



Les Granulats

■ GÉOLOGIE ■ INDUSTRIE ■ ENVIRONNEMENT

Sommaire

1

CARTE D'IDENTITÉ DES GRANULATS

- Qu'est-ce qu'un granulat ? **page 4**
- Granulats : morceaux de roches **page 6**
- Gisements de granulats **page 8**

2

DES GRANULATS : POUR QUOI FAIRE ?

- Granulats et béton **page 12**
- Granulats et viabilité **page 14**
- Une matière première indispensable **page 16**

3

COMMENT PRODUIT-ON DES GRANULATS ?

- L'extraction des granulats **page 18**
- Le traitement des granulats **page 20**
- Granulats et qualité **page 24**
- Carrières et environnement **page 25**

4

QUE DEVIENNENT LES CARRIÈRES ?

- Le réaménagement des carrières **page 26**

5

L'INDUSTRIE DU GRANULAT : UNE ACTIVITÉ QUI RECRUTE

- Les métiers de l'industrie du granulat **page 30**

Conception, rédaction et réalisation : UNPG/François Michel - Décembre 2005. **Direction artistique et maquette :** Directives. **Illustrations :** Ludovic Saëz, PIRAN-ART. **Impression :** OCEP, Coutances (50). **Crédits photos :** Eiffage Construction : pages 3 et 12 - ENCEM/CAO Montpellier : page 27 - EUROVIA/Laurent Rothan et Christophe Huret : page 15 - Lafarge Granulats : pages 26, 27, 28, 29 - Metso Minerals : page 21 - UNIBÉTON : page 13 - UNICEM/Hervé Leprince : pages 5, 18, 20, 23 - UNICEM/Pierre-Yves Brunaud : pages 16, 20, 22, 23, 25, 29 - ONISEP : pages 24, 30, 31 - SNCF : page 23 - UNPG/François Michel : pages 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 18, 19, 21, 23 - Carte géologique de la France : BRGM-im@gé / www.brgm.fr : page 9

Des matériaux pour construire



Depuis toujours, l'homme utilise des matériaux naturels pour la construction de son habitat et l'aménagement de son environnement. De ces deux nécessités premières découlent, aujourd'hui, trois grands secteurs d'activité, que sont les industries de carrières et matériaux de construction, le bâtiment et les travaux publics.

Après s'être abrités dans des cavernes et avoir construit en branchages, en peaux animales et en terre, les bâtisseurs utilisèrent des pierres dures pour édifier des bâtiments plus importants, alors que les villes et les sociétés se structuraient et se développaient. Pyramides, temples, châteaux et maisons témoignent du "génie constructeur" de nos ancêtres.

Très tôt dans l'histoire, on sut utiliser les roches, soit directement, soit en les transformant par la chaleur comme pour fabriquer les tuiles, les briques et le plâtre. Les roches dures telles que le granite, le calcaire, le grès ou la meulière servirent de pierres de construction.

Au fil des siècles, la société s'est progressivement organisée avec le développement de l'habitat urbain, des monuments, des systèmes de défense et des voies de communication. Dans la mesure où cela était possible, on utilisait directement la pierre du sous-sol local pour réaliser des ouvrages. Paris en est un bel exemple pour avoir longtemps exploité son sous-sol riche en calcaire et en gypse.

Puis tout a rapidement changé ! À partir du XIX^e siècle, l'invention du ciment et du béton a révolutionné l'art de construire, tandis que se développaient réseaux de chemin de fer, infrastructures routières et ouvrages d'art nécessitant des travaux très importants et des matériaux nouveaux et économiques.

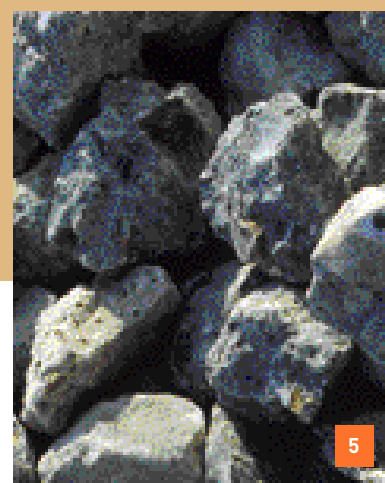
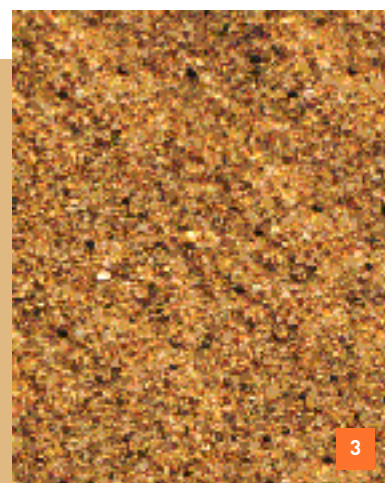
Tous ces travaux utilisent désormais des matières premières sous forme de morceaux de roches, soit naturels (sables et graviers), soit obtenus artificiellement par concassage de roches naturelles : les granulats.



En haut : le pont du Gard (peint par Hubert Robert en 1787)
Ci-contre : le viaduc de Millau (Aveyron)

Qu'est-ce qu'un **granulat** ?

Les granulats sont des petits morceaux de roches destinés à réaliser des ouvrages de travaux publics, de génie civil et de bâtiment.



- 1 Granulats éruptifs
- 2 Granulats calcaires
- 3 Sable alluvionnaire
- 4 Graviers alluvionnaires
- 5 Granulats issus du recyclage

La taille des granulats est comprise entre 0 et 125 mm. Leur nature et leur forme varient en fonction des gisements et des techniques de production.

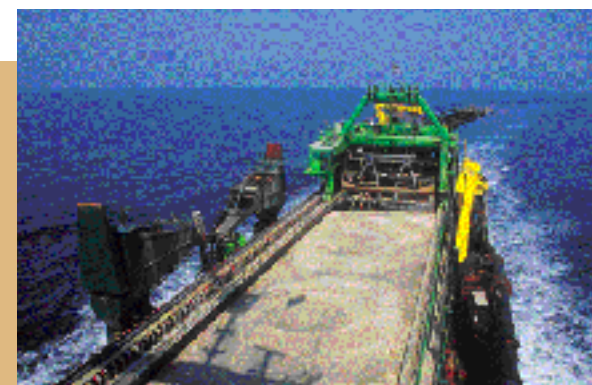
ILS PEUVENT ÊTRE MIS EN ŒUVRE :

Soit directement, sans liant pour les solidariser : ballast des voies de chemin de fer, couche de fondation des routes, remblais...

Soit en les solidarisant avec un liant : ciment pour le béton, bitume pour les enrobés.

ON PEUT OBTENIR DES GRANULATS :

Soit en exploitant directement les alluvions détritiques non consolidées, de type sables et graviers des rivières (dans certains cas, ils peuvent être ultérieurement concassés) ;



Extraction de granulats en mer



Installation de traitement dans une carrière de granulats alluvionnaires



Carrière de granulats de roche massive



Recyclage : production de granulats issus de bétons de démolition

Soit par concassage des roches massives : granites, diorites, basaltes, calcaires, quartzites.

Les professionnels distinguent trois catégories principales de granulats en fonction de leur nature et de leur origine :

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

GRANULATS ALLUVIONNAIRES

Les gisements alluvionnaires correspondent à des matériaux non consolidés, généralement déposés pendant l'ère quaternaire par les glaciers, les cours d'eau ou sur les fonds marins peu profonds. Le gisement le plus habituel est celui du lit ou de l'ancien lit d'une rivière. En fonction de la situation du gisement par rapport à la hauteur du cours d'eau ou de la nappe phréatique de l'endroit, l'exploitation aura lieu "à sec" ou "dans l'eau".

GRANULATS DE ROCHES MASSIVES

Les gisements de roches massives correspondent à une multitude de situations géologiques (couches plus ou moins épaisses, filons, épanchements volcaniques, massifs de granite...) et à des localisations géographiques très différentes. La carrière peut être implantée en plaine, sur un plateau, en montagne, au bord d'une falaise...

L'exploitation s'effectue à flanc de coteau ou en puits, en fonction de la situation du niveau géologique utile. On peut ainsi extraire et produire des granulats avec des roches éruptives, des roches métamorphiques et des roches sédimentaires consolidées (calcaires...).

GRANULATS DE RECYCLAGE ET ARTIFICIELS

Depuis quelques années, on produit des granulats de recyclage en concassant des matériaux de démolition issus des bâtiments ou des chaussées (bétons, pierre de taille...) et des sous-produits de l'industrie (laitiers de hauts-fourneaux, mâchefers...).

Granulats : morceaux de roches

Matériaux constitutifs de la croûte terrestre, les roches possèdent entre elles des liens de parenté, par les minéraux qui les constituent, par les phénomènes qui les mettent en place et par les filiations qui les associent.

L'érosion des roches, éruptives ou autres roches massives, en fait naître d'autres, roches sédimentaires, que l'enfouissement et la "cuisson" transforment en roches métamorphiques, le tout pouvant, par fusion, retourner à l'état de magma et faire naître de nouvelles roches éruptives... Dans tous les cas, ce sont toujours les mêmes éléments chimiques, en proportions variables, que la Terre transforme, trie ou mélange dans un véritable "cycle des roches".

LES ROCHES MAGMATIQUES OU ÉRUPTIVES

Elles proviennent du refroidissement d'un magma préalablement fondu. Deux cas de figures sont à distinguer bien nettement : les roches volcaniques et les roches plutoniques.

Les roches volcaniques

Elles naissent par solidification de coulées de lave ou par l'accumulation de projections issues d'un volcan. La roche la plus fréquente est le basalte. Les magmas qui leur donnent naissance proviennent de zones très profondes de l'écorce terrestre ou du manteau. Leur localisation correspond généralement aux zones fragiles de la tectonique des plaques. Quelques autres variétés : andésite, phonolite, trachyte, dacite, rhyolite...

Les roches plutoniques

Elles cristallisent lentement à partir de magmas situés à quelques kilomètres (ou dizaines de kilomètres) de profondeur sous la surface. Les cristaux qui les constituent sont, le plus souvent, visibles à l'œil nu. La roche la plus fréquente est le granite. Les magmas qui leur donnent nais-

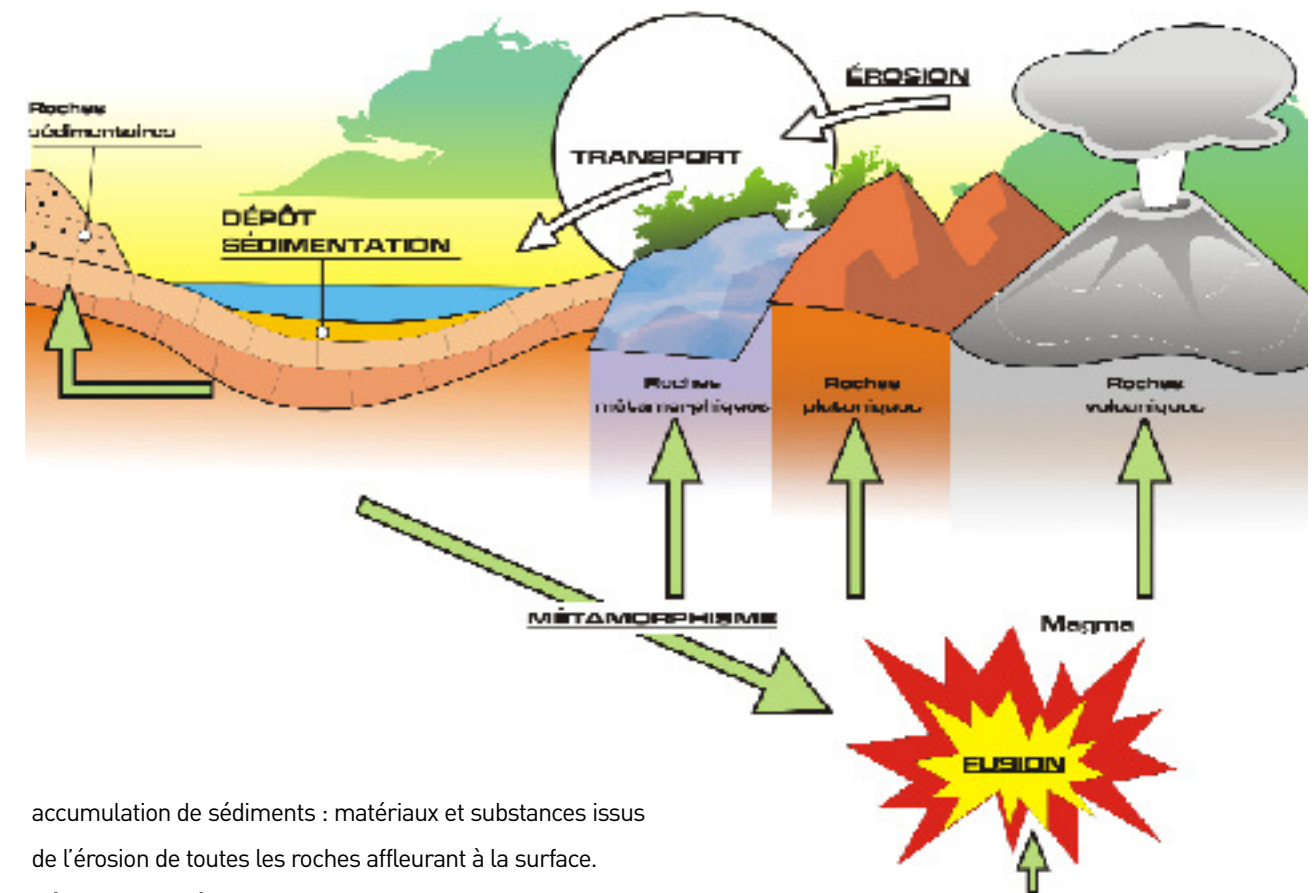


Relief granitique : face sud des Drus, massif du Mont-blanc

sance proviennent, pour une grande partie, de la fusion d'anciennes roches, par élévation très forte des températures, dans les soubassements d'une chaîne de montagnes en formation. Les mouvements de soulèvement et l'érosion des terrains situés au-dessus provoquent leur affleurement. Quelques autres variétés : diorite, syénite, gabbro...

LES ROCHES SÉDIMENTAIRES

Ce terme désigne toutes les roches formées à la surface de la Terre (surface des continents et fond des océans), par



accumulation de sédiments : matériaux et substances issus de l'érosion de toutes les roches affleurant à la surface.

L'érosion fait naître :

- des morceaux, des grains (sables, graviers, grès, conglomérats),
 - des particules fines (argiles),
 - des substances dissoutes (calcaire, gypse, roches salines).
- Ces roches peuvent être meubles (sables, graviers, argiles...) ou consolidées (grès, calcaire...).

Le rôle des êtres vivants est prédominant dans l'origine des calcaires. Ceux-ci fixent dans leur carapace le calcaire dissous dans l'eau (coquilles, squelettes, enveloppes microscopiques...). À leur mort, le calcaire s'accumule sur le fond. Des soulèvements de terrains provoquent l'affleurement des roches sédimentaires.

LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES

Elles peuvent provenir de n'importe quelle roche préexistante que les événements tectoniques, dans le contexte des surrections montagneuses, enfouissent à des profondeurs où elles subissent les effets de la pression et de la température qui les font "cuire" sans les faire fondre. Cette "cuisson" recombine les éléments chimiques et fait apparaître de nouveaux minéraux. Les grands mouvements de soulèvement, accompagnant la naissance des montagnes, ramènent ces roches vers la surface où elles finissent par affleurer. Les plus connues sont : les schistes, les gneiss, les quartzites, les marbres et les amphibolites.

Coulée de lave basaltique, piton de la Fournaise (île de la Réunion)



Cordon de galets, cap de la Hague (Cotentin)



Schistes de Brétignolles (Vendée)



Les gisements de granulats

On désigne sous les noms de gîtes ou gisements minéraux toute concentration naturelle dans le sol d'une substance minérale dont la teneur et le cubage sont tels qu'on puisse en envisager l'exploitation.

La notion de gisement est à la fois géologique et économique : géologique, par la nature des roches et leur situation dans le sous-sol ; économique, car son exploitation répond aux besoins économiques du pays.

DIVERSITÉ DES GISEMENTS

Véritable richesse nationale, la diversité géologique du sous-sol français permet d'obtenir, à partir de roches très différentes, une grande variété de granulats. C'est le cas des roches suivantes :

1 Alluvions glaciaires, sables et graviers accumulés dans les anciennes moraines des glaciers des Alpes ou des Pyrénées. Pendant les périodes glaciaires du quaternaire, les glaciers, beaucoup plus importants qu'aujourd'hui, ont arraché, charrié et déposé de grandes quantités de granulats.

2 Sables et graviers alluvionnaires fluviaux, granulats siliceux ou silico-calcaires déposés par les cours d'eau pendant l'ère quaternaire. Ils sont exploités tout au long du réseau hydrographique. Principaux bassins : Seine, Rhin et Moselle, Rhône et Saône, Adour et Garonne, Loire...

3 Brèches de pentes et éboulis de piémont provenant de l'érosion de parois dans les régions montagneuses.

Les numéros placés sur cette carte renvoient au textes et aux photos correspondants.

1 Glacier de Leschaux, face nord des Grandes Jorasses, massif du Mont blanc
2 Méandre abandonné - cirque de Navacelles (Gard)
3 Casse Déserte, col de l'Izoard (Hautes-Alpes)

4 Sables, graviers et galets du littoral présents dans les deltas, dunes, cordons littoraux, plages. Généralement situés dans des sites protégés, ces gisements sont très rarement exploités.

8 < LES GRANULATS

LES GRANULATS > 9

L

DIVERSITÉ DES GISEMENTS

Véritable richesse nationale, la diversité géologique du sous-sol français permet d'obtenir, à partir de roches très différentes, une grande variété de granulats.

C'est le cas des roches suivantes :

1 Alluvions glaciaires, sables et graviers accumulés dans les anciennes moraines des glaciers des Alpes ou des Pyrénées. Pendant les périodes glaciaires du quaternaire, les glaciers, beaucoup plus importants qu'aujourd'hui, ont arraché, charrié et déposé de grandes quantités de granulats.

2 Sables et graviers alluvionnaires fluviatiles, granulats siliceux ou silico-calcaires déposés par les cours d'eau pendant l'ère quaternaire. Ils sont exploités tout au long du réseau hydrographique. Principaux bassins : Seine, Rhin et Moselle, Rhône et Saône, Adour et Garonne, Loire...

3 Brèches de pentes et éboulis de piémont provenant de l'érosion de parois dans les régions montagneuses.

**Les numéros
placés sur cette
carte renvoient au
textes et aux photos
correspondants.**

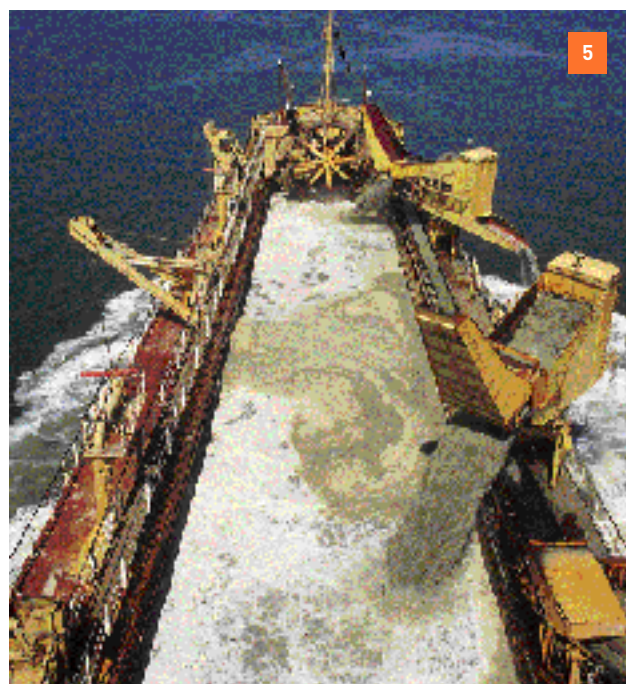
- 1 Glacier de Leschaux, face nord des Grandes Jorasses, massif du Mont blanc
- 2 Méandre abandonné - cirque de Navacelles (Gard)
- 3 Casse Déserte, col de l'Izoard (Hautes-Alpes)

4 Sables, graviers et galets du littoral présents dans les deltas, dunes, cordons littoraux, plages. Généralement situés dans des sites protégés, ces gisements sont très rarement exploités.

Les Gisements de granulats (suite)



4



5

5 Alluvions marines, anciennes alluvions fluviales et littorales. Ces granulats ne sont immergés que depuis quelques milliers d'années suite à la remontée du niveau marin après la dernière glaciation (époque actuelle). Ils sont exploités entre 10 et 30 m de profondeur d'eau sur le plateau continental.

6 Couches de sables ou de sablons. Ces roches sédimentaires non consolidées, déposées il y a des millions d'années (sables de la région de Fontainebleau, faluns de Touraine...) peuvent également être exploitées.

7 Roches sédimentaires consolidées, telles que les calcaires ou les grès. Elles doivent être concassées pour donner des granulats. On les exploite dans les bassins sédimentaires (Bassin parisien, Bassin aquitain) et dans les régions montagneuses (Jura, Provence, Ardennes, Alpes, Pyrénées...).

8 Roches métamorphiques dures, telles que les quartzites ou les gneiss. Elles affleurent plus particulièrement dans les massifs montagneux anciens (chaîne hercynienne) où elles



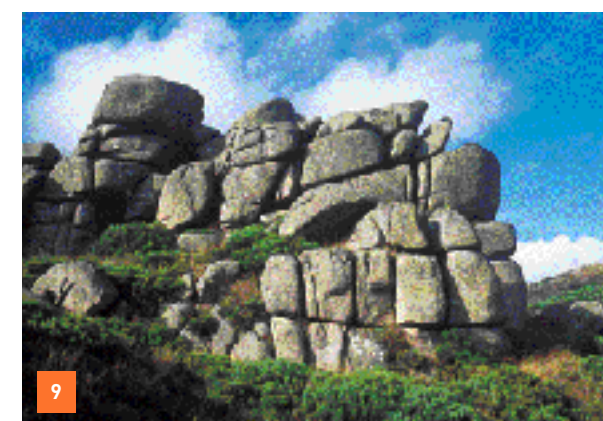
6



7



8



9



10

sont exploitées : Vosges, Massif armoricain (Normandie, Bretagne, Vendée), Massif central, Esterel, Corse.

9 Roches éruptives anciennes. Ce sont des roches plutoniques à cristaux plus ou moins développés (granites, diorites, micro-diorites, gabbros...) ou des roches volcaniques (rhyolites, trapp...) exploitées dans les massifs montagneux anciens avec une répartition géographique analogue à celle des roches métamorphiques.

10 Roches volcaniques récentes telles que le basalte, le trachyte ou l'andésite, épanchées par le volcanisme récent du Massif central.

11 Granulats issus du recyclage des matériaux de démolition. Ces granulats constituent une part non négligeable de la production totale et peuvent donc être considérés comme un gisement à part entière.



11

4 Plage de galets du pays de Caux (Seine-Maritime)

5 Exploitation de granulats marins sur le plateau continental

6 Couche de sable en forêt de Fontainebleau (Seine-et-Marne)

7 Le Chapeau de Gendarme, affleurement calcaire, Saint-Claude (Jura)

8 La Côte Sauvage à Belle-Ile-en-Mer (Morbihan)

9 Chaos de granite - sommet du mont Lozère (Lozère)

10 Les Orgues volcaniques de Saint-Flour (Cantal)

11 Chantier de démolition

Granulats et béton

→ Utilisé dans tous les travaux de construction, le béton est une véritable "pierre reconstituée" fabriquée à partir de granulats.

Dans le domaine de la construction, tout a changé avec l'apparition du ciment et l'utilisation du béton. Le ciment provient de la "cuisson" d'un mélange de calcaire (80 % environ) et d'argile (20 %). En mélangeant sable, ciment et eau, on réalise un mortier de ciment, mélange qui permet de monter des murs, de jointoyer des briques ou des blocs (parpaings), de réaliser des enduits, de faire des scellements...

Le béton se fabrique en mélangeant sable, granulats, ciment et eau. En l'associant à une armature métallique, on obtient un béton armé dont les utilisations sont innombrables.

GRANULAT : UN ÉLÉMENT INDISPENSABLE

Dans un béton, les granulats apportent la consistance, le volume et la résistance. Le ciment sert de liant à l'ensemble. Le phénomène de prise n'est pas un séchage, mais une réaction chimique entre l'eau et le ciment. Cette réaction assure le durcissement du mélange, la cohésion de l'ensemble et sa durabilité. Le béton est une véritable "pierre reconstituée" analogue aux poudingues et aux conglomérats que l'on trouve dans certains sous-sols. Ces derniers correspondent à la consolidation par cimentation naturelle (diagenèse) d'anciens sables mélangés à des graviers : alluvions de deltas par exemple.



150 000 tonnes de granulats ont été nécessaires pour construire le viaduc de Millau, le pont le plus haut du monde.

On peut réaliser les bétons avec des granulats de diverses natures : alluvionnaires, éruptifs, calcaires.

Généralement, pour des facilités de fabrication et de mise en œuvre, on utilise des éléments arrondis ; les surfaces roulent ainsi les unes sur les autres et assurent une bonne maniabilité du mélange en phase liquide. Cependant, on fabrique également des bétons avec des granulats concas-



sés, soit pour des raisons géologiques locales (rareté des alluvionnaires), soit pour des raisons purement techniques.

LE BÉTON : RÉSISTANCE ET LONGÉVITÉ

Le béton est le produit industriel actuellement le plus utilisé dans le monde. Fabriqué et mis en place en phase liquide, il durcit et se consolide dans un deuxième temps, ce qui permet des réalisations techniques extrêmement variées. De plus, le béton présente des caractéristiques de résistance et de longévité particulièrement importantes.

Le béton est aussi bien utilisé dans les ouvrages de bâtiment que dans ceux de génie civil, permettant de construire immeubles, lycées et collèges, ponts, centrales électriques, digues portuaires..., mais également de réaliser des produits préfabriqués tels que tuyaux, blocs, poutrelles, pavés, planchers, cloisons, escaliers...

Certes, on peut construire avec d'autres matériaux tels que le bois, la pierre, le verre, la brique, le métal ou le plastique, mais tous ces matériaux ne peuvent répondre à l'ensemble des demandes et des contraintes technologiques. Ils viennent souvent compléter les structures de béton qui assurent l'ossature et la tenue des édifices.



Véritable "béton naturel", un poudingue, ou conglomérat, est composé de galets arrondis liés par un ciment naturel



Camions toupies s'approvisionnant dans une centrale à béton



Livraison du béton sur chantier



Tuyaux, préfabriqués en béton

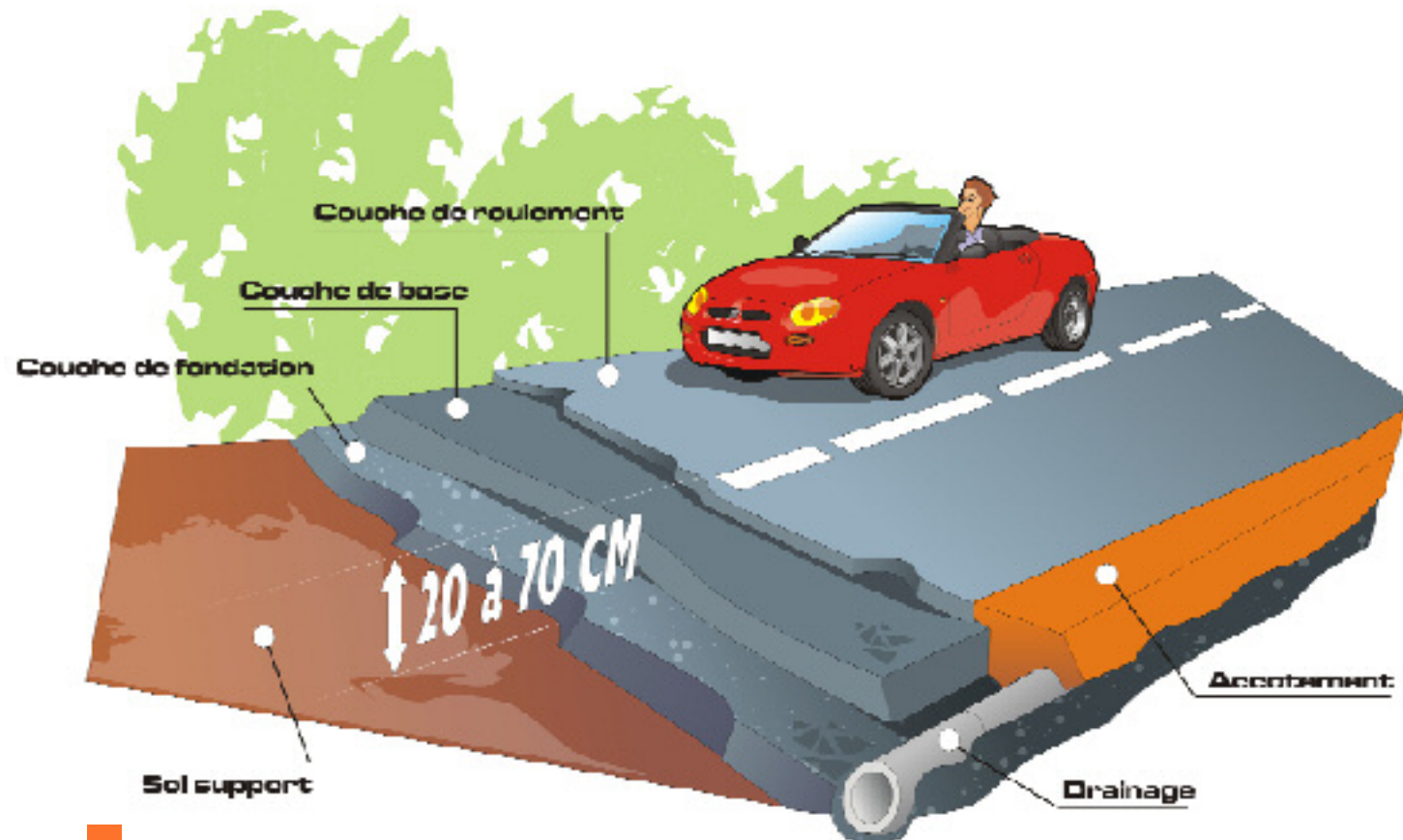
Granulats et **viabilité**

Depuis une cinquantaine d'années, les réseaux autoroutiers, les lignes de TGV et les aéroports ont pris un essor extraordinaire. Ces chantiers nécessitent de grandes quantités de granulats.

Que ce soit pour une autoroute, une piste d'atterrissage ou une voie ferrée, les technologies de construction nécessitent de très grandes quantités de granulats : ballast des chemins de fer, fondations, différentes couches qui structurent une chaussée de route... Pour la fabrication de certaines couches, on met en œuvre des granulats mélangés avec un liant qui peut être un ciment, un bitume ou un laitier (résidu des hauts-fourneaux). Pour les couches de fondation et de base et pour les accotements, on peut également utiliser des granulats de recyclage.

Structure type d'une chaussée

Les trois couches sont composées de 90 à 100 % de granulats



VIABILITÉ ROUTIÈRE

Les matériaux utilisés dépendent de l'importance du trafic, et notamment du passage répété des camions... On utilise des éléments concassés dont la forme anguleuse permet un auto-blocage des matériaux. Des granulats ronds ne seraient pas suffisamment stables.

Les surfaces de roulement (constituées par des enrobés, mélange d'un liant tel que le bitume avec des granulats) doivent être exécutées avec des granulats de surface rugueuse permettant une bonne adhérence des pneus.



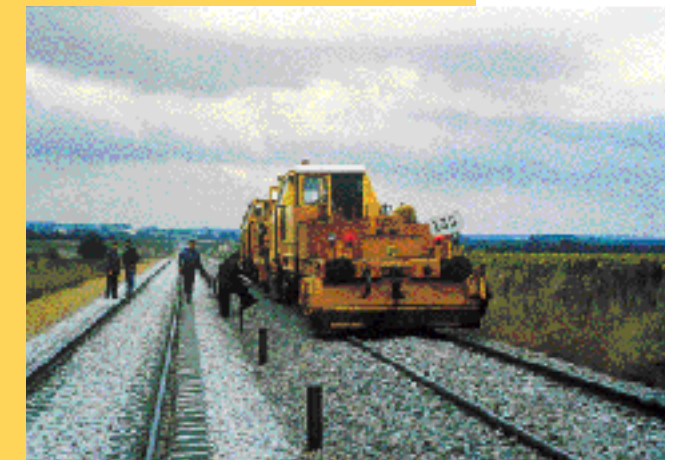
L'autoroute A 432, dans le département du Rhône

VOIES DE CHEMIN DE FER

La réalisation des voies de chemin de fer nécessite une grande quantité de matériaux car les contraintes dues au passage des trains sont différentes de celles des véhicules sur pneus. Les rails sont posés sur des traverses qui les maintiennent au bon écartement. Ces traverses reposent sur le ballast constitué de granulats concassés très durs (de 20 à 55 mm). Le ballast (couche superficielle) recouvre plusieurs couches de granulats. Cet ensemble constitue une assise de cailloux de grande épaisseur et de haute résistance, mais cependant relativement souple pour absorber les vibrations répétées et les chocs dus au passage des trains. Pour le TGV, on utilise les roches les plus résistantes (quartzites, micro-diorites, andésites...).



Mise en place d'une couche de roulement sur une nouvelle route



Pose de ballast sur la ligne du TGV Atlantique



Vue aérienne des pistes de l'aéroport de Nice-Côte d'Azur

Une matière première indispensable

En France, on produit et on utilise annuellement environ 400 millions de tonnes de granulats pour l'ensemble de la construction. Chacun de nous consomme ainsi sept tonnes de granulats par an...

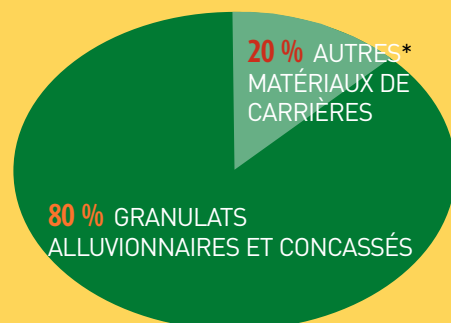
Impossible d'imaginer l'industrie des travaux publics ou du bâtiment sans le recours massif aux granulats, quantitativement la première des matières premières consommée après l'air et l'eau.

TROUVER DES GRANULATS

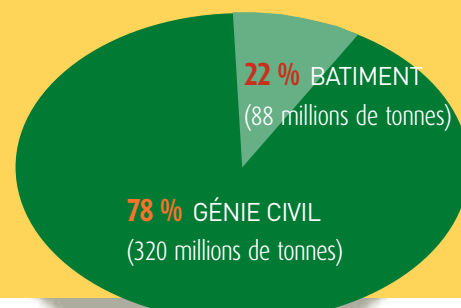
Les granulats, produits en très grandes quantités, sont des matériaux dont le prix d'achat double tous les 50 km à cause des frais de transport, en particulier quand ils sont acheminés par camions, ce qui est une obligation pour l'approvisionnement de nombreux chantiers.

Répartition des matériaux de carrières

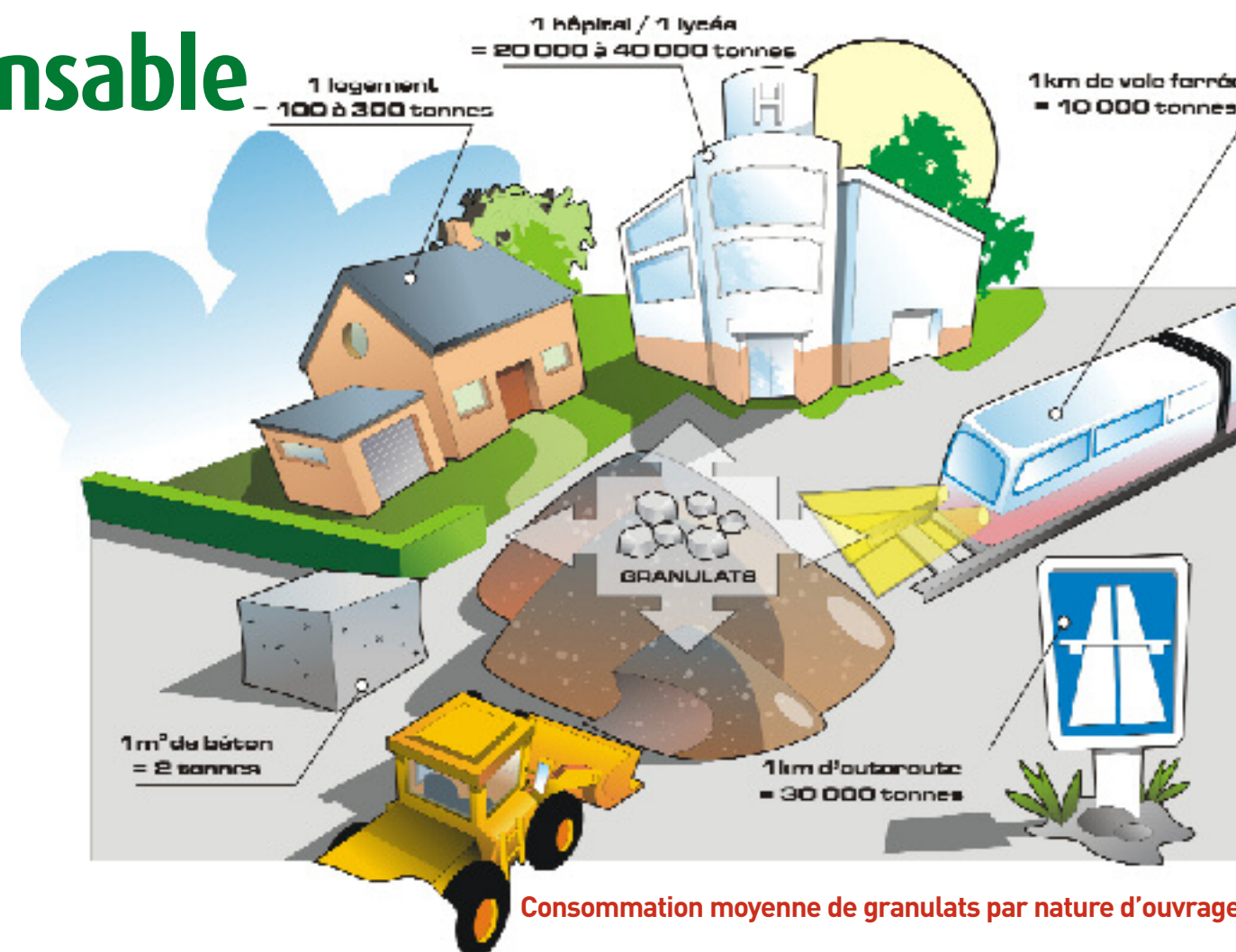
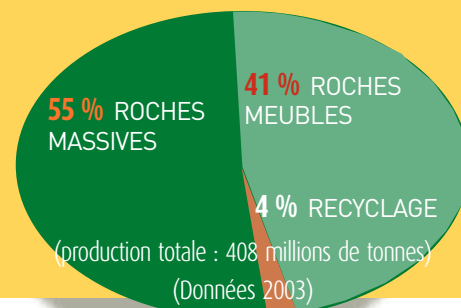
* Pierres de construction (calcaire, grès,...) tuiles, briques, (argile), plâtre, (gypse), verre (silice), autres (kaolin, talc...)



Consommation de granulats par nature d'ouvrage



Consommation par nature de granulats



Consommation moyenne de granulats par nature d'ouvrage

INÉPUISABLES OU NON ?

Les réserves de granulats (alluvionnaires ou massifs) sont quasiment illimitées, mais beaucoup d'entre elles restent inexploitable pour des raisons diverses : inaccessibles, intégrées à des zones urbaines, dans des sites classés ou protégés, exploitation trop coûteuse, sensibilité environnementale...

Trouver, exploiter et restituer à l'environnement des carrières de granulats apparaît comme une nécessité de notre société moderne qui exige à la fois la qualité de vie et la commodité des transports.

Chaque jour, il faut produire un million de tonnes de granulats sur l'ensemble du territoire pour répondre à la demande de l'économie du pays.

Pour ce faire, il faut :

- connaître les matériaux, leur origine géologique, leur répartition géographique,

- préserver l'accès aux réserves exploitables,
- utiliser au mieux les matériaux,
- comprendre les impératifs économiques,
- exploiter les carrières avec des techniques modernes et appropriées,
- se soucier de résoudre l'ensemble de ces problèmes dans un environnement de qualité.

L'exploitation des carrières peut se faire en respectant totalement le cadre naturel, qui plus est, en augmentant parfois son cachet une fois le chantier terminé.

NB : Toutes les valeurs sont données en millions de tonnes pour l'année 2004. Vous pouvez réactualiser ces chiffres chaque année en vous adressant à l'Union Nationale des Producteurs de Granulats (tél. UNPG : 01 44 01 47 01 / www.unicem.fr).

L'extraction des granulats

→ La production des granulats nécessite deux principaux types d'opération : l'extraction et le traitement.

L'extraction des granulats s'effectue dans les carrières qui utilisent des techniques différentes selon qu'il s'agit de roches massives ou de granulats alluvionnaires meubles, exploités à sec ou en milieu hydraulique. Le traitement est réalisé dans des installations de traitement généralement situées sur le site de la carrière. Parfois, les installations peuvent se situer à un endroit différent du site d'extraction.

En général, on retrouve les cinq mêmes principales étapes de production :

- décapage des niveaux non exploitables,
- extraction des matériaux,
- transfert sur les lieux de traitement,
- traitement des granulats pour obtenir les produits finis,
- remise en état du site exploité.

LE DÉCAPAGE (OU DÉCOUVERTE)

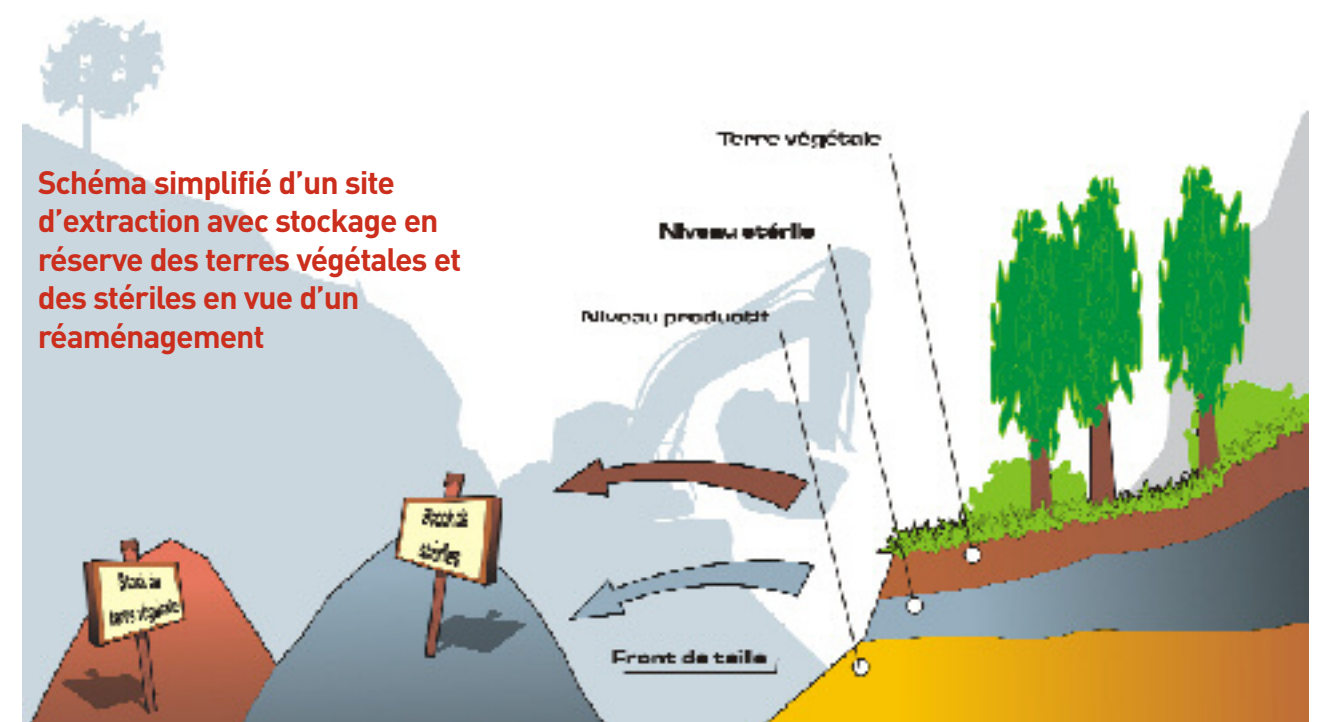
Découvrir, c'est retirer les terrains situés au-dessus des niveaux à exploiter :



Déblaiement d'un front de taille après tir de mine

- terre végétale,
- roches plus ou moins altérées,
- niveaux stériles.

Les matériaux de découverte, terres végétales et matériaux stériles, doivent être stockés indépendamment de façon à pouvoir être utilisés lors du réaménagement de la carrière, sans pour autant gêner les différentes phases de l'exploitation. La prise en compte de la quantité des terrains à découvrir importe dans l'étude d'un gisement. Une découverte jugée trop importante peut éventuellement amener à renoncer à l'ouverture d'une exploitation.



L'EXTRACTION EN TERRAIN MEUBLE

→ En site terrestre (milieu sec)

Quand le gisement de granulats alluvionnaires se situe au-dessus du niveau d'eau (nappe phréatique, eau de la rivière...), on exploite directement les matériaux avec les engins traditionnels de travaux publics tels que pelles ou chargeuses (bulldozers munis d'un large godet basculant). L'extraction peut avoir lieu en fouille (par le haut) ou en butte (par le bas) avec une progression latérale du front de taille.

→ En site immergé (milieu hydraulique)

L'extraction peut être réalisée par des engins flottants : drague à godets, à grappin ou drague suceuse. Dans le cas de sites immergés peu profonds, l'exploitation pourra avoir lieu depuis la rive avec des pelles à câble équipées en drague-line, des pelles hydrauliques ou des excavateurs à godets. Le dragage ramène à la surface le "tout-venant" qui est

ensuite chargé sur bateaux, sur camions ou sur bandes transporteuses en bord de rive.

L'EXTRACTION DES ROCHES MASSIVES

Dans ce type de gisement compact, l'extraction des roches nécessite l'emploi d'explosifs. Les tirs de mine provoquent l'abattage d'une grande quantité de matériaux éclatés. Les éclats de roches (éléments généralement de plusieurs décimètres) sont ensuite chargés et transportés vers le centre de traitement. Procéder à un tir nécessite un plan de tir comprenant :

- le forage de trous (leur disposition, leur nombre),
- le choix des explosifs,
- le déclenchement du tir.

Le tir est placé sous la responsabilité d'un professionnel spécialisé : le "boutefeu". Un tir de mine peut abattre jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de tonnes de roche en seule opération.

Les pelleteuses décapent la terre végétale pour la stocker.



Forage de trous en vue d'un tir de mine



Abattage d'une grande quantité de roches à l'aide d'explosifs



Extraction en terrain meuble



Extraction en site immergé au moyen d'une drague-line



Godet de dragueline déversant des granulats



Le traitement des granulats

Les opérations de concassage, criblage et lavage permettent d'obtenir, à partir du gisement, une gamme très variée de granulats qui répond aux divers besoins techniques.



Chargement d'un dumper pour le transfert des granulats vers les installations de traitement

Les opérations de concassage, criblage et lavage peuvent avoir lieu dans des ordres différents et à une ou plusieurs reprises pour fabriquer des granulats diversifiés à partir de la même roche de départ, qu'elle soit alluvionnaire ou massive.

LE TRANSFERT VERS LES INSTALLATIONS DE TRAITEMENT

La manutention des matériaux entre le lieu d'extraction et le centre de traitement (le plus rapproché possible) s'effectue soit en continu, soit en discontinu.

La manutention continue est assurée par des transporteurs à bandes. La disposition des unités de bandes transporteuses est modifiée en fonction de la progression de l'exploitation. Dans le cas d'extraction en milieu hydraulique, on peut parfois utiliser un système de tuyauteries ou de bandes transporteuses flottantes entre la drague et la berge.



Une bande transporteuse achemine les granulats vers les installations de traitement.



Installation de concassage dans une carrière de roche massive



Triage des granulats sur crible



Lavage des granulats sous une rampe de jets d'eau

La manutention discontinue est assurée par :

- des camions et dumpers pour les extractions terrestres,
- des bateaux ou barges dans le cas d'exploitations immergées assez loin des rives.

LE CONCASSEGE

Les phases de concassage s'effectuent dans des concasseurs qui permettent de réduire, de façon successive, la taille des éléments.

Il existe différents types de concasseurs :

- concasseurs à mâchoires,
- concasseurs à percussion,
- concasseurs à projection centrifuge,
- concasseurs giratoires.

La fabrication des granulats à partir de roches massives nécessite toujours plusieurs opérations de concassage. Dans le cas de granulats alluvionnaires, le concassage ne s'effectue que sur les plus gros éléments (galets, gros graviers) ou dans des cas particuliers.

LE CRIBLAGE

Les opérations de criblage ou de tamisage permettent de sélectionner les grains, le crible ne laissant passer dans ses mailles que les éléments inférieurs à une certaine taille. On peut ainsi, par une succession de criblages, trier les grains et obtenir des granulats de tous les calibres possibles.

LE LAVAGE

Débourber, laver ou dépoussiérer permet d'obtenir des granulats propres. La propreté des granulats est une nécessité industrielle. La présence de boues d'argiles ou de poussières mélangées aux matériaux ou enrobant les grains empêche leur adhérence avec les liants (ciment, chaux, bitume, laitier), ce qui interdit alors leur utilisation. Dans tous les cas, les eaux de lavage sont décantées dans des bassins spéciaux, de façon à pouvoir être réutilisées ou restituées propres à la rivière ou au lac. Les opérations de criblage et de lavage sont souvent réalisées conjointement, une rampe de jets d'eau étant disposée au-dessus du crible.

Le traitement des granulats (suite)

Carrière alluvionnaire



- 1 Dragueline pour exploitation en eau
- 2 Extraction en terrain meuble à sec
- 3 Trémie d'alimentation
- 4 Transfert des alluvions par bande transporteuse
- 5 Criblage
- 6 Stockage intermédiaire
- 7 Lavage des granulats
- 8 Tapis élévateur "sauterelle"
- 9 Stockage en tas
- 10 Reprise sous stock
- 11 Transport par voie d'eau
- 12 Transport par camion
- 13 Pesée sur bascule
- 14 Pilotage de l'installation et bureaux
- 15 Réaménagement du plan d'eau et façonnage des berges

Carrière de roche massive



- 1 Gisement exploitable
- 2 Front de taille
- 3 Blocs de roches issus du tir de mine
- 4 Marteau brise-roche
- 5 Concasseur primaire
- 6 Stockage en tas
- 7 Installation de traitement couverte : concassage secondaire, criblage
- 8 Stockage en silos
- 9 Chargement et transport par train
- 10 Ancienne zone d'exploitation réaménagée

STOCKAGE ET LIVRAISON

En fin de traitement, on obtient des produits de qualité répondant à des critères bien précis en fonction :

- de la nature des granulats (calcaires, siliceux, éruptifs, selon le gisement),
- de la forme des grains (anguleux, arrondis),
- de la nature des opérations : concassé, criblé, lavé...,
- de la granulométrie.

L'exploitant peut être amené à réaliser des mélanges avec des proportions précises pour chaque composant, ceci en vue d'utilisations bien particulières ou pour économiser les gisements.

Une fois réduits, traités et classés, les granulats sont acheminés vers les aires de stockage, soit sous forme de tas individualisés, soit en trémies ou silos.

Différents moyens de transport (train, camion ou péniche) permettent ensuite de les livrer à la clientèle. Ils peuvent être également travaillés sur place dans le cas de l'installation d'une centrale à béton ou d'une centrale d'enrobage au bitume, sur le site même de la carrière.

Vue d'ensemble des installations de traitement d'un site de granulats alluvionnaires



Partout où c'est possible, la voie d'eau est utilisée pour le transport des granulats.



Certaines carrières sont directement reliées au réseau ferré, ce qui permet le transport des granulats par train.



Reprise des granulats sur stock pour livraison par la route

SUIVI DE PRODUCTION

Tout au long du processus de fabrication, on procède à des opérations régulières de contrôle de qualité portant sur différents paramètres (dureté, calibrage, propreté, respect des normes...).

Granulats et **qualité**

→ Comme tous les produits entrant dans la constitution d'ouvrages à hautes performances, les granulats doivent répondre à des critères de qualité.

La nature minérale des granulats est souvent un critère fondamental de leur utilisation, chaque roche possédant des caractéristiques spécifiques de solidité, de résistance à la compression, au gel... ou des propriétés chimiques compatibles ou non avec tel liant ou tel usage.

La principale caractéristique des granulats est leur taille.

Les producteurs sont en mesure de fournir des produits parfaitement calibrés. Le calibrage n'est jamais une taille exacte, mais une fourchette plus ou moins large obtenue à l'aide des opérations de concassage et de criblage.

Ainsi, la fourchette granulométrique "granulats 6/10" signi-

fie qu'il s'agit de granulats dont la taille des éléments est comprise entre 6 et 10 mm. Il est possible de mélanger les granulats en fonction de leur usage.

En juin 2004, un système européen de maîtrise de la production des granulats a été mis en place : le marquage CE. Ce marquage, d'application obligatoire, signifie que les caractéristiques des produits sont déclarées par le producteur sur la base d'essais réalisés sur ses produits. Tout granulats non "marqué CE" ne peut être commercialisé en tant que tel dans l'espace communautaire européen.

LA QUALITÉ DES PRODUITS

Éléments constitutifs primordiaux du bâtiment, du génie civil et des travaux publics, **les granulats doivent être conformes à des normes** (françaises et européennes) dans lesquelles les caractéristiques contrôlées et les niveaux de valeurs recherchés dépendent de la nature de l'ouvrage, mais également des modes de mise en œuvre. La régularité du produit est essentielle.

Depuis 1992, les exploitants de carrières se sont donné les moyens de promouvoir la qualité industrielle de leurs produits, par leur certification. L'ATCG (Association technique pour la certification des granulats) assure cette fonction.

La certification nécessite de mettre en œuvre dans chaque site de production un système de contrôle de la qualité tout au long de l'élaboration du granulats. Conformément aux normes, ce contrôle comporte, entre autres, des tests sur le produit fini (dureté, propreté, granulométrie...). La mise en place d'un système de qualité permet de s'assurer de la conformité aux normes de la totalité de la production et pas seulement du lot contrôlé.

Carrières et **environnement**

→ L'exploitation des carrières et leur remise en état sont rigoureusement encadrées par des lois.

Depuis janvier 1993, les carrières sont soumises à la loi sur les installations classées pour la protection de l'environnement. Elles doivent donc respecter des réglementations très exigeantes.

La gestion d'une carrière de granulats comprend trois étapes principales qui sont :

- la procédure d'ouverture,
- l'exploitation,
- et la fermeture du site.

L'OUVERTURE D'UNE CARRIÈRE

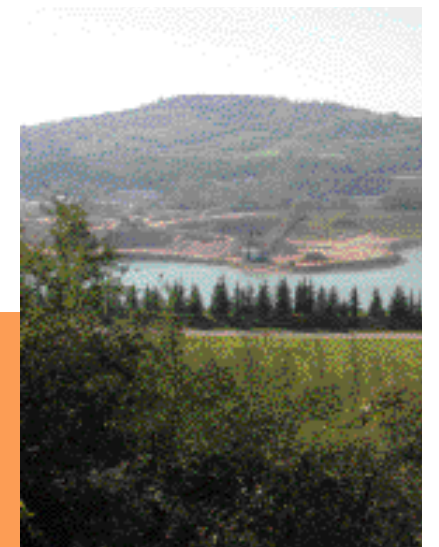
L'ouverture ou l'extension d'une carrière fait aujourd'hui l'objet d'une démarche administrative très détaillée comprenant :

- une étude d'impact,
- une enquête publique préalable,
- une instruction administrative.

L'étude d'impact prévoit le mode d'exploitation, ses effets sur l'environnement, les mesures proposées pour y remédier et le projet de réaménagement du site en fin d'activité.

L'enquête publique permet d'associer l'ensemble des populations concernées en présentant les projets d'exploitation.

L'instruction administrative est menée sous l'autorité du préfet et débouche sur l'autorisation d'exploiter dans le cadre du schéma départemental des carrières. La loi du 4 janvier 1993 sur les carrières fait obligation à l'exploitant de constituer, dès le début de l'exploitation, des garanties financières destinées à assurer la remise en état du site.



Exploitation avec réaménagement coordonné

L'EXPLOITATION

Pendant l'exploitation, l'exploitant est contraint de respecter des engagements portant sur :

- les techniques et le phasage des opérations d'extraction et de traitement,
- le réaménagement progressif du site,
- les contraintes environnementales,
- l'hygiène et la sécurité des personnes.

Les activités de carrières sont soumises à des contrôles réguliers de la part d'organismes officiels comme la DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie et de l'Environnement).

Le réaménagement progressif du site nécessite de respecter un plan d'exploitation de façon à diminuer au maximum l'impact sur l'environnement :

- gestion des zones découvertes et des terres végétales,
- localisation des fronts de taille,
- positionnement des installations.

LA FERMETURE DU SITE

Pour la fermeture du site, différentes solutions peuvent être adoptées en fonction du type de carrière, de l'environnement du site et des besoins locaux.

Une fois le site totalement remis en état, il est rendu à ses propriétaires pour reprise des activités antérieures (agriculture, forêt...) ou confié à une société de gestion (zone de loisirs, espace naturel...).



Analyse des granulats en laboratoire

Réaménagement des carrières

Le réaménagement des carrières permet de réaffecter les sites à des usages utiles à la société – agriculture, loisirs, réserves naturelles – dans le contexte d'un développement durable.



Exemple de réaménagement en base de loisirs : la carrière de Baudreix (Pyrénées-Atlantiques)

Le réaménagement des carrières s'effectue progressivement, tout au long des phases d'exploitation, jusqu'à la fermeture du site. Aujourd'hui, le mode de réaménagement n'est plus une décision prise a posteriori. Il est défini par l'étude d'impact et précisé dans l'autorisation d'exploiter avant l'ouverture du site.

Parenthèse dans le temps et dans l'espace, l'activité d'une carrière et son réaménagement participent à la valorisation d'un milieu et du paysage qui lui est associé. Le réaménagement d'une carrière favorise souvent le développement d'une flore et d'une faune diversifiées.

D'anciennes carrières ont d'ailleurs été classées en ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique) grâce aux travaux des exploitants de carrières.

Dans tous les cas, les projets de remise en état et de réaménagement sont élaborés par les industriels en concertation avec :

- les propriétaires,
- les communes,
- les riverains,
- les associations,
- les pouvoirs publics...

L'ensemble de ces partenaires doit s'entendre pour une gestion économe du "patrimoine carrière".

En matière de réaménagement, on peut envisager plusieurs solutions qui dépendent :



La modélisation permet de proposer divers projets de réaménagement. Sur la photo de droite, un réaménagement agricole a été envisagé pour la carrière en cours d'exploitation (à gauche).

en premier lieu, **du type de carrière** :

- carrière en eau, profonde ou peu profonde (une carrière en eau peut éventuellement être remblayée et devenir un terrain sec),
- carrière à sec à flanc de coteau ou en fosse plus ou moins profonde ;

en second lieu, **de l'environnement du site** :

- site urbain,
- site rural...

TYPE ET CARACTÉRISTIQUES		CRITÈRES D'ENVIRONNEMENT	POSSIBILITÉS D'AMÉNAGEMENT
CARRIÈRES EN EAU			
Faible profondeur d'eau		Rural	Réserve ornithologique - Chasse du gibier d'eau Réserves d'eau - Mise hors d'eau et réutilisation agricole ou sylviculture
		Périurbain et urbain	Coupure dans l'urbanisation - Remblayage partiel ou total pour utilisation en zones vertes et de loisirs ou en zones constructibles
Profondeur d'eau moyenne ou forte		Rural	Pêche de loisir - Pisciculture - Baignade - Barque et canotage - Port de plaisance - Bassin d'infiltration - Bassin de stockage
		Périurbain et urbain	Plan d'eau (lotissement au bord de l'eau) - Port industriel - Port de plaisance - Bases de loisirs polyvalentes
CARRIÈRES À SEC			
En fosse		Rural	Reconstitution du terrain - Reverdissement agricole - Reboisement - Réserve naturelle
		Périurbain et urbain	Remblayage - Coupures vertes - Parc - Zone d'habitation - Zone industrielle - Lac artificiel
À flanc de relief	Parois meubles	Tous environnements	Mise en végétation
	Parois rocheuses	Vues éloignées Vues rapprochées	Confortement et traitement de la paroi Talus végétalisé
	Fond de carrières	Rural	Mise en végétation (prairie, agriculture, sylviculture) - Réserve naturelle
		Urbain ou périurbain	Parc de verdure - Parc de véhicules - Zone industrielle - Zone de loisirs - Terrain de sport

Paysage réaménagé dans une boucle de la Seine (Guernes, Yvelines)

Réaménagement des carrières (suite)

CRÉATION D'UNE ZONE ORNITHOLOGIQUE

Ce type d'aménagement nécessite de nombreux façonnages adaptés pour permettre l'implantation d'une grande diversité d'espèces d'oiseaux, sédentaires ou migrateurs.

Il faut notamment :

- créer des îles et des zones refuges,
- adapter les contours des rives,
- taluter les berges suivant des pentes différentes,
- diversifier la végétation : arbres, arbustes, hautes herbes, pelouses, roselières...

BASE DE LOISIRS

La création d'un lac valorise l'environnement et permet divers aménagements : baignade, canotage, planche à voile, promenade, aire de repos...

L'aménagement nécessite une importante préparation du site et des berges.

REBOISEMENT – RÉAMÉNAGEMENT FORESTIER

Avec ou sans comblement des anciennes carrières, ce type de réaménagement permet d'augmenter le potentiel forestier d'une région. Il nécessite la remise en place des terres arables fertiles, leur régalage, le drainage des sols et la plantation de dizaines de milliers de jeunes pousses d'espèces adaptées aux conditions locales.



- 1 Îlots aménagés dans la carrière alluvionnaire de Barbey (Seine-et-Marne)
- 2 Base de loisirs de Vinneuf (Yonne)
- 3 À Bernières-sur-Seine (Eure), plus d'un million d'arbres d'essences variées ont été plantés sur 300 ha.



ÉTANG DE PÊCHE

Pendant l'exploitation, l'industriel a le souci de créer des contours sinueux dans les futures berges de façon à favoriser des implantations de diverses espèces végétales et piscicoles et à permettre le développement de nombreuses niches écologiques.

Les abords sont prévus pour faciliter l'accès des pêcheurs. Il faudra également veiller à ce que la profondeur d'eau nécessaire soit suffisante pour éviter l'assèchement.

REMISE EN ÉTAT À DES FINS AGRICOLES

En milieu rural, dans un site "hors d'eau", on procède souvent à une remise en état des sols en vue d'un usage agricole. Cette opération s'effectue surtout dans des carrières peu profondes pour éviter l'ombre de trop grandes parois latérales. Les travaux portent sur la rectification et le talutage des parois, le drainage des fonds et la remise en place des terrains de découverte ainsi que de la terre végétale. Le réaménagement agricole s'effectue généralement en même temps que la progression de l'exploitation.



- 4 Longueil-Sainte-Marie (Oise), les étangs de l'Abbaye permettent de pratiquer la pêche sportive
- 5 Aménagement paysager avec terrassements et reboisement à Millery (Rhône)
- 6 Remise en place de la terre végétale en vue d'un réaménagement agricole à Baccon (Loiret)
- 7 Champ de blé dans l'ancienne carrière du Logis-Neuf (Drôme)



Les métiers de l'industrie du granulat

Acteur essentiel pour l'économie du pays, l'industrie du granulat propose des métiers variés au sein d'entreprises à taille humaine



CONDUCTEUR D'ENGINS DE CHANTIER

Le conducteur d'engins exerce son activité dans les carrières ou sur des chantiers de travaux publics, que ce soit aux manettes d'une pelle hydraulique, d'un bouteur qui pousse les matériaux ou aux commandes d'une chargeuse ou d'un dumper qui transporte les matériaux. Il définit la zone d'évolution de l'engin et réalise les opérations d'extraction, de chargement, de terrassement ou de finition.

Le conducteur d'engins s'occupe également de la maintenance préventive de son engin : surveillance du niveau des différents fluides utilisés, contrôle de la tension des chaînes et vérification de l'état des pièces d'usure (freins, embrayage...).

DIPLÔMES REQUIS

- CAP conduite d'engins de travaux publics
- CQP(*) de conducteur d'engins de carrières
- BAC professionnel travaux publics
- BP conducteur d'engins de chantier de travaux publics



MÉCANICIEN D'ENGINS DE CHANTIER

Intervenant sur le chantier ou en atelier, le mécanicien d'engins de chantier assure la maintenance préventive et corrective des pelleteuses, camions et décapeuses.

A lui de localiser les dysfonctionnements et d'effectuer les réglages et les dépannages. Il joue un rôle clé dans les secteurs des travaux publics et des carrières. La technologie des moteurs et des transmissions mécaniques n'a pas de secret pour lui. Il peut travailler en extérieur par tous les temps, mais aussi dans un atelier équipé. Quel que soit son lieu d'exercice, il doit respecter les règles de sécurité et les consignes environnementales : traitement des déchets, recyclage des huiles...

DIPLÔMES REQUIS

- CAP mécanicien d'engins de chantier de travaux publics
- BEP agent de maintenance de matériel
- BAC professionnel maintenance des matériels, option travaux publics et manutention

PILOTE D'INSTALLATIONS DE TRAITEMENT DES GRANULATS

Ce professionnel est chargé de la production de granulats et il est responsable d'une chaîne de traitement : surveillance de la fabrica-



tion, stockage des produits, entretien de l'installation...

À lui également d'effectuer l'entretien habituel de l'installation, de procéder aux dépannages courants et, le cas échéant, de faire appel au service de maintenance.

Son travail consiste aussi à surveiller l'alimentation en matériaux (sable, cailloux), le fonctionnement des installations et l'évacuation des granulats.

Le contrôle de la qualité de la production est également de son ressort de même que le stockage des produits.

DIPLÔMES REQUIS

- CQP(*) pilote d'installations de traitement des granulats
- MC(**) exploitation de carrières et traitement des granulats
- Titre professionnel de technicien de production, option granulats
- CAP ou BEP des secteurs de la mécanique, de l'électricité, de la serrurerie, de la chaudronnerie
- BAC professionnel maintenance des systèmes mécaniques automatisés (MSMA)



CHEF DE CARRIÈRE

Le chef de carrière est le responsable de l'exploitation d'un gisement (sables, graviers, roches diverses...).

C'est lui qui organise la production : il planifie et contrôle les différents travaux de découverte et d'extraction,

ainsi que le traitement et la livraison des matériaux. Son but est d'optimiser le rendement de son site. À lui, donc, de bien gérer les personnels. À lui également, de s'occuper des matériels, d'élaborer le budget et de suivre les dépenses.

Le chef de carrière doit veiller à ce que les règles de sécurité et de prévention des risques soient respectées aussi bien par le personnel de la carrière que par les sous-traitants.

Un métier au carrefour des domaines technique et commercial, de la gestion, de la sécurité et de l'environnement.

DIPLÔMES REQUIS

- CQP(*) chef de carrière
- MC(**) exploitation de carrières et traitement des granulats
- Licence professionnelle pierres et granulats.
- BTS hygiène propreté environnement

ANIMATEUR ENVIRONNEMENT

Partageant son temps entre le bureau et le site d'exploitation, l'animateur environnement a pour mission d'insérer au mieux la carrière de granulats dans son environnement en veillant au respect de la réglementation. Sa mission : mettre en œuvre une politique environnementale



en tenant compte des exigences réglementaires, mais aussi des buts fixés par la direction de son entreprise.

L'animateur environnement définit des objectifs à partir des écarts constatés, propose l'organisation des actions correctives et préventives, participe au choix des indicateurs environnementaux, les met en œuvre et en surveille le bon fonctionnement. Expliquer aux différents professionnels qui travaillent dans la carrière les contraintes liées à la prise en compte de l'environnement est également de son ressort. Mobilité, aptitude rédactionnelle, diplomatie et pédagogie sont demandées pour exercer ce métier.

DIPLÔMES REQUIS

- BTS hygiène propreté environnement
- CQP(*) animateur sécurité environnement

(*)CQP : Certificat de qualification professionnelle
(**)MC : Mention complémentaire

POUR TOUTES INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES, consultez le site www.cemafor.fr ou contactez l'ONISEP - Office National d'Information Sur les Enseignements et Professions 12, mail Barthélémy Thimonnier 77437 Marne-la-Vallée cedex 2 - Tél. : 01 64 80 35 00 www.onisep.fr



Les Granulats

■ GÉOLOGIE ■ INDUSTRIE ■ ENVIRONNEMENT

Dossier réalisé dans le cadre de la Convention générale de
Coopération signée avec le ministère de l'Education nationale, de
l'Enseignement supérieur et de la Recherche et l'UNICEM

Conseiller technique : Union Nationale des Producteurs de Granulats

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2006
5^e édition réactualisée en décembre 2005



UNPG : 3, rue Alfred Roll - 75849 Paris Cedex 17
Tél. : 01 44 01 47 01 - Fax : 01 46 22 59 74
unpg@unicem.fr - www.unicem.fr/unpg