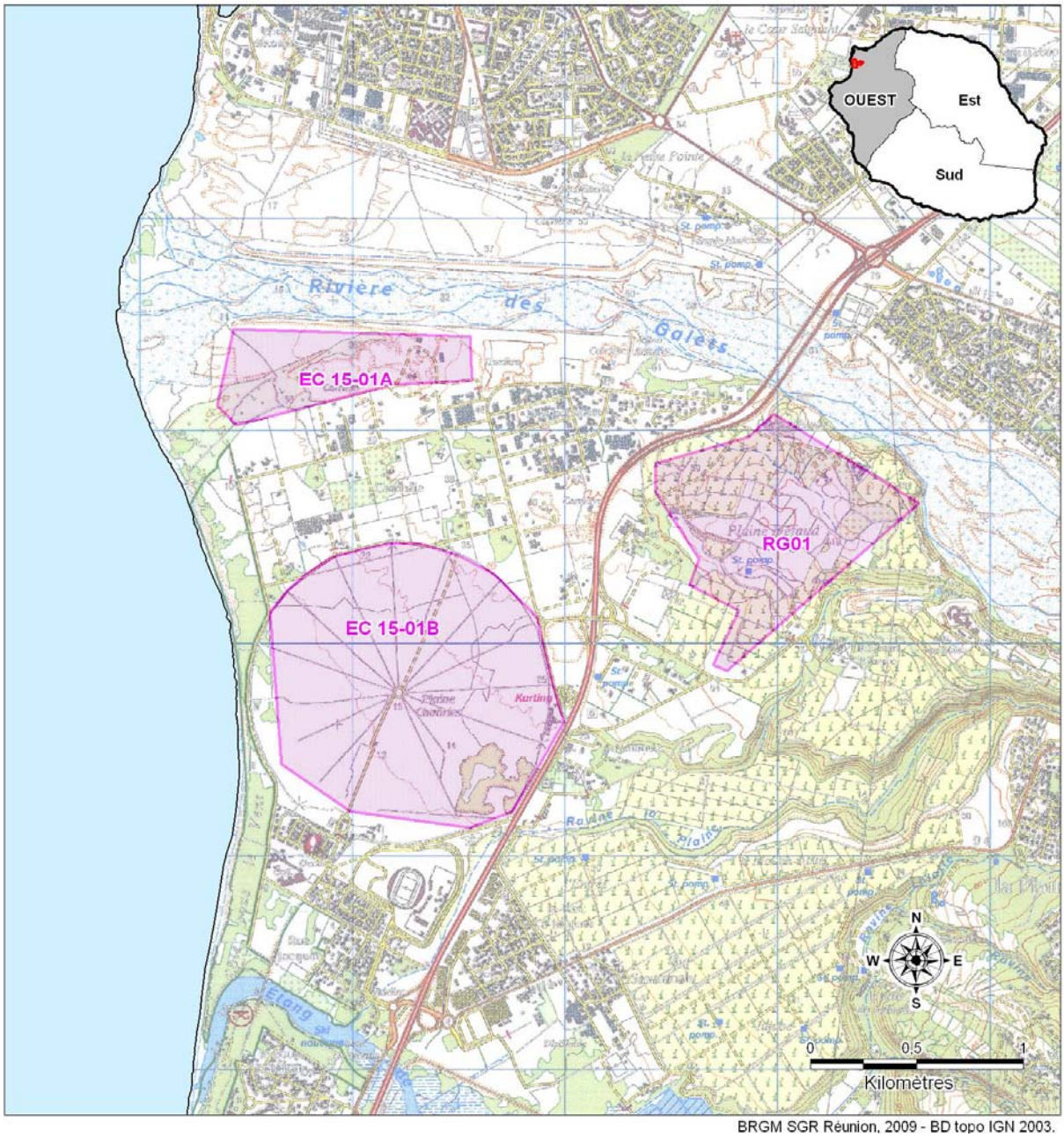
Paniandy	RMt02	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Bras-Panon
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	69 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	5 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	1.5 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12273x0010, 12273x0046, 12273x0044, 12272x0124
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	Culture canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (100%) - Zone rouge PPR (3%) - Zone de surveillance rapprochée de captage (42%)
Remarques	

Patelin	RMt03	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-André
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	64 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	5 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	1.5 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	-
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	-
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (94%) - Périmètres irrigués non équipés (100%)
Remarques	

Nouvel Espace carrière de Piton Défaud (RG01) et de Cambaie (EC15-01) Commune de Saint-Paul Bassin Ouest



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Plaine Défaud	RG01	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Paul
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions
Superficie de l'espace-carrière	74 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	?
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	Réserve incertaine
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12262x0193, 12262x0234, 12262x0189
Ressources en eaux souterraines	
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	Culture canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (99%) - Coupures d'urbanisation (99%) - Périmètres irrigués non équipés (59%)
Remarques	

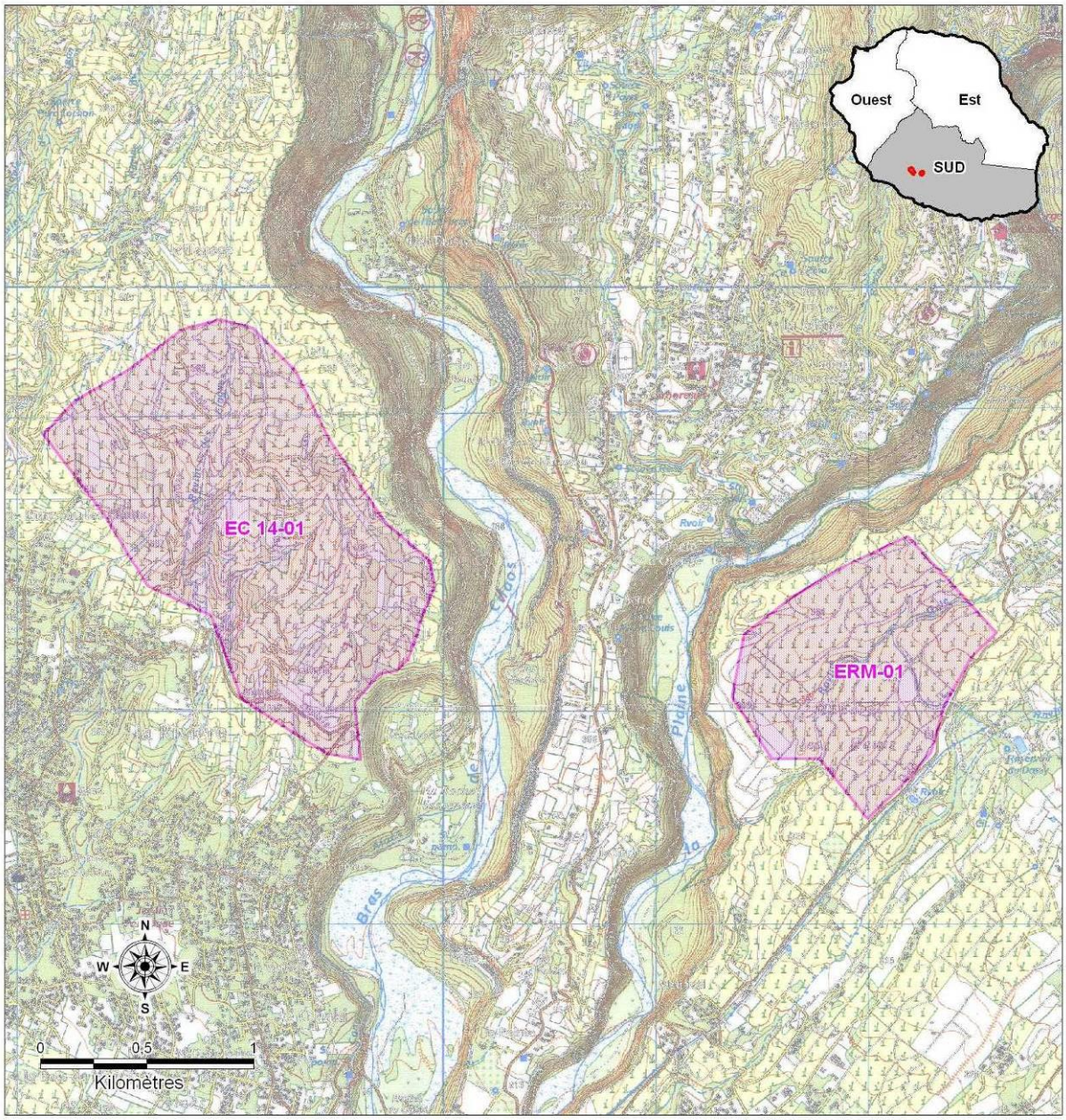
Cambaie Sud	15 / 01A	Bassin OUEST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Paul
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions (Sables, graviers, galets et blocs basaltiques) *Gisement hors nappe et éventuellement en nappe*
Superficie de l'espace-carrière	36 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	2 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12262x0160, 12262x0165, 12262x0161, 12262x0312, 12262x0307, 12262x0306, 12262x0062, 12262x0313, 12262x0309, 12262x0308,
Ressources en eaux souterraines	Profondeur moyenne de la nappe supérieure : de 15 m en aval à 30 m en amont
Classes des POS ou PLU	N, AU, N
Occupation des sols	- Friches et culture - Habitations éparses
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	Classe 2 : - Znieff de type 2 (77%) - Zone rouge PPR (8%)
Remarques	

Cambaie Sud	15 / 01B	Bassin OUEST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Paul
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions (Sables, graviers, galets et blocs basaltiques) *Gisement hors nappe et éventuellement en nappe*
Superficie de l'espace-carrière	145 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	7 Mm³
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12262x0160, 12262x0165, 12262x0161, 12262x0312, 12262x0307, 12262x0306, 12262x0062, 12262x0313, 12262x0309, 12262x0308,
Ressources en eaux souterraines	Profondeur moyenne de la nappe supérieure : de 15 m en aval à 30 m en amont
Classes des POS ou PLU	N, AU, N
Occupation des sols	- Friches et culture - Habitations éparses
Classe environnementale	
Données environnementales	
Remarques	

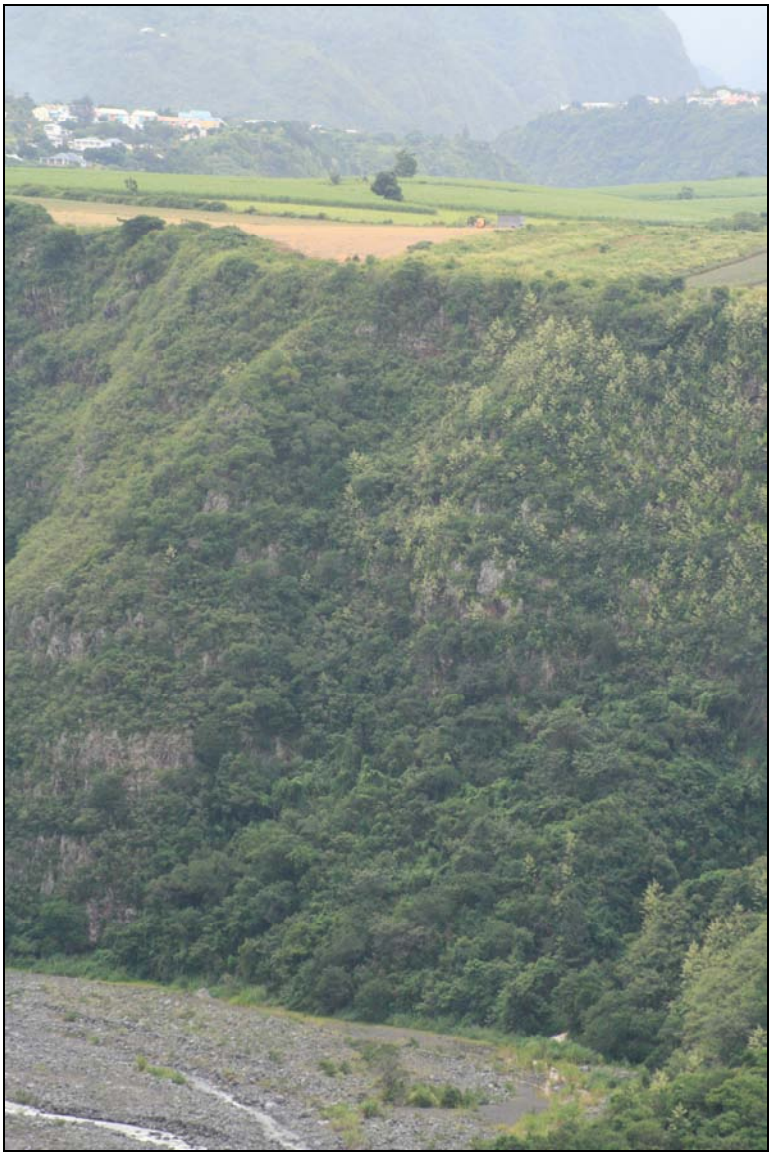
Nouveaux espaces carrières de Mahavel-les-Hauts (EMR01) et les Aloès (14-01)
Communes de Saint-Pierre et de Saint-Louis
Bassin Sud



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

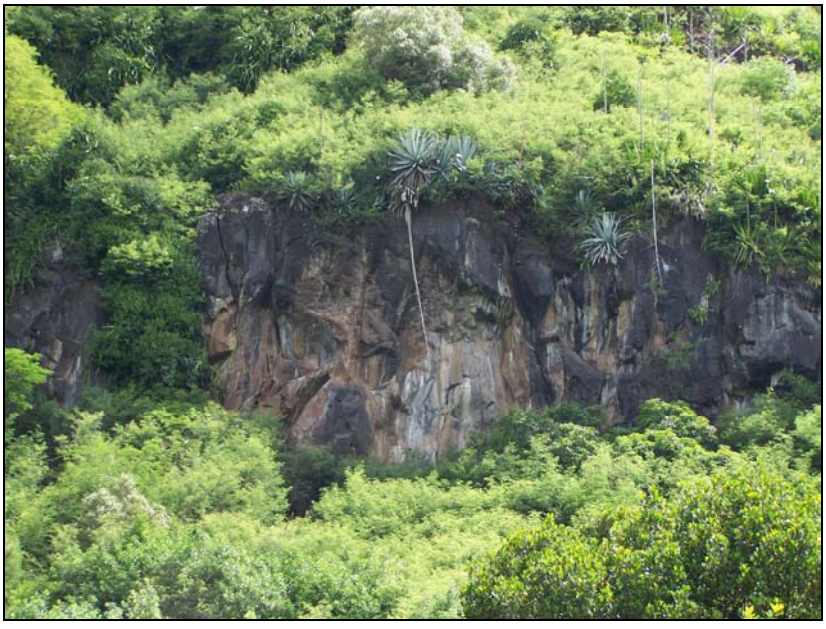
Mahavel-lesHauts	ERM01	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Pierre
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Roches massives
Superficie de l'espace-carrière	94 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	30 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	6 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	-
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	Culture canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (100%)
Remarques	

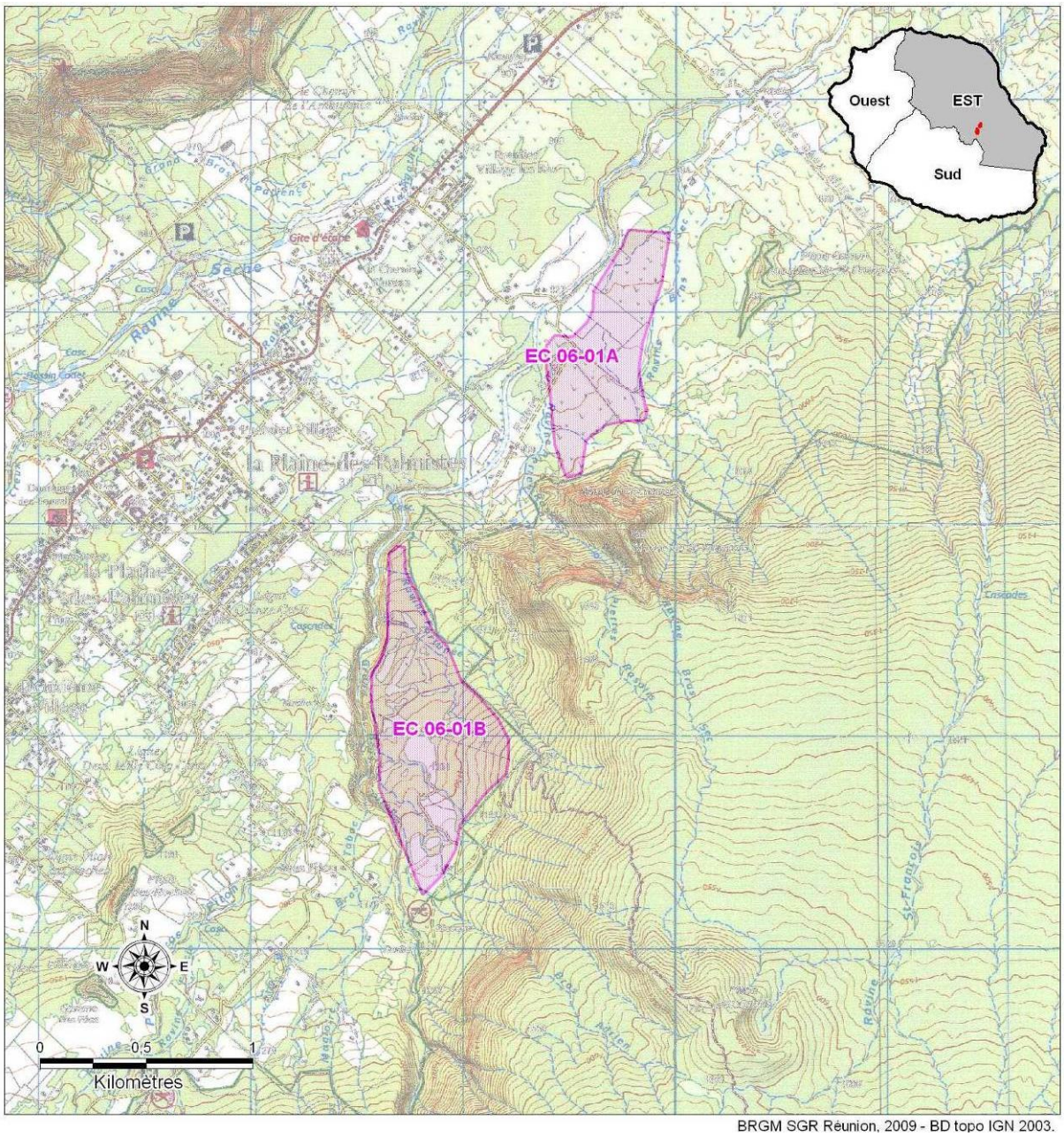


Les Aloès (Saint Louis)	14 / 01	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Louis
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Roches massives
Superficie de l'espace-carrière	197 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	30 à 50 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	18 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	1228-8X-0019
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A
Occupation des sols	Culture canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (27%) - Aire d'alimentation de captage (100%) - Espace agricole (99%)
Remarques	



Espaces carrières de la Plaine des Palmistes (06-01)
Commune de la Plaine des Palmistes
Bassin Est



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

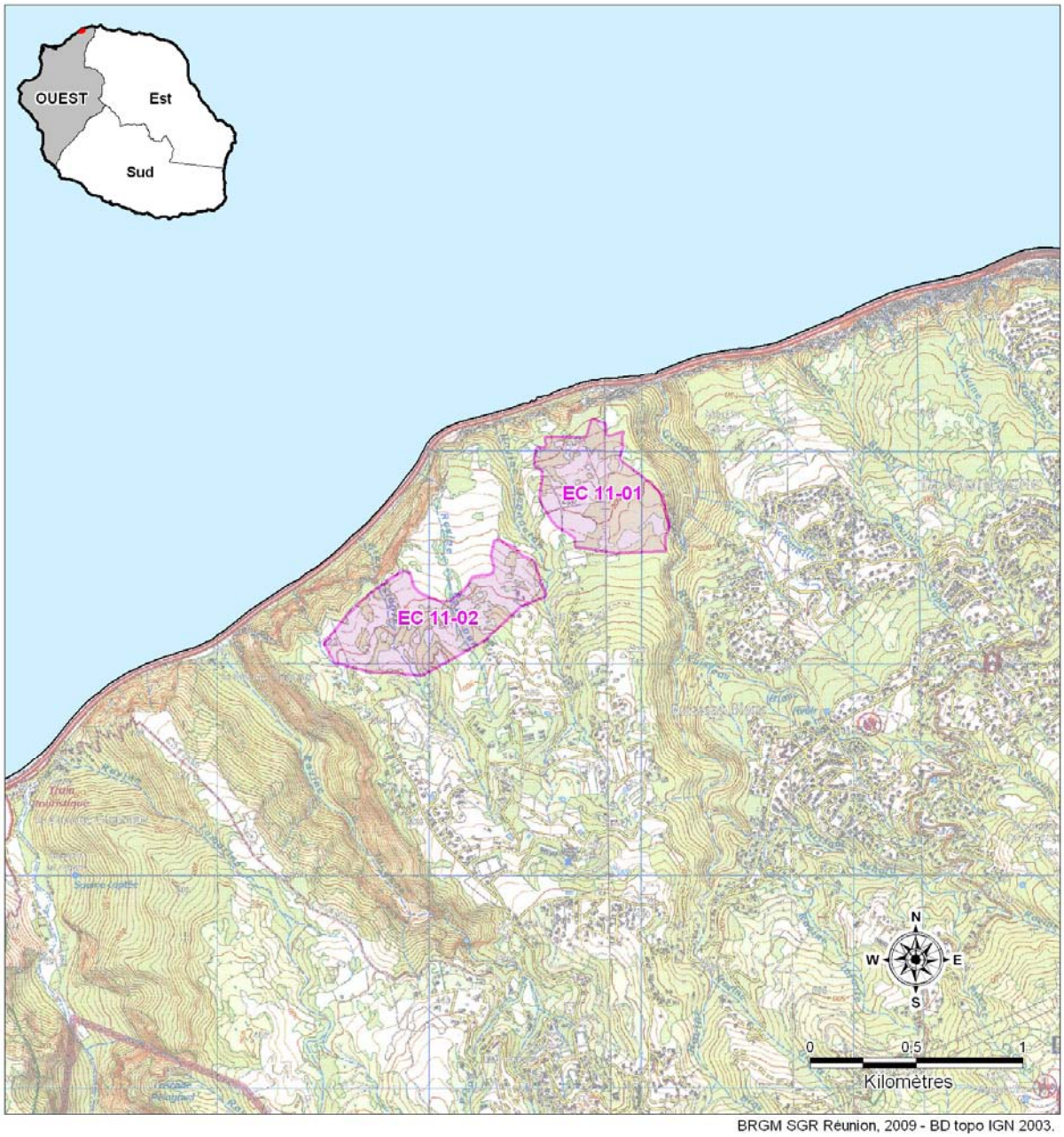
La Plaine des Palmistes Nord	06 / 01A	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	La plaine des palmistes
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence	Scories et roches massives
Superficie de l'espace-carrière	35 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	0.3 Mm³ de scories 0.1 Mm³ de roches massives
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12292x0055, 12292x0053, 12292x0021
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A, A, N
Occupation des sols	Habitations éparses, végétation
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Espace agricole (53%) - Znieff de type 2 (100%) - Zone rouge de PPR (2%)
Remarques	

La Plaine des Palmistes Sud	06 / 01B	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	La plaine des palmistes
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence	Scories et roches massives
Superficie de l'espace-carrière	55 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	0.5 Mm³ de scories 0.2 Mm³ de roches massives
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12292x0055, 12292x0053, 12292x0021
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	A, A, N
Occupation des sols	Habitations éparses, végétation
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Espace agricole (26%) - Znieff de type 2 (100%) - Zone rouge de PPR (8%)
Remarques	

Espaces carrières de La Pointe du Gouffre (11-01) et de Saint-Bernard (11-02)
Commune de Saint-Denis
Bassin Ouest



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

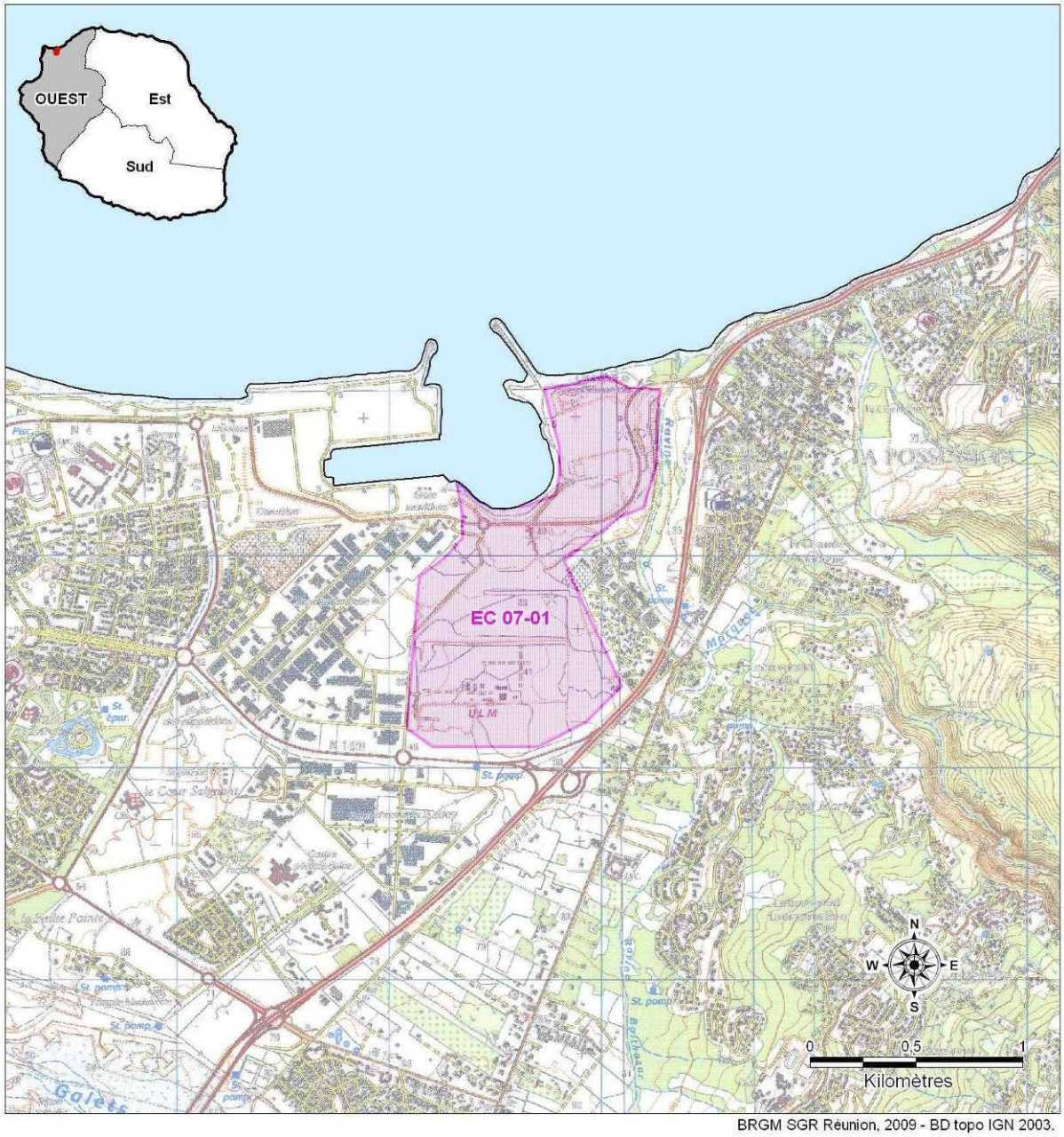
Pointe du Gouffre	11 / 01	Bassin OUEST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Denis
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Roches massives
Superficie de l'espace-carrière	26 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	30 à 50 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	4 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12263x0157, 12263x0158, 12263x0159, 12263x0160
Ressources en eaux souterraines	-
Occupation des sols	-
Classe environnementale	Classe 1 et 2
Données environnementales	Classe 1 : - Espaces boisés classés (41%) Classes 2 : - Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Znieff de type 2 (100%) - Zone rouge de PPR (100%)
Remarques	

Saint-Bernard	11 / 02	Bassin OUEST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Denis
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Roches massives
Superficie de l'espace-carrière	32 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	30 à 50 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	5 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12263x0161, 12263x0162, 12263x0163, 12263x0164, 12263x0169
Ressources en eaux souterraines	
Occupation des sols	
Classe environnementale	Classe 1 et 2
Données environnementales	Classe 1 : - Espaces boisés classés (15%) Classe 2 : - Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Znieff de type 2 (100%) - Zone rouge de PPR (100%) - Zone de surveillance rapprochée de captage (26%)
Remarques	

Espace carrière des Buttes du Port (07-01)
Commune du Port
Bassin Ouest



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Buttes du Port	07 / 01	Bassin OUEST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Le port
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Alluvions *Gisement hors nappe*
Superficie de l'espace-carrière	118 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 - 20 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	6 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12262x0316, 12262x0157, 12262x0399, 12262x0074, 12262x0372, 12262x0362, 12262x0369, 12263x0150
Ressources en eaux souterraines	**Profondeur moyenne de la nappe :** entre 15 m à l'aval et 40 m à l'amont (à préciser)
Classes des POS ou PLU	U, A
Occupation des sols	Zone du port et carrières
Classe environnementale	-
Données environnementales	-
Remarques	

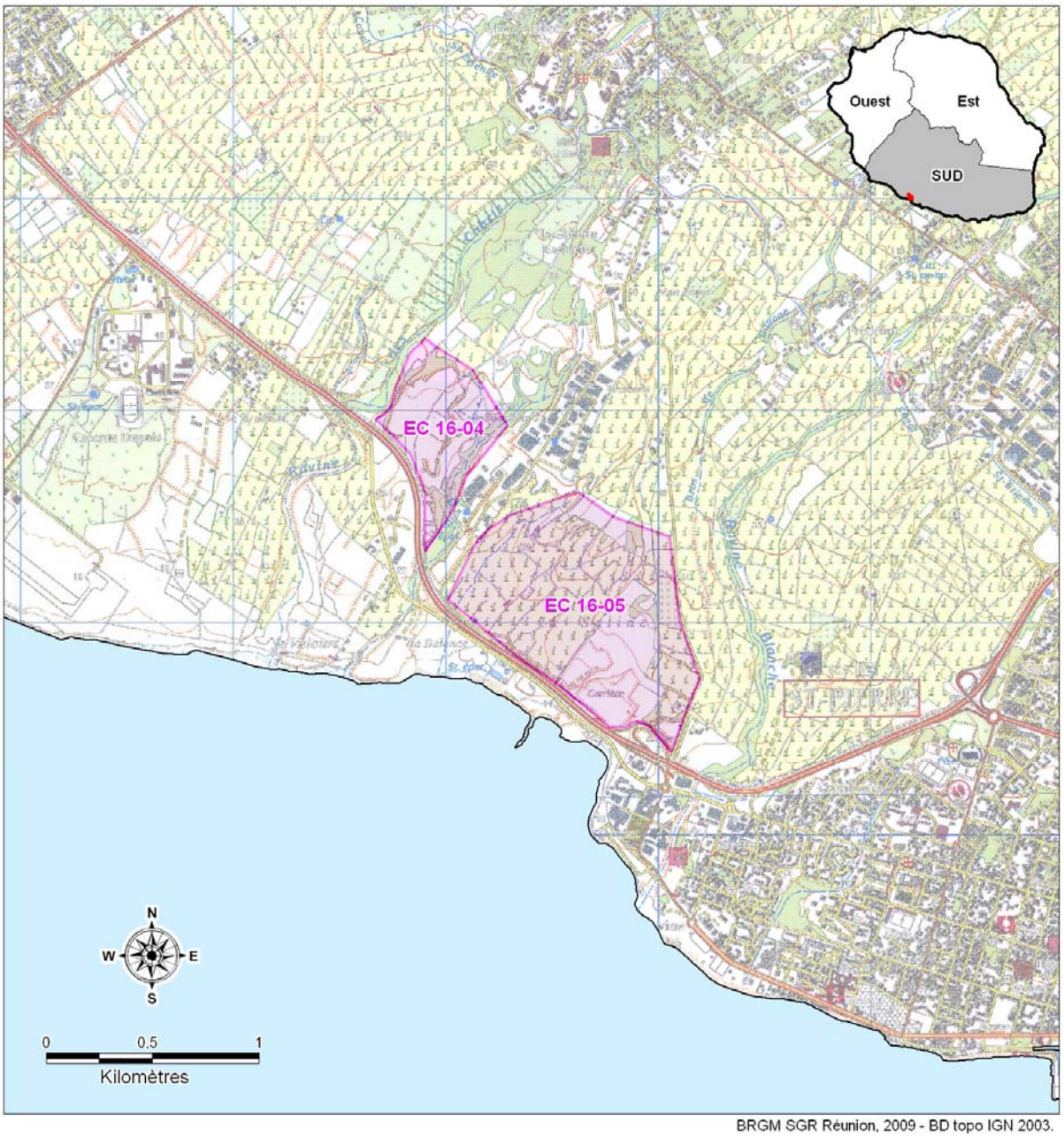
Espace carrière Les Sables (04-01)
Commune de L'Etang-Salé
Bassin Sud

BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Les Sables	04 / 01	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Etang-salé
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Sables dunaires *Gisement hors nappe (éventuellement en nappe)*
Superficie de l'espace-carrière	9.5 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	7 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	≈ 0.3 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	12287x0046, 12287x0028
Ressources en eaux souterraines	Profondeur moyenne de la nappe : 3 à 5 m
Classes des POS ou PLU	AU, A, O
Occupation des sols	- industries - zone en friche
Classe environnementale	-
Données environnementales	-
Remarques	

Espaces carrières de Mon Repos (16-04) et La Saline (16-05)
Commune de Saint-Pierre
Bassin Sud



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

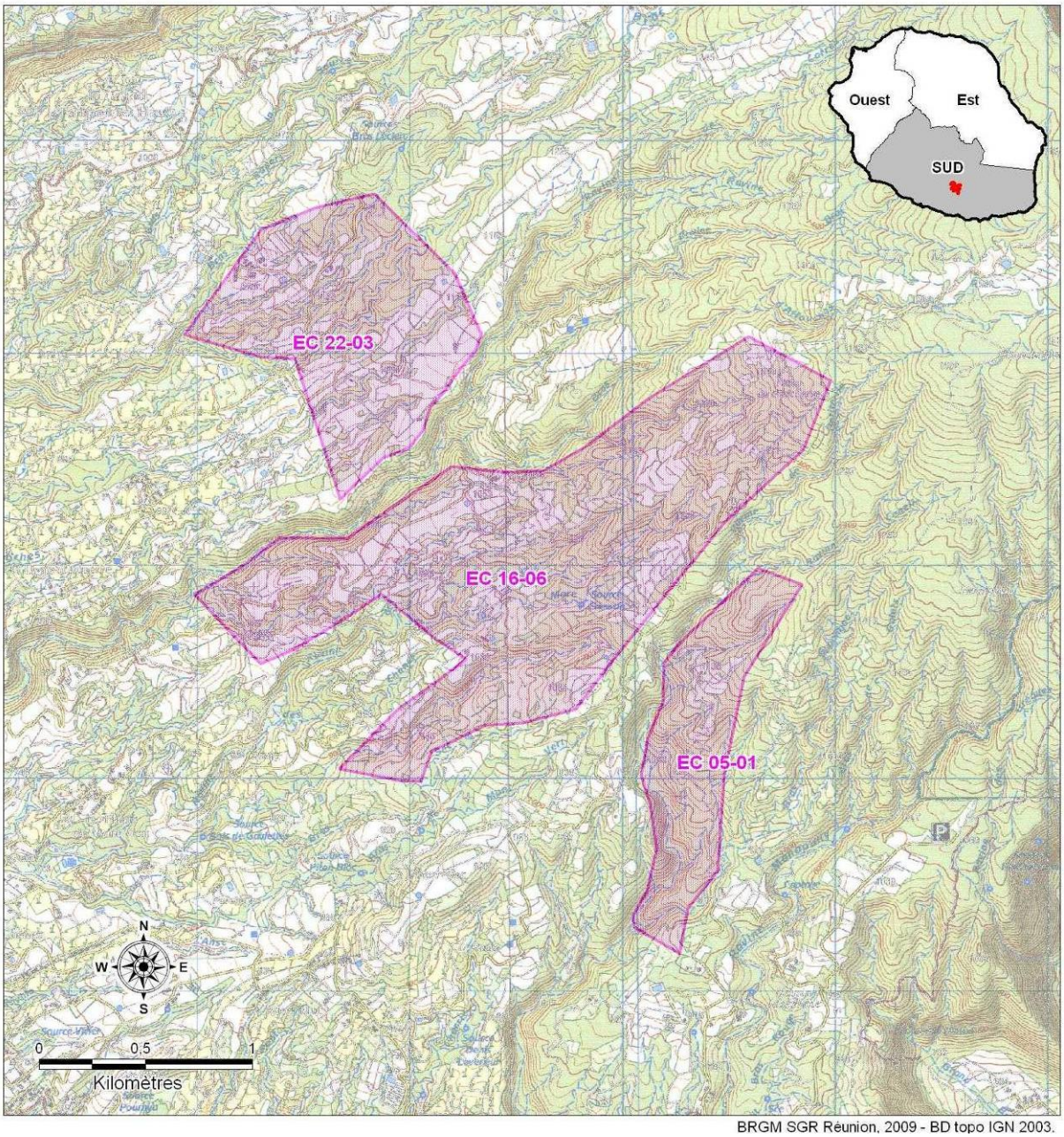
Mon Repos	16 / 04	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Pierre
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Tufs pouzzolaniques
Superficie de l'espace-carrière	28 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	15 à 25 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	4 Mm^3
Indice national du des forages de référence en matière de coupe géologique	12288x0065, 12288x0160, 12288x0021, 12288x0091
Ressources en eaux souterraines	L'espace carrière se situe dans une zone de surveillance renforcée pour les forages du secteur
Classes des POS ou PLU	AU, N
Occupation des sols	Culture de canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Coupures d'urbanisation (6%)
Remarques	Forage à 200 m au Nord-ouest.

La Saline	16 / 05	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Pierre
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Tufs pouzzolaniques
Superficie de l'espace-carrière	85 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 à 15 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	4 Mm^3
Indice national du des forages de référence en matière de coupe géologique	12288x0091, 12288x0089
Ressources en eaux souterraines	L'espace carrière se situe dans une zone de surveillance renforcée pour les forages du secteur
Classes des POS ou PLU	A, A, N
Occupation des sols	Culture de canne à sucre
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Espace agricole (99%) - Coupures d'urbanisation (57%)
Remarques	

Espaces carrières de Montvert-Les-Hauts (16-06), Hauts de Petite-Ile (05-01) et du Grand-Tampon (22-03)
Communes de Saint-Pierre, Petit-Ile et Le Tampon
Bassin Sud



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Montvert-les-Hauts	16 / 06	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Pierre
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Roches massives et scories
Superficie de l'espace-carrière	235 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	15 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	2 Mm^3 de roches massives 0.3 Mm^3 de scories
Indice national du des forages de référence en matière de coupe géologique	-
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	N, A
Occupation des sols	Culture (maraîchère, canne à sucre, maïs), végétation
Classe environnementale	Classe 1 et 2
Données environnementales	Classe 1 : - Espaces boisés classés (59%) Classe 2 : - Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Espace agricole (73%) - Znieff de type 2 (100%)
Remarques	Statut de cet espace carrière en attente d'une décision du comité de pilotage. Route étroite, en mauvais état.

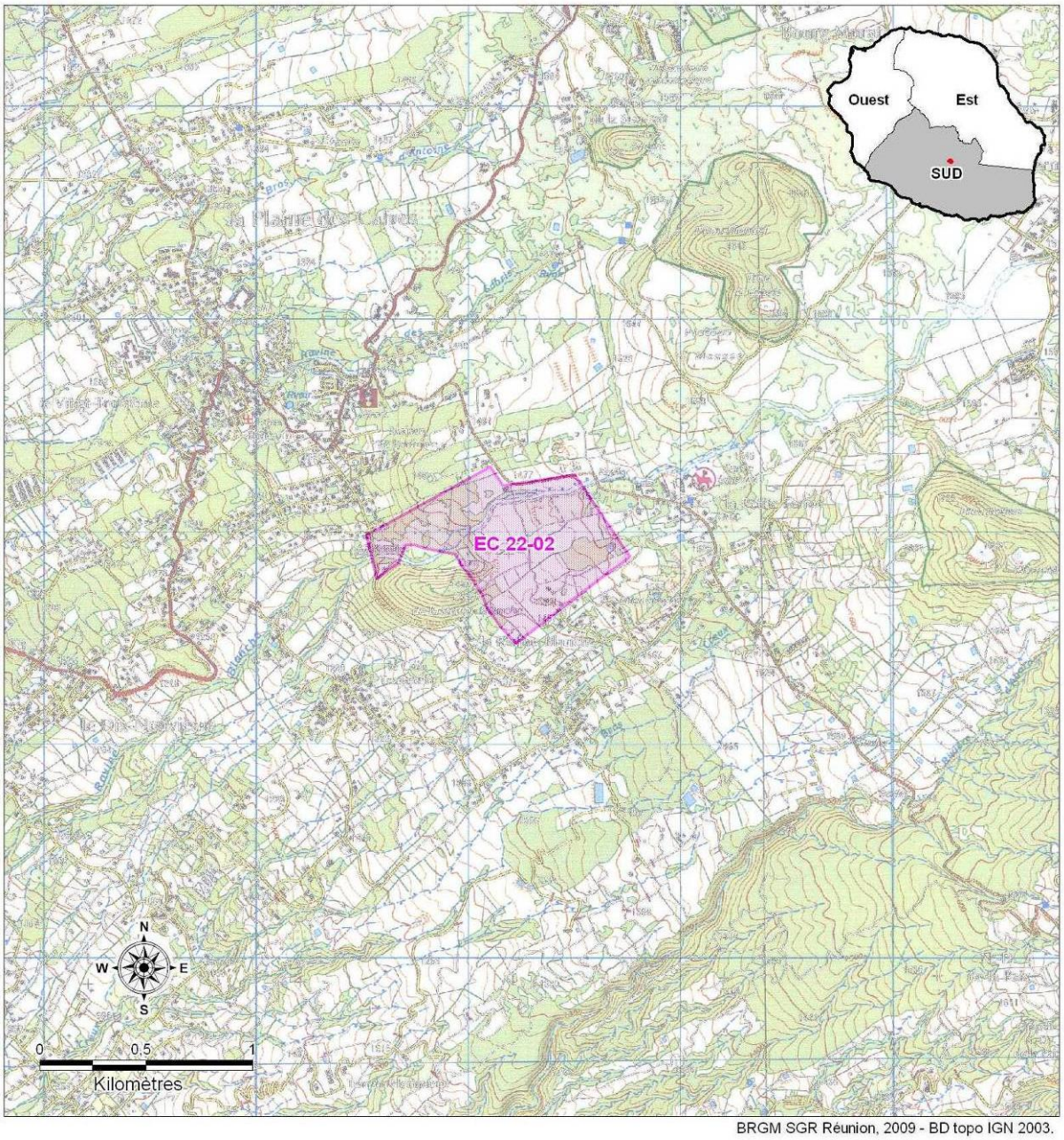
Hauts de Petite-Ile	05 / 01	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Petite-Ile
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Scories et roches massives
Superficie de l'espace-carrière	58 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	0.2 Mm³ de roches massives 0.2 Mm³ de scories
Indice national du des forages de référence en matière de coupe géologique	
Ressources en eaux souterraines	
Classes des POS ou PLU	N
Occupation des sols	Bois
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Espace agricole (24%) - Znieff de type 2 (100%) - Zone rouge PPR (100%)
Remarques	Route étroite

Le Grand Tampon	22 / 03	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Le Tampon
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Scories et roches massives
Superficie de l'espace-carrière	103 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 à 30 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	0.3 Mm³ de roches massives 0.3 Mm³ de scories
Indice national du des forages de référence en matière de coupe géologique	12295x0046
Ressources en eaux souterraines	
Classes des POS ou PLU	N
Occupation des sols	Culture (maraîchère, canne à sucre)
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Aire d'alimentation des captages (66%) - Espace agricole (75%) - Périmètres irrigués non équipés (100%) - Znieff de type 2 (100%)
Remarques	

Espace carrière de Piton Ravine Blanche (22-02)
Commune du Tampon
Bassin Sud

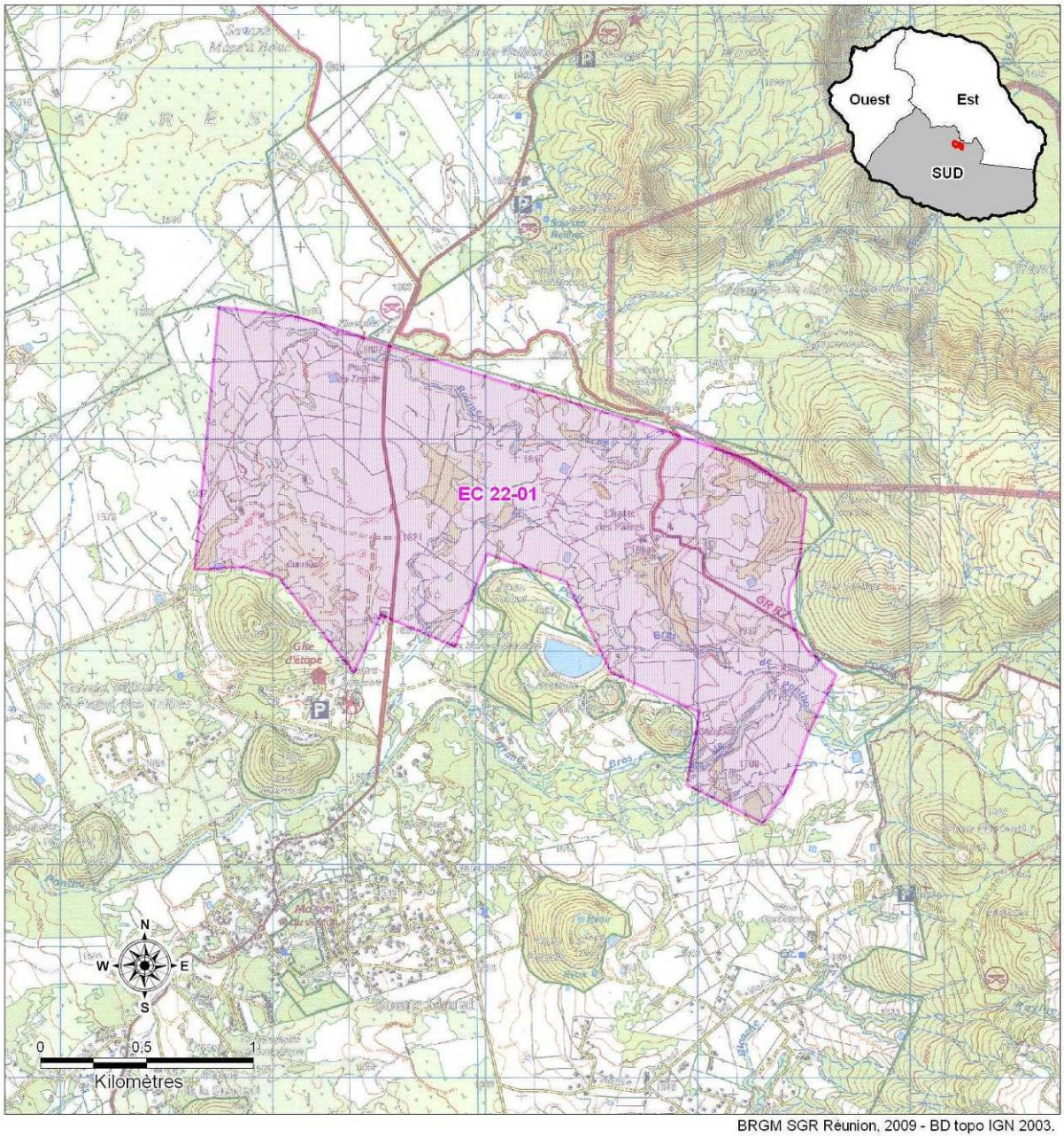


BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Ravine Blanche (Le Tampon)	22 / 02	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Le Tampon
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Scories et roches massives
Superficie de l'espace-carrière	52 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 à 15 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	0,3 Mm^3 de roches massives 1 Mm^3 de scories
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	
Ressources en eaux souterraines	
Classes des POS ou PLU	A, A
Occupation des sols	Culture, végétation, habitations
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Aire d'adhésion au Parc national (100%) - Espace agricole (70%)
Remarques	Présence d'une ancienne carrière

Espace carrière de la Plaine des Cafres (22-01)
Commune du Tampon
Bassin Sud

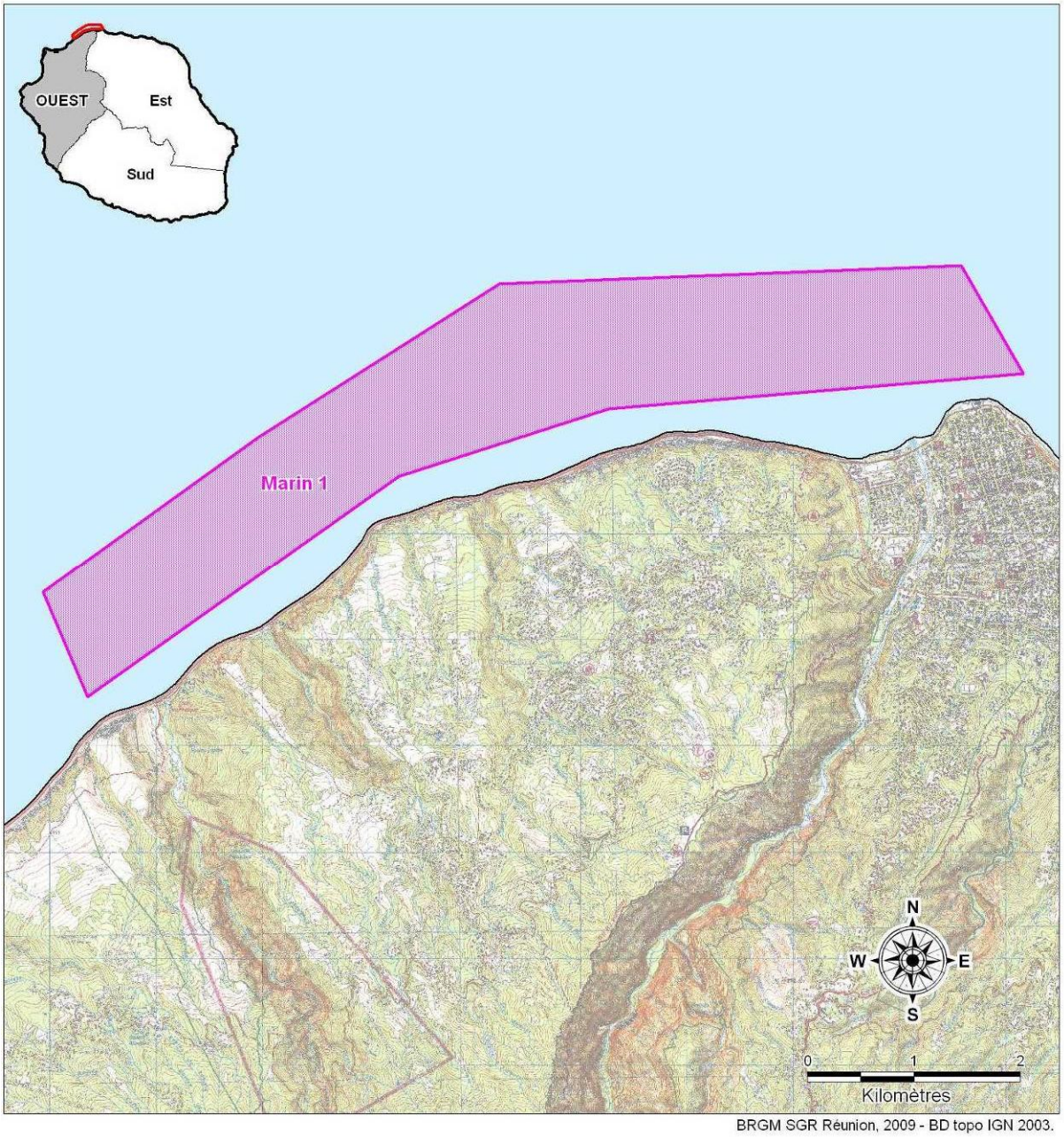


BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Plaine des Cafres	22 / 01	Bassin SUD

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Le Tampon
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Scories et roches massives
Superficie de l'espace-carrière	358 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	10 à 15 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	0.5 Mm³ de roches massives 2 Mm³ de scories
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	
Ressources en eaux souterraines	
Classes des POS ou PLU	A, A
Occupation des sols	Bois
Classe environnementale	Classe 2
Données environnementales	- Znieff de type 2 (100%) - Espace agricole (89%)
Remarques	

Espace carrière de granulats marins du Cap Bernard (Marin 1)
Commune de Saint-Denis
Bassin Ouest

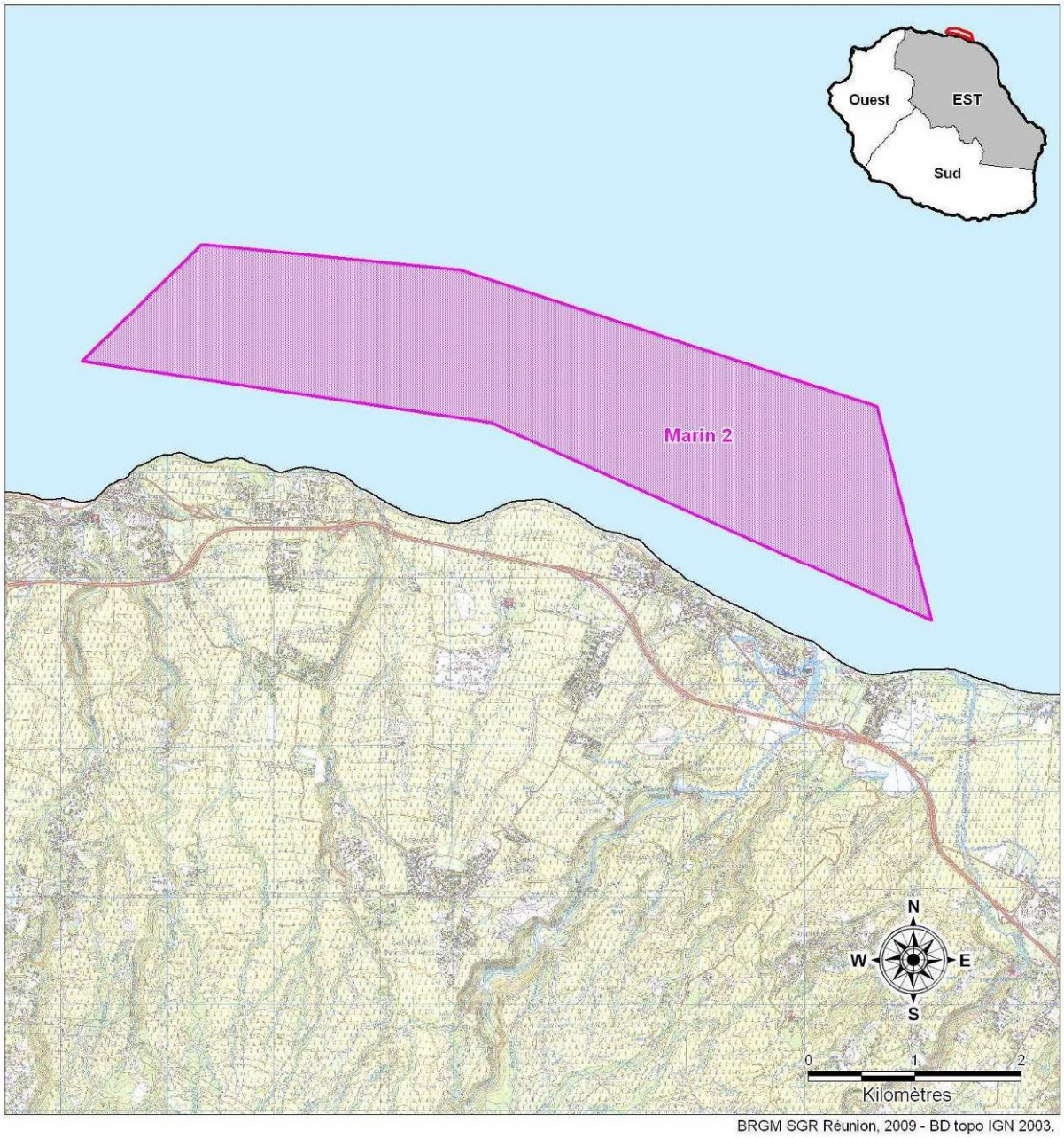


BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Cap Bernard	Marin 1	Bassin OUEST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Saint-Denis
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Granulats marins
Superficie de l'espace-carrière	1080 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	3 – 4 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	20 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	-
Occupation des sols	-
Classe environnementale	-
Données environnementales	-
Remarques	Voir étude ARVAM

Espace carrière de granulats marins de Pointe Sainte-Marie (Marin 2)
Commune de Sainte-Marie
Bassin Est



BRGM SGR Réunion, 2009 - BD topo IGN 2003.

Pointe Sainte Marie	Marin 2	Bassin EST

Commune d'implantation de l'espace-carrière	Sainte-Marie
Type de matériau exploitable (d'après les coupes géologiques de référence)	Granulats marins
Superficie de l'espace-carrière	1050 ha
Puissance moyenne potentiellement exploitable (d'après les coupes géologiques)	3 – 4 m
Estimation du volume de matériau potentiellement exploitable	20 Mm^3
Indice national des forages de référence en matière de coupe géologique	-
Ressources en eaux souterraines	-
Classes des POS ou PLU	-
Occupation des sols	-
Classe environnementale	-
Données environnementales	-
Remarques	Voir étude ARVAM

Annexe 4

Cartes du Schéma Départemental des Carrières (planches non reliées avec le rapport)

Carte des ressources exploitables

Carte des données environnementales de classe 1

Carte des données environnementales de classe 2

SCHÉMA DES CARRIÈRES DE LA RÉUNION

Carte des ressources

Mai 2010

SICRE

LES RESSOURCES

Données Cartomar
- Zone rocheuse
- Sable biodétritique
- Sable volcanique
- Sable mixte
- Vase
- Zone de transit

Les carrières
- Espaces - carrières (1999)
- Espaces potentiels de ressources (2009)
- Espaces des carrières actives

Les grands chantiers
- Tracé de la future route du Littoral
- Tracé de la route des Tamarins
- Tracé du Tram Train

Les ressources
- Alluvions récentes
- Alluvions fluviatiles anciennes (terrasses)
- Alluvions fluvio-marines
- Altérites argilo-silteuses formées par altérations de coulées de lave, de scorie
- Coulées de lave massive basaltique ou différencié (ép. > 5 m)
- Coulées de lave basaltique interstratifiées avec des formations diverses
- Eboulis
- Ensemble de coulées de lave massive et de tufs volcaniques associés
- Ensemble de coulées de lave massive avec des niveaux bréchiques ou scoriacés
- Ensemble de coulées de lave massive représentant un profil d'altération complet
- Lahars (coulées boueuses)
- Matériaux argileux (silts, limons, argiles)
- Sables dunaires à olivine et magnétite
- Scories basaltiques
- Tufs volcaniques
- Tufs volcaniques sous couvertures d'alluvions
- Zones à concentration d'andains
- Zones à concentration de blocs de lave massive ensurface de planèze
- Formations volcaniques récentes
- Formations volcaniques anciennes
- Formations intrusives
- Coulées volcaniques subactuelles
- Récif corallien

Echelle : 1/80 000

Fond topographique : IGN 100 000

Cartographie : BRGM - Service Géologique de la Réunion - 2009

N
W E
S

0 5 10

Kilomètres

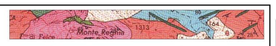
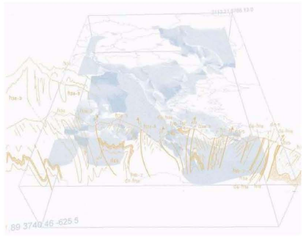


SCHÉMA DES CARRIÈRES DE LA RÉUNION

Cartes des données environnementales

Classe 1 : interdiction d'exploiter

Mai 2010



DIRE REUNION · Région Réunion · SICRE · Département Réunion · brgm

DONNÉES ENVIRONNEMENTALES DE CLASSE 1

Les carrières
- Espaces - carrières (1999)
- Espaces potentiels de ressources (2009)
- Carrières actives

Les grands chantiers
- Tracé de la future route du Littoral
- Tracé du Tram-Train
- Tracé de la route des Tamarins

Les données environnementales
- Lit mineur des grands cours d'eau
- Zones urbanisées
- Données de classe 1 :

Espaces naturels de protection forte du SAR
- Sites classés et inscrits
- Périmètres des monuments historiques protégés
- Parc national (coeur)
- ZNIEFF de type 1
- Espaces naturels sensibles
- Espaces remarquables du littoral à conserver
- Arrêté préfectoral de protection de biotope
- Réserves naturelles
- Forêt qui relève du régime forestier gérée par l'ONF
- Réserves biologiques
- Conservatoire du littoral
- Périmètres de protection rapprochée des captages AEP
- Périmètres irrigués équipés
- Espaces boisés classés

Echelle : 1/80 000

Fond topographique : BD_topo_IGN 100 000

Cartographie : BRGM - Service Géologique de la Réunion - 2009

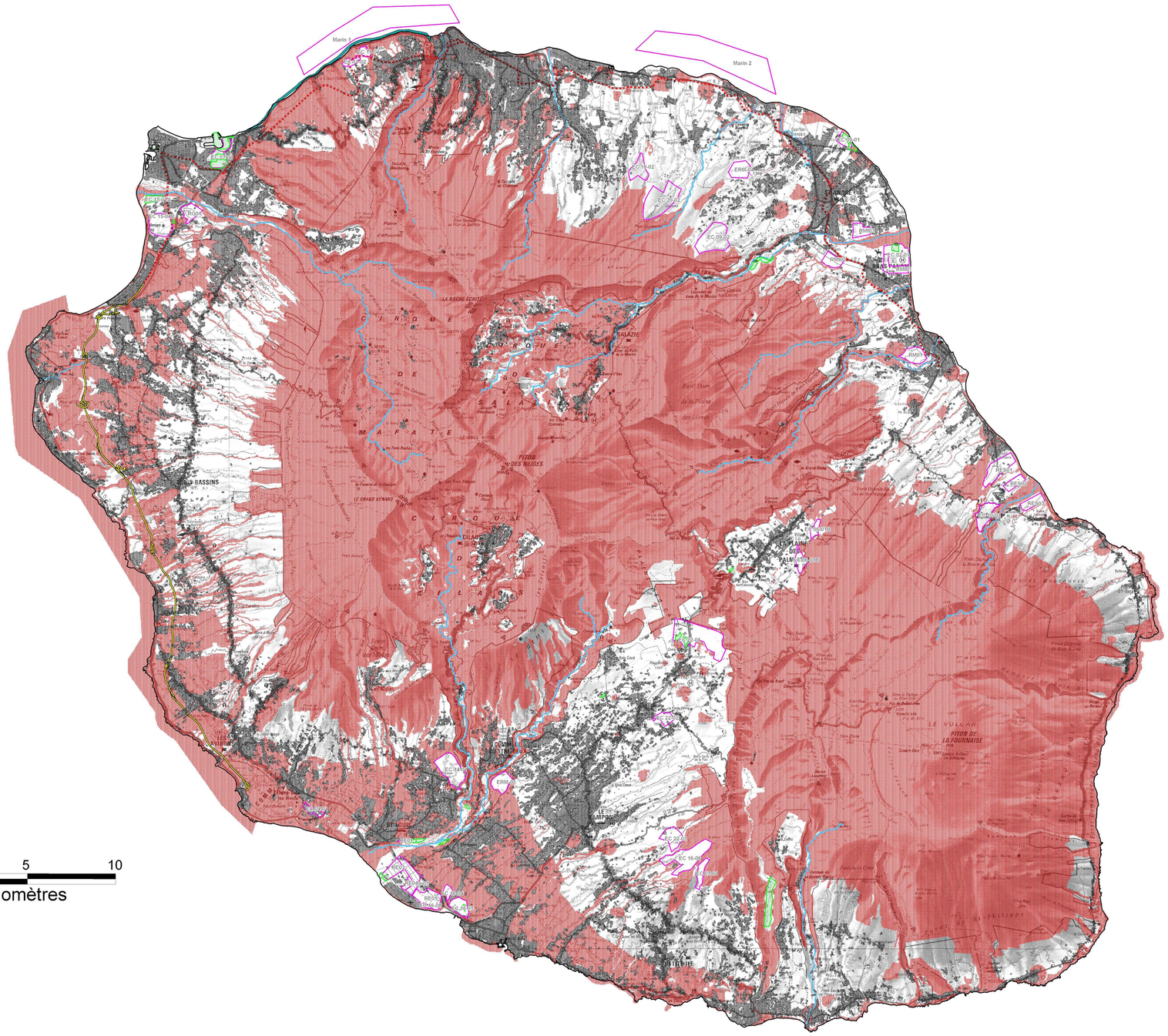
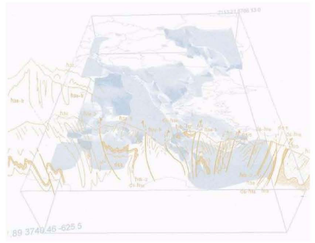


SCHÉMA DES CARRIÈRES DE LA RÉUNION

Cartes des données environnementales

Classe 2 : sensibilité très forte

Mai 2010



SICRE

DONNÉES ENVIRONNEMENTALES DE CLASSE 2

Les carrières

- Espaces - carrières (1999)
- Espaces potentiels de ressources (2009)
- Carrières actives

Les grands chantiers

- Tracé de la future route du Littoral
- Tracé du Tram Train
- Tracé de la route des Tamarins

Données environnementales :

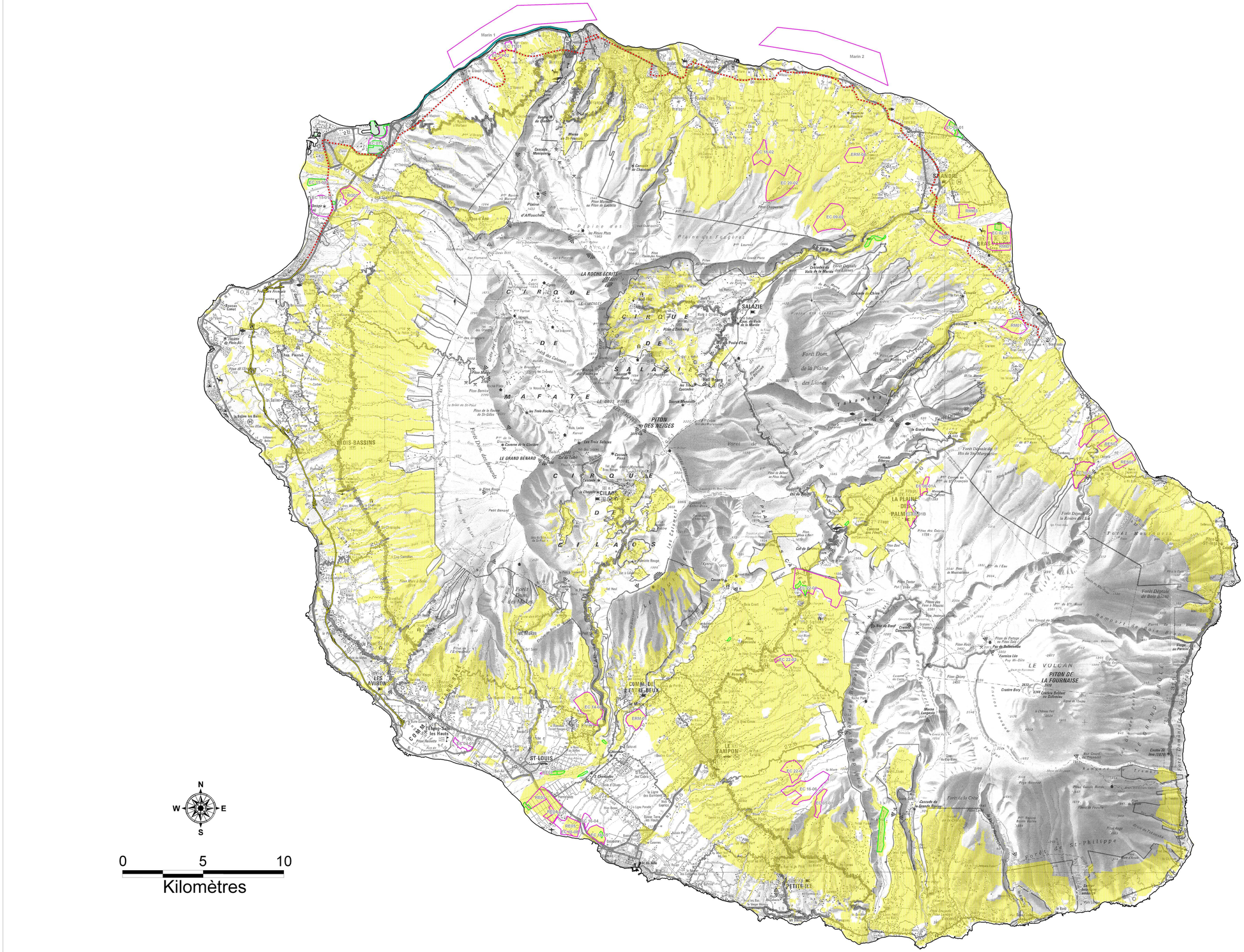
Données de classe 2 :

- Aire d'adhésion au Parc national
- Périmètres irrigués non équipés
- Périmètres irrigués équipés Piton Défaud à Saint-Paul et Pierrefond à Saint-Pierre
- Zones rouges des PPR inondation et mouvements de terra
- Zones bleues des PPR inondation et mouvements de terrai
- Espaces agricoles de référence
- Coupures urbaines
- Périmètres de protection éloignée des capatage en eau potable (ou ZSR)
- ZNIEFF de type 2
- Aires d'alimentation des captages stratégiques

Echelle : 1/80 000

Fond topographique : BD_topo_IGN 100 000

Cartographie : BRGM - Service Géologique de la Réunion - 2009



Géosciences pour une Terre durable
brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Réunion
5, rue Sainte-Anne
97400 – Saint-Denis
Tél. : 02 62 21 22 14