

BUREAU D'INFORMATIONS
ET DE
PRÉVISIONS ÉCONOMIQUES

B. I. P. E.

122, avenue de Neuilly
NEUILLY-SUR-SEINE - 92
SABlons 06-00

LA STRUCTURE DES TRANSPORTS DE GRANULATS EN 1985

Etude effectuée pour le

SERVICE DES AFFAIRES ECONOMIQUES ET INTERNATIONALES
DU MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DU LOGEMENT

OCTOBRE 1968

S O M M A I R E

Introduction	3
<u>Chapitre 1</u> : La structure des transports de granulats en 1965	5
I - Définition des granulats	6
II - Les transports de granulats en 1965	9
A - L'exploitation des statistiques de transport	9
B - Les enseignements recueillis sur les distances de transport	13
C - Les enseignements recueillis sur les flux de transport	18
III - La classification des granulats retenue pour la prévision à long terme	47
A - La comparaison entre la production et les chargements	47
B - La classification retenue pour la prévision à long terme	50
<u>Chapitre 2</u> : Les matériaux durs utilisés dans les couches de roulement des routes	53
I - L'évolution de la consommation de matériaux utilisés dans les couches de roulement des routes jusqu'en 1985	55
A - La consommation de granulats dans les couches de roulement des routes en 1965	56

B - La consommation de granulats dans les couches de roulement des routes en 1985	58
C - La consommation de matériaux durs pour les couches de roulement des routes en 1985 par région	63
II - L'approvisionnement en matériaux durs utilisés dans les couches de roulement des routes en 1985	64

Chapitre 3 : Les granulats utilisés dans les couches de base et de fondation des routes, dans la confection du béton et dans les autres emplois

I - La consommation de granulats dans les couches de base et de fondation des routes, dans la confection du béton et dans les autres emplois en 1985	69
A - La consommation de granulats dans les couches de base et de fondation des routes	69
B - La consommation de granulats pour la confection du béton	77
C - La consommation de granulats dans les autres emplois en 1985	85
II - Les possibilités d'approvisionnement en granulats ordinaires en 1985	90
A - Les problèmes généraux posés par les réserves de matériaux	90
B - Le problème des approvisionnements en granulats dans les régions en 1985	97

Chapitre 4 : La structure prévisible des transports de granulats en 1985

I - Les flux de transport des granulats utilisés dans les couches de base et de fondation des routes, dans la confection du béton de ciment et dans les autres emplois ...	107
A - L'approvisionnement des régions autres que la Région parisienne	107

B - L'approvisionnement de la Région parisienne	121
C - Les installations de réception	136
II - Les flux de transport des matériaux durs utilisés dans les couches de roulement des routes	140
A - L'approvisionnement des régions pauvres en matériaux de carrière	141
B - L'approvisionnement des régions riches en matériaux de carrière	152
C - Les installations de réception	152
<u>Conclusion</u>	155

I N T R O D U C T I O N

L'étude de la structure prévisible des transports de granulats, à l'horizon 1985, est intéressante à entreprendre pour deux motifs : l'un a trait aux tonnages qui seront transportés -plus de 500 millions de tonnes-, l'autre aux modifications qui pourront intervenir à long terme dans les flux actuellement recensés, donc dans les modes de transport empruntés.

L'établissement d'une prévision se heurte cependant aux difficultés inhérentes à la fois aux conditions de production et d'emploi de ces matériaux -très grand nombre de centres d'extraction et d'utilisateurs- et à l'imperfection des données statistiques -production en partie non recensée, transports routiers connus de manière assez approximative.

Toutefois, notre tâche a été facilitée par les travaux déjà effectués au B.I.P.E. sur la reconstitution des marchés régionaux de granulats, ainsi que sur la structure des transports de ciment en 1985.

Pour mener à bien une prévision à long terme, il faut pouvoir définir, malgré la diversité des modes de production, des natures de matériaux et de leurs destinations finales, des critères permettant d'isoler des ensembles homogènes du point de vue des flux de transport.

L'analyse, dans un premier chapitre, de la situation actuelle des transports nous permettra d'opérer ces choix fondamentaux pour la poursuite de l'étude.

Nous verrons que deux groupes de matériaux peuvent être ainsi isolés :

- les matériaux durs utilisés dans les couches de roulement des routes ; l'étude de leur consommation en 1985 et des sources possibles d'approvisionnement fera l'objet du second chapitre ;

- les granulats liés au ciment ou utilisés dans les couches de base et de fondation des routes ; l'étude de leur consommation en 1985 et des sources possibles d'approvisionnement fera l'objet du troisième chapitre.

La confrontation de l'offre et de la demande de chacun de ces deux groupes de matériaux permettra alors dans le quatrième chapitre de déterminer la structure prévisible des transports de granulats en 1985.

L'accent sera plus particulièrement mis, d'une part sur l'approvisionnement de la région parisienne, la plus susceptible de voir ses ressources épuisées en 1985 ; d'autre part sur les transports lourds -trains complets et voie navigable- les mieux adaptés au transport des matériaux en quantités massives des centres de production aux centres de distribution.

Ainsi, ce document comprendra quatre chapitres :

Chapitre 1 : La structure des transports de granulats en 1965

Chapitre 2 : Les matériaux durs utilisés dans les couches de roulement des routes

Chapitre 3 : Les granulats utilisés dans les couches de base et de fondation des routes, dans la confection du béton de ciment et dans les autres emplois

Chapitre 4 : La structure prévisible des transports de granulats en 1985.

* *

Cette étude a été effectuée à la demande du Service des Affaires Economiques et Internationales du Ministère de l'Equipement. Elle a été réalisée sous la direction de M. F. Champcyrol, par MM. G. Bensafid et B. Hyon.

Chapitre 1

LA STRUCTURE DES TRANSPORTS DE GRANULATS EN 1965

Afin de pouvoir analyser les données disponibles sur la structure des transports de granulats en 1965, nous adopterons une première nomenclature de ces produits, cette nomenclature étant celle qui permet le mieux de rendre compte de la situation actuelle des transports par rapport au marché régional de ces matériaux.

Mais nous verrons qu'une telle classification des produits ne conduit pas à isoler pour chaque nature de matériaux et pour chaque type de transport des critères significatifs susceptibles de conduire à une prévision à long terme.

Cependant, nous pourrions trouver dans les résultats de cette analyse menée sous cette forme des éléments de décision pour fonder un nouveau regroupement des produits permettant d'entreprendre cette fois une prévision à long terme.

Ce chapitre comportera donc trois sections :

- I - Définition des granulats
- II - Les transports de granulats en 1965
- III - La classification des granulats retenue pour la prévision à long terme.

I - DEFINITION DES GRANULATS

Une définition générale consiste à dire des granulats que ce sont des matériaux qui ont en commun de servir à la construction d'ouvrages de bâtiment et de génie civil.

Cependant deux définitions plus détaillées des granulats peuvent être proposées, suivant qu'on prend en considération la provenance ou la destination des matériaux.

En prenant en considération leur provenance, on peut regrouper dans les granulats trois types de matériaux (1) :

Les sables et graviers d'alluvions

Ce sont en général des fragments "roulés" dans le lit des fleuves. Ils sont susceptibles de subir un concassage. Ces granulats constituent la majorité de ceux qui sont utilisés avec le ciment pour la réalisation du béton mis en oeuvre dans les ouvrages de bâtiment et de génie civil ; ils sont cependant également employés en viabilité (2).

Les matériaux concassés de carrière

Ce sont le plus souvent des éléments provenant du concassage ou du broyage de roches d'origine éruptive, cristallophyllienne ou calcaire. Ces granulats constituent l'essentiel d'un ensemble de produits appelés généralement par les utilisateurs "matériaux de viabilité". Ils sont destinés à servir de ballast, de matériaux pour les chaussées, les pistes d'aérodromes et certains ouvrages de voirie enrobés ou à sec ; ils sont également employés en liaison avec le ciment pour la réalisation du béton.

(1) Cf. "Les flux de transport de granulats en 1965" B.I.P.E. - Décembre 1967

(2) Cf. "Analyse des consommations de la branche bâtiment et génie civil - La consommation de granulats - Le marché national pour la période 1963-1966 - Essai d'approche du marché régional pour les années 1963 à 1965" - B.I.P.E. - Octobre 1966.

Les sous-produits industriels

On entend principalement par sous-produits industriels le laitier concassé provenant de la réduction du minerai de fer dans les hauts fourneaux.

En prenant en considération leur emploi, on peut regrouper dans les granulats deux types de matériaux :

- les granulats liés au ciment : ce sont soit des sables et graviers d'alluvions, soit des matériaux concassés de carrière.
- les matériaux de viabilité qui peuvent être également soit des sables et graviers d'alluvions, soit des matériaux concassés de carrière, mais qui incluent également certains sous-produits industriels dont le laitier concassé.

Les statistiques officielles de transports du ministère de l'Équipement incluent dans le numéro de section 6 de la N.S.T. (1) les "minéraux bruts ou manufacturés et les matériaux de construction". Les granulats regroupent certains produits des sous-sections 61 et 63.

Ainsi, les statistiques de transports par route consultées pour 1965 concernent le transport des marchandises suivantes :

Numéro de code N.S.T.	Nature des marchandises
612	Sables communs et graviers
631	Pierres concassées, cailloux, macadam, tarmacadam.

(1) Nomenclature statistique des transports

Les statistiques de transports par voie d'eau consultées concernent le transport des marchandises suivantes :

Numéro de code N.S.T.	Nature des marchandises
6 121	Graviers de carrière
6 122	Graviers de mer
6 123	Graviers de rivière
6 124	Sable de carrière
6 125	Sable de mer
6 126	Sable de rivière
6 311	Cailloux de carrière
6 312	Cailloux de rivière
6 313	Déchets de carrière
6 314	Enrochement
6 315	Galets de mer
6 316	Gravillons de carrière
6 317	Gravillons de rivière
6 318	Pierres concassées
6 319	Laitier concassé

Les statistiques de transports par voie ferrée consultées concernent le transport des marchandises suivantes :

Numéro de code N.S.T.	Numéro de code S.N.C.F.	Nature des marchandises
612	2 024	Sable commun et graviers
631	1 931	Cailloux
631	1 963	Laitier de hauts fourneaux pour empierrement des routes
631	1 972	Matériaux d'empierrement goudronnés
631	1 993	Pierres à macadam

La distinction entre granulats, en considération de leur provenance, prévaut donc dans la nomenclature officielle des transports. Nous ne nous en écarterons donc pas, tout au moins dans un premier temps

II - LES TRANSPORTS DE GRANULATS EN 1965

Le lieu de dragage du matériau alluvionnaire, de concassage du matériau de carrière, de production du laitier de haut fourneau est dans la quasi-totalité des cas différent du lieu de leurs emplois. Aussi chacun de ces types de granulats doit-il emprunter un moyen de transport -sinon deux- avant d'être livré à l'utilisateur.

Lors de ce transport du lieu de production au lieu de consommation, les trois grands moyens de transports terrestres -route, voie navigable, voie ferrée- sont exclusivement ou non utilisés.

Aussi avons-nous tenté d'appréhender la structure des transports de granulats en 1965 par l'intermédiaire des statistiques provenant de l'enquête par sondage du S.A.E.I. pour les transports routiers, des statistiques de l'O.N.N. pour les transports fluviaux, des statistiques de la Direction commerciale et de la Direction du Mouvement de la S.N.C.F. pour les transports par voie ferrée (1).

A - L'EXPLOITATION DES STATISTIQUES DE TRANSPORT

Nous avons préalablement distingué les trois types de granulats énoncés plus haut. Il nous est alors possible de construire un tableau indiquant au niveau national le volume global des tonnages transportés par type de granulats et par moyen de transport -excepté le

(1) dont une exploitation a déjà été faite par le B.I.P.E. en décembre 1967.

volume de laitier transporté par route que nous n'avons pu saisir puisque les statistiques routières ne distinguent pas le laitier des matériaux concassés.

Année 1965	En milliers de tonnes			
	Moyens de transport	Alluvionnaires	Concassés	Laitier
Route	193 910	112 760		
Voie fluviale*	30 100	285		25
Voie ferrée	200	2 600		2 600
* Nous n'avons pas pris en compte les 254 000 tonnes empruntant les voies navigables intérieures en transit. La ventilation des produits transportés par voie navigable entre alluvionnaires et concassés a été effectuée page 28				

Une estimation des tonnages de laitier transportés par route a été opérée à partir du tonnage de production de l'année 1965. En effet, en supposant que toute quantité produite a quitté l'usine par voie ferrée ou par camion -la voie navigable n'est quasiment pas utilisée lors du transport de laitier concassé- et en supposant que toute tonne transportée par voie ferrée a été reprise par camion entre la gare de destination et le lieu de consommation, les tonnages de laitier transportés par route s'élèvent à :

Tonnages transportés par voie ferrée et voie navigable et ayant subi une rupture de charge	2 614 000 t
+ Tonnages transportés par route au départ des usines ...	4 886 000 t
= Tonnage total produit	7 500 000 t

Le tableau précédent peut alors être complété de la manière suivante, après que nous ayons défalqué les transports routiers de laitier des tonnages de concassés transportés par route :

Année 1965		En milliers de tonnes		
Moyens de transport	Alluvion- naires	Concassés	Laitier	Total
Route	193 910	105 260	7 500	306 670
Voie d'eau	30 100	285	25	30 410
Voie ferrée	200	2 600	2 600	5 400
Total	216 550	108 070	10 100	342 480

Ces statistiques prises dans leur état brut obligent à une première constatation : la très nette prédominance des transports par route dans les transports totaux de granulats, exception faite toutefois des laitiers. Mais ceux-ci représentent une si faible part des transports totaux -moins de 3 %- qu'ils ne peuvent à eux seuls remettre en cause cette constatation.

Il serait intéressant de chercher les motifs qui expliquent une telle importance des transports routiers.

Les granulats sont un matériau peu coûteux qui ne supporte que très difficilement et seulement dans des conditions exceptionnelles deux faits techniques qui grèvent le prix du transport de n'importe quelle marchandise : la rupture de charge et la reprise. Aussi, dans la limite du possible, les exploitants, qu'il s'agisse des sabliers, des propriétaires de carrières terrestres ou des producteurs de laitier, s'efforcent-ils de livrer la marchandise directement sur le chantier de construction de bâtiment ou de génie civil.

Or ces chantiers sont dispersés géographiquement, qu'il s'agisse de construction d'immeubles ou de construction de routes, cette dernière faisant beaucoup plus appel à une notion de surface en construction qu'à une notion ponctuelle, comme c'est le cas d'une construction immobilière.

Dispersés géographiquement, ces chantiers obligent à l'adoption d'un moyen de transport souple, capable de s'adapter instantanément à la demande : le camion.

Cela n'exclut pas l'utilisation de la voie navigable ou de la voie ferrée lors du transport de granulats. Cependant le rôle de chacun de ces moyens de transport est limité dans la majeure partie des cas à l'approvisionnement, non pas des chantiers, mais des relais de distribution situés au coeur des grandes villes.

La mission de ces derniers est d'une part d'amortir les aléas de la demande -stockage dans le temps- et d'autre part de limiter au maximum la distance que le camion aura à accomplir en parcours terminal en même temps que de donner la possibilité au producteur ou au négociant de répondre sur le champ à une demande.

Ainsi, et sauf cas très exceptionnel -chantier de travaux publics dont l'importance justifie un embranchement au réseau de chemin de fer, centrale à béton située en bordure de la voie d'eau- le camion est-il toujours utilisé lors de l'acheminement de granulats, que ce soit du centre d'extraction ou de production au centre de consommation ou du relais de distribution au centre de consommation -le relais de distribution étant, lui, alimenté par voie ferrée ou par voie navigable.

Ce schéma très général des transports ayant été brossé, il nous faut examiner les caractéristiques propres à chaque moyen de transport.

Les caractéristiques spécifiques aux transports de granulats sont de deux types : celles se rapportant aux distances de transport, celles se rapportant aux flux -en tonnage et en direction.

B - LES ENSEIGNEMENTS RECUEILLIS SUR LES DISTANCES DE TRANSPORT

Il nous faudra examiner successivement les distances parcourues par chaque mode en essayant d'en tirer, plus que des enseignements chiffrés, des enseignements qualitatifs susceptibles de nous guider pour une meilleure approche des transports en 1985.

1°) Les distances parcourues par voie ferrée

Il nous a été possible à partir des statistiques de la S.N.C.F. de construire, pour l'année 1965, un tableau indiquant les tonnages transportés en fonction des distances (cf. graphique ci-après).

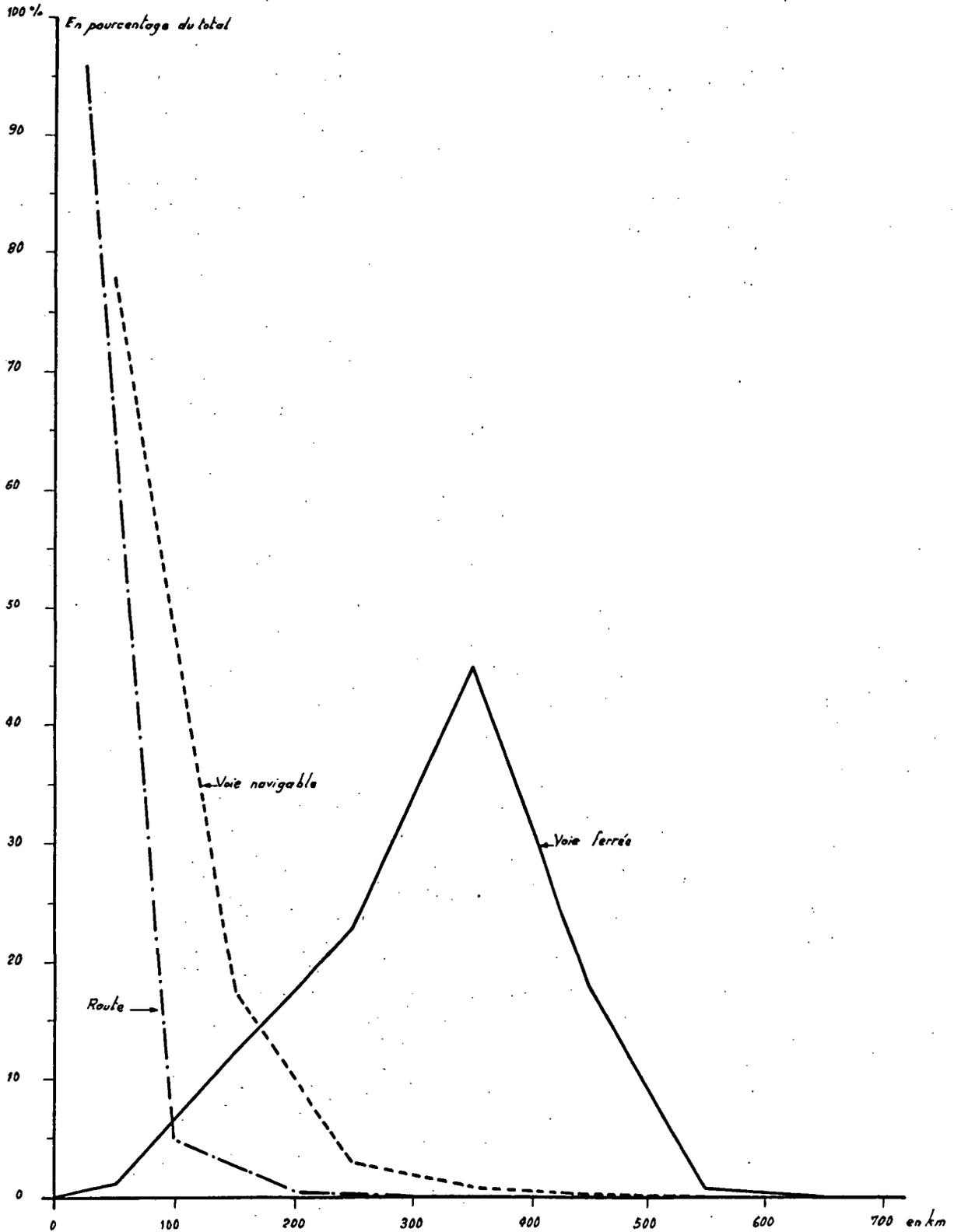
Coupures de distance	En milliers de tonnes	En %
Moins de 100 km	60	1,1
100 à 200 km	680	12,6
200 à 300 km	1 240	22,9
300 à 400 km	2 440	45,2
400 à 500 km	960	17,8
Au-delà de 500 km	20	0,4
Total	5 400	100

A partir des flux inter ou intrarégionaux les plus importants en tonnage acheminé (plus de 10 000 tonnes) et dont le volume global s'élève à 5 206 000 tonnes, il nous a été possible de calculer d'une manière plus fine la distance moyenne parcourue par chemin de fer.

Ces 5 206 000 tonnes -qui forment la quasi-totalité des flux importants acheminés par trains complets- ont donné naissance à un volume de tonnes-kilomètres égal à 1 469 000 000. La distance moyenne parcourue par chemin de fer en 1965 par les granulats a donc été de 282 km. En fait, presque aucun tonnage n'a été transporté sur moins de

TONNAGES DE GRANULATS TRANSPORTES EN FONCTION DES DISTANCES

en 1905



150 km et de très faibles quantités seulement ont parcouru plus de 500 km. Nous sommes ici entre les limites extrêmes ; limite inférieure au-dessous de 150 km : le camion est préféré à la voie ferrée même si le coût de transport est supérieur, puisque le camion évite une rupture de charge ; limite supérieure : au-delà de 500 km, le coût devient prohibitif et une autre source d'approvisionnement est recherchée.

Le chemin de fer reste donc le moyen de transport à longue distance (150 à 500 km).

Quels produits parmi les granulats empruntent le chemin de fer ? Nous avons vu que les transports de matériaux alluvionnaires étaient peu importants, et ils sont en fait exceptionnels, les sables et graviers d'alluvions étant plutôt chargés sur péniches ou sur camions pour livraisons directes.

Les granulats transportés par voie ferrée sont donc, et pour part égale, les matériaux concassés de carrières terrestres et le laitier. Ces matériaux sont souvent acheminés par trains complets (62 %), les conditions tarifaires accordées par la S.N.C.F. engageant particulièrement aux expéditions de fort tonnage.

2°) Les distances parcourues par voie navigable

Les statistiques de l'Office National de la Navigation nous ont permis de construire, pour l'année 1965, un tableau indiquant les tonnages transportés en fonction des distances (cf. graphique ci-contre).

Coupsures de distance	En milliers de tonnes	En %
Moins de 100 km	23 796	78,3
100 à 200 km	5 353	17,6
200 à 300 km	946	3,1
300 à 400 km	198	0,7
Au-delà de 400 km	92	0,3
Total	30 385	100

Nous avons pu également calculer avec exactitude la distance moyenne parcourue par péniche entre bureaux d'affrètement.

Les distances parcourues par voie navigable sont des distances courtes -parfois très courtes même, de 5 à 10 km- et moyennes, 1 % du trafic se fait sur longue distance.

Les courtes distances correspondent à l'approvisionnement de relais de distribution situés au coeur des principaux centres de consommation, à partir de sources situées en aval ou en amont dans les vallées.

Les moyennes et les rares longues distances correspondent à l'approvisionnement de régions déficitaires par d'autres régions excédentaires -quand l'infrastructure fluviale le permet.

Les matériaux alluvionnaires sont presque exclusivement le type de granulats empruntant la voie navigable. Cela ressort du simple fait que les carrières de matériaux concassés ne sont -presque par définition- pas situées en bordure de la voie d'eau. De même, le laitier étant pour sa plus forte part utilisé dans des constructions d'autoroutes et de routes rarement situées en bordure d'une voie d'eau et qui exigent de plus de très grandes quantités de ce matériau, le train complet est plus souvent utilisé que la péniche. Notons également que si toutes les usines sidérurgiques disposent d'un embranchement particulier, elles ne possèdent pas toujours un appontement particulier.

3°) Les distances parcourues par route

L'exploitation de l'enquête par sondage organisée par le ministère de l'Équipement et l'I.N.S.E.E. sur les transports routiers de marchandises aboutit au résultat global suivant :

Tonnages transportés par route	306 670 000 t
Tonne-kilomètres enregistrées	4 474 860 000 t.km
Distance moyenne parcourue	14,6 km

Cette très courte distance s'explique par le fait que le camion est aussi bien utilisé lors de l'approvisionnement de chantiers, directement à partir des centres de production locaux que lors de l'approvisionnement à partir de relais de distribution -appartenant à des exploitants ou à des négociants en matériaux de construction- alimentés par péniches ou par wagons. Le camion assure donc dans la quasi-totalité des cas le parcours terminal.

En fait, si la distance moyenne est courte, certains tonnages parcourent parfois une distance supérieure à 50 km, comme le montre le tableau ci-dessous (cf. graphique précédent).

Répartition des tonnages transportés suivant la catégorie
de distance en charge

Moins de 25 km		25 à 49,9 km		50 à 149,9 km		150 km et plus		Total	
1 000 t	%	1 000 t	%	1 000 t	%	1 000 t	%	1 000 t	%
251 815	82,1	38 915	12,7	15 322	5,0	618	0,2	306 670	100

Si les quatre cinquièmes des tonnages transportés le sont sur moins de 25 km, 5,2 % le sont sur plus de 50 km, dont 0,2 % sur une distance supérieure à 150 km. La raison d'un tel phénomène peut être trouvée dans le fait que, même quand ils disposent d'un embranchement ou d'un appontement particulier, les producteurs préfèrent parfois allonger le parcours par route plutôt que de charger sur wagon ou sur péniche et faire subir à la marchandise une rupture de charge à l'arrivée.

Les contacts pris avec des professionnels nous ont confirmé ce fait, et ceux-ci n'hésitent pas à faire parcourir aux quantités qu'ils livrent de très grandes distances par la route quand les conditions de circulation le permettent, le camion étant capable de répondre d'une manière quasi instantanée à toute demande, où qu'elle se situe.

Ces caractères se retrouvent dans les trois grands types d'agrégats que nous avons distingués. Compte tenu de l'abondance relative -excepté dans de rares régions- des matériaux de base mis en oeuvre dans le bâtiment et le génie civil, le camion est à l'heure actuelle le moyen de transport privilégié pour l'approvisionnement des chantiers à partir des centres d'extraction et de production ou des relais de distribution.

C - LES ENSEIGNEMENTS RECUEILLIS SUR LES FLUX DE TRANSPORT

Un flux est constitué de deux éléments : un tonnage et une direction. Nous avons pu, grâce aux statistiques qui nous ont été confiées, dégager les flux (1) au niveau de chaque mode de transport et de chaque grand type de granulats.

Comme précédemment, l'étude sera menée par mode de transport. On tentera de donner une explication aux principaux flux, qu'ils soient intra ou interrégionaux. Des études antérieures ayant été menées au niveau de la région de programme, ce cadre d'analyse sera conservé.

1°) Les flux de transport par voie ferrée

Ils sont retracés dans les tableaux suivants. A partir d'eux, il est aisé de distinguer les régions fortement expéditrices de matériaux par voie ferrée.

(1) Nous n'avons cependant conservé que ceux d'un tonnage supérieur à une tonne.

a) Les matériaux alluvionnaires

Les expéditions de sable de Picardie à destination du Nord -région pauvre en matériaux alluvionnaires- celles de sables de Haute-Normandie et du Centre à destination de la Région parisienne constituent la quasi-totalité des transports de matériaux alluvionnaires par voie ferrée.

Ainsi les approvisionnements en matériaux alluvionnaires par voie ferrée étaient, en 1965 tout au moins, rares, dispersés et exceptionnels -15 % seulement du trafic ont été assurés par trains complets.

b) Les matériaux concassés

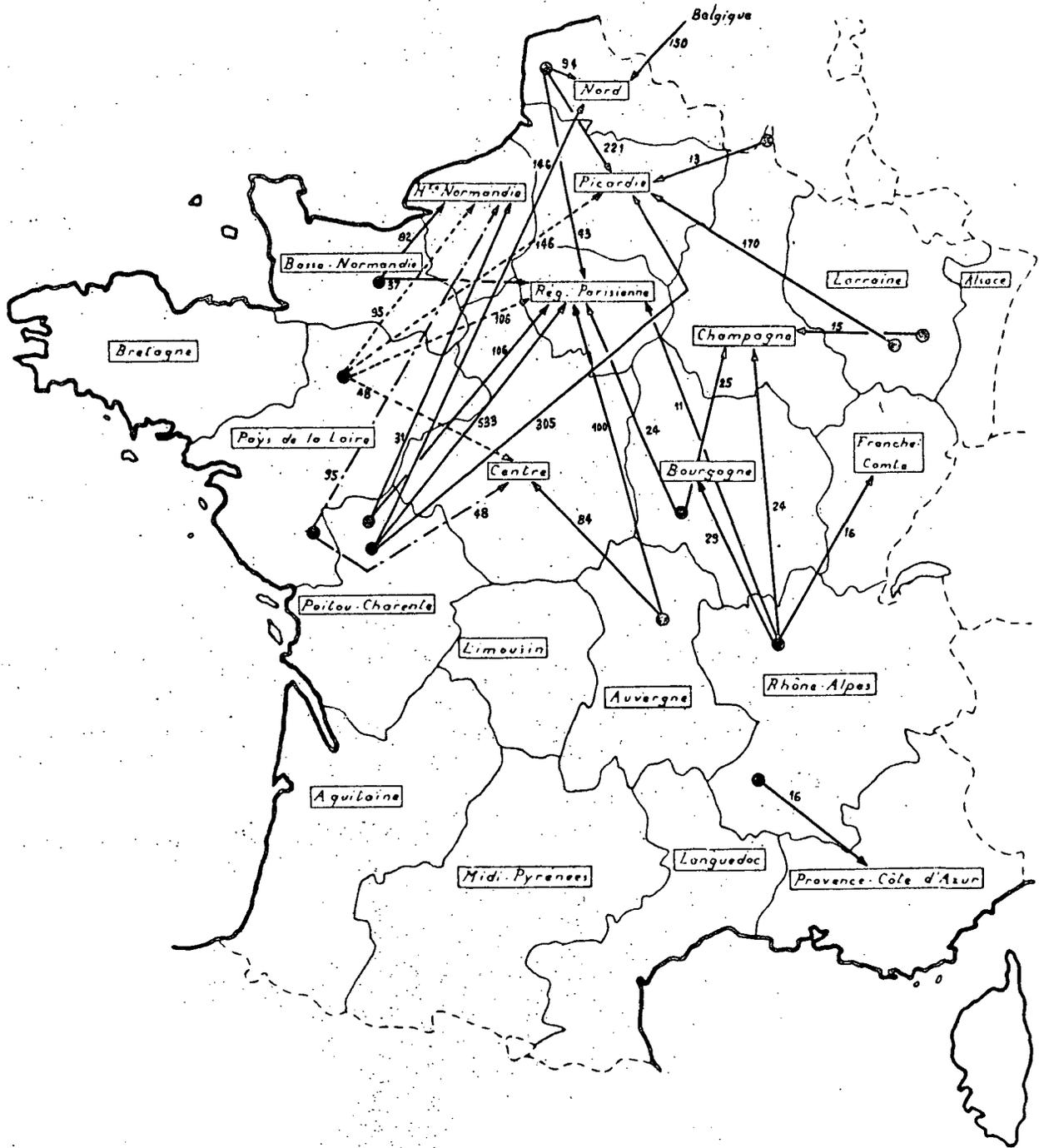
Ils constituent la moitié des granulats acheminés par voie ferrée. Les régions expéditrices sont le Nord (matériaux durs du Boulonnais), la Basse-Normandie, les pays de la Loire et le Poitou-Charentes (qui constituent la frange du Massif armoricain riche en matériaux d'origine éruptive), la Lorraine (matériaux des Vosges), ainsi que l'Auvergne et le Rhône-Alpes (matériaux durs du Massif central Cf. carte ci-après).

Les régions réceptrices sont le Nord, la Picardie, la Région parisienne, le Centre, la Haute-Normandie et la Champagne (département de la Marne) ; toutes régions relativement pauvres en matériaux durs -pourtant absolument indispensables pour la construction de certains ouvrages- et ayant connu un développement particulièrement important de leur réseau routier en 1965 (autoroute du Nord).

C'est par trains complets qu'a été acheminée la plus grande part des matériaux puisque ceux-ci représentent les trois quarts des chargements totaux.

PRINCIPAUX FLUX DE TRANSPORTS FERROVIAIRES DE MATERIAUX DURS

en 1965
en milliers de tonnes



c) Le laitier

Il constitue l'autre moitié des granulats acheminés par voie ferrée. Une seule région est fortement expéditrice : la Lorraine. Ses expéditions se font à destination de certaines régions que nous retrouvons parmi celles déjà importatrices de matériaux concassés : Nord, Picardie, Région parisienne, Champagne. La moitié des tonnages ont été acheminés par trains complets.

Ainsi, les régions dépourvues de matériaux durs et où l'on a assisté en 1965 au développement du réseau routier ont fait appel aux matériaux dont elles avaient besoin. Les distances dépassant 150 à 200 km et les tonnages importants ont nécessité l'utilisation de la voie ferrée et très souvent du train complet.

Ainsi, dans le domaine des granulats, le transport par voie ferrée trouve son application pour deux types de matériaux très distincts :

- un matériau dont l'emploi est dans certains cas indispensable, puisque indépendant de son coût rendu : le matériau concassé ;
- un matériau dont le coût de départ est assez bas pour qu'il puisse demeurer concurrentiel, même après un long trajet.

Les transports ferroviaires de matériaux

Année 1965

	Nord	Picar- die	Région paris.	Centre	Haute Norman.	Basse Norman.	Bre- tagne	Pays de la Loire	Poitou Charen.
Nord	3		1						
Picardie	52	4							
Région parisienne ..			29	5					
Centre		1	22			2		1	
Haute-Normandie	11	10	16		4	1			
Basse-Normandie			5		4				
Pays de la Loire ...			1			2			1
Champagne		3							
Lorraine									
Alsace									
Auvergne			1						
Total	66	18	75	5	8	5		1	1

Les transports ferroviaires de laitier

Nord	20								
Basse-Normandie		8	2		9	1			
Lorraine	200	1 193	390						3
Total	220	1 201	392		9	1			3

alluvionnaires : tonnages acheminés

en milliers de tonnes

Limou- sin	Aqui- taine	Midi Pyrén.	Cham- pagne	Lor- raine	Alsace	Franche Comté	Bour- gogne	Auver- gne	Rhône Alpes	Langue- doc	Pro- vence	Total
			5	4								4
1												65
												34
												27
												42
								1				9
												5
			1									3
2			1	2	2							1
								2				5
												5
3			7	6	2			3				200

pour empierrement : tonnages acheminés

												20
												20
			665	53		15	26	15				2 560
			665	53		15	26	15				2 600

Les transports ferroviaires de matériaux

Année 1965

Région expéditrice \ Région destinat.	Nord	Picardie	Région paris.	Centre	Haute Norman.	Basse Norman.	Bretagne	Pays de la Loire	Poitou Charen.
Nord	94	221	43						
Picardie	3		1	1	3		1	2	
Région parisienne ..									
Centre									
Haute-Normandie	10	2	22		12	2			
Basse-Normandie			37		82	1		1	3
Bretagne			1				1		
Pays de la Loire ...	2	146	106	48	95				
Poitou-Charentes ...	34	305	533	123	31	11			3
Limousin									
Aquitaine					1				
Midi-Pyrénées									
Champagne		13							
Lorraine	1	170	3						
Alsace									
Franche-Comté									
Bourgogne	1	2	24	5					
Auvergne		6	100	84					
Rhône-Alpes		1	11						
Languedoc									
Provence-Côte-d'Azur									
TOTAL	145	866	881	261	224	14	2	3	6

concassés : tonnages acheminés

en milliers de tonnes

Limou- sin	Aqui- taine	Midi Pyrén.	Cham- pagne	Lor- raine	Alsace	Franche Comté	Bour- gogne	Auver- gne	Rhône Alpes	Langue- doc	Pro- vence	Total
			1	1 4	1 3		1		1 10		2	360 22 11
				1	3				3 3	1		56 127 2
	2		2									399 1 042
	1											2
			5 15	3	2							18 194
			25	1		1	4		3			1 65
			24			16	8 29		3		3	201 100
	3		72	10	9	17	42		23	1	21	2 600

2°) Les flux de transport par voie navigable

Les quantités de laitier transportées par voie navigable s'élevant à 25 000 tonnes seulement, nous les avons négligées. Nous n'avons établi de tableaux retraçant les flux que pour les matériaux alluvionnaires et les matériaux concassés (Cf. tableaux suivants). Nous avons regroupé les statistiques de l'O.N.N. de la manière suivante :

- dans les matériaux alluvionnaires, nous avons placé : les graviers, gravillons, sable et cailloux de rivière ; les galets, graviers et sable de mer ; les graviers, gravillons et sable de carrière (1) ; enfin, les déchets de carrière ;
- dans les matériaux concassés, nous avons placé : les pierres concassées, les cailloux de carrière, les enrochements.

a) Les matériaux alluvionnaires

L'un des flux importants est le flux d'importation de matériaux belges et hollandais à destination du Nord. Un flux, à l'exportation celui-ci, est constitué par les expéditions d'Alsace vers la Sarre.

Il nous faut distinguer, concernant les flux strictement nationaux, entre flux intrarégionaux -alimentation des relais de distribution des capitales régionales par les sablières situées en aval et en amont- et flux interrégionaux qui répondent beaucoup plus à la nécessité de combler certains déficits régionaux par les excédents d'autres régions.

(1) La désignation des graviers, gravillons et sable de carrière tend à les ranger dans les matériaux concassés ; ils proviennent en fait d'anciens lits de rivière ou de glaciers ; leur origine est donc sédimentaire et non pas éruptive ou cristallogénique.

Dans le premier type de flux, nous pouvons ranger les flux à l'intérieur de toutes les régions traversées par une voie d'eau : Picardie, Région parisienne, Haute-Normandie, Pays de la Loire, Aquitaine, Champagne, Lorraine, Franche-Comté, Bourgogne, Rhône-Alpes. Ils représentent 68 % des flux globaux.

Dans le deuxième type, se détachent particulièrement le flux partant de Picardie, Haute-Normandie, Champagne et Bourgogne à destination du Nord, de la Région parisienne, de la Bretagne, toutes régions pauvres en matériaux alluvionnaires ou fortement déficitaires (Région parisienne en particulier).

b) Les matériaux concassés

Leur transport par voie navigable est simplement à mentionner.

La péniche est d'ailleurs dans ce cas beaucoup plus utilisée au départ du relais de distribution, situé, lui, en bordure de la voie d'eau, qu'au départ de la carrière puisque deux carrières seulement peuvent en France charger directement sur péniche (Corbigny et Givet).

Les transports fluviaux de concassés représentent moins de 1 % des transports fluviaux de granulats.

Chaque fois que l'infrastructure le permet et quelle que soit la distance, la voie navigable est le mode de transport utilisé soit pour l'approvisionnement de relais de distribution, soit pour l'acheminement de tonnages importants vers les zones déficitaires fortement importatrices.

Les transports fluviaux de matériaux

Année 1965

Région expéditrice \ Région destinat.	Nord	Picardie	Région paris.	Centre	Haute Norman.	Basse Norman.	Bretagne	Pays de la Loire	Poitou Charen.
Nord	55								
Picardie	641	124	4						
Région parisienne ..	195	145	8 510		11				
Centre			48						
Haute-Normandie	92	72	4 342		535				
Basse-Normandie									
Bretagne							51		
Pays de la Loire ...							107	2 210	
Poitou-Charentes ...									
Limousin									
Aquitaine									
Midi-Pyrénées									
Champagne	220	60	7						
Lorraine									
Alsace									
Franche-Comté									
Bourgogne			152						
Auvergne									
Rhône-Alpes									
Languedoc									
Provence-Côte-d'Azur									
TOTAL	1 850*	401	13 066**		546		158	2 210	

* dont 211 importés des Pays-Bas (distance de la frontière : 36 km) et 436 de Belgique

** dont 3 importés de Belgique (distance de la frontière : 213 km)

*** dont 12 importés de Sarre (distance de la frontière : 175 km) et 6 d'Allemagne

° dont 4 à destination des Pays-Bas (distance : 9 km)

°° dont 79 à destination de la Suisse (distance : 7 km)

°°° dont 166 à destination de la Suisse (distance : 10 km), 413 à destination des Pays-Bas
3 406 à destination de l'Allemagne (distance : 15 km), 178 à destination de la

(1) Les tonnages importés et exportés sont inclus dans ce total général

alluvionnaires : tonnages acheminés

en milliers de tonnes

Limou- sin	Aqui- taine	Midi Pyrén.	Cham- pagne	Lor- raine	Alsace	Franche Comté	Bour- gogne	Auver- gne	Rhône Alpes	Langue- doc	Pro- vence	Total
			23 1	3								55 795 8 862 48 5 041
	3 058											51 2 317 3 058
			277 177	7 222	183							575° 399 4 401°°°
			42 2			279 38	72 804					393 996
									2 184			2 263°° 42
										42	136	136
	3 058		522	232	201**	317	876		2 184	42	136	30 100(1)

(distance de la frontière : 37 km)

(distance : 15 km)

(distance : 32 km), 55 à destination de la Belgique (distance : 21 km),
Sarre (distance : 176 km).

Les transports fluviaux de matériaux concassés

Distances parcourues

Année 1965

en kilomètres

Région expéditrice \ Région destinat.	Nord	Picardie	Région paris.	Haute Norman.	Bretagne	Champagne	Total
Nord	220						
Picardie		38					
Région parisienne ..			66	331			
Haute-Normandie ...			196				
Bretagne					21		
Champagne						123	

Tonnages acheminés

en milliers de tonnes

Nord	2						2
Picardie		3					3
Région parisienne ..			103	2			105
Haute-Normandie ...			15				15
Bretagne					20		20
Champagne						5	5
Alsace							57 (1)
Total	76(2)	6(3)	119(4)	2	20	5	285 (5)

(1) dont 40 exportés vers les Pays-Bas (distance : 32 km) 7 vers la Belgique (21 km)
8 vers l'Allemagne (15 km) 2 vers la Sarre (176 km)

(2) dont 74 en provenance de la Belgique (81 km)

(3) dont 3 en provenance de la Belgique (141 km)

(4) dont 1 en provenance de la Belgique (330 km)

(5) Les tonnages importés et exportés sont inclus dans ce total général

3°) Les flux de transport par route

Les tableaux suivants retracent les flux de transport routier d'alluvionnaires (code 612 de la N.S.T. : sables communs et graviers) et de concassés (codé 631 de la N.S.T. : pierres concassées, cailloux) ainsi que les distances moyennes parcourues.

a) Les matériaux alluvionnaires

Il est utile de distinguer flux intrarégionaux et flux interrégionaux. En effet, les premiers représentent, sur 193 910 milliers de tonnes, un volume de 186 590 milliers de tonnes, soit 96 % du total. La seule région qui reçoit d'autres régions un tonnage à peine supérieur à 5 % du tonnage total transporté par route est la Région parisienne.

La caractéristique dominante du transport de matériaux alluvionnaires par la route reste donc le fait que les transports sont locaux.

b) Les matériaux concassés

Une conclusion analogue doit être tirée de l'étude des flux de transport de matériaux concassés. A peine 3 % des flux enregistrés sont interrégionaux. La plus grosse part des matériaux est donc livrée dans la région d'origine (109 750 milliers de tonnes sur un total de 112 764 milliers de tonnes).

c) Le laitier

Nous n'avons pu disposer des renseignements fournis par l'enquête par sondage du ministère de l'Équipement concernant le transport de laitier. Nous avons estimé que le laitier livré par route n'alimente jamais un chantier situé à plus de 60 km du point de départ, ce qui revient à dire que, pratiquement, toutes les quantités n'ayant pas emprunté le chemin de fer ont été livrées par route en Lorraine, dans le Nord, en Haute et Basse-Normandie et dans le Rhône-Alpes.

Nous aboutissons donc au tableau de livraisons suivant (en milliers de tonnes) :

Livraisons de laitier par route

en Lorraine	2 939
dans le Nord	967
en Haute-Normandie	30
en Basse-Normandie	710
dans le Rhône-Alpes	40
à l'exportation (Suisse) .	100
	<hr/>
Total ..	4 836

En conclusion, nous pouvons dire que même si les distances ont parfois dépassé 150 km, le camion est resté, en 1965, le mode de transport privilégié pour la livraison de granulats.

Sommes-nous maintenant à même, à partir des flux retracés par les statistiques de transports que nous venons d'exploiter, de posséder une vue d'ensemble des mouvements réels de granulats de région à région ? Autrement dit, la totalisation des tonnages chargés dans une région correspond-elle à la production de chaque type de granulats dans la région ?

Les transports routiers de matériaux

Année 1965

Région expéditrice \ Région destinat.	Nord	Picardie	Région paris.	Centre	Haute Norman.	Basse Norman.	Bretagne	Pays de la Loire	Poitou Charen.
Nord	6 260	196							
Picardie	492	7 753	173	6	54				
Région parisienne ..	4	247	21 946	73	3				
Centre		8	310	5 887	3	111		6	8
Haute-Normandie	22	209	177	38	4 188	34			
Basse-Normandie			2		127	2 530			
Bretagne							5 235	4	
Pays de la Loire ...				86	1	77	73	7 227	378
Poitou-Charentes ...				35				34	2 618
Limousin									130
Aquitaine									
Midi-Pyrénées									
Champagne	2	10	470						
Lorraine									
Alsace									
Franche-Comté									
Bourgogne				28					
Auvergne				29					
Rhône-Alpes		1						6	
Languedoc									
Provence-Côte-d'Azur									
TOTAL	6 780	8 424	23 078	6 182	4 376	2 752	5 314	7 271	3 134

alluvionnaires : tonnages acheminés

en milliers de tonnes

Limou- sin	Aqui- taine	Midi Pyrén.	Cham- pagne	Lor- raine	Alsace	Franche Comté	Bour- gogne	Auver- gne	Rhône Alpes	Langue- doc	Pro- vence	Total
			343				2		2			6 456
			7	5			13		2			9 325
41							154	20				22 300
												6 548
												4 668
												2 659
												5 239
22	4											7 842
1 360	33	14						49				2 713
2	11 750	266										1 456
5	110	9 704							5	11		12 147
			4 181	163			5					9 835
			63	7 360	39							4 831
				200	7 430	54						7 462
			13	17		3 199	13		136			7 684
			63			206	7 564	15	131		1	3 378
68		4					24	5 767	127			8 008
		1				50	55	6	28 757	6		6 025
		18								38	160	29 074
										9 112	91	9 221
									237	61	26 741	27 039
1 497	11 897	10 010	5 170	7 745	7 469	3 509	7 830	5 857	29 397	9 228	26 993	193 910

Les transports routiers de matériaux concassés

Année 1965

Région expéditrice \ Région destinat.	Nord	Picardie	Région paris.	Centre	Haute Norman.	Basse Norman.	Bretagne	Pays de la Loire	Poitou Charen.
Nord	4 775	60	1						
Picardie	268	4 506	41				1		
Région parisienne ..		61	10 802	25	91				
Centre		2	331	3 464				24	8
Haute-Normandie	10	129	99	52	5 100	22			
Basse-Normandie				2	57	4 360	4	38	
Bretagne							7 093	44	
Pays de la Loire ...				105		110	11	7 078	117
Poitou-Charentes ...		2		55				14	2 464
Limousin									4
Aquitaine				1					26
Midi-Pyrénées									
Champagne		19							
Lorraine									
Alsace									
Franche-Comté									
Bourgogne			1	15					
Auvergne				1					
Rhône-Alpes				3					
Languedoc				8					
Provence-Côte-d'Azur									
TOTAL	5 053	4 779	11 275	3 731	5 248	4 492	7 109	7 198	2 619

et de laitier : tonnages acheminés

en milliers de tonnes

Limou- sin	Aqui- taine	Midi Pyrén.	Cham- pagne	Lor- raine	Alsace	Franche Comté	Bour- gogne	Auver- gne	Rhône Alpes	Langue- doc	Pro- vence	Total
			104					2			2	4 836
102			9				4		3			4 924
			2		1			52				10 995
												3 983
												5 415
												4 461
												7 137
338									3			7 425
1 546	8	8						9				2 882
2	4 433	15						42				1 609
3		3 798						3				4 480
			2 541	10				11			6	3 817
			35	2 890	1							2 570
				14	2 486							2 924
			77			2	11					2 514
			15	1		3 201	67					3 353
2						13	3 463					3 589
								2 992				3 002
							4	19	15 368		19	15 414
	2					3			4	4 126	6	4 150
							1	4	12	2	13 261	13 280
1 993	4 443	3 821	2 783	2 915	2 488	3 219	3 550	3 134	15 488	4 134	13 288	112 760

concassés : distances parcourues

en kilomètres

Limousin	Aquitaine	Midi Pyrén.	Champagne	Lorraine	Alsace	Franche Comté	Bourgogne	Auvergne	Rhône Alpes	Langue doc	Provence	Total
19			28 37 283		529		313	90 35	470		998	
9								450	8			
11	30	20						19				
260	12	235						410				
50		12	16	48				15		30		
			107	12	49							
			87	113	12	35	320		450			
			54	150		13	35		60			
80						115	13		20			
								16	42			
	624						145	12	9		64	
						772			208	13	173	
							492	460	254	449	10	

Production de granulats en 1965

En milliers de tonnes

	Alluvionnaires	Concassés et laitier	Total
Nord.....	1 470	3 950	5 420
Picardie.....	6 290	560	6 850
Région parisienne.....	21 510	3 010	24 520
Centre.....	6 090	2 010	8 100
Haute-Normandie.....	12 410	1 310	13 720
Basse-Normandie.....	830	4 580	5 410
Bretagne.....	1 100	6 350	7 450
Pays de la Loire.....	3 040	7 990	11 030
Poitou-Charentes.....	1 850	4 650	6 500
Limousin.....	460	2 440	2 900
Aquitaine.....	8 680	2 120	10 800
Midi-Pyrénées.....	6 340	3 280	9 620
Champagne.....	2 900	1 260	4 160
Lorraine.....	5 350	6 040	11 390
Alsace.....	12 060	400	12 460
Franche-Comté.....	2 940	1 160	4 100
Bourgogne.....	5 400	2 740	8 140
Auvergne.....	2 430	2 820	5 250
Rhône-Alpes.....	12 590	10 150	22 740
Languedoc.....	3 820	1 640	5 460
Provence-Côte-d'Azur.....	10 240	10 040	20 280
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
France entière.....	127 800	78 500	206 300

III - LA CLASSIFICATION DES GRANULATS RETENUE POUR LA PREVISION A LONG TERME

Celle-ci va naturellement s'imposer après qu'une comparaison entre la production et les chargements sera effectuée. Il découlera de celle-ci en effet que, si les statistiques de transports provenant de la S.N.C.F. et de l'O.N.N. peuvent être considérées comme une base de travail sûre, il n'en est pas de même de l'enquête par sondage concernant les transports routiers. Le redressement très important qui est appliqué aux données brutes interdit en effet de recueillir de cette enquête d'autres renseignements que ceux intéressant les distances de transport.

A - LA COMPARAISON ENTRE LA PRODUCTION ET LES CHARGEMENTS

Il nous faut nécessairement distinguer entre types de granulats et dégager les plus importants : les alluvionnaires et les concassés.

Les statistiques de production ont été extraites des Annales des Mines du ministère de l'Industrie. Cependant, nous les avons redressées à partir des renseignements chiffrés concernant les consommations de granulats (1). Une production non recensée apparaît ainsi, que nous avons répartie proportionnellement à la production recensée dans chaque région. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-contre.

La sommation des tonnages chargés dans chaque région à partir des tableaux précédents sera corrigée en ce sens que nous supposerons que toute quantité ayant emprunté au départ du centre de production la voie ferrée ou la voie navigable subit un second transport (2) par camion avant son utilisation - à la suite d'une reprise au centre de distribution ou d'une rupture de charge .

(1) "La consommation de granulats" - B.I.P.E. - Octobre 1966 - op. cit.

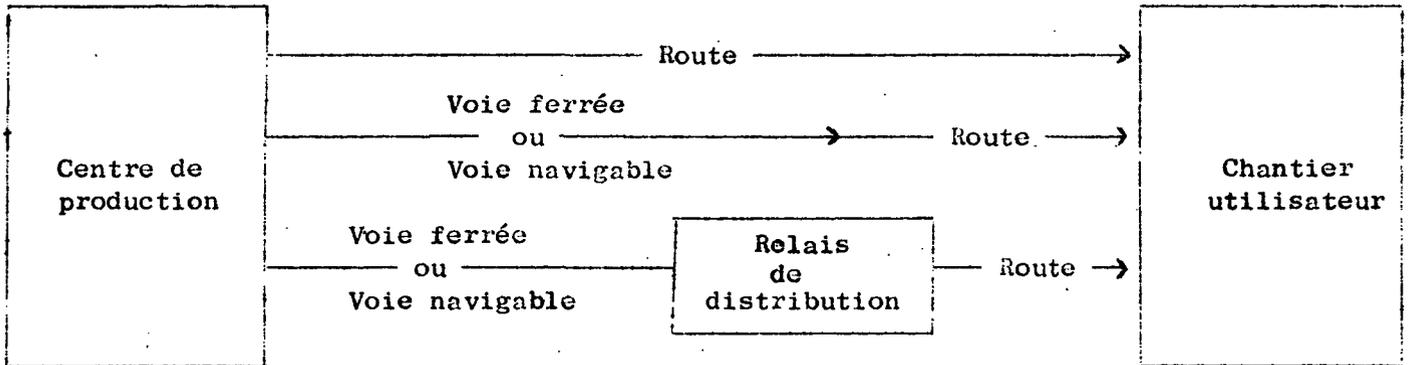
(2) A l'exception cependant des tonnages absorbés par les centrales à béton disposant d'un appontement particulier (ces quantités ne subissent dans ce cas aucune rupture de charge ; en 1965 elles étaient cependant relativement négligeables).

Production et transport de granulats
au départ des centres de production en 1965

En milliers de tonnes

	Alluvionnaires		Concassés & laitier		Total	
	Transport	Product.	Transport	Product.	Transport	Product.
Nord.....	4 599	1 470	4 768	3 950	9 367	5 420
Picardie.....	9 766	6 290	2 874	560	12 640	6 850
Région parisienne.....	18 055	21 510	9 719	3 010	27 774	24 520
Centre.....	6 618	6 090	3 737	2 010	10 355	8 100
Haute-Normandie.....	9 197	12 410	5 236	1 310	14 433	13 720
Basse-Normandie.....	2 663	830	4 593	4 580	7 256	5 410
Bretagne.....	5 132	1 100	7 117	6 350	12 249	7 450
Pays de la Loire.....	7 953	3 040	7 841	7 990	15 794	11 030
Poitou-Charentes.....	2 712	1 850	3 915	4 650	6 627	6 500
Limousin.....	1 453	460	1 609	2 440	3 062	2 900
Aquitaine.....	12 147	2 680	4 479	2 120	16 626	10 800
Midi-Pyrénées.....	9 835	6 340	3 817	3 280	13 702	9 620
Champagne.....	4 880	2 900	1 851	1 260	6 731	4 160
Lorraine.....	7 624	5 350	5 616	6 040	13 240	11 390
Alsace.....	11 887	12 060	2 562	400	14 449	12 460
Franche-Comté.....	3 454	2 940	3 322	1 160	6 776	4 100
Bourgogne.....	8 128	5 400	3 586	2 740	11 714	8 140
Auvergne.....	6 027	2 430	3 188	2 820	9 215	5 250
Rhône-Alpes.....	29 153	12 590	15 491	10 150	44 644	22 740
Languedoc.....	9 221	3 820	4 149	1 640	13 370	5 460
Provence-Côte-d'Azur.....	27 039	10 240	13 259	10 040	40 298	20 280
France entière.....	197 543	127 800	112 729	78 500	310 272	206 300

Les contacts pris auprès des professionnels nous ont permis d'apprendre que les relais de distribution n'étaient jamais ravitaillés par camion. Il semblerait donc que nous aboutissions au schéma de distribution quasi général (1) suivant :



La correction dont il vient d'être question, une fois apportée, nous pouvons aligner face à face, d'une part les tonnages produits, d'autre part les tonnages chargés dans chaque région et cela pour les deux grands types de matériaux que nous avons distingués (cf. tableau ci-contre).

On constate la forte divergence entre les tonnages chargés au départ des centres de production et les tonnages produits. Si pour quelques rares régions les tonnages chargés sont en volume égaux aux tonnages produits (Limousin, Poitou) pour la quasi-totalité des autres régions, il nous faut multiplier par 1,5 ou 2 les tonnages produits pour obtenir les tonnages chargés.

(1) Certains utilisateurs -centrales à béton, gros chantiers- sont parfois alimentés directement par voie ferrée ou voie navigable, le matériau utilisé n'empruntant qu'un seul moyen de transport ; ils constituent l'exception.

Au niveau de chaque type de granulats, les divergences sont encore beaucoup plus accusées. En effet, les tonnages chargés sont parfois huit fois supérieurs aux tonnages produits, ce qui nous oblige à nous interroger sur les résultats de l'enquête par sondage qui concerne les transports routiers, et, si l'on peut en tirer des résultats au niveau des distances de transport, nous ne pouvons en déduire aucune conclusion au niveau des flux, qu'ils soient vus sous l'angle quantitatif ou sous l'angle directionnel, et cela quel que soit le type de granulats transportés (alluvionnaires ou concassés).

B - LA CLASSIFICATION RETENUE POUR LA PREVISION A LONG TERME

Ainsi, la nécessité d'une nouvelle distinction entre types de granulats s'impose pour une prévision de transport en 1985. Elle fera appel beaucoup plus au critère d'emploi du matériau et de son transport qu'à celui qui sert habituellement à l'élaboration des statistiques et qui distingue alluvionnaires, concassés, sous-produits industriels.

En effet, nous venons de voir, à l'appui d'une part des conclusions qualitatives de l'enquête par sondage, d'autre part de la nature des matériaux transportés par voie ferrée et voie navigable que, loin d'obéir à la règle impérative qui consiste à affirmer que tout alluvionnaire trouve son emploi dans les ouvrages de bâtiment et que tout concassé trouve son emploi en viabilité, les flux de transport sont de deux types particuliers : ceux -et ils sont les plus nombreux- ayant lieu sur de courtes et parfois moyennes distances et ceux ayant lieu sur de grandes distances :

- les premiers correspondent au transport de matériaux locaux, qu'ils soient d'origine alluvionnaire, éruptive ou industrielle, entre le centre de production et le lieu de mise en oeuvre. Le transit en relais de distribution existe pour certaines quantités de matériaux alluvionnaires essentiellement : dans ce cas, ce dernier est transporté par voie d'eau ; dans tous les autres cas, la livraison directe se fait par camion, les matériaux de cette catégorie sont employés aussi bien en bâtiment qu'en viabilité ;

- les flux du second type correspondent au transport de matériaux en général inexistantes ou en quantité insuffisante près des centres de consommation. Ce sont des matériaux d'origine éruptive ou industrielle, employés exclusivement dans les routes. Le transit en centres de distribution est très fréquent, surtout en Région parisienne. Le moyen de transport utilisé est la voie ferrée, tout au moins en l'état actuel des choses : peu de carrières de matériaux disposent d'un appontement particulier, aucune voie navigable à grand gabarit ne relie les centres producteurs de laitier aux centres de consommation.

Tandis que les premiers se font à partir de lieux d'extraction diffus et à destination de lieux de consommation également dispersés, les seconds se font à partir de carrières peu nombreuses et s'étant équipées pour les expéditions par trains complets, et à destination de chantiers routiers importants et géographiquement localisés.

Tel nous semble être le meilleur critère guidant une nouvelle distinction entre catégorie de granulats, distinction plus conforme à l'emploi de granulats et donc à leur marché, et aux caractéristiques spécifiques à leur transport.

Chapitre 2

LES MATERIAUX DURS UTILISES DANS LES COUCHES DE ROULEMENT DES ROUTES

La construction et l'entretien des autoroutes, des routes nationales, des routes départementales et des voies communales absorbent une quantité importante de matériaux de différentes qualités.

Nous avons constaté par l'analyse des mouvements actuels de transports que, pour cette étude, les matériaux pouvaient être classés en deux groupes qui donnent lieu chacun à des flux de transport différents. Parmi les matériaux utilisés dans les routes, certains doivent présenter des caractéristiques particulières, alors que les contraintes techniques qui pèsent sur d'autres matériaux sont moins lourdes.

En effet, les couches supérieures des chaussées, c'est-à-dire les couches de roulement, supportent des efforts très importants, et doivent avoir des caractéristiques d'antidérapage élevées.

Les matériaux employés doivent donc être très durs et présenter des arêtes vives. C'est pourquoi on utilise des matériaux concassés provenant de carrières de roches primaires ou éruptives qui ne se rencontrent que dans les massifs des Ardennes, des Vosges, du Massif central et de la Bretagne.

Par contre, pour les couches inférieures des chaussées, les couches de base ou de fondation, des matériaux de qualité plus ordinaire peuvent convenir, et il est alors préférable d'exploiter des gisements proches des lieux d'utilisation.

Les problèmes de transports se posent donc de façon très différente dans les deux cas, et nous ne traiterons dans ce chapitre que des matériaux durs utilisés dans les couches de roulement des routes. Les problèmes posés par les matériaux employés dans les couches de base et de fondation seront abordés dans le chapitre suivant.

Nous tenterons tout d'abord d'évaluer les quantités de matériaux utilisés chaque année pour la construction et l'entretien des couches de roulement des routes, dans l'état actuel des choses, puis en 1985, en fonction des perspectives de développement des travaux routiers et des modifications possibles des techniques de construction de routes.

Ensuite, nous nous interrogerons sur les ressources disponibles en 1985, et c'est cette évaluation confrontée à la prévision des consommations qui nous permettra dans le chapitre 4 de tirer des conclusions en matière de transport.

Ce chapitre comportera donc deux sections :

- I - L'évolution de la consommation de matériaux utilisés dans les couches de roulement des routes jusqu'en 1985.
- II - L'approvisionnement en matériaux durs utilisés dans les couches de roulement des routes en 1985.

I. - L'EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE MATERIAUX UTILISES DANS LES COUCHES DE ROULEMENT DES ROUTES JUSQU'EN 1985.

Les matériaux utilisés dans les couches de roulement doivent résister à l'écrasement, mais ils doivent aussi donner au revêtement superficiel des caractéristiques d'antidérapage indispensables à la sécurité. Cela ne peut être obtenu qu'avec des matériaux concassés dont les arêtes sont anguleuses et peuvent résister à l'usure résultant des frottements. Aussi les matériaux utilisés pour les couches de roulement doivent-ils être des matériaux concassés provenant de roches primaires ou éruptives.

La mise en oeuvre de ces matériaux peut être envisagée de plusieurs façons.

Le procédé classique, et de beaucoup le plus répandu, de construction des couches de roulement consiste à répandre sur la chaussée deux ou trois fois alternativement du bitume et des gravillons. On réalise ainsi ce qu'on appelle un enduit superficiel bi-couche ou tri-couche; la quantité de gravillons absorbés par ce procédé est de l'ordre de 15 à 20 kg par m² de chaussée.

Cependant, à l'heure actuelle, un autre procédé prend un développement important, c'est la réalisation d'un tapis de béton bitumineux. Dans ce cas, les granulats sont traités dans une centrale spéciale où, après avoir été séchés, triés et chauffés, les agrégats sont mélangés à un bitume. Ce béton est ensuite mis en place sur une épaisseur de 5 à 20 cm par un appareil qui assure à la fois la mise en forme et le compactage de la chaussée ainsi réalisée. La consommation de granulats peut, dans ces conditions, atteindre 200 à 300 kg par m².

On réalise aussi quelquefois, et en particulier pour les autoroutes, des couches de roulement en béton de ciment. Ce béton est fabriqué en centrales et mis en place par des procédés assez semblables au béton bitumineux. La consommation d'agrégats est également du même ordre, mais le choix de ces granulats pose des problèmes difficiles à résoudre.

En effet, les phénomènes de retrait qui accompagnent la prise du béton de ciment obligent, pour éviter une fissuration anarchique, à réaliser des joints perpendiculaires à l'axe de la chaussée. Comme ces joints sont réalisés par sciage, on ne peut employer d'agrégats très durs car le coût de l'opération deviendrait vite trop élevé. Mais, par contre, si les granulats utilisés ne sont pas assez durs, la chaussée est très vite usée par la circulation, et le poli de la surface ne présente plus des normes de sécurité suffisantes.

A l'heure actuelle, dans la Région parisienne, on utilise des calcaires durs du Boulonnais ; mais rien ne prouve que ces matériaux seront à la longue suffisamment résistants et qu'il ne faudra pas utiliser là encore des agrégats plus durs.

De toute façon, le nombre de kilomètres de chaussée réalisés chaque année en béton de ciment est très faible et ne justifie pas ici d'étude spécifique approfondie.

Nous envisagerons d'abord une analyse de la consommation de granulats dans les couches de roulement en 1965 à partir des éléments dont nous disposons, puis nous avancerons des hypothèses pour l'année 1985.

A - LA CONSOMMATION DE GRANULATS DANS LES COUCHES DE ROULEMENT DES ROUTES EN 1965

Les statistiques dont on dispose concernent soit la production, soit la consommation.

Celles relatives à la production émanent soit du Service des Mines du ministère de l'Industrie qui publie les Annales des Mines, soit du Syndicat National des producteurs de Granulats. Cependant ces statistiques ne distinguent pas dans les matériaux concassés, les matériaux durs des autres matériaux. On a pu seulement faire une estimation grossière de la production de matériaux éruptifs qui s'élèverait à quelque 30 millions de tonnes par an à l'heure actuelle, dont 80 % soit 24 millions de tonnes seraient utilisés sur les routes.

Le ministère de l'Equipement publie par ailleurs l'Etat Statistique Routier qui indique les consommations de matériaux pour les travaux routiers contrôlés par les services des Ponts et Chaussées, c'est-à-dire la totalité des autoroutes, routes nationales et routes départementales et une partie de la voirie communale.

Cependant, on ne dispose d'aucune information quant aux matériaux utilisés pour les autres travaux réalisés sur la voirie communale directement pour le compte des collectivités locales et qui ne sont pas contrôlés par les Ponts et Chaussées. C'est pourquoi la quantité de ces matériaux qui est mise en oeuvre chaque année dans les travaux de voirie communale non contrôlés par les Ponts et Chaussées ne pourra être déterminée que par solde.

Par ailleurs, si une part des agrégats employés dans les couches de roulement des routes correspond à la réalisation de travaux neufs, ce sont des travaux d'entretien qui en absorbent la plus grande part. En effet, alors que la durée de vie d'une couche de base ou de fondation peut atteindre plusieurs dizaines d'années, il est nécessaire de refaire la couche de roulement tous les sept à douze ans suivant l'importance du trafic.

Nous avons donc tenté une ventilation de la consommation de matériaux durs dans les couches de roulement des routes suivant la nature de la couche de roulement réalisée et suivant les catégories de routes concernées : autoroutes, routes nationales, routes départementales et voirie communale. Cette ventilation qui a été réalisée avec les éléments statistiques indiqués plus haut, fait l'objet du tableau ci-dessous :

Consommation de matériaux durs dans les couches de roulement des routes en 1985 en millions de tonnes			
	Béton bitumineux	Enduit	Total
Autoroutes	1,3		1,3
Routes nationales	1,6	1,5	3,1
Routes départemen- tales	2,4	5,0	7,4
Voirie communale dont travaux con- trôlés par les P et C	0,6	3,3	3,9
Total			24,0

Cette ventilation reste approximative, et la précision des chiffres ne doit pas faire illusion ; elle va cependant permettre de se faire une idée de l'importance relative de la consommation de granulats par chacune des catégories de travaux et de mesurer l'incidence des facteurs nouveaux susceptibles d'intervenir d'ici à 1985 sur la consommation d'agrégats dans les couches de roulement.

B - LA CONSOMMATION DE GRANULATS DANS LES COUCHES DE ROULEMENT DES ROUTES
EN 1985

On ne peut, à l'heure actuelle, que se faire une idée approchée de l'importance qu'auront les travaux routiers en 1985, et nous

avons été réduits dans un certain nombre de cas à faire des hypothèses. Celles-ci cependant s'appuient sur des éléments fournis par les services spécialisés du ministère de l'Équipement en matière de prévision, et en particulier par le Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes. Cependant, là encore, ces renseignements concernent davantage les routes nationales ou les autoroutes que les voies qui relèvent du domaine des collectivités locales.

Il est possible que d'ici à 1985 les techniques de réalisation des couches de roulement évoluent ; cependant, même si on améliore les caractéristiques des liants utilisés, on peut penser que les qualités et les quantités de granulats mis en oeuvre ne seront pas modifiées par rapport à la situation actuelle, qu'il s'agisse de béton bitumineux ou d'enduits superficiels.

Avant d'établir un tableau d'ensemble comme nous venons de le faire pour l'année 1985, il est nécessaire d'analyser les hypothèses avancées pour chacune des catégories d'ouvrages envisagées.

1°) Les autoroutes

Le schéma du réseau autoroutier retenu par la Direction des routes pour 1985 suppose la réalisation d'un réseau de 7 000 km. Or, à l'heure actuelle, seulement un peu plus de 1 000 km sont terminés, et le rythme moyen de construction est de 200 km par an. Il est difficile de savoir dès maintenant comment évoluera ce rythme moyen de construction, mais les contraintes de financement font qu'il est impossible qu'il puisse atteindre rapidement un rythme de 300 km par an. Il y a tout lieu de penser, au contraire, qu'il croîtra régulièrement et, dans ces conditions, on peut raisonnablement avancer le chiffre de 400 km d'autoroutes construites par an en 1985.

Si l'on suppose que, d'ici à 1985, aucun procédé révolutionnaire ne sera susceptible d'intervenir, qui réduise considérablement la quantité de granulats consommés par km d'autoroutes, on peut admettre que la quantité totale de granulats consommés dans les autoroutes aura doublé d'ici à 1985.

2°) Les routes nationales

Les travaux réalisés sur les couches de roulement des routes nationales correspondent soit à la construction des routes neuves ou à l'élargissement des routes existantes, soit à la réfection périodique des couches de roulement en enrobés ou en enduits.

La construction de routes neuves consiste surtout dans l'ouverture de déviations autour des villes. On en ouvre, à l'heure actuelle, à peine plus de 100 km par an et il est vraisemblable que, d'ici à 1985, la situation n'aura pas beaucoup changé. D'ailleurs, la Direction des routes n'a pas prévu la construction de plus de 100 km de routes neuves en 1985.

Par contre, il est prévu d'élargir, d'ici à 1985, 15 000 à 20 000 km, ce qui revient à créer une voie nouvelle de 3,5 m de large. Au cours de l'année 1985, la longueur des routes élargies est inférieure à 100 km. Pour atteindre le chiffre prévu en 1985, on peut admettre qu'il faudra élargir, à cette date, 1 000 km de routes par an.

La réfection périodique des couches de roulement peut être faite soit en enrobés, soit en enduit superficiel. La mise en place d'un tapis d'enrobés nécessite beaucoup plus de matériaux et des installations d'enrobage assez importantes. Mais la qualité de la chaussée mise en place est supérieure. C'est pourquoi les services spécialisés du ministère de l'Équipement et du Logement pensent que la réalisation de ce type de chaussée pourrait se développer régulièrement, et nous avons retenu, jusqu'en 1985, un taux de croissance moyen de 3% par an. Dans ces conditions, en 1985, on réaliserait 1,8 fois plus de chaussées en enrobés que maintenant. Par contre, ces mêmes services du ministère de l'Équipement et du Logement pensent que la réalisation d'enduits superficiels augmentera encore de 2 à 3% pendant quelques années, puis se stabilisera. Nous avons donc supposé qu'en 1985, on ne ferait que 1,3 fois plus de couches de roulement en enduit qu'à l'heure actuelle.

3°) Les routes départementales

Pour déterminer le volume des granulats qui seront utilisés sur les couches de roulement des routes départementales en 1985, on en est réduit à des hypothèses. On peut admettre que le trafic se développera de la même façon sur les routes nationales et sur les routes départementales et que les mêmes procédés de construction des couches de surface seront utilisés sur ces deux catégories de routes. Aussi avons-nous retenu les mêmes taux de croissance pour les chaussées réalisées en enduits ou en enrobés que pour les routes nationales.

On réaliserait donc, en 1985, 1,8 fois plus de km de routes départementales en enrobés qu'à l'heure actuelle et 1,3 fois plus de km en enduits superficiels.

4°) La voirie communale

Deux éléments entraîneront d'ici à 1985 un développement assez rapide des travaux à réaliser sur les voiries communales. D'une part l'augmentation du trafic et d'autre part l'extension du réseau revêtu. Il est possible par ailleurs que l'emploi de béton bitumineux se développe sur ce type de voirie. Aussi avons-nous fait l'hypothèse selon laquelle les quantités de granulats consommés chaque année sur le réseau communal seraient 1,8 fois plus importantes en 1985 qu'en 1965, ce qui représente un accroissement annuel moyen de 3 %.

5°) Récapitulation

En appliquant aux chiffres qui ont été établis pour 1965 dans le paragraphe précédent, les coefficients multiplicateurs que nous venons de déterminer, on obtient pour l'année 1985 les chiffres suivants :

Consommation de matériaux durs dans les couches de roulement des routes en 1985 en millions de tonnes			
	Béton bitumineux	Enduit	Total
Autoroutes	2,6		2,6
Routes nationales	3,0	2,0	5,0
Routes départemen- tales	4,4	6,5	10,9
Voirie communale			21,5
Total			40,0

Consommation de matériaux durs par les ouvrages "routes"en 1985

En millions de tonnes

Nord	2,3
Picardie	1,3
Région parisienne	6,3
Centre	2,1
Haute-Normandie	1,2
Basse-Normandie	1,1
Bretagne	1,9
Pays de la Loire	2,1
Poitou-Charentes	1,5
Limousin	0,9
Aquitaine	2,4
Midi-Pyrénées	2,0
Champagne	1,2
Lorraine	1,9
Alsace	0,9
Franche-Comté	0,9
Bourgogne	1,5
Auvergne	1,2
Rhône-Alpes	3,6
Languedoc	1,3
Provence-Côte-d'Azur	2,4
France entière	<u>40,0</u>

La quantité de matériaux durs qui sera consommée dans les couches de roulement des routes en 1985 se situera donc, compte tenu des hypothèses que nous venons de faire, aux environs de 40 millions de tonnes. Il est cependant nécessaire, avant de prévoir des flux de transports, de préciser la localisation de la consommation de ces matériaux, et c'est ce que nous allons tenter de faire maintenant.

C - LA CONSOMMATION DE MATERIAUX DURS POUR LES COUCHES DE ROULEMENT DES ROUTES
EN 1985 PAR REGION

Nous avons effectué une répartition régionale de la consommation de matériaux durs utilisés dans les couches de roulement qui représentent 40 millions de tonnes en 1985, de façon à localiser les lieux de consommation et à préciser ainsi l'orientation des flux de transport.

Cette répartition a été réalisée séparément pour chacune des quatre catégories de routes en tenant compte, d'une part, de la longueur des réseaux actuels sur lesquels seront réalisés la majeure partie des travaux d'entretien en 1985, et d'autre part, de l'importance de la population des zones de peuplement industriel et urbain de plus de 200 000 habitants, dont l'influence sera déterminante pour la localisation des autoroutes de dégagement.

Il est cependant certain, au moins en ce qui concerne les travaux neufs d'autoroutes, que cette méthode est assez aléatoire. En effet, chaque année les travaux neufs réalisés le seront dans seulement quelques régions et non dans chaque région de programme. Cependant, les autoroutes n'absorberont pas plus de 6 à 7 % des matériaux durs utilisés sur les routes. Par ailleurs, la mise en oeuvre des tonnages restants intéressera surtout des travaux d'entretien du réseau existant, ce qui justifie le mode de répartition par région que nous avons adopté. Les résultats de ce calcul font l'objet du tableau ci-contre.

La précision de ces chiffres ne doit pas faire illusion, mais ils donnent cependant un ordre de grandeur de la consommation de matériaux durs pour les routes dans chaque région. Il sera ainsi possible, après avoir étudié les possibilités d'approvisionnement de ces matériaux, d'en prévoir les flux de transports pour 1985.

II - L'APPROVISIONNEMENT EN MATERIAUX DURS UTILISES DANS LES COUCHES DE ROULEMENT DES ROUTES EN 1985

Les matériaux durs utilisés dans les couches de roulement des routes sont essentiellement des roches qui datent de l'ère primaire ou des roches éruptives qui ne se rencontrent en France que dans certaines régions, à savoir le Massif central, la Bretagne, les Vosges ou les Ardennes.

Les régions du Nord et du Bassin parisien sont donc particulièrement démunies de matériaux durs.

Dans ces régions, mis à part les calcaires durs du Boulonnais qui, nous l'avons vu, ne peuvent guère convenir qu'aux chaussées en béton, il n'existe aucune ressource en matériaux susceptibles de convenir à la réalisation des couches de roulement des routes. Le massif des Ardennes permet cependant, tant dans sa partie belge que dans sa partie française, de combler cette lacune. En France, il existe des carrières à Jeumont, à Colsore ainsi qu'à Givet dans la vallée de la Meuse, à proximité de la frontière belge. En Belgique, on trouve des porphyres à Lessines. C'est ce qui explique l'importance des importations de granulats durs du nord de la France en provenance de la Belgique.

Dans l'ouest du Bassin parisien, par contre, ce sont les gisements de roches primaires situés en Normandie vers Alençon ou vers Voutré et même certaines carrières des Deux-Sèvres qui permettent d'alimenter en matériaux durs les zones de consommation s'étendant jusqu'à la Picardie. Enfin, dans le sud du Bassin parisien, il existe des gisements à Corbigny et à Epiry Montreuil dans la Nièvre.

Dans la plupart des autres régions françaises, les problèmes des ressources en matériaux durs se posent avec moins d'acuité, du fait de la proximité relative des gisements des lieux de consommation.

On trouve en particulier des gisements importants dans les Vosges à Raon-l'Étape, en Vendée, à Pouzauges et à La Meilleraie, dans les Deux-Sèvres à Thouars et à Saint-Varent, dans l'Allier à Cusset, dans le Rhône à Courzieu-Brussieu et dans l'Ardèche à Privas.

Il y a peu de chances pour que ces carrières puissent s'épuiser d'ici à 1985, mais il est certain que l'on pourrait, si le besoin s'en faisait sentir, ouvrir de nouveaux gisements dans des zones voisines de celles qui sont actuellement en exploitation. Par contre, en dehors de ces zones, on peut penser qu'il sera difficile de trouver des gisements de matériaux durs plus proches des centres de consommation. En effet, si de telles possibilités existaient, elles auraient déjà été exploitées.

Au total, d'ici à 1985, il est vraisemblable que les principales zones de production de matériaux durs resteront là où elles sont. Seul un développement de certaines voies de communication pourrait favoriser telle ou telle carrière. L'étude du transport des matériaux durs fera l'objet du chapitre 4.

Chapitre 3

LES GRANULATS UTILISES DANS LES COUCHES DE BASE ET DE FONDATION DES ROUTES, DANS LA CONFECTION DU BETON ET DANS LES AUTRES EMPLOIS

Dans ce chapitre, nous essayerons de prévoir l'évolution de l'ensemble du marché des matériaux durs et ordinaires, à l'exception du marché des matériaux durs utilisés pour le revêtement des routes, question traitée dans le chapitre précédent.

Le marché que nous allons étudier maintenant est donc approvisionné aussi bien par des matériaux durs que par des matériaux ordinaires. Nous verrons que l'on peut considérer que ces deux catégories de matériaux sont substituables dans les emplois de granulats et qu'il ne serait pas cette fois justifié de les distinguer dans une prévision à long terme de la demande et des possibilités d'approvisionnement correspondantes.

En revanche, les méthodes de prévision étant très différentes pour chacun d'eux, il est indispensable de proposer une prévision séparée des trois types d'emplois considérés sans distinction d'origine :

- la réalisation des couches de base et de fondation pour les routes,
- la confection des bétons,
- les autres emplois.

Nous déterminerons d'abord la demande totale de granulats pour chacun de ces trois types d'emplois en 1985. Nous essaierons ensuite de voir quelles sont les ressources de matériaux susceptibles de répondre aux caractéristiques exigées par ces emplois et que l'on pourra exploiter encore en 1985.

Ce chapitre comporte donc deux sections :

- I - La consommation de granulats utilisés dans les couches de base et de fondation des routes, dans la confection du béton et dans les autres emplois en 1985
- II - Les possibilités d'approvisionnement en granulats ordinaires en 1985

I - LA CONSOMMATION DE GRANULATS DANS LES COUCHES DE BASE ET DE FONDATION DES ROUTES, DANS LA CONFECTION DU BETON ET DANS LES AUTRES EMPLOIS EN 1985

La raison pour laquelle nous avons été amenés à regrouper dans le même chapitre ces trois types d'emplois des granulats est que les contraintes techniques auxquelles les matériaux utilisés doivent répondre sont beaucoup moins sévères que pour la réalisation des couches de roulement des routes. On peut indifféremment utiliser des granulats alluvionnaires, concassés ou autres, et si les techniques de mise en oeuvre sont quelquefois différentes suivant qu'on utilise telle ou telle catégorie d'agrégats, la considération essentielle qui guidera le choix entre les différents matériaux possibles sera celle de leur prix de revient sur le chantier. Etant donné que le coût de transport constitue l'essentiel de ce prix, on aura intérêt à faire appel aux gisements les plus proches, dans la mesure où les matériaux extraits sont de qualité suffisante et permettent d'obtenir les granulométries désirées.

Notons aussi que les quantités de ciment et de granulats incorporés aux ouvrages d'art construits sur les réseaux routiers et autoroutiers sont prises en compte avec les tonnages mis en oeuvre pour la confection du béton (Cf. section II).

A - LA CONSOMMATION DE GRANULATS DANS LES COUCHES DE BASE ET DE FONDATION DES ROUTES

Le rôle des couches de base et de fondation dans une route est de transmettre les charges supportées par la couche de roulement au terrain naturel. Ces couches doivent aussi permettre un drainage efficace de la chaussée. En effet, un revêtement n'est jamais totalement étanche et il laisse passer une partie des eaux de ruissellement ; par contre, il interdit toute évaporation dans les couches inférieures. On utilise donc, dans les couches de base et de fondation, des agrégats qui ont des caractéristiques de granulométrie et de dureté bien définies.

Ces matériaux peuvent être extraits de carrières de pierre ou de gisements de matériaux alluvionnaires, concassés le cas échéant, et criblés dans des installations spéciales. Dans la mesure où l'on dispose, à proximité, de matériaux durs, ceux-ci présentent évidemment de grands avantages, mais on doit, le plus souvent, se contenter de matériaux ordinaires, car le coût de transport des matériaux durs rend l'emploi de ceux-ci prohibitif. Dans ces conditions, on est amené à ajouter aux granulats ordinaires employés dans les couches de base ou de fondation, des liants hydrocarbonés ou hydrauliques pour stabiliser les sols.

On utilise ainsi, soit du ciment dans une proportion de 3 à 7 % du poids de matériaux, soit du laitier granulé, ou encore des bitumes. Le mélange peut être fabriqué sur place ou en centrale. La différence entre la couche de base et la couche de fondation est plus une question de dosage de ces stabilisants que de qualité des matériaux utilisés.

La détermination des caractéristiques des matériaux utilisés sur les couches de base ou de fondation, dont l'épaisseur atteint couramment 50 cm, est donc commandée davantage par des considérations de prix de revient et donc de coût de transport plutôt que par des impératifs techniques.

Avant de faire une estimation des quantités de granulats susceptibles d'être consommées dans les couches de base et de fondation des routes en 1965, nous allons essayer de répartir la consommation de granulats dans ces diverses couches en 1965, en respectant la distinction administrative traditionnelle entre les divers réseaux : autoroutes, routes nationales, routes départementales ou voirie communale.

1°) La consommation de granulats dans les couches de base et de fondation des routes en 1965

Pour déterminer le volume de la production de matériaux destinés aux travaux routiers en France, en 1965, on dispose des statistiques de production qui sont établies d'une part par le Service des Mines du ministère de l'Industrie et qui sont publiées chaque année dans les Annales des Mines, et d'autre part par l'Union Nationale Interprofessionnelle des Carrières et Matériaux de construction (U.N.I.C.E.M.).

Toutefois, ces derniers chiffres sont inférieurs à ceux des Annales des Mines. La quantité de matériaux de viabilité recensés par le Service des Mines pour l'année 1965 est de 57 millions de tonnes, alors que le chiffre publié par l'Union Nationale des Producteurs de Matériaux de Construction ne dépasse pas 49 millions de tonnes. Il semble qu'en réalité les statistiques du Service des Mines soient plus complètes que celles de l'U.N.I.C.E.M. Mais le Service des Mines a inclus dans les matériaux de viabilité, les matériaux de ballastage et d'empierrement. Par ailleurs, les sables et graviers d'alluvions utilisés en viabilité ne sont recensés dans aucune statistique, que ce soit celle du Service des Mines ou celle de l'Union Nationale des Producteurs de Matériaux de Construction.

Nous avons donc estimé la quantité de matériaux de viabilité utilisés à l'heure actuelle chaque année dans les routes à 55 millions de tonnes. A cela il faut encore ajouter le laitier de haut fourneau car 5 millions de tonnes de ce matériau concassé sont utilisées dans les routes. Ce chiffre a été obtenu directement de l'Association Technique des Utilisateurs de Laitiers (A.T.U.L.). La quantité totale de matériaux de viabilité produite s'élèverait donc à environ 60 millions de tonnes en 1965.

Dans une précédente étude (1), le B.I.P.E. avait évalué cette quantité à 56 millions de tonnes, mais ce chiffre est certainement sous-évalué. Il avait d'ailleurs été établi avant que ne soient publiées les statistiques du Service des Mines pour l'année 1965.

Quoi qu'il en soit, le chiffre de 60 millions de tonnes conserve un caractère assez approximatif. Les matériaux de viabilité doivent être répartis entre les couches de base et de fondation d'une part, et la couche de roulement d'autre part. Nous avons

(1) Analyse des consommations de la branche bâtiment et génie civil :
La consommation de granulats - B.I.P.E. - Octobre 1963.

estimé dans le chapitre précédent la quantité de matériaux durs utilisés dans les couches de roulement des routes à 24 millions de tonnes. Ce serait donc environ 36 millions de tonnes qui seraient absorbées par les couches de base et de fondation.

Pour déterminer les catégories de routes dans lesquelles ces granulats sont utilisés, on peut faire appel à l'état statistique routier établi par le ministère de l'Équipement et du Logement sur la base des renseignements fournis par les Services Départementaux de l'Équipement.

Ceux-ci ne recensent cependant pas les matériaux dont les Services des Ponts et Chaussées ont contrôlé la mise en oeuvre, c'est-à-dire l'ensemble du réseau d'autoroutes, de routes nationales et de routes départementales, mais seulement une partie des travaux réalisés sur la voirie communale.

En effet, ce n'est pas le budget du ministère de l'Équipement et du Logement qui participe au financement des travaux effectués sur les voies qui font partie du patrimoine des communes, mais celui du ministère de l'Intérieur. Aussi n'est-il fait appel aux Services des Ponts et Chaussées que dans la mesure où les communes qui financent l'essentiel des travaux de voirie communale ne disposent pas directement de services techniques spécialisés. Comme ce sont généralement les grandes villes qui ont mis sur pied de tels services techniques, une bonne partie des consommations de granulats liées aux travaux communaux échappe au recensement de l'état statistique routier.

La consommation de granulats dans les travaux réalisés sur les autoroutes, routes nationales et routes départementales est donc connue avec précision, mais la consommation se rapportant aux travaux exécutés sur le réseau communal n'est connue que par solde.

Pour l'année 1965, la consommation de granulats dans les couches de base et de fondation a été répartie entre les différentes catégories de routes de la façon suivante (en millions de tonnes) :

Autoroutes.....	6,5	
Routes nationales.....	4,3	
Routes départementales....	9,2	
Voirie communale.....	16,0	(dont travaux contrôlés par les P. & C. : 4 millions)

Total.....	36,0	

Nous allons pouvoir déterminer la consommation de granulats dans les couches de base et de fondation des routes en tenant compte du rythme de développement des différentes catégories de routes jusqu'en 1985.

2°) La consommation de granulats dans les couches de base et de fondation des routes en 1985

Le Service d'études techniques des routes et autoroutes qui dépend du ministère de l'Équipement et du Logement s'est livré à des prévisions sur le développement du réseau d'autoroutes, de routes nationales et de routes départementales.

Ces prévisions ont déjà été analysées dans le chapitre précédent pour les couches de roulement. Nous étudierons ici le cas des couches de base et de fondation.

Nous ferons de plus l'hypothèse que les quantités de matériaux consommées par km de routes seront les mêmes en 1985 qu'en 1965. Cette hypothèse est d'ailleurs vraisemblable. En effet, l'influence du progrès technique porterait plutôt sur la qualité des matériaux utilisés que sur leurs quantités. L'approvisionnement des matériaux devenant de plus en plus onéreux du fait de l'éloignement des ressources, l'utilisation des matériaux rencontrés à proximité du lieu d'emploi sera d'autant plus intéressante.

Nous allons analyser maintenant séparément les perspectives de développement des réseaux d'autoroutes, de routes nationales, de routes départementales et de voies communales.

- Le réseau d'autoroutes comporterait, en 1985, 7 000 km. Pour réaliser un tel réseau, il serait nécessaire en 1985 de construire environ 400 km d'autoroutes, soit deux fois plus qu'à l'heure actuelle. Dans ces conditions, les couches de base et de fondation des autoroutes absorberaient deux fois plus de matériaux qu'à l'heure actuelle où on ne construit que 200 km par an.

- Sur les couches de base et de fondation des routes nationales, on exécute trois catégories de travaux : construction de routes neuves, élargissement des routes existantes, renforcement de couches de base et de fondation.

A l'heure actuelle, on ouvre à peu près chaque année 100 km de routes neuves qui sont surtout constituées par des déviations autour des villes. Pour 1985, les prévisions de construction de routes neuves portent également sur 100 km par an.

La longueur de routes élargies ne représente pas en ce moment plus de 100 km par an. Cependant, d'ici à 1985, il faudrait en élargir 15 000 à 20 000 km. Pour atteindre ce chiffre, ce sont 1 000 km de routes qu'il faudra ainsi traiter chaque année.

Le renforcement des couches de base et de fondation est réalisé actuellement sur 300 km pour la couche de fondation et sur 600 km pour la couche de base. Il est prévu de renforcer d'ici à 1985, 30 000 à 40 000 km de routes nationales ; on devrait ainsi améliorer 2 000 km de routes nationales par an en 1985.

Le total de ces trois catégories de travaux réalisés sur les couches de base et de fondation absorberait donc 3,2 fois plus de matériaux en 1985 qu'en 1965.

- Sur les routes départementales, nous avons admis que compte tenu du développement du trafic, le volume des travaux réalisés chaque année croîtrait de 4,8 % par an. Si on admet que la quantité de granulats consommés progresse comme le volume des travaux, en 1985 les travaux réalisés sur les routes départementales absorberaient 2,5 fois plus de matériaux qu'en 1965.

- Deux facteurs favorisent le développement des travaux sur la voirie communale, la croissance du trafic et l'extension du réseau des routes revêtues. On a donc fait l'hypothèse que le volume des travaux réalisés et la consommation de matériaux correspondante croîtraient au rythme de 7,4 % par an, ce qui représente un accroissement total de la quantité de granulats consommés sur les routes de 420 % entre 1965 et 1985.

En appliquant aux chiffres établis dans le paragraphe précédent pour 1965 les coefficients multiplicateurs qui sont déterminés ci-dessus, on obtient la consommation de matériaux dans les couches de base et de fondation des routes en 1985 dans les différentes catégories de routes considérées (en millions de tonnes) :

Autoroutes.....	13,0
Routes nationales.....	11,2
Routes départementales....	23,0
Voirie communale.....	60,0
	107,2
Total.....	107,2

La quantité de matériaux qui serait utilisée dans les couches de base et de fondation des routes en 1985 serait donc de l'ordre de 107 millions de tonnes. Nous allons maintenant tenter de localiser cette consommation, ce qui est indispensable avant d'envisager les problèmes de transport.

3°) La répartition par région de la consommation de matériaux dans les couches de base et de fondation des routes en 1985

Pour effectuer cette régionalisation, séparément pour chacune des catégories de routes : autoroutes, routes nationales, routes départementales et voirie communale, nous avons fait appel à des critères basés soit sur la population urbaine, la population des régions ainsi que la longueur du réseau actuel.

En effet, une grande partie des travaux réalisés dans les couches de base et de fondation des routes sont des travaux d'élargissement ou de réfection qui sont exécutés sur des tronçons existants.

Consommation de granulats dans les couches de base et de fondation
des routes en 1985

En millions de tonnes

Nord	6,6
Picardie	3,5
Région parisienne	18,0
Centre	5,4
Haute-Normandie	3,3
Basse-Normandie	2,9
Bretagne	4,9
Pays de la Loire	5,5
Poitou-Charentes	4,0
Limousin	1,9
Aquitaine	6,1
Midi-Pyrénées	5,4
Champagne	2,9
Lorraine	5,0
Alsace	2,3
Franche-Comté	2,3
Bourgogne	4,1
Auvergne	3,2
Rhône-Alpes	9,7
Languedoc	3,6
Provence-Côte-d'Azur	6,6
France entière	<u>107,2</u>

Une telle méthode ne convient cependant pas pour les autoroutes, mais celles-ci ne représentent que 12 % de la consommation totale de granulats dans les couches de base ou de fondation, et par ailleurs il est impossible de savoir dans quelles régions on les construira en 1985. Les résultats auxquels nous sommes parvenus font l'objet du tableau ci-contre.

Cette répartition permet de se faire une idée de l'ordre de grandeur des consommations de matériaux dans les couches de base et de fondation des routes en 1985. Cependant, il est impossible de savoir quelles qualités de matériaux seront utilisées, car des matériaux ordinaires qui n'ont pas une très grande dureté peuvent très bien convenir ; il suffit d'y ajouter du ciment ou du laitier granulé pour les stabiliser et obtenir ainsi la résistance désirée pour les couches de base et de fondation. Les granulats sont donc en général substituables, et ce sont essentiellement les prix de revient et donc les coûts de transport qui seront déterminants dans le choix des sources d'approvisionnement.

B - LA CONSOMMATION DE GRANULATS POUR LA CONFECTION DU BETON

L'origine et la nature des granulats utilisés pour la confection du béton, comme les matériaux utilisés dans les couches de base et de fondation des routes, n'obéissent pas à des contraintes techniques aussi sévères que celles que nous avons rencontrées dans la réalisation des couches de roulement des routes.

Cela justifie que pour une prévision à long terme on ne fasse pas de distinction pour ce type d'emploi entre les matériaux de différentes qualités et qu'on les traite dans leur ensemble. C'est la réalité de cette substituabilité que nous allons tout d'abord préciser.

Nous verrons ensuite qu'en ce qui concerne les quantités, on peut retenir cette fois un coefficient technique précis qui réunit les quantités de granulats aux quantités de ciment.

1°) La substituabilité des granulats entre eux

En général, on emploie des matériaux alluvionnaires extraits des lits de rivière. Les villes qui absorbent une grande quantité de granulats sont en général situées dans des vallées dans lesquelles il est souvent possible d'ouvrir des gisements de matériaux alluvionnaires.

Cependant, certaines régions sont particulièrement démunies de matériaux alluvionnaires et, dans ce cas, le béton est fabriqué avec des matériaux concassés extraits des carrières les plus proches et non avec des matériaux alluvionnaires importés de zones d'extraction plus éloignées.

La différence de coût de production entre les matériaux concassés et les matériaux alluvionnaires, qui est de l'ordre de 4 à 5 francs par tonne ne permet pas de faire supporter à ces derniers une très grande distance de transport sans leur faire perdre leur compétitivité. Ainsi, à Marseille, on a mis en exploitation des carrières de calcaire dans les collines qui entourent la ville plutôt que d'aller chercher des matériaux alluvionnaires dans la vallée de la Durance, par exemple.

Nous allons voir si, compte tenu de l'évolution technologique de la fabrication du béton et des difficultés grandissantes d'approvisionnement de certaines régions en matériaux alluvionnaires, une telle substitution n'est pas susceptible de se généraliser.

Il y a encore cinq ans, le béton était fabriqué entièrement dans des centrales de chantier, et si certaines de ces centrales étaient bien équipées, ce n'était pas le cas général. Cependant, comme les matériaux utilisés étaient dans l'ensemble d'origine alluvionnaire et présentaient donc des formes arrondies, la fabrication du béton à partir de tels agrégats ne posait pas de difficultés particulières, et le béton fourni par les centrales convenait bien à la construction. A l'heure actuelle, on commence à utiliser du béton fabriqué en centrales fixes très bien équipées et qui assurent des dosages constants de matériaux de granulométrie précise, et le développement de ce béton prêt à l'emploi va en se généralisant.

Dans ces conditions, on pourra faire appel indifféremment à des matériaux alluvionnaires ou concassés, et la qualité des matériaux utilisés pourra être compensée par le mode de fabrication du béton.

Ainsi, avec le développement des centrales à béton, le problème de la nature et de la qualité des matériaux utilisés perd de son acuité.

Comparé aux autres pays industrialisés, la France présente en matière d'utilisation du béton prêt à l'emploi un retard important. En effet, 5 % du ciment employé dans la construction est transformé en béton dans des centrales de béton prêt à l'emploi, alors que cette proportion est de 60 % aux Etats-Unis et varie en Europe occidentale entre 20 et 40 %. Il est vraisemblable qu'en France elle pourrait atteindre en 1975, 30 % et en 1985, 55 %.

Il est donc certain que lorsque les ressources de matériaux alluvionnaires se révèlent insuffisantes ou sont en voie d'épuisement rapide, leur substitution par des matériaux concassés ne doit pas poser de problèmes particuliers, et on peut penser qu'elle se généralisera.

2°) La liaison entre le ciment et les agrégats

Les proportions dans lesquelles on mélange le ciment et les agrégats dans la confection du béton sont dictées par les impératifs de résistance que l'on exige dans les constructions.

Les dosages varient généralement entre 200 et 400 kg de ciment pour 1 m³ de béton, mais la plupart du temps le béton fabriqué est dosé à 350 kg, si bien qu'en moyenne il entre 6,2 fois plus d'agrégats que de ciment dans la confection du béton.

Ce rapport consommation de granulats/consommation de ciment n'est cependant pas absolument constant. En effet, à mesure que l'on fabrique des ciments plus résistants, on peut réduire la quantité de ciment utilisée dans le béton, ce qui fait augmenter le rapport consommation de granulats/consommation de ciment.

On ne peut cependant pas prévoir quelle sera l'évolution de ce rapport jusqu'en 1985, mais de toute façon il ne pourra pas varier dans de grandes proportions. Aussi nous contenterons-nous de conserver ce rapport de 6,2 entre la consommation de granulats et celle du ciment pour nos prévisions de 1985.

3°) La consommation de ciment par région en 1985

La détermination de cette consommation constitue un travail particulièrement important. Il faut en effet connaître l'importance des travaux de bâtiment et de génie civil qui seront réalisés en 1985 dans chaque région de programme, mais il faut surtout tenir compte des possibilités de substitution par des produits nouveaux.

Nous bénéficierons ici du travail déjà réalisé à l'occasion de l'étude de la structure des transports de ciment en 1985 (1), et nous nous appuierons donc sur ses conclusions, car il est hors de question de reprendre ici l'ensemble du document.

En effet, à la demande du Service des Affaires Economiques et Internationales du ministère de l'Equipement et du Logement, le B.I.P.E. a réalisé une étude prospective sur les transports de ciment en 1985. La première partie de cette étude a consisté à déterminer, région par région, la consommation prévisible de ciment, compte tenu d'un certain nombre d'hypothèses faites sur l'évolution des techniques et des modes de construction d'ici à cette date.

Une analyse approfondie de la consommation de ciment en 1965 a dû être d'abord réalisée, et c'est essentiellement l'exploitation de l'enquête du Commissariat aux Entreprises, que nous avons déjà citée, qui a servi de base à nos travaux. La quantité de ciment consommée a pu ainsi être ventilée entre les principaux ouvrages de bâtiment et de génie civil produits cette année-là.

(1) Cf. "La structure des transports de ciment en 1985. I - La demande et l'offre de ciment" - B.I.P.E. - Mai 1968.

Deux séries d'hypothèses ont ensuite été retenues. La première est relative à l'évolution des investissements des entreprises et des administrations en travaux de bâtiment et de génie civil. Au niveau des données d'encadrement, nous avons adopté comme schéma de croissance économique à long terme de l'économie française celui proposé dans le document "Réflexions pour 1985" qui reprend l'essentiel des travaux du groupe 1985 constitué par le Premier ministre à la fin de 1962. De ce rapport, il ressort que le taux de croissance moyen de la production intérieure brute entre 1960 et 1985 serait de 4,7 % par an.

Dans ce cadre, le taux de croissance moyen des investissements en bâtiment et génie civil serait pour les administrations de 7 % et pour les entreprises productives (agriculture, industrie, transports, services, commerces) de 3,6 % par an.

Nous avons également retenu les chiffres de 500 000 résidences principales et de 50 000 résidences secondaires comme niveau de la construction de logements.

D'autres hypothèses ont ensuite été faites pour tenir compte des facteurs techniques susceptibles d'influencer la consommation de ciment par nature d'ouvrages. On a pu en général procéder à une analyse suffisamment fine de la consommation de ciment dans les différentes parties des ouvrages et dégager l'évolution probable de la constitution de ces mêmes parties de bâtiments d'ici à 1985.

La répartition des investissements en travaux de bâtiment et de génie civil entre les différentes régions a été faite en s'appuyant sur les critères représentatifs de la demande exprimée dans les régions par les différents clients de la branche bâtiment et génie civil.

Les consommations régionales de ciment dans les ouvrages de bâtiment et de génie civil ont pu ainsi être déterminées. Toutefois, le ciment qui est utilisé dans les routes, soit dans les couches de base ou de fondation pour stabiliser les sols, soit dans les couches de roulement constituées par une chaussée en béton, n'a pas été pris en compte dans ce calcul, puisque les agrégats consommés dans les routes ont déjà fait l'objet de chapitre et de paragraphes antérieurs. Par contre, le ciment utilisé dans les produits en béton est inclus dans ce compte. Ce sont ces chiffres qui font l'objet du tableau ci-après.