

**MINISTÈRE DES TRANSPORTS**  
DIRECTION GÉNÉRALE DES TRANSPORTS INTÉRIEURS

# **Stockage des granulats**

**Aires de stockage**

**GUIDE TECHNIQUE**



DIRECTION DES ROUTES ET  
DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE

**Page laissée blanche intentionnellement**

**MINISTERE DES TRANSPORTS**  
**DIRECTION GENERALE DES TRANSPORTS INTERIEURS**

---

Direction des Routes et de la Circulation Routière 244, Bd Saint-Germain - 75775 PARIS Cedex 16

# **Stockage des granulats**

## **Aires de stockage**

**Mars 1981**

Document réalisé et diffusé par :

le Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes  
16 avenue Aristide Briand - 92223 BAGNEUX - Tél. 664.14.77

**SETRA**

le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées  
58 bd Lefebvre - 75732 PARIS Cedex 15 - Tél. 532.31.79

**LCPC**

**MINISTÈRE DES TRANSPORTS**

**DIRECTION GENERALE  
DES TRANSPORTS INTERIEURS**

**DIRECTION DES ROUTES  
ET DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE**

SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES  
DES ROUTES ET AUTOROUTES  
S.E.T.R.A.

**J. BERTHIER**

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées

**DIRECTEUR**

46, Avenue Aristide Briand - B.P. 100  
92223 BAGNEUX - Tél. 664.14.77  
TELEX 260763 SETRA BAGNX

**BAGNEUX, LE 20 MARS 1981**

Le Directeur du Service d'Etudes  
Techniques des Routes et Autoroutes  
à

Messieurs les Directeurs Départementaux  
de l'Équipement

OBJET : STOCKAGE DES GRANULATS-AIRES DE STOCKAGE

*Le présent guide est destiné essentiellement aux maîtres d'œuvre pour les aider à résoudre les problèmes liés au stockage des granulats utilisés en technique routière. Il s'adresse plus particulièrement aux ingénieurs chargés de la conception des projets ; mais les conducteurs de travaux pourront également y trouver des renseignements pratiques concernant l'exploitation optimale des aires de stockage.*

*Le stockage sur aire spécialement aménagée, ou en carrière, constitue en effet, une étape importante assurant la liaison entre l'élaboration des granulats et leur utilisation sur chantier. Pour conserver la qualité des matériaux, il est indispensable que ce stockage s'effectue dans de bonnes conditions en utilisant les matériels adéquats avec les aménagements appropriés.*

*Ce document comprend deux parties concernant :*

- les aires de stockage,*
- les modalités de mise en stock.*

*La première partie traite, pour un chantier donné, de la création d'une aire ; on distingue généralement quatre phases :*

*– Phase 1 : Recherche de la position optimale d'une aire*

*Bien que théoriques, les calculs d'implantation d'aire n'en sont pas moins précieux puisqu'ils permettent de faire un premier choix et d'éliminer les solutions les moins adaptées.*

*– Phase 2 : Recherche pratique d'un terrain*

*Les recherches théoriques ayant permis de mettre en évidence les diverses solutions possibles, le choix d'un terrain sera généralement un compromis entre la solution théorique la meilleure et les possibilités pratiques, compte tenu :*

- *de la situation du terrain et de son accessibilité*
- *de la géométrie et de la nature du terrain*
- *des contraintes diverses.*

*Dans le cas particulier de mise à disposition temporaire, on évaluera avec soin les frais de remise en état qui peuvent, dans certains cas, être très élevés.*

*– Phase 3 : Agencement de l'aire*

*La facilité d'exploitation d'une aire dépend directement de son agencement. La surface disponible est souvent restreinte et il est nécessaire de disposer au mieux les différentes unités pour assurer un fonctionnement optimal.*

– Phase 4 : Aménagement de l'aire

*Il s'agit d'un aspect généralement sous-estimé ; or, un aménagement correct permet de faire des économies substantielles. En particulier, les travaux nécessaires en matière de drainage, de construction de pistes et d'aménagement des zones de stockage entraînent des dépenses inférieures aux coûts directs ou indirects liés aux difficultés d'exploitation ou aux pertes de matériaux.*

*On devra notamment porter une attention particulière à l'aménagement des aires destinées au stockage des granulats pour l'entretien courant du réseau (campagnes d'enduisage par exemple). Ces aires sont souvent de faibles dimensions, mais elles sont nombreuses et leur aménagement doit être effectué avec soin compte tenu de l'importance du maintien de la qualité des granulats qui y sont stockés.*

*La deuxième partie traite des modalités de mise en stock et des contrôles ; les maîtres d'œuvre, comme les exploitants, y trouveront des éléments d'appréciation concernant la qualité du stockage.*

*Malgré son apparente simplicité, la mise en stock est une opération demandant un certain nombre de précautions pour conserver aux granulats leur qualité initiale ; les défauts qui apparaissent le plus fréquemment sont des variations de granularité (ségrégation) et des pollutions.*

*Le document précise, pour chaque mode de stockage, les précautions à prendre, ainsi que les modes les mieux adaptés aux différents types de matériaux.*

*Le contrôle des modalités de mise en stock qui est abordé à la fin du document, constitue finalement la meilleure garantie de préservation de la qualité des granulats.*

*Afin de permettre le perfectionnement ultérieur de ce document, je vous invite à faire part de vos remarques ou suggestions à la Division Chaussées-Terrassements du SETRA ou au Département Géotechnique du LCPC.*

L'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées  
Directeur du S.E.T.R.A.



J. BERTHIER

# SOMMAIRE

	Pages
<b>PRÉAMBULE</b> .....	5
<b>PREMIERE PARTIE</b> .....	7
<b>Les aires de stockage</b> .....	7
<b>1. Objectif - Durée d'utilisation</b> .....	7
<b>2. Recherche et Aménagement d'une aire de stockage pour un chantier donné</b> .....	7
2.1. Phase 1 - Etude de la position optimale de l'aire pour un chantier et des conditions d'approvisionnement donnés .....	8
2.2. Phase 2 - Recherche pratique d'un terrain .....	8
2.2.1. Caractéristiques techniques du ou des terrains susceptibles de convenir à l'aménagement d'une aire de stockage .....	10
2.2.2. Modalités d'occupation d'une aire .....	10
2.3. Phase 3 - Agencement de l'aire de stockage .....	11
2.4. Phase 4 - Aménagement de l'aire de stockage .....	13
2.4.1. Opérations d'aménagement .....	13
2.4.2. Remise en état .....	17
<b>3. Aires de stockage à caractère permanent</b> .....	18
3.1. Aires de stockage pour enrobés .....	18
3.2. Aires de stockage pour enduits superficiels .....	18
<b>DEUXIEME PARTIE</b> .....	19
<b>Modalités de mise en stock - Contrôles</b> .....	19
<b>1. Stockage et qualité des granulats</b> .....	19
1.1. Mise en stock en silos et trémies .....	19
1.2. Mise en tas par l'intermédiaire d'une sauterelle ou d'un tapis transporteur .....	21
1.3. Stockage par déversement d'engins .....	21
1.3.1. Stockage dit « à la déverse » .....	21
1.3.2. Stockage au chargeur (gerbage) .....	22
1.3.3. Stockage stratifié .....	23
1.3.4. Stockage à la benne preneuse .....	24
<b>2. Organisation des contrôles</b> .....	25
2.1. Contrôle qualitatif .....	25
2.2. Contrôle quantitatif .....	27
<b>Annexe</b> .....	29

## PRÉAMBULE

Le stockage constitue un « volant » qui permet d'absorber les à-coups de production, et d'assurer soit un débit régulier à la suite d'une alimentation variable soit un débit variable à partir d'une alimentation régulière.

Pour les granulats utilisés en **technique routière**, on peut être amené à réaliser un stockage à différents stades :

- au cours de la fabrication des granulats : **stock tampon ou stockage de différentes fractions**,
- avant expédition : **stockage en carrière de produits finis**,
- avant utilisation sur chantier : **stockage sur « aire de stockage »**.

Lorsque ces aires servent également à la fabrication des matériaux de chaussées à mettre en œuvre, par passage en centrale, on parlera « **d'aires de stockage et fabrication** ». Le stockage des granulats sur « aire de stockage et fabrication » rend la phase élaboration du granulat indépendante de la phase production des matériaux à mettre en œuvre.

Quel que soit le stade, il est indispensable que le stockage se fasse dans de bonnes conditions pour conserver la qualité des matériaux.

La technique d'élaboration des granulats a fait, ces dernières années, d'importants progrès : on sait actuellement produire des matériaux de qualité et on sait aussi assurer leur contrôle avec suffisamment de rigueur. Cependant, on a déjà pu constater que la qualité de matériaux élaborés avec soin, diminue parfois au cours des opérations de manutention et stockage : il se produit le plus fréquemment des pollutions, des variations granulaires, de la ségrégation, des variations de teneur en eau : or, ces détériorations peuvent être atténuées ou même évitées à condition de prendre les précautions nécessaires.

L'objectif de ce guide est donc de fournir les règles essentielles pour réaliser dans de bonnes conditions, le stockage des granulats et des liants stockables en tas (laitier, pouzzolane ...).

Nous examinerons successivement :

- les problèmes liés aux « aires de stockage » (ou « aires de stockage et fabrication »)
- les modalités de mise en stock et les contrôles.

**Page laissée blanche intentionnellement**

## PREMIÈRE PARTIE

### LES AIRES DE STOCKAGE

#### 1. OBJECTIF - DURÉE D'UTILISATION

Pour fixer son choix sur une aire de stockage, il faut toujours tenir compte de l'utilisation prévisible et de la durée envisagée.

Une aire de stockage peut être nécessaire :

- pour la réalisation d'un seul chantier important (par exemple chantier autoroutier ou de renforcement). L'aire est alors construite spécialement, et souvent à titre provisoire ; elle devra être réaménagée après utilisation, notamment si le terrain a été loué.
- pour la réalisation de plusieurs petits chantiers programmés ou potentiels ou pour la constitution de stocks départementaux nécessaires aux opérations courantes d'entretien du réseau (par exemple stockage de granulats pour enduits superficiels). Dans la majorité des cas, ces aires liées ou non à des centrales de traitement, sont installées de façon quasi définitive.

Le chapitre suivant (§ 2) sera consacré au cas de **la création d'une aire de stockage provisoire construite spécialement pour un chantier donné.**

Dans le troisième chapitre quelques indications seront données sur **les aires de stockage à caractère permanent.**

#### 2. RECHERCHE ET AMENAGEMENT D'UNE AIRE DE STOCKAGE POUR UN CHANTIER DONNÉ

Après avoir recensé les matériaux disponibles et les moyens de les acheminer, on cherchera les emplacements susceptibles de les accueillir pour leur mise en stock et la fabrication des mélanges à mettre en œuvre.

**La recherche des aires de stockage et fabrication est un aspect important de l'étude de l'avant-projet détaillé de travaux.** En particulier, il faut insister sur la nécessité de **la commencer suffisamment tôt avant le début des travaux.**

La recherche et les études des aires de stockage passent par un certain nombre de phases qui sont dans l'ordre chronologique :

**Phase 1 :** Etude de la position optimale de l'aire pour un chantier et des conditions d'approvisionnement donnés.

**Phase 2:** Recherche pratique de l'aire compte tenu :

- des résultats de l'étude précédente
- des caractéristiques techniques du ou des terrains susceptibles de convenir.
- des modalités d'occupation.

**Phase 3:** Agencement de l'aire de stockage

**Phase 4:** Aménagement de l'aire de stockage

Examinons successivement chacune de ces phases.

### **2.1. Phase 1. Etude de la position optimale de l'aire pour un chantier et des conditions d'approvisionnement donnés**

Dans la plupart des cas, il s'agit de déterminer l'emplacement d'une aire de stockage, parmi l'ensemble des solutions possibles, en fonction principalement :

- des distances de transport (distances de la carrière (1) à l'aire et de l'aire aux lieux de mise en œuvre)
- et des coûts de l'aire proprement dite (frais d'acquisition ou de location, frais d'aménagement)

Le choix définitif de la position d'une aire dépendra en fait des résultats de calcul de l'optimum théorique et des données pratiques recueillies "sur le terrain" (phase 2). Pour certains chantiers, notamment les chantiers importants, plusieurs aires peuvent être également nécessaires.

Il convient en particulier de souligner l'importance du paramètre transport qui joue un rôle déterminant dans le choix d'une aire.

*Au plan économique, le coût du transport a, en effet, une grande incidence sur le coût final des travaux : par exemple, pour l'approvisionnement de 200 000 tonnes de matériaux, un seul kilomètre de transport supplémentaire entraîne une majoration de 70 000 francs, sur la base de 0,35 F/t/km. Parallèlement à l'aspect économique, des considérations d'ordre technique peuvent conduire à limiter au mieux la durée maximale de transport des matériaux traités. Ainsi pour les bétons hydrauliques ou pour les enrobés à chaud, la durée maximale de transport est de l'ordre de 45 minutes à 1 heure ; en fait ce maximum varie largement en fonction de la nature des produits transportés, des conditions météorologiques (chaleur, pluie, vent) et des conditions de transport (camions bâchés ou non).*

On trouvera en annexe un exemple de calcul pour le choix de l'emplacement optimal d'une aire de stockage.

### **2.2. Phase 2. Recherche pratique d'un terrain**

#### **2.2.1. Caractéristiques techniques du ou des terrains susceptibles de convenir à l'aménagement d'une aire de stockage**

Outre le problème économique (prix d'achat ou location - cf. § 2.2.2.), les principales caractéristiques à prendre en compte sont :

- la situation du terrain,
- la géométrie et la nature du terrain.
- l'équipement de l'aire.

(1) ou de l'embranchement ferroviaire si le transport des granulats se fait par fer, ou du quai d'accostage si ce transport se fait par voies navigables.

Il est évident que tous ces paramètres ne doivent pas être affectés du même coefficient pondéral et qu'un emplacement ne répondra que très rarement à l'ensemble des conditions optimales relatives à chacun des critères ; le terrain à retenir est celui dont les caractéristiques se rapprochent le mieux des objectifs à atteindre.

Examinons plus en détail ces différentes caractéristiques.

#### 2.2.1.1. Situation du terrain

L'aire doit être accessible facilement par des routes de structure et de largeur suffisantes, se raccordant dans de bonnes conditions de débit et de sécurité avec les routes principales. Ainsi, elle doit déboucher de préférence sur une route d'au moins 6 m de largeur.

Il est préférable d'éviter la traversée de passages à niveau et de routes à grande circulation ne disposant pas d'îlot facilitant le cisaillement des trafics.

On évitera aussi les implantations imposant aux camions la traversée d'agglomérations ainsi que les accès à proximité de virages ou dos d'âne.

Enfin, il est nécessaire d'appréhender les dommages qui pourraient être causés aux voies d'accès par les transports de matériaux.

La proximité d'un terminal ferré ou portuaire permet d'envisager des transports par SNCF ou par voies navigables.

L'emplacement de l'aire de stockage doit être choisi en limitant au mieux les nuisances provoquées par :

- le passage des camions,
- les émissions de poussières ou de fumées provenant des manutentions des matériaux utilisés ou des rejets des centrales,
- les bruits des engins de transport et de manutention ainsi que ceux des centrales,
- les pollutions de toutes sortes
  - eaux polluées pour lesquelles on prévoira toujours un système de décantation avec recyclage
  - odeurs, etc...

A proximité des zones habitées, on tiendra compte de la direction des vents dominants qui jouent un rôle important dans la propagation des poussières, des bruits et des odeurs.

Pour les centrales d'enrobage à chaud, une directive ministérielle régit les nuisances admissibles (cf. circulaire du 14 janvier 1974 relative aux centrales d'enrobage à chaud de matériaux routiers) ; cette circulaire qui est annexée au fascicule 27 du C.C.T.G. précise notamment les quantités de poussières admissibles dans les gaz rejetés en fonction de la distance de l'aire aux habitations les plus proches.

#### 2.2.1.2. Géométrie et nature du terrain

Le terrain doit avoir une superficie suffisante ; il est important que les tas soient suffisamment espacés et que les différents engins de transport ou de manutention aient la place de manœuvrer en toute sécurité, sans se gêner et sans risquer de provoquer un mélange des matériaux (on trouvera en annexe des exemples d'aires de stockage ainsi qu'un graphique donnant la superficie moyenne d'une aire en fonction du tonnage de matériaux fabriqués).

Le terrain doit, en outre, avoir une forme convenable ; la forme géométrique optimale est le rectangle. Afin de ne pas trop excentrer les tas par rapport à la centrale et de ne pas augmenter la longueur des pistes, le rapport longueur sur largeur ne sera pas trop élevé (inférieur à 3).

La topographie du terrain doit être régulière et la plus plane possible. Un terrain plan en légère déclivité pour améliorer le drainage est idéal. Tout emplacement se trouvant dans un val inondable est à rejeter, sauf, bien sûr si l'on prend les précautions suffisantes pour éviter tout risque d'inondation.

Bien qu'on ait la possibilité de stabiliser le sol, il est naturellement préférable de choisir le terrain le plus sain possible, afin de réduire au mieux le coût du drainage et de l'assainissement.

Si des défrichements ou des déboisements sont nécessaires, on devra tenir compte, dans les incidences financières, du règlement de la taxe de déboisement (cf. § 2.4.). De toute façon il sera préférable dans la mesure du possible d'éviter de retenir une zone boisée pour laquelle les autorisations nécessaires seront très difficiles à obtenir.

### 2.2.1.3. Equipement de l'aire

- **Eau** : L'entreprise doit pouvoir disposer d'eau :
  - pour la fabrication des graves hydrauliques.  
Par exemple, la technique « graves-laitier » nécessite un apport d'eau de qualité (exempt de matières organiques) et en quantité notable (40 à 150 m<sup>3</sup>/jour pour une fabrication de 2000 t/jour)
  - pour alimenter le système de dépoussiérage de la centrale d'enrobage (dans le cas de dépoussiérage par voie humide).
  - pour l'arrosage du chantier et des pistes de l'aire.

Au cas où l'entreprise serait obligée de se brancher sur les canalisations d'eau potable, on devra prévoir l'emplacement d'une réserve tampon (par exemple trou revêtu d'une bâche plastique résistante) de volume suffisant, à remplir la nuit pour ne pas perturber l'utilisation domestique.

- **Electricité** : Si la puissance du réseau E.D.F. existant est insuffisante ou si les frais de raccordement sont trop onéreux, l'entreprise utilisera son propre groupe électrogène. Toutefois, un raccordement peut parfois être nécessaire au cours de la phase d'approvisionnement pour la pesée des granulats sur l'aire avant la mise en stock.

A ce propos, il est bon de préciser qu'on doit éviter de placer une aire de stockage sous une ligne à haute tension compte tenu des contraintes liées à l'exploitation et à la sécurité.

- **Téléphone** : Il est toujours utile de prévoir une liaison téléphonique (ou radio). Le branchement du téléphone ainsi que l'alimentation électrique de la bascule seront de préférence enterrés.

### 2.2.2. Modalités d'occupation d'une aire

Pour la création d'une nouvelle aire de stockage, on peut envisager deux formules :

- la mise à disposition temporaire d'un terrain,
- l'achat d'un terrain.

#### 2.2.2.1. Mise à disposition temporaire d'un terrain

La mise à disposition temporaire par un particulier ou par une collectivité peut être faite à titre gracieux ou onéreux (location).

Le particulier peut être le carrier fournisseur des granulats qui met à disposition, pour l'aire de stockage, une partie de son exploitation. Cette formule peut s'avérer intéressante, car elle permet : la prise en compte de tout ou partie de l'aménagement par le carrier, une diminution des distances de transport, la concentration des moyens de contrôle.

Il faut noter, cependant, que cette solution peut présenter aussi l'inconvénient de réduire les libertés de chacun ; une prise de position nette au départ sur les responsabilités réciproques du maître d'œuvre et des entreprises doit permettre de limiter les difficultés. Le maître d'œuvre doit s'efforcer d'obtenir - en particulier pour les chantiers importants - un **stockage indépendant** des autres productions de la carrière qui garantit le suivi qualitatif et quantitatif des approvisionnements ; il doit également s'assurer que le lieu de stockage est protégé des diverses pollutions liées au fonctionnement de la carrière.

Dans le cas général d'occupation temporaire d'un terrain, la remise en état en fin d'utilisation peut être particulièrement onéreuse. De plus, pour les terrains cultivés, il faut prévoir - en plus du montant de la location et de la remise en état des lieux - le paiement des indemnités suivantes :

- dégâts aux récoltes,
- pertes de récoltes,
- pertes partielles de récoltes durant plusieurs années après dévolution du terrain.

Ces indemnités sont souvent très importantes et parfois supérieures au montant de la location.

*Pratiquement, pour éviter tout litige avec le propriétaire, il convient :*

- *d'exécuter un plan (avec nivellement) de la parcelle occupée par l'aire, ainsi qu'un état des lieux ; ce travail faisant l'objet d'un procès verbal contresigné.*
- *d'établir une convention précisant :*
  - . *le prix de la location*
  - . *le délai d'occupation du terrain*
  - . *l'autorisation d'accès aux personnes travaillant pour l'Administration*
- *après l'occupation, de refaire un nivellement avec procès verbal signé par les deux parties.*

### Remarque :

L'occupation temporaire par voie légale (loi du 29-12-1892 modifiée par le décret n° 65-201 du 12-3-1965) peut difficilement être retenue pour la mise en place d'une aire de stockage, compte tenu des délais nécessaires et de la procédure très lourde.

En tout état de cause, la mise à disposition temporaire d'une aire ne doit pas inciter le maître d'œuvre à minimiser les équipements (drainage, revêtement, desserte).

#### 2.2.2.2. Achat d'un terrain

L'achat d'un terrain est particulièrement conseillé lorsque l'aire peut être utilisée ultérieurement pour d'autres chantiers ou pour des campagnes départementales d'entretien.

Dans le cas de chantier autoroutier, l'emplacement des aires de repos non boisées peut être utilisé, au moment du chantier, comme aire de stockage, notamment pour les travaux neufs. De même, l'utilisation des emprises d'échangeurs futurs, différés, peut également s'avérer intéressante.

### 2.3. Phase 3 - Agencement de l'aire de stockage

De l'agencement d'une aire de stockage dépendra en partie le bon déroulement du chantier ; c'est donc une opération importante nécessitant une étude sérieuse.

Une aire reçoit :

- les tas de granulats,
- le cas échéant, les liants qui peuvent être stockés en tas (laitier, pouzzolane ...),
- la centrale de fabrication et ses annexes,
- la bascule de pesée des matériaux,
- le réservoir d'eau,
- les baraques de chantier, laboratoire, salle de réunion,
- l'aire de réparation des engins,
- éventuellement, la terre végétale « décapée » et les déchets.

Un bon agencement des différentes unités permettra de disposer l'ensemble dans un minimum de place en ménageant les espaces libres nécessaires (pistes, aires de manœuvre, distance minimale entre tas ...).

#### 2.3.1. Matériaux à approvisionner et mise en tas des granulats ou des liants (laitier, pouzzolane).

##### Matériaux à approvisionner

- granulats
  - pour couches de base et fondation
    - graves traitées : en général 2 ou 3 tas correspondant à 2 ou 3 classes granulaires.
    - graves non traitées : en général un tas correspondant à une classe granulaire recomposée en carrière.
  - pour couche de roulement
    - béton bitumineux : en général 3 ou 4 tas correspondant à 3 ou 4 classes granulaires.
    - enduit superficiel : en général 1 ou 2 tas suivant la formule.
- liants
  - laitier granulé (ou prébroyé), pouzzolane, cendres volantes : un seul tas.
  - ciment, chaux
  - bitume } pour mémoire
- eau

##### Densités de référence :

Granulats : 1,6 : cette valeur varie selon la nature du matériau, la granularité (sables : 1,8 - gravillons : 1,4) et la teneur en eau. La densité de référence 1,6 correspond à des roches moyennement denses de masse volumique 2,7.

Laitier : 1

### Mise en tas :

Afin de limiter les pertes de matériaux au sol et le coût d'aménagement de ce dernier, on a intérêt à **réduire le plus possible l'emprise** des tas. La forme de tas la mieux adaptée est celle qui se rapproche le plus possible de la pyramide tronquée à base carrée qui occupe la surface au sol la plus faible, toutes choses égales par ailleurs.

- hauteur conseillée par tas H (à condition que la mise en stock se fasse dans de bonnes conditions et, en particulier, sans ségrégation) :

laitier :  $H \leq 6$  m (maximum à moduler en fonction de la nature du laitier et de la durée du stockage)

Granulats  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Tas petits } (V < 10\,000 \text{ m}^3) : H \leq 6 \text{ m} \\ \text{Tas moyens } (10\,000 \text{ m}^3 \leq V \leq 20\,000 \text{ m}^3) : H \leq 8 \text{ m} \\ \text{Tas volumineux } (V > 20\,000 \text{ m}^3) : H \leq 10 \text{ m} \end{array} \right.$

- l'angle du talus d'un tas stable est en moyenne de  $35^\circ$  (il pourra varier de  $30^\circ$  à  $45^\circ$  selon la granularité).

On trouvera en annexe des abaques donnant l'emprise au sol de tas de matériaux (granulats et laitier).

*En fait, les calculs d'emprises sont théoriques, car les données de base (densité foisonnée, hauteur) sont susceptibles de variation assez fortes ; pratiquement, il sera prudent de majorer les emprises calculées d'environ 10 %, pour ne pas « être à l'étroit » au moment du chantier.*

#### 2.3.2. Les centrales de fabrication

Une centrale de graves laitier ou de graves ciment occupe, en moyenne, une surface de  $1\,500 \text{ m}^2$  (y compris les pistes d'accès à la centrale).

Une centrale de bétons bitumineux ou de graves bitume occupe, en moyenne, une surface de  $2\,000 \text{ m}^2$  (y compris les pistes d'accès à la centrale).

#### 2.3.3. Les pistes de circulation

Elles doivent assurer la circulation des camions de transport pendant les phases d'approvisionnement et de fabrication.

La largeur des pistes de circulation « poids lourds » sera de 6 m pour une piste à double sens, et de 4 m pour une piste à sens unique. Dans la plupart des cas, les pistes à sens unique seront mieux adaptées. Les pistes utilisées par les chargeurs auront une largeur plus importante pour permettre leur croisement ; en particulier, entre les stocks et la centrale, il est nécessaire de ménager un espace d'une dizaine de mètres au minimum.

#### 2.3.4. Le poste de pesée

Il comprend le pont-bascule proprement dit et la baraque de chantier abritant le dispositif de pesée. Emplacement à prévoir, avec les emprises :  $600 \text{ m}^2$  (50 x 12).

#### 2.3.5. Locaux fonctionnels

- atelier,
- laboratoire,
- bureaux de chantier de l'Administration et de l'entreprise.

#### 2.3.6. Plan de l'aire de stockage. Agencement des différentes unités entre elles

A partir des éléments énumérés ci-dessus, la conception du plan d'installation peut se comparer à l'assemblage d'un puzzle dont certaines pièces ont une forme fixe (emplacement des centrales, du pont-bascule) et d'autres variables (pistes, tas).

Les tas seront placés en U autour de la centrale pour minimiser la distance de reprise, la classe granulaire la plus importante en tonnage étant placée le plus près possible de la centrale. Pour faciliter l'alimentation des trémies, les circuits (tas - trémies) ne devront pas s'entrecroiser, surtout si plusieurs centrales travaillent simultanément avec des tas communs.

En outre, pour l'agencement des différents tas par rapport à la centrale, il faut avoir présent à l'esprit que la distance de reprise d'un stock augmente au cours du temps et que cela peut nécessiter la présence d'un second chargeur en fin de chantier pour conserver la cadence de fabrication.

Lorsque l'approvisionnement et la fabrication sont simultanés, les circuits d'approvisionnement des tas devront être distincts des circuits de reprise et se feront donc par l'arrière, pour ne pas gêner le fonctionnement de la centrale. Ce procédé permet d'ailleurs d'obtenir une teneur en eau plus homogène dans le stock.

Les tas de sable devront, dans la mesure du possible être abrités des vents dominants pour éviter la perte de fines et la pollution des autres tas ; de même, on ne placera pas le laitier sous l'influence de poussières basiques. Dans les régions pluvieuses et pour les stockages de longue durée (1), la protection des tas de sable par une bâche ou un voile d'émulsion est fortement recommandée (en particulier pour les sables riches en fines).

La distance recommandée entre pieds des tas est de 3 à 5 m selon la hauteur des tas.

Enfin, l'agencement des différentes unités devra tenir compte du réseau de drainage de l'aire (cf. § 2.4.1.).

Il n'est pas possible de donner des plans - types d'aire de stockage auxquels on pourrait se reporter, chaque cas posant des problèmes particuliers. **A titre indicatif, sont joints en annexe des exemples d'agencement d'aires de stockage ainsi qu'un graphique donnant - selon le cas - une estimation de la surface totale nécessaire.**

### 2.3.7. Signalisation de l'aire

Il est recommandé :

- de **flécher l'itinéraire** des camions qui approvisionnent les granulats et des camions qui transportent les matériaux à mettre en œuvre.
- de **matérialiser les sens de circulation** pour les pistes à sens unique. Pour des raisons de sécurité, toute circulation de camions ou de chargeurs en marche arrière (hormis les manœuvres) sera interdite.
- de **délimiter chaque tas** par quatre piquets reliés sur trois faces par une banderole de couleur.
- de **délimiter chaque emplacement** de tas par une pancarte indiquant la nature des matériaux à stocker.

## 2.4. Phase 4 - Aménagement de l'aire de stockage

**Le drainage, la construction des pistes et l'aménagement des zones de stockage entraînent des frais qu'il faut consentir faute de quoi les difficultés d'exploitation ou les pertes représenteraient des dépenses directes ou indirectes plus élevées.**

### Remarque sur la période de construction et d'utilisation

Les approvisionnements ont souvent lieu en hiver de sorte que la période d'aménagement se trouve fréquemment être à l'automne de l'année précédant celle des travaux. Ce n'est pas la période idéale et dans la mesure du possible, on s'efforcera d'exécuter l'aménagement en **période sèche**.

La période d'utilisation de l'aire peut avoir une incidence sur la conception de l'aménagement. Normalement, les travaux de construction de chaussée ont lieu pendant la belle saison, mais il arrive aussi que, pour différentes raisons, les travaux ne s'achèvent qu'en arrière-saison.

### 2.4.1. Opérations d'aménagement

La création d'une aire de stockage nécessite les opérations d'aménagement suivantes :

- relevé topographique,
- nettoyage - débroussaillage,
- décapage,
- terrassement,
- drainage,
- aménagements des pistes et des zones destinées au stockage, aux centrales, au pesage et aux installations annexes,
- protection de l'environnement.

(1) Par exemple stockage à l'automne ou l'hiver pour une utilisation au printemps de l'année suivante.

Examinons successivement ces diverses opérations.

#### – Relevé topographique

En général, le plan d'aménagement est établi de façon sommaire après une mesure des dimensions de l'aire.

Il y a donc lieu le plus souvent d'exécuter un nivellement qui servira de base à l'implantation du drainage voire aux terrassements.

#### – Nettoyage - Débroussaillage et déboisement

Les terrains ont parfois été encombrés d'objets hétéroclites et abandonnés : carcasses de voitures, vieux matériels de carrière, dépôts d'excédents, etc... Il faut estimer le nombre de « jours d'engin » (bouteur ou chargeur) nécessaire au nettoyage.

Le cas particulier du débroussaillage et du déboisement mérite d'être examiné avec soin :

Le code forestier prévoit (articles 157 à 165) que si la surface à défricher fait partie d'un bois de plus de 4 hectares et quel que soit le nombre de propriétaires, le défrichement est assujéti à la perception préalable d'une taxe dont le montant est défini de façon légale. On se reportera à la circulaire du 18 janvier 1971 pour les modalités d'application de cette taxe.

Comme il a été précisé dans le § 2.2.1.2., on notera qu'il convient dans la mesure du possible d'éviter de retenir une zone boisée pour l'implantation d'une aire de stockage.

#### – Décapage

Le décapage de la terre végétale comporte le décapage proprement dit, le transport et le stockage. Dans le cas de remise en état, on prendra soin, au moment du décapage, de relever l'épaisseur moyenne en place et ce, en présence du propriétaire. Le stockage de la terre végétale doit s'effectuer de manière à éviter toutes dégradations de ses qualités ainsi que toutes pertes importantes.

#### – Terrassement

Le plan d'exécution des terrassements doit s'attacher à prévoir l'exécution du minimum de travaux nécessaires pour assurer :

- un écoulement correct des eaux superficielles,
- une portance par zone, compatible avec sa destination,
- un approvisionnement régulier et économique des centrales : le chargeur alimentant les trémies montera de préférence à vide plutôt qu'en charge.

Dans le cas de déblai-remblai (terrain accidenté), on s'attachera à organiser la circulation des camions en charge et l'implantation des centrales dans les zones en déblai pour éviter le risque de tassements éventuels.

Dans certains cas, l'utilisation de géotextiles, tout en limitant efficacement les pollutions, permet de faire des économies et de faciliter la remise en état des lieux.

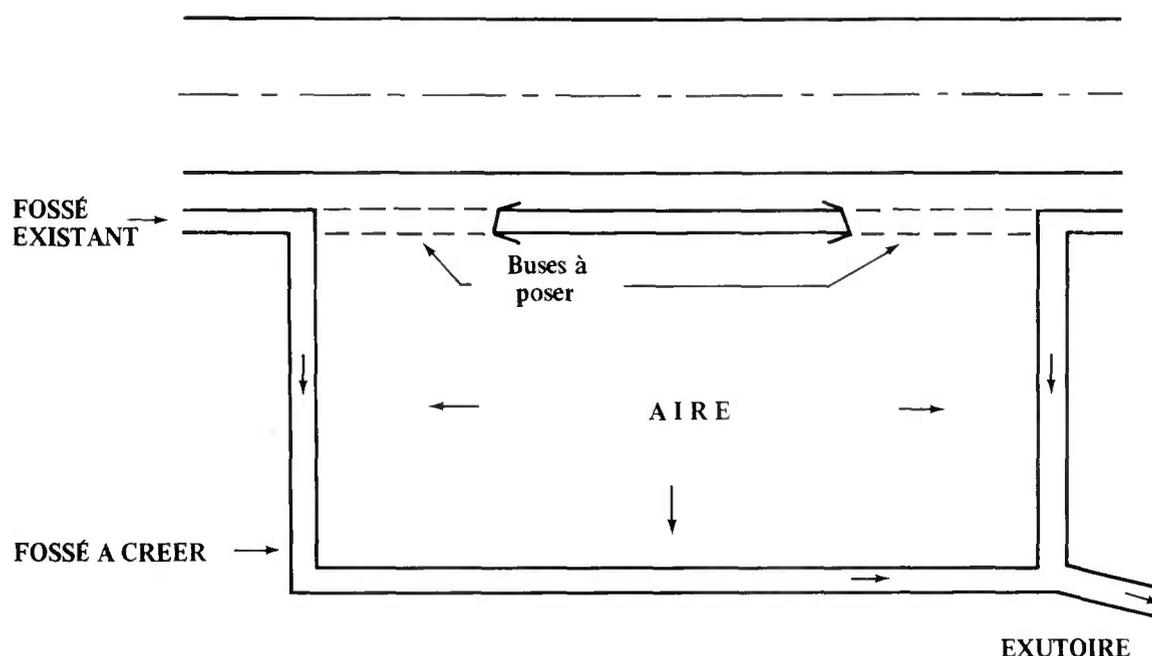
#### – Drainage

Ce point est fondamental. La propreté des stocks et la bonne circulation des engins de transport et de manutention dépendent en effet de l'efficacité du drainage.

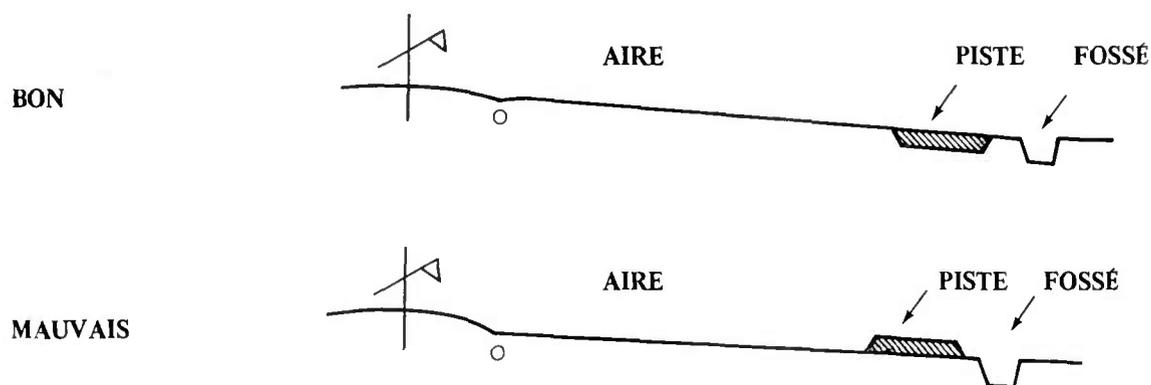
On n'hésitera pas à ceinturer l'aire d'un fossé profond (fig. 1) et à l'équiper éventuellement de puisards, ou enfin, à prévoir l'usage d'une pompe avec fosse de récupération des eaux. On assurera également avec soin le drainage autour de chaque tas mis en stock.

De plus, on cherchera à se renseigner auprès des (anciens) propriétaires de l'état du terrain pendant les hivers précédents (niveau des plus hautes eaux, capacité des exutoires ...).

Fig. 1 – DRAINAGE DES AIRES



Si la voie d'approvisionnement des matériaux est périphérique, on veillera à ce qu'elle ne crée pas de « piège à eau » :



#### – Aménagement des pistes

Les pistes d'accès et de circulation doivent supporter un trafic toujours lourd et parfois intense. Une centrale de 3 000 t/j entraîne la circulation en charge d'environ 120 PL/j, à laquelle s'ajoute souvent le trafic dû aux approvisionnements. Mais le niveau de service à atteindre pour une piste n'est évidemment pas comparable à celui d'une chaussée ; de plus, l'entretien des pistes est largement facilité par la présence de l'entreprise et l'existence des gâchées inutilisables sur le chantier (essais, avaries, etc...).

Toutes ces considérations font, qu'en l'absence d'expérience, on peut prendre comme bases de dimensionnement des pistes les valeurs données ci-dessous :

- pour un sol  $S_2$  : 20 cm de graves non traitées (1)
  - pour un sol  $S_1$  : 30 cm de graves non traitées (1)
- } + enduit superficiel sur les pistes principales (ou sur toutes pistes pour les aires définitives)

(1) Classes de sol définies selon le Catalogue des structures types de chaussées neuves (1977).

Les épaisseurs de graves non traitées peuvent être majorées de 10 cm pour les zones particulièrement sollicitées : par exemple zone de manœuvres des camions ou des chargeurs.

Pour les sols à faible portance,  $S_0$  voire  $S_1$  (1), on pourra faire un traitement en place au ciment ou à la chaux.

En cas de nécessité (époque des betteraves, proximité d'une carrière ou d'un chantier de terrassement), il faudra prévoir des décrotteurs pour éviter la pollution des pistes et des stocks.

#### – Aménagement des zones de stockage

La lutte contre la pollution des stocks et la nécessité d'éviter des difficultés lors de la reprise des tas (préjudiciables à la bonne marche du chantier) s'ajoutent à la justification économique (réduction des pertes) pour inciter le responsable à prévoir un bon aménagement des zones de stockage.

Il convient de faire deux remarques préalables :

#### Remarque 1 : sur les pertes au sol

L'étude économique du projet doit déterminer le coût des **pertes au sol** par tas. Il existe, en effet, un optimum entre la dépense supplémentaire d'aménagement d'aire pour abaisser la valeur absolue des pertes au sol et l'économie que procure cette baisse.

*Exemple : pour un prix de granulats, rendus sur aire, de 22 F/t TTC, avec une perte au sol de 40 cm, on perdra par  $m^2$  :*

$$0,40 \times 1,6 \times 22 = 14,08 F$$

*Pour ne perdre que 10 cm, on dispose au maximum pour améliorer l'aménagement de l'aire de :*

$$\frac{14,08 \times (40 - 10)}{40} = 10,56 F/m^2$$

D'une façon générale, on ne parle pas de pourcentage de pertes mais de « hauteur perdue ».

#### Remarque 2 . sur la qualité des matériaux à approvisionner

De la grave pour accotements, au laitier et aux granulats pour enduits d'usure sur route à fort trafic, s'étale toute une gamme de produits plus ou moins onéreux et de qualités variables que l'on est amené à stocker.

La qualité des matériaux à approvisionner et leur prix doivent être pris en compte au moment de la conception de l'aménagement.

Comme pour l'aménagement des pistes, il n'existe pas de documents définissant les techniques et dimensionnements à adopter. En l'absence d'éléments de comparaison, on pourra retenir, selon le cas, l'une ou l'autre des solutions suivantes :

- aménagement par un apport de matériaux : 20 cm de tout-venant ou de graves non traitées sont généralement suffisants.
- aménagement par un traitement du sol au ciment, à la chaux ou à la chaux avec ciment, qui peut se révéler plus économique qu'un apport de matériaux. Les épaisseurs à traiter et les dosages en ciment ou en chaux varient en fonction de la nature du sol ; on retiendra que l'épaisseur minimale de sol à traiter est de l'ordre de 20 cm avec des dosages moyens en liants de 5 %.

Dans ces conditions, les pertes au sol sont réduites à une dizaine de centimètres (2). Notons que pour une aire non aménagée - solution à éviter dans tous les cas - les hauteurs perdues pourraient atteindre 40 ou 50 centimètres.

Pour compléter l'aménagement, on pourra réaliser un enduit superficiel, ou une imprégnation avec sablage sur les graves non traitées ; cette finition est indispensable pour le stockage du laitier ou d'autres matériaux onéreux (par exemple granulats pour enduits) ; elle permet aussi :

- de meilleures résistances des graves aux intempéries et au trafic des poids lourds,
- moins de poussière et moins de pollution des matériaux stockés.

(1) Classes de sol définies selon le Catalogue des structures types de chaussées neuves (1977).

(2) Les pertes au sol ne sont pas les seules possibles ; l'ensemble des pertes de granulats, de l'approvisionnement à la mise en œuvre, est évalué au maximum à 5 % ; en fait ce pourcentage dépend essentiellement des conditions de manutentions et de stockage.

#### – Aménagement de l'emplacement des centrales

Il n'est pas nécessaire d'aménager spécialement la zone réservée aux centrales ; en effet, au moment des travaux d'aménagement de l'aire, on ne connaît généralement pas les types de centrales qui seront utilisés ; il est d'ailleurs préférable de laisser à l'entrepreneur le soin de mettre en état la zone où il s'installe (massifs de béton, rampes d'accès, bassin de décantation, etc...).

#### – Aménagement de l'emplacement du pesage

Compte tenu de la généralisation des transports de matériaux par camions semi-remorques, le maître d'œuvre aura toujours intérêt à prévoir un pont bascule transportable de 13 m capable d'effectuer les opérations de pesée en une seule fois (la pesée en plusieurs fois avec des ponts bascule de 8 m peut être un sujet de litige).

Pour une utilisation de courte durée, l'installation en remblai, avec rampe d'accès, présente des avantages par rapport à l'installation en fosse ; elle constitue un aménagement moins coûteux et supprime les sujétions de drainage de la fosse.

Si l'aire de stockage est destinée à constituer un centre permanent de fabrication, la solution la plus rationnelle est de prévoir un pont bascule de 13 m installé en fosse et équipé d'une tête de pesage électrique ou électronique.

Le paiement de cette prestation ne sera effectué qu'après réception de la copie de la demande de vérification adressée au service des instruments et mesures.

#### – Installations annexes (bureaux, atelier ...)

Pour mémoire.

#### – Protection de l'environnement

Indépendamment des précautions prises lors du choix de l'emplacement de l'aire, on peut être amené à mettre en place des dispositifs de protection de l'environnement. Par exemple, lorsque l'aire de stockage a dû être implantée à proximité d'un cours d'eau sensible à la pollution, on pourra prévoir le recueil et le stockage des eaux susceptibles d'être polluées tant par les sables, granulats et boues que par les carburants ou autres produits divers entreposés.

### 2.4.2. Remise en état

#### – Départ des centrales

Quelle que soit la durée d'utilisation de l'aire, on veillera tout particulièrement au respect des spécifications figurant au C.C.A.G. et éventuellement à celles que le C.C.T.P. fixerait en complément.

Le nettoyage après le départ des centrales doit être sérieusement vérifié (bac de décantation des boues, déchets de toutes natures, etc...).

Il convient d'être strict sur ce point : en effet, si ce nettoyage n'est pas effectué, c'est l'Administration qui sera contrainte à le prendre en charge (directement ou à l'occasion du chantier suivant).

#### – Remise en état des lieux

Remettre en état un terrain loué et utilisé pendant un an comme aire de stockage est une opération des produits sans laisser des matériaux sur l'aire),

Il faut en effet :

- Enlever tous les matériaux non utilisés (il est pratiquement impossible de terminer la fabrication des produits sans laisser de matériaux sur l'aire),
- Déblayer les matériaux ayant permis de construire les pistes, les zones de stockage, etc...
- Remettre en place la terre végétale.

Lors du choix d'un terrain, on devra toujours comparer le coût de la remise en état des lieux à la valeur d'achat d'une surface correspondante.

On trouvera en annexe un exemple de coûts d'aménagement et de remise en état d'une aire de stockage.

### 3. AIRES DE STOCKAGE A CARACTERE PERMANENT

Pour les campagnes annuelles d'entretien courant il existe, dans chaque département, des aires de stockage implantées de façon quasi définitive. Il s'agit :

- des aires de stockage et fabrication pour enrobés
- des aires de stockage de granulats pour enduits superficiels.

Ces aires (essentiellement celles du premier type) peuvent être utilisées, le cas échéant, pour d'autres travaux plus importants (renforcements de chaussées, travaux neufs). Inversement, des aires créées à l'occasion de travaux importants peuvent être utilisées ultérieurement comme aires destinées à l'entretien dans un cadre départemental.

De façon générale, ces aires sont construites pour de longues durées ; il convient donc d'assurer leur réalisation avec beaucoup de soin. En particulier, on devra appliquer les règles générales d'aménagement définies dans le chapitre précédent en les adaptant à chaque cas, en fonction de la nature et des tonnages des matériaux stockés.

#### 3.1. Aires de stockage pour enrobés

Le rayon d'action d'une centrale productrice d'enrobés est de 30 km environ. Les conditions d'aménagement des aires sont identiques à celles décrites dans le chapitre 2, en prenant comme référence de quantité de granulats stockés : 100 000 tonnes.

#### 3.2. Aires de stockage pour enduits superficiels

La Directive SETRA-LCPC pour la réalisation des Enduits Superficiels prévoit pour cette technique un stockage très disséminé : « dépôts de 200 à 400 m<sup>3</sup> mis en place sur des aires au sol dressé, résistant et drainé ».

Ainsi chaque département est amené à utiliser environ 50 tas, ayant chacun un « rayon d'action » de 5 à 7 km. Une telle disposition, imposée par le matériel utilisé actuellement pour la mise en œuvre des enduits (camions munis de gravillonneurs) et par les cadences de répandage, peut présenter quelques inconvénients :

- granulats davantage soumis à la pollution du fait de la dispersion des stocks et de l'aménagement assez souvent sommaire des aires,
- pertes relatives importantes (multiplication du nombre d'aires),
- contrôles difficiles et onéreux.

Les conditions d'élaboration des granulats destinés aux enduits superficiels sont la plupart du temps difficiles, compte-tenu de la qualité exigée ; la conservation des caractéristiques des granulats au stockage ne peut être obtenue que si ce dernier est effectué avec le plus grand soin en préservant notamment la propreté ; on devra - encore plus que pour les autres techniques - éviter les pollutions et altérations de toutes sortes.

On portera, en particulier, l'attention sur :

- la propreté de l'aire et de ses accès. Le stockage « sauvage » en bordure des routes, sans précaution particulière est à proscrire.
- la possibilité de mélange des tas compte tenu de la faible superficie des aires dans presque tous les cas.

Il est en outre recommandé d'approvisionner les granulats peu de temps avant le début de la campagne d'enduisage.

## DEUXIÈME PARTIE

### MODALITÉS DE MISE EN STOCK CONTROLES

Avant d'être utilisés, les granulats sont stockés et repris plusieurs fois :

- sur les lieux de production,
- sur l'aire de stockage.

Les modes de stockage et de reprise correspondants peuvent affecter la qualité initiale des granulats : ségrégation, mélange, pollution, évolution granulaire.

Nous examinerons successivement l'influence du stockage et de la reprise sur la qualité des granulats puis l'organisation des contrôles qui permettent à l'ingénieur de juger de la conformité des approvisionnements aux spécifications et, par la même occasion, du bien fondé des dispositions prises, en ce qui concerne le stockage.

#### 1. STOCKAGE ET QUALITÉ DES GRANULATS

Ce paragraphe traite des précautions à prendre à la mise en stock, que celle-ci soit effectuée :

- en silos et en trémies (carrières),
- en tas par l'intermédiaire d'une sauterelle ou d'un tapis transporteur (carrières essentiellement),
- en tas par déversement d'engins, chargeurs, camions . . . (carrières et aires de stockage).

##### 1.1. Mise en stock en silos et trémies

En carrière, après l'opération de calibrage, les granulats sont généralement stockés en silos ou en trémies. Ce stockage a pour but de faciliter le chargement sur camions ou wagons et d'en diminuer le coût.

**Le stockage « en pluie » sous les cribles est, dans un grand nombre de carrières, à l'origine d'une ségrégation importante dans les silos (ou trémies).** Tout se passe comme si le silo (ou la trémie) était rempli en plusieurs points avec des matériaux de granularité différente. La mise en place d'un dispositif homogénéisateur est indispensable lorsque deux points de soutirage sont alignés dans le sens du criblage. Cet appareil peut être constitué par un cylindre muni d'ouvertures disposées suivant une hélice qui recueille la totalité du matériau criblé (fig. 2). Lorsque, pour des raisons liées au manque de place, il n'est pas possible de prévoir ce type de dispositif, il faut condamner un des points de soutirage.

La reprise sous les silos (ou trémies) se fait par le biais d'un orifice muni d'un casque obturateur. Pour les sables, il est recommandé de placer une manche en toile afin d'éviter des pertes par le vent et une éventuelle ségrégation.

Fig. 2 – Trémie munie de deux points de soutirage

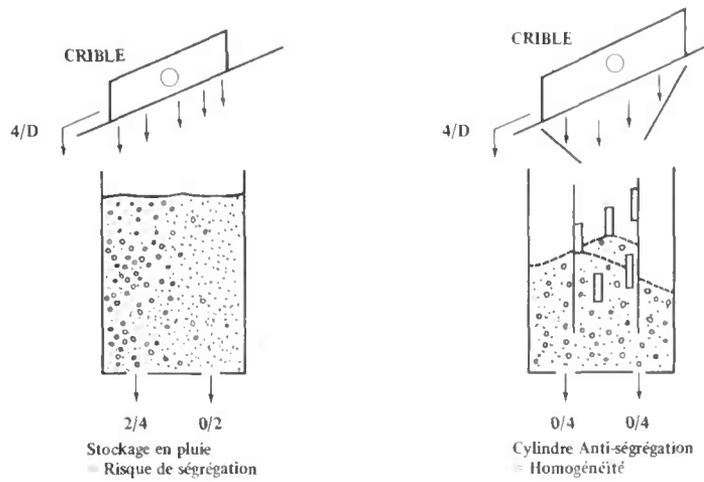


Fig. 3 – Mise en tas par sauterelle

A PROSCRIRE

SAUTERELLES FIXES : RISQUES de SEGREGATION

A RECOMMANDER

SAUTERELLES MOBILES DANS 3 DIRECTIONS

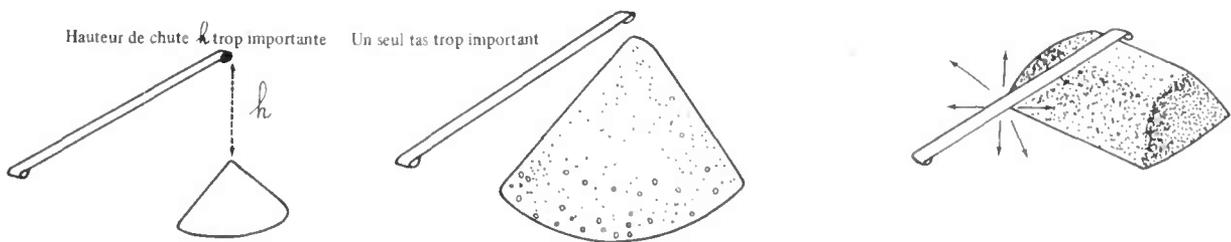
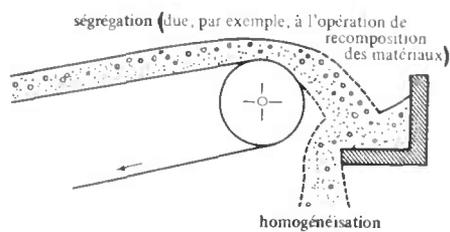


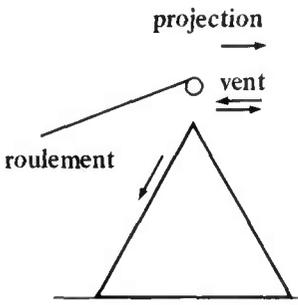
Fig. 4 – "Boîte à cailloux"



## 1.2. Mise en tas par l'intermédiaire d'une sauterelle ou d'un tapis transporteur

Ce mode de stockage présente l'avantage de supprimer toute circulation d'engins sur les granulats ; il est souvent utilisé en ballastière ou lorsque l'exploitation est du type temporaire.

Il convient de souligner que la mise en tas par une sauterelle ou un tapis transporteur entraîne une ségrégation provoquée par les conditions mêmes de cette mise en stock ou par les agents atmosphériques (vent et pluie). On cherchera donc à en limiter les conséquences comme indiqué ci-après :

Principales origines de la ségrégation		Moyens pour y remédier
 <p>The diagram shows a conveyor belt (sauterelle) discharging material into a pile. Three mechanisms are labeled: 'projection' with a horizontal arrow pointing right, 'vent' with a double-headed horizontal arrow, and 'roulement' with an arrow pointing down along the slope of the pile.</p>	Agents atmosphériques (vent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– granularité serrée</li> <li>– faible hauteur de chute (fig. 3)</li> </ul>
	Projection	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vitesse de la bande transporteuse réduite</li> <li>– dispositif anti-ségrégation (boîte à cailloux) (fig. 4)</li> </ul>
	Roulement	<ul style="list-style-type: none"> <li>– granularité serrée</li> <li>– faible hauteur de chute (fig. 3),</li> <li>– humidification des matériaux, sauf pour les sables à forte teneur en fines</li> <li>– limitation de la hauteur des tas (fig. 3)</li> </ul>

## 1.3. Stockage par déversement d'engins

### 1.3.1. Stockage dit « à la déverse »

Le stockage « à la déverse » consiste à décharger les camions du sommet d'un tas ou d'un ancien front de taille, (fig. 5). Dans tous les cas **ce mode de stockage est à proscrire pour des matériaux à granularité étalée**. Il présente, en effet, malgré les avantages liés à un moindre coût, des inconvénients importants :

- ségrégation : les gros éléments ont tendance à rouler à la base,
- contrôles difficiles (voire impossibles pour la granularité),
- maîtrise de l'emprise des tas, délicate. On constate souvent des mélanges de tas, de granularité différente (fig. 6),
- la circulation des camions sur les tas peut entraîner une pollution.

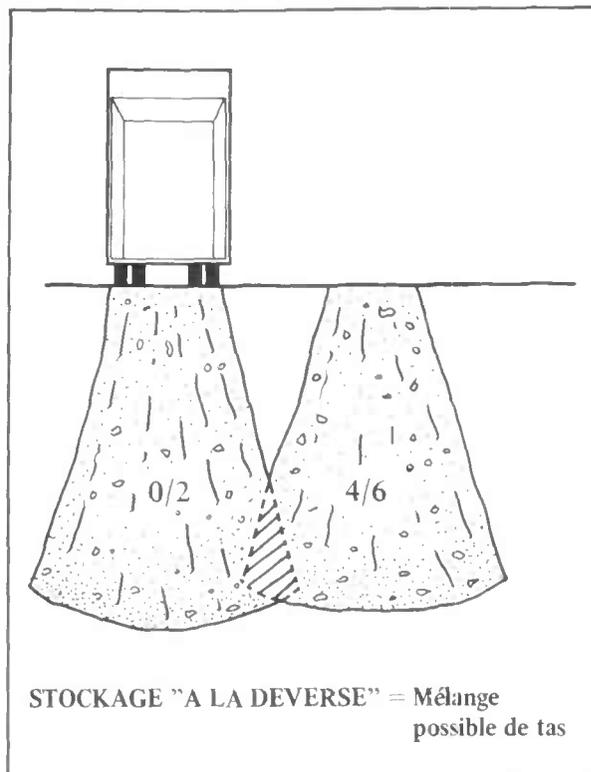
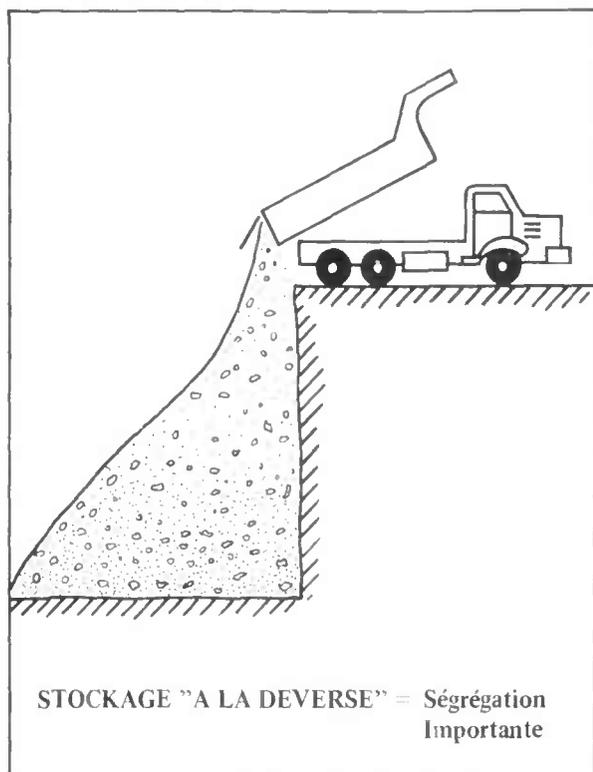


Fig. 5 -- Déversement à partir du haut d'un ancien front de taille.

Fig. 6 -- Mélange de tas.

### 1.3.2. Stockage au chargeur (gerbage)

Les matériaux sont déversés au pied du tas ; ils sont ensuite repris par un chargeur qui permet de constituer le stock en relevant les granulats (fig. 7).

Il est important de disposer, sur les lieux du stockage, **d'un chargeur en permanence, ou tout au moins, rapidement disponible**. Au plan technique, sa puissance doit être suffisante : par exemple pour gerber 1000 t/j répartis en quatre stocks, sur 8 m de hauteur moyenne, il faut pour 8 heures de travail, un engin de 250 chevaux avec un godet de 2 500 litres au moins. De plus, la technique du gérbage ne s'improvise pas et nécessite un conducteur d'engin qualifié.

Le coût du gérbage peut être évalué à la tonne de matériaux ou à la journée ; à titre indicatif, signalons que le coût de gérbage au chargeur est en moyenne de 1,50 F TTC par tonne (1979) ; le coût de la reprise sur stock est du même ordre de grandeur.

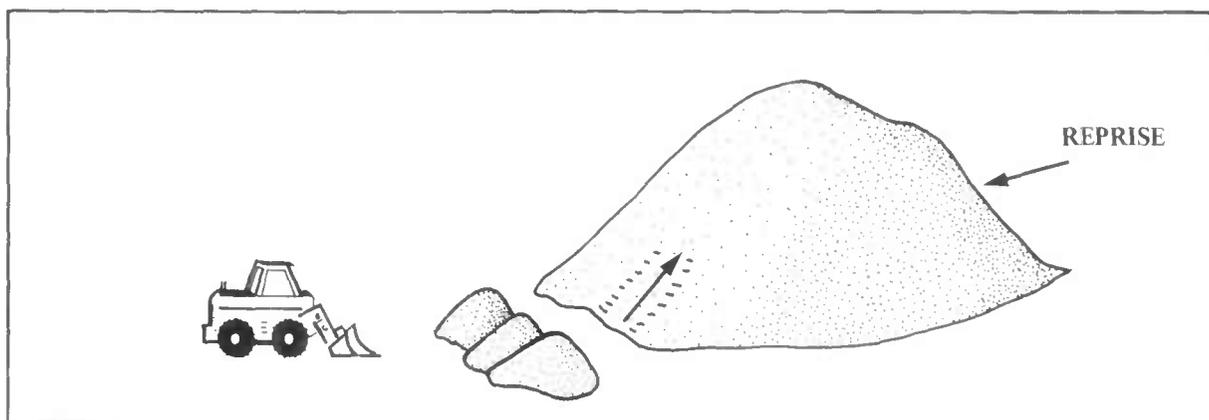


Fig. 7 -- Stockage au chargeur (gerbage).

Ce mode de stockage permet d'atteindre des hauteurs de tas de plus de 8 m ; mais les risques de **ségrégation** sont importants si les granulats repris par le chargeur sont déversés sur le côté du tas (ce qui revient à faire un stockage « à la déverse »). En outre, la circulation sur le stock peut provoquer une **évolution granulaire et une pollution** par apport de matériaux étrangers, comme dans le cas du stockage stratifié (cf. remarques du § 1.3.3.).

Pour les matériaux tendres ou fragiles (ex : laitier) le gerbage au chargeur n'est pas recommandé : la mise en stock pourra se faire par exemple à l'aide d'une benne preneuse ou d'une sauterelle. Les chargeurs équipés de chenilles sont à proscrire quelle que soit la nature du matériau stocké.

### 1.3.3. Stockage stratifié

Ce mode de stockage consiste à mettre en place les matériaux par **déversement des camions (ou des chargeurs) en couches superposées**, séparées par un redan (fig. 8) ; chaque couche est nivelée avant le dépôt de la couche suivante.

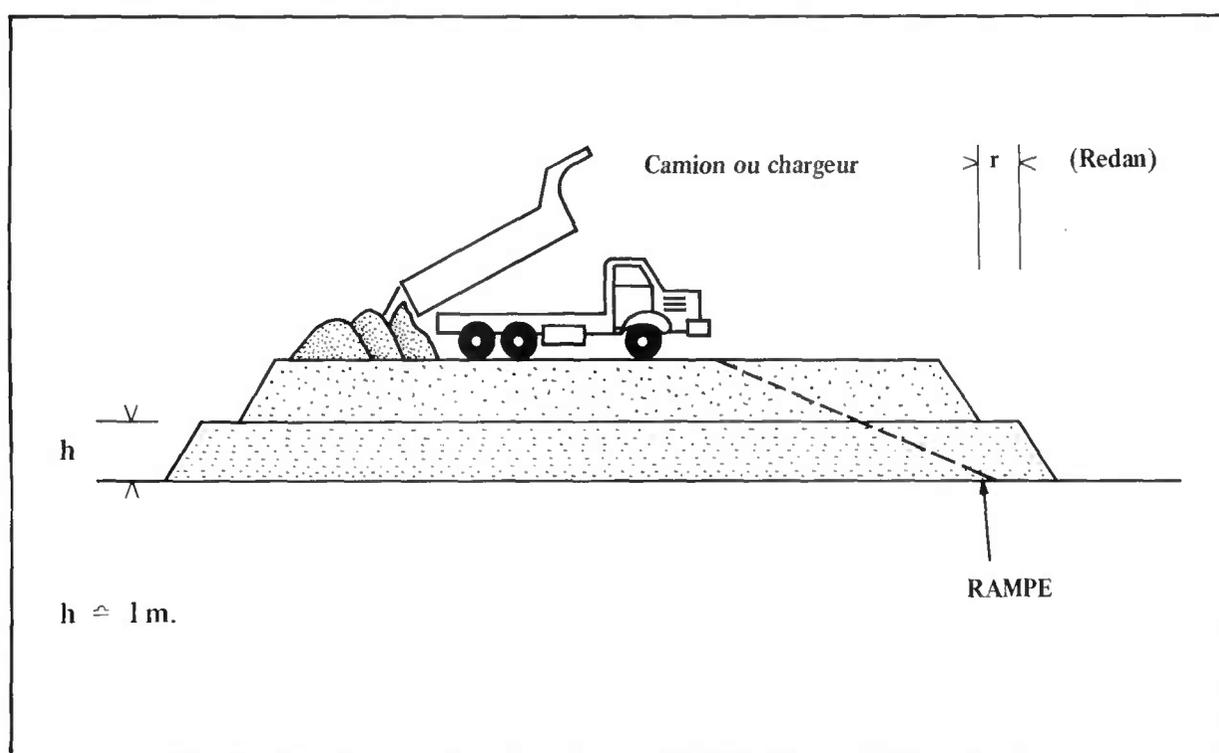


Fig. 8 – Stockage stratifié.

La mise en stock stratifiée présente de **gros avantages** :

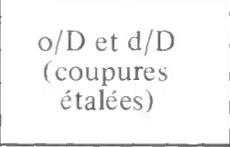
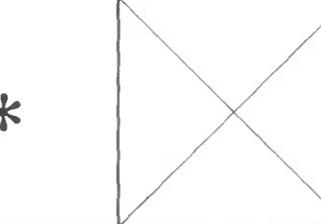
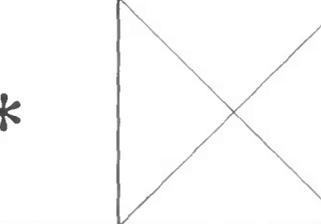
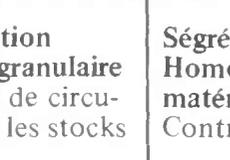
- ségrégation limitée,
- homogénéisation de la fourniture à la reprise,
- contrôles des approvisionnements facilités.

Elle sera, dans la mesure du possible, préférée aux autres modes de stockage malgré certains inconvénients parmi lesquels on peut citer :

- les risques d'**évolution granulaire et de pollution des granulats** par la circulation de camions et engins sur le stock, en particulier au niveau des rampes (cf. remarques suivantes). En particulier, la circulation de tout véhicule sur des stocks de matériaux tendres ou fragiles (ex : laitier) est à proscrire,
- les risques de « mottage » des stocks de sable par suite de la circulation des véhicules,
- la difficulté pour les camions de gravir les rampes d'accès, dans certains cas,
- l'obligation de terminer les approvisionnements avant la reprise,
- la nécessité d'avoir un volume important de granulats à stocker.

TABLEAU RÉCAPITULATIF DONNANT LE MODE DE STOCKAGE AU SOL  
RECOMMANDÉ EN FONCTION DE LA NATURE DU MATÉRIAU  
(POUR DES STOCKS DE GROS VOLUME)

	à proscrire
*	à la rigueur, à défaut d'une autre solution
**	possible, moyennant les précautions nécessaires
***	recommandé

MODES DE STOCKAGE \ NATURE DU MATÉRIAU	Laitiers cendres volantes	o/d (sables et pouzzolanes)	d/D (coupures serrées)	o/D et d/D (coupures étalées)	Risques et inconvénients	Avantages
à la sauterelle	***	*	**		Ségrégation	Pas de circulation sur le stock
à la déverse (camion déversant du sommet d'un tas)		*	*		Ségrégation Evolution granulaire Pollution Contrôles difficiles hétérogénéité des granulats à la reprise	Coût peu élevé
au chargeur (gerbage) - chargeur muni de pneus basse pression -	**	**	***	**	Pollution Ségrégation Evolution granulaire	Facilité de réalisation au moyen de matériels courants
stratifié		*	***	***	Pollution Evolution granulaire Difficulté de circulation sur les stocks	Ségrégation très réduite Homogénéisation du matériau à la reprise Contrôles facilités
à la benne preneuse	***	***	non utilisée en pratique		Mobilisation d'un matériel spécial	Pas de circulation sur le stock

### *Remarques concernant l'évolution granulaire des matériaux au stockage :*

*L'action mécanique des pneus des camions et chargeurs montant sur les stocks peut, dans certains cas, produire par fragmentation de la roche, une évolution granulaire qui se traduit à la reprise par la présence de lits de gravillons sableux. L'évolution granulaire est plus ou moins marquée suivant l'importance :*

*– de facteurs inhérents au stockage :*

- mode de stockage, y compris l'épaisseur de la couche gerbée et circulée,*
- pente de la rampe d'accès au stock,*
- caractéristiques des camions et engins,*
- mode de conduite des engins de stockage.*

*– de facteurs inhérents au matériau :*

- résistance mécanique et hétérogénéité éventuelle de cette résistance,*
- étendue de la granularité,*
- forme,*
- dimension des granulats,*
- humidité.*
- forme des arêtes (angularité),*
- rugosité.*

*On peut atténuer ce phénomène par :*

- la constitution de couches épaisses (par exemple : 1 m),*
- la diminution de la pente d'accès au stock,*
- l'utilisation d'engins de mise en stock de grande puissance (avec pneus à basse pression), conduits par des conducteurs expérimentés.*

#### **1.3.4. Stockage à la benne preneuse**

Ce mode de stockage est particulièrement recommandé pour les matériaux fragiles : sables, laitiers, cendres volantes.

## **2. ORGANISATION DES CONTROLES**

### **2.1. Contrôle qualitatif (contrôle de la qualité de la production)**

Les granulats utilisés en technique routière doivent répondre à certains critères de qualité définis par les spécifications figurant dans l'Instruction Provisoire (circulaire du Ministère de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire n° 77 - 186 du 26 Décembre 1977).

Les modalités de contrôle des granulats sont en fait assez complexes par suite du caractère même des productions, chaque exploitation ayant ses particularités propres. Il n'existe donc pas de schéma type de contrôles de qualité et ceux-ci devront être adaptés à chaque carrière en fonction des caractéristiques du gisement et de l'installation.

Malgré ces difficultés, il est possible de dégager les principes essentiels sur lesquels repose le contrôle de qualité des granulats ; on est ainsi amené à distinguer deux types de contrôles selon qu'ils sont effectués par l'exploitant ou pour le compte du maître d'œuvre (contrôle extérieur).

#### **1) Contrôles effectués par l'exploitant**

La nature et l'importance des contrôles mis en place par les exploitants varient très largement d'une carrière à l'autre :

- ils peuvent consister en des vérifications sommaires de la qualité du gisement, de la marche des appareils et de la qualité des granulats sortant de chaque appareil. Ces vérifications permettent en particulier à l'exploitant le réglage préalable de son installation et les réglages courants en cours de production,*
- ils peuvent au contraire être beaucoup plus poussés. Dans ce cas, ils nécessitent une connaissance détaillée du gisement et de l'installation et comprennent un certain nombre d'opérations, en particulier, la vérification :*
  - des zones à exploiter au niveau du gisement,*
  - des réglages préalables des appareils en fonction de la qualité des matériaux à obtenir,*

- de la qualité des matériaux sortant de chaque appareil, et des réglages des appareils eux-mêmes en cours de production (dérives éventuelles de production),
- du stockage en carrière sous forme de mise en tas, en trémies ou en silos à la sortie de la chaîne de fabrication avec, par exemple, détection d'éventuelles communications entre trémies, ou de phénomènes de ségrégation etc . . .
- enfin, vérification de la qualité des produits finis.

Interviennent ensuite :

- les conditions de reprise et de chargement sur les moyens de transport. A ce stade, il s'agit de s'assurer que :
  - la chute des sables dans les camions (ou wagons) n'entraîne pas une perte sensible en fines par envol,
  - la chute des granulats dans les camions (ou wagons) ne provoque pas une ségrégation importante,
  - la propreté des beunes (ou wagons) est correcte.
- les conditions de transport, de déchargement et de mise en stock sur les lieux d'utilisation lorsque ces opérations sont comprises dans le marché.

Pratiquement, on rencontre tous les intermédiaires entre ces deux cas de figure et l'importance des contrôles permettant au maître d'œuvre de vérifier la conformité des matériaux livrés, dépendra du type de contrôles réalisés par l'exploitant lui-même.

## 2) Contrôles extérieurs effectués pour le compte du maître d'œuvre et sous sa responsabilité

Les contrôles extérieurs sont réalisés pour le compte du maître d'œuvre afin de vérifier la conformité de la qualité des matériaux fabriqués et livrés par l'exploitant.

Comme il a déjà été précisé ci-dessus, les modalités de ces contrôles varient largement en fonction des contrôles mis en place par l'exploitant. Si celui-ci a réduit ses contrôles aux vérifications sommaires et aux réglages courants, le maître d'œuvre devra faire effectuer par un laboratoire de son choix les contrôles nécessaires pour s'assurer de la conformité des fournitures aux spécifications demandées.

Par contre, si l'exploitant a procédé lui-même à des contrôles approfondis, selon un programme de contrôle de la qualité accepté par le maître d'œuvre, le contrôle extérieur peut être allégé et se limiter à des vérifications du programme de contrôle et des résultats obtenus avec - en cas de doute - la réalisation d'essais à caractère contradictoire.

Dans tous les cas, sauf disposition contraire du C.C.T.P., le contrôle de conformité est effectué sur les lieux de production ce qui évite en particulier de transporter sur les aires de stockage des granulats susceptibles d'être refusés.

Si le marché de fourniture comprend le transport et le cas échéant, la mise en stock des granulats (1), ces contrôles de conformité, devront être complétés par des contrôles réalisés après transport ou mise en stock (vérification portant notamment sur la propreté et la ségrégation).

Dans le cas contraire, l'acceptation définitive des matériaux produits par l'exploitant ayant été faite au départ de la carrière, le maître d'œuvre devra s'assurer que les opérations de transport, manutention et stockage n'altèrent pas la qualité des granulats. A cet effet, des études préalables pourront permettre d'établir des corrélations entre caractéristiques au départ et à l'arrivée.

Dans ces conditions, **les contrôles sur aire** se limitent alors à l'appréciation visuelle que le conducteur de travaux porte sur :

- les caractéristiques générales de l'aire et leur maintien dans le temps : disposition des tas, drainage, circulation, propreté des zones de stock et des accès etc . . .
- le maintien de la qualité des granulats (vérification des modalités de mise en dépôt, gerbage, bâchage des sables, séparation des tas).

Le conducteur de travaux se basera sur toutes les règles relatives à l'agencement et à l'aménagement des aires, données dans le présent guide. Lorsqu'il constatera des défauts (2), il devra y remédier dans le plus bref délai et faire prononcer, si nécessaire, le déclassement des matériaux mis en cause.

(1) L'exploitant est responsable à la fois de la fourniture, du transport et de la mise en stock.

(2) S'il y a lieu, les défauts constatés visuellement seront confirmés par des essais dont les résultats devront être comparés à ceux obtenus au cours des contrôles de conformité faits en carrière.

## 2.2. Contrôle quantitatif

Il est effectué, sur l'aire de stockage, par le conducteur de travaux.

La pesée des camions peut se faire au départ des carrières ou sur une bascule publique mais, la plupart du temps, les quantités sont prises en compte par pesée des camions à l'arrivée sur l'aire ; cette façon de procéder, jointe à des mesures périodiques de teneur en eau, permet d'assurer un suivi quantitatif journalier rigoureux.

La pratique qui consiste à remettre au destinataire, avec les matériaux, un bon de pesée évite toute contestation sur la quantité de granulats livrée.

Pour certaines fournitures de provenance lointaine, les documents de transport (lettre de voiture S.N.C.F., certificat de jauge des compagnies maritimes) peuvent servir de base à la prise en compte des quantités ; cette disposition évitant une opération de pesée ne permet pas de cerner les pertes ou anomalies lors des manutentions et transports terminaux.

### Diagramme d'approvisionnement

Une façon simple d'assurer un suivi quantitatif rigoureux de l'approvisionnement est de dresser et de tenir à jour pour chaque matériau un diagramme affiché au bureau de chantier sur l'aire de stockage (fig. 9).

Le maître d'œuvre dispose ainsi en permanence de tous les éléments pour prendre, en temps utile, les décisions liées aux impératifs du chantier.

### Gestion du poste de pesée

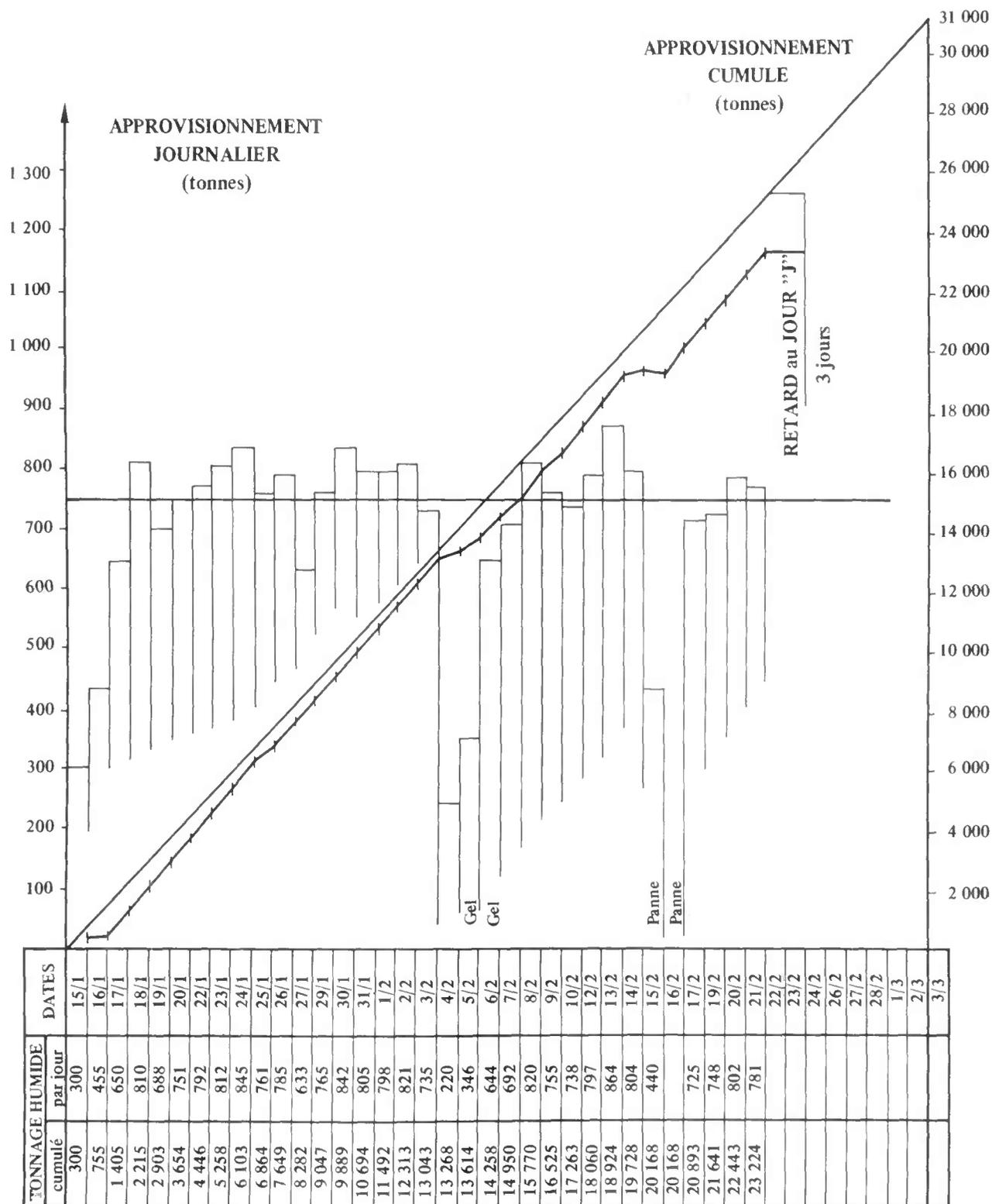
Elle est également assurée par un ou plusieurs agents de travaux de l'Administration selon les horaires et le plan de charges d'approvisionnement. En principe, il doit être remis :

- un exemplaire du ticket de pesée à chaque transporteur,
- une feuille récapitulative journalière à l'entrepreneur, le récolement mensuel de ces feuilles journalières pouvant servir à la prise en attachement.

Pour donner un caractère contradictoire aux opérations de pesée, certains maîtres d'œuvre prescrivent lors de la rédaction d'un CCTP que « l'entrepreneur devra maintenir en permanence à ce poste un opérateur qualifié pour effectuer de manière contradictoire les opérations de pesée des matériaux ».

Le nettoyage à la demande du pont-bascule peut être prescrit à l'entreprise chargée des travaux.

Figure 9 : EXEMPLE DE DIAGRAMME D'APPROVISIONNEMENT  
 (approvisionnement des granulats achevé avant le début du chantier (1))  
 Granulats 0/6 pour des graves-laitier . 31000 tonnes humides



(1) Dans le cas contraire, il conviendrait de compléter le graphique par la courbe de consommation de la centrale.

## ANNEXE

	Pages
– Exemple de calcul pour le choix de l'emplacement d'une aire de stockage	30
– Graphique donnant la superficie moyenne d'une aire en fonction du tonnage de matériaux fabriqués	33
– Abaque donnant la valeur du côté « L » de l'emprise au sol de tas de forme carrée pour des granulats de densité 1,6	34
– Abaque donnant la valeur du côté « L » de l'emprise au sol de tas de forme carrée pour du laitier granulé ou prébroyé de densité 1	35
– Exemples d'agencement d'aires de stockage	36
– Exemple de coûts d'aménagement d'une aire de stockage	39

**EXEMPLE DE CALCUL POUR LE CHOIX DE L'EMPLACEMENT D'UNE AIRE DE STOCKAGE**

Soit une section de route AB de longueur L, sur laquelle est envisagé un renforcement de chaussée. On supposera la section homogène, c'est-à-dire comportant les mêmes techniques et les mêmes tonnages de matériaux au kilomètre.

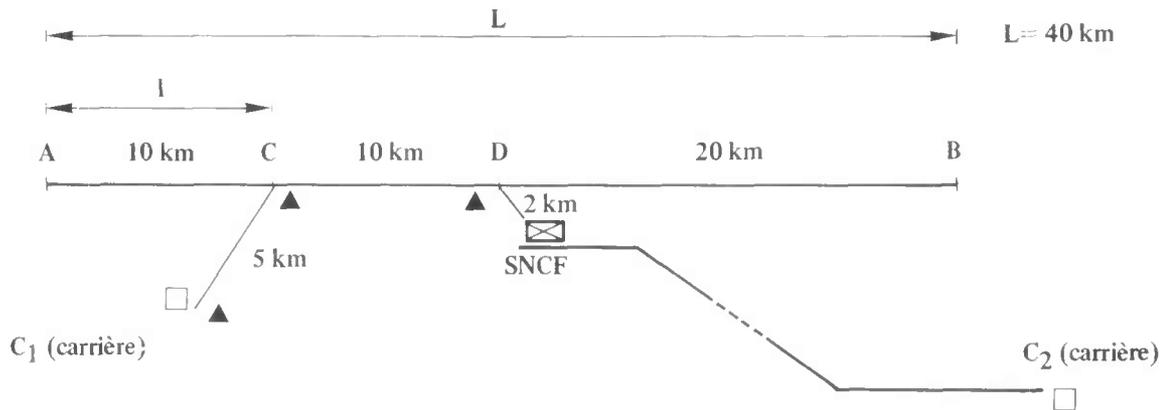
Les granulats pour couche de base proviennent de la carrière C<sub>1</sub>

tonnage : 160 000 t (tc1)

Les granulats pour couche de roulement proviennent de la carrière C<sub>2</sub> et sont transportés par fer jusqu'à la gare la plus proche de l'itinéraire. Dans cet exemple nous ne prendrons pas en compte le transport par fer qui est un terme constant.

tonnage : 40 000 t (tc2)

Pour simplifier, nous négligerons l'incidence des liants. Le tonnage de granulats à mettre en œuvre transportés sur le chantier sera donc de 200 000 tonnes (tc).



**Solutions envisagées pour le choix de l'aire de stockage ▲ (1)**

**Solution 1 : aire en C**

Distance moyenne de transport des matériaux à mettre en œuvre (dm) :

$$dm = \frac{l}{2L} \left[ l^2 + (L-l)^2 \right] = 12,5 \text{ km}$$

Moment de transport total (MT) :

$$\begin{aligned} MT &= (tc1 \times d1) + (tc2 \times d2) + (tc \times dm) \\ &\quad (d1 \text{ étant la distance de la carrière } C_1 \text{ à l'aire de stockage et } d2 \text{ la distance de la gare S.N.C.F. à l'aire de stockage).} \\ &= (160.000 \times 5) + (40.000 \times 12) + (200.000 \times 12,5) \\ &= 3,78 \times 10^6 \text{ t.km} \end{aligned}$$

**Solution 2 : aire en D**

$$\begin{aligned} dm &= 10 \text{ km} \\ MT &= 4,48 \times 10^6 \text{ t.km} \end{aligned}$$

**Solution 3 : aire en carrière C<sub>1</sub>**

$$\begin{aligned} dm &= 17,5 \text{ km} (= dm \text{ solution 1} + 5 \text{ km}) \\ MT &= 4,18 \times 10^6 \text{ t.km} \end{aligned}$$

(1) Dans cet exemple, on admettra qu'il n'est pas possible d'utiliser une éventuelle centrale fixe d'enrobage ; mais, le cas échéant, il est bien évident que cette solution devrait être étudiée avec soin.

**Solution 4 :** deux aires traitant la moitié du tonnage en C et D

$$\begin{aligned} dmC &= 5 \text{ km} \\ dmD &= 10 \text{ km} \\ \mathcal{M}T &= 3,38 \times 10^6 \text{ t.km} \end{aligned}$$

**Solution 5 :** deux aires, en carrière ( $C_1$ ) pour la fabrication des matériaux pour couche de base, en D pour la fabrication des matériaux pour couches de roulement.

$$\begin{aligned} \text{-- aire en } C_1 & \quad dm = 17,5 \text{ km} \\ \mathcal{M}T (C_1) &= 160.000 \times 17,5 = 2,8 \times 10^6 \text{ t.km} \\ \text{-- aire en D} & \quad dm = 10 \text{ km} \\ \mathcal{M}T (D) &= (40.000 \times 2) + (40.000 \times 10) = 0,48 \times 10^6 \text{ t.km} \\ \mathcal{M}T &= 3,28 \times 10^6 \text{ t.km} \end{aligned}$$

A ce stade il est déjà possible d'écarter la solution 2 : mêmes frais de création d'aire de stockage que pour la solution 1, avec beaucoup plus de transports.

Pour pouvoir comparer les autres solutions, il faut examiner ce qui les différencie.

**Solution 1 :**

- moment de transport peu élevé
- achat ou location d'une aire
- aménagement d'une aire

**Solution 3 :**

- moment de transport relativement élevé
- location d'une aire ou mise à disposition gratuite
- aménagement d'une aire. Cependant l'aménagement peut être pris en compte en partie par le carrier
- manutention de granulats moins importante

**Solution 4 :**

- moment de transport très réduit
- achat ou location de deux aires
- aménagement de deux aires
- déplacement supplémentaire de centrale

**Solution 5 :**

- moment de transport total très réduit
- location d'une aire ou mise à disposition gratuite ( $C_1$ )
- achat ou location d'une aire (D)
- aménagement de deux aires. Cependant l'aménagement de l'aire  $C_1$  peut être pris en compte en partie par le carrier
- faible manutention des granulats pour  $C_1$

Au moment de l'étude du projet, on connaît avec une approximation suffisante le coût des différents paramètres à prendre en compte pour chaque solution. La comparaison des prix inhérents à chaque solution permet un choix.

Par exemple, le coût respectif des solutions 1, 3, 4 et 5 peut s'évaluer à (en prenant pour base les conditions moyennes de 1979).

<b>Solution 1 :</b>	800 000 F
• achat d'une aire et aménagement (4 ha)	
• transports et manutentions (moyenne : 0,40 F/t/km)	1 500 000 F
	2 300 000 F

<b>Solution 3 :</b>	0 F
• mise à disposition gratuite de l'aire	
• participation à l'aménagement	100 000 F
• transports et manutentions (moyenne : 0,38 F/t/km)	1 600 000 F
	1 700 000 F

<i>Solution 4</i> :	• achat de deux aires et aménagement (2 ha × 2)	1 000 000 F
	• déplacement supplémentaire de centrale	150 000 F
	• transports et manutentions (moyenne : 0,40 F/t/km)	1 350 000 F
		<hr/> 2 500 000 F
<i>Solution 5</i> :	• mise à disposition gratuite de l'aire C <sub>1</sub>	0
	• participation à l'aménagement de l'aire C <sub>1</sub>	100 000 F
	• achat d'une aire de 2 ha et aménagement	500 000 F
	• transports et manutentions (moyenne : 0,39 F/t/km)	1 280 000 F
		<hr/> 1 880 000 F

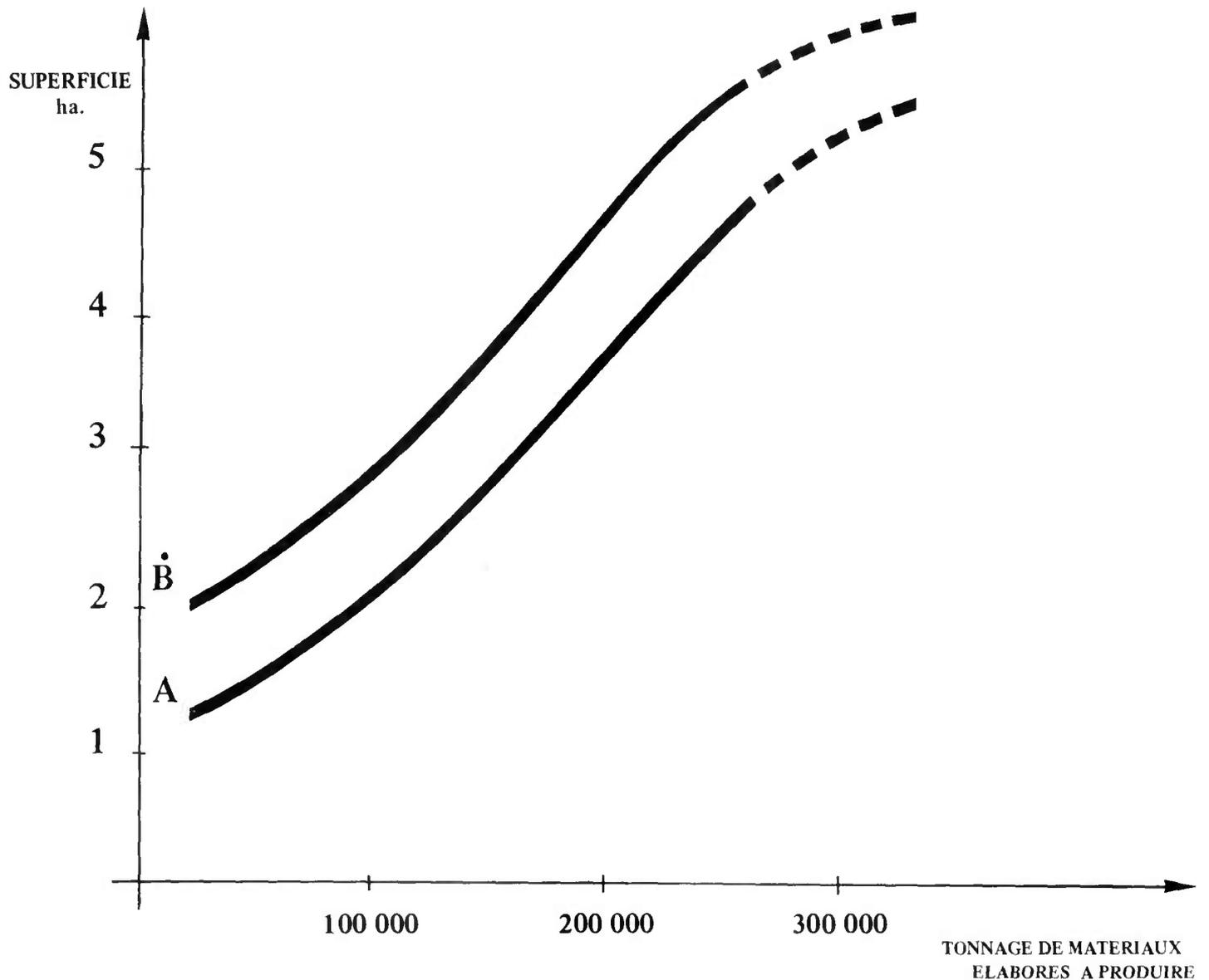
*Au plan financier, la solution 3 est la plus avantageuse ; elle montre dans certains cas, l'intérêt de disposer les aires de stockage en carrière.*

*Mais la solution 5 paraît également très intéressante puisque son coût n'est guère plus élevé, avec en plus la propriété de l'aire D.*

*Dans les solutions 1 et 4, l'Administration demeure propriétaire des aires en fin de travaux. Pratiquement, il faudrait déduire des coûts indiqués, la valeur résiduelle de ces aires qui pourrait être représentée par les économies que ces aménagements permettraient de réaliser sur de futurs chantiers.*

*Il faut donc interpréter avec une certaine prudence les résultats de l'étude comparative des coûts, et prendre en compte tout un ensemble de facteurs dépendant des conditions locales et des conditions relatives aux chantiers ultérieurs.*

GRAPHIQUE DONNANT LA SUPERFICIE MOYENNE  
D'UNE AIRE EN FONCTION DU TONNAGE DE MATÉRIAUX FABRIQUÉS



A : Courbe moyenne pour une seule centrale GL, GB ou BB etc . . .

B : Courbe moyenne pour deux centrales GL + BB ou GC + BB etc . . .

La courbe « B » est décalée d'1/2 hectare par rapport à « A » ce qui correspond à la surface nécessaire pour l'installation de la deuxième centrale et de ses voies d'accès, et pour l'augmentation du nombre de tas de granulats.

ABAQUE DONNANT LA VALEUR  
DU COTE "L" DE L'EMPRISE  
AU SOL DE TAS DE FORME CARRÉE  
POUR DES GRANULATS DE DENSITÉ

1,6

tonnage t (en milliers de tonnes)

100

80

H = 10 m

H = 8 m

H = 6 m

H = 4 m

H = 2 m

Pour un angle de talus de 35°

$$L = \sqrt{\frac{\text{tonnage } t}{1,6 H}} + 1,4 H$$

H : hauteur du tas

50

40

20

40

50

60

70

80

90

100

110

120

130

140

150

160

L

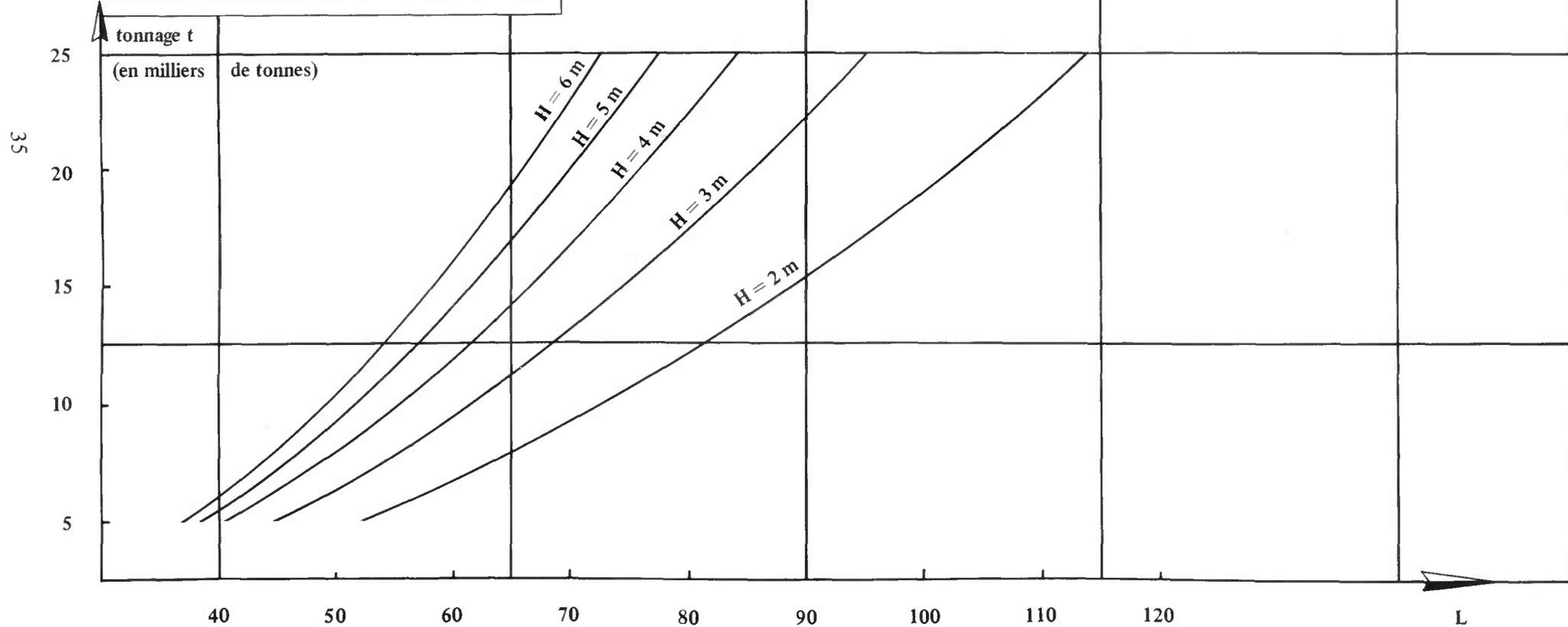
34

ABAQUE DONNANT LA VALEUR  
DU COTE "L" DE L'EMPRISE  
AU SOL DE TAS DE FORME CARRÉE  
POUR DU LAITIER GRANULÉ OU  
PREBROYÉ DE DENSITÉ 1

Pour un angle de talus de 35°  
tonnage t

$$L = \sqrt{\frac{t}{H}} + 1,4 H$$

H = hauteur du tas



EXEMPLES D'AGENCEMENT D'AIRES DE STOCKAGE

Plan n° 1

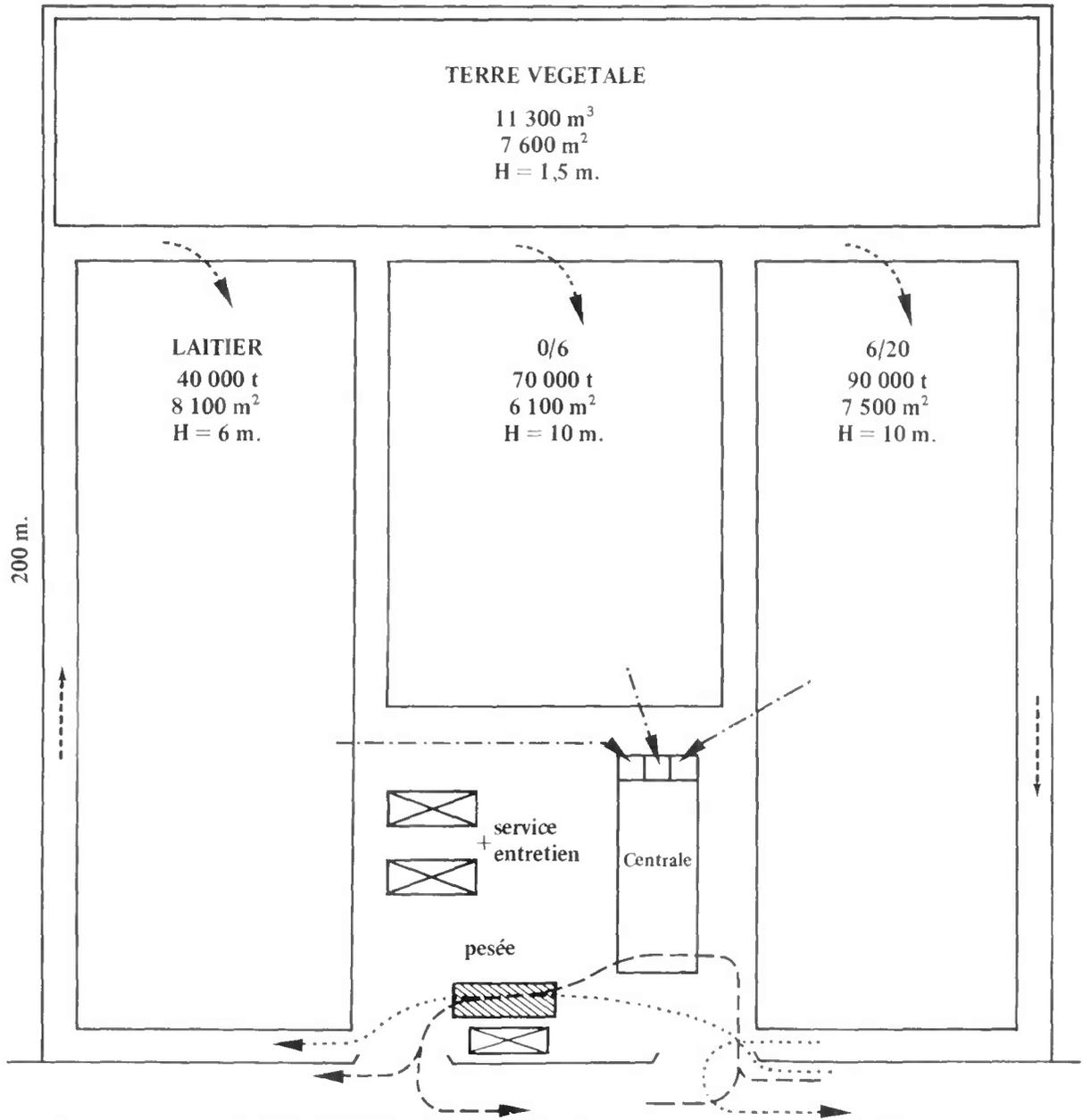
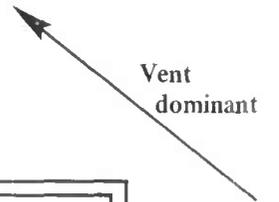
FABRICATION DE GRAVES-LAITIER

Stockage de 200 000 tonnes

de matériaux

Approvisionnements et fabrication simultanés

200 m.



Surface : 4 ha  
Echelle : 1/1250

- > Approvisionnements de granulats et de laitier
- - - - -> Approvisionnements de la Centrale
- - - - -> Transports des matériaux à mettre en œuvre

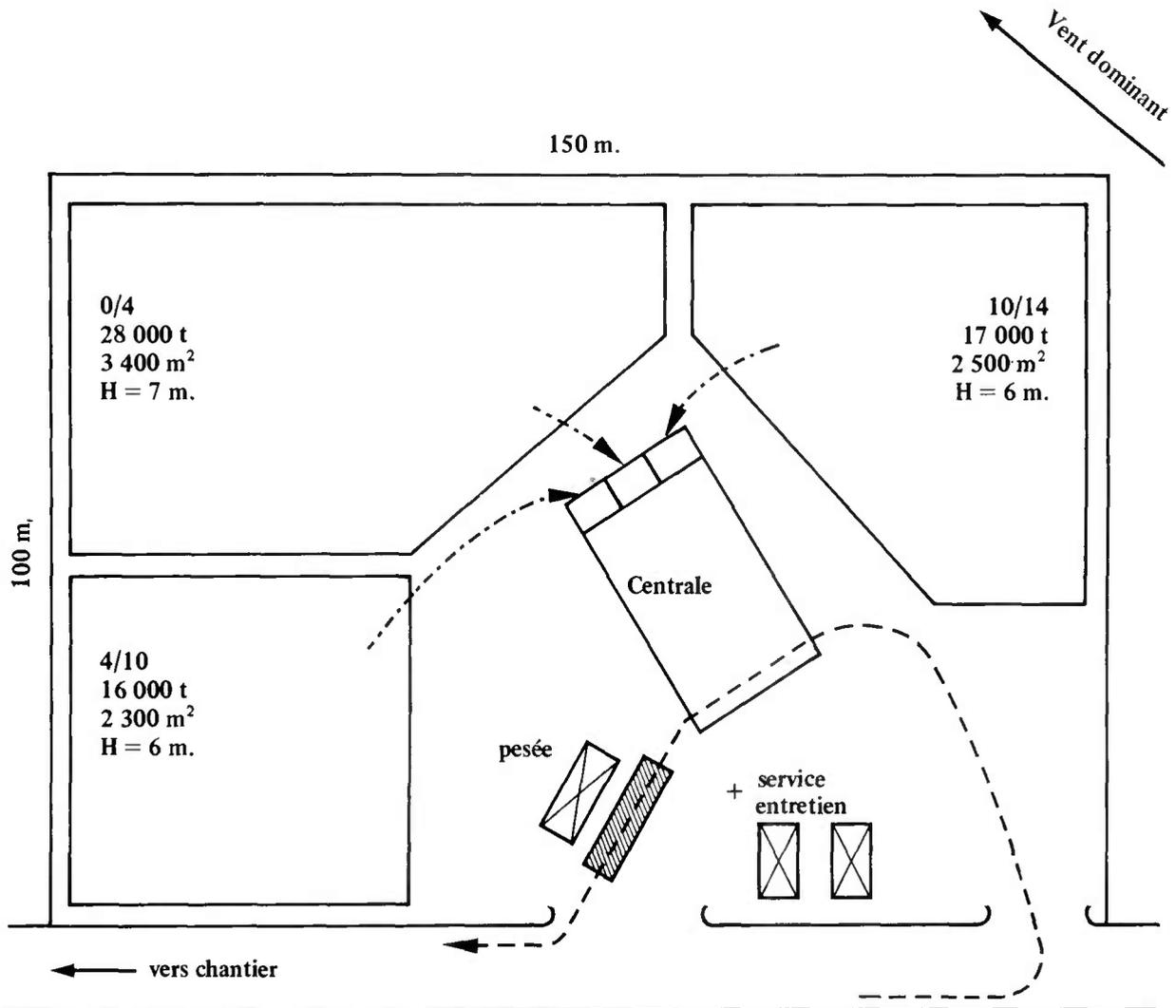
Plan n° 2

## FABRICATION DE BÉTONS BITUMINEUX

Stockage de 60 000 tonnes

de granulats

Approvisionnement des granulats effectués avant le début de la fabrication



Surface : 1,5 ha

Echelle : 1/1000

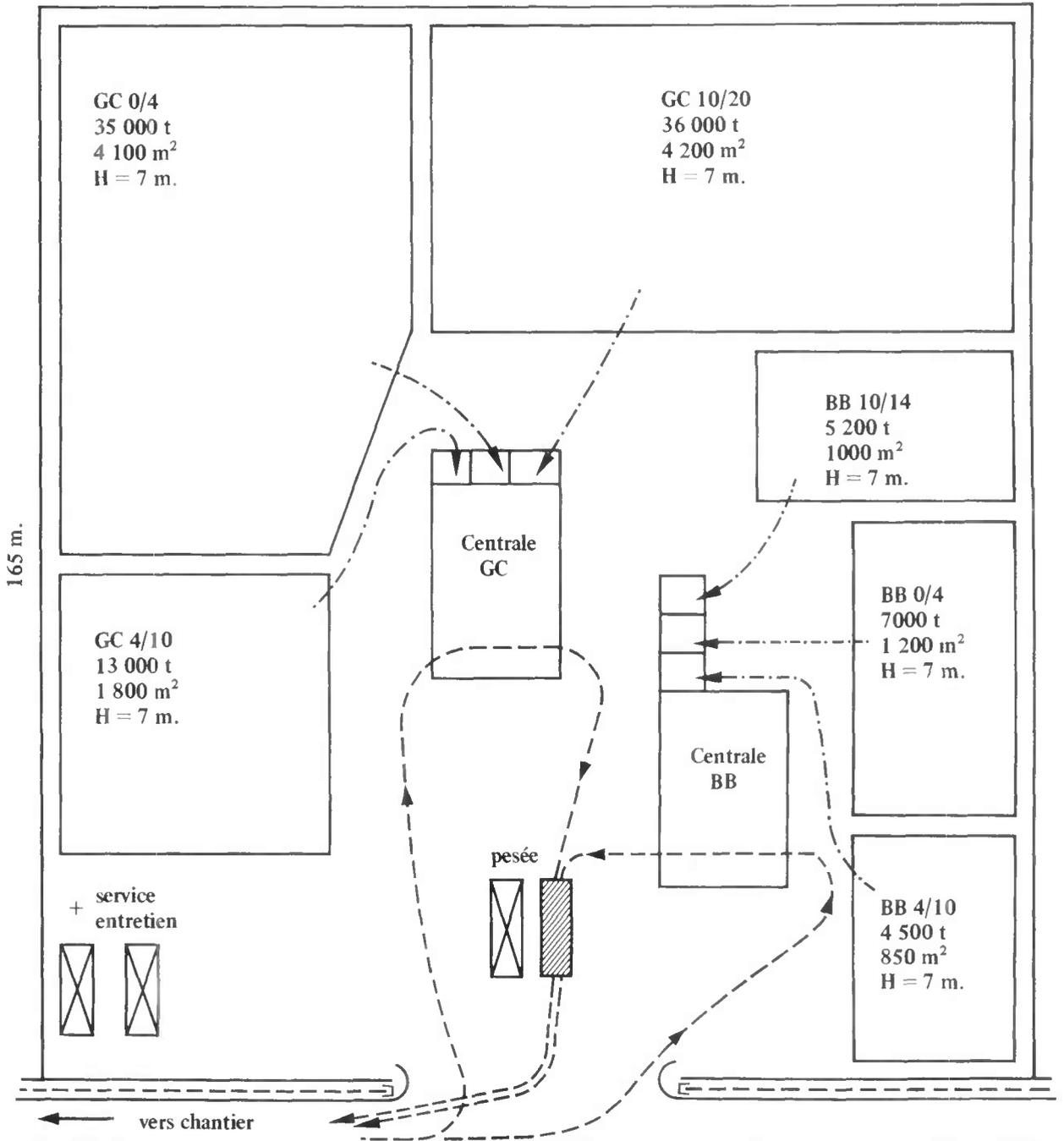
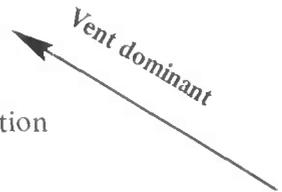
- > Approvisionnements de la Centrale
- > Transports des matériaux à mettre en œuvre

FABRICATION DE GRAVES-CIMENT  
ET DE BÉTONS BITUMINEUX

Stockage de 100 000 tonnes  
de granulats

Approvisionnements des granulats effectués avant le début de la fabrication

155 m.



Surface : 2,5 ha  
Echelle : 1/1000

- > Approvisionnements des Centrales
- - -> Transports des matériaux à mettre en œuvre

**EXEMPLE DE COÛTS D'AMÉNAGEMENT D'UNE AIRE DE STOCKAGE** - Coûts 1979 non compris les incidences relatives aux centrales, au pont bascule et aux équipements accessoires (bureaux, laboratoires . . .).

**A) Aménagement de l'aire**

Surface totale nécessaire : 5 ha dont 0,5 ha pour stockage de la terre végétale.

– Location + indemnités (2 campagnes) (1)

location :  $4 \text{ quintaux} \times 5 \text{ ha} \times 89 \text{ F} \times 2 = 3.560 \text{ F}$

privation de revenus pendant deux campagnes et indemnités :  $82.000 \text{ F}$

– Décapage de l'aire

$45\,000 \text{ m}^2 \times 0,50 \text{ m} = 22\,500 \text{ m}^3$ ;  
 $22\,500 \times 5,00 \text{ F} = 112.500 \text{ F}$

– Compactage de forme :  $45\,000 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ F} = 45.000 \text{ F}$

– Mise en œuvre de matériaux tout venant :

$45\,000 \text{ m}^2 \times 0,20 \text{ m} = 9\,000 \text{ m}^3$   
 $9\,000 \text{ m}^3 \times 40 \text{ F} = 360.000 \text{ F} \quad (2)$

– Confection d'une réserve d'eau de  $500 \text{ m}^3$  de capacité pour garantir 3 jours de consommation environ.

Terrassements :  $500 \text{ m}^3 \times 11,00 \text{ F} = 5.500 \text{ F}$

Bâche plastique :  $400 \text{ kg} \times 25,00 \text{ F} = 10.000 \text{ F}$

– Amenée de la ligne E.D.F.  $200 \text{ m} \times 70,00 = 14\,000 \text{ F}$

**TOTAL A) : 632.560 F**

**B) Réaménagement**

– Enlèvement des matériaux perdus sur stock étant admis que les matériaux tout venant seront laissés sur place :

$5\,000 \text{ m}^3 \times 13 \text{ F} \dots\dots\dots 65.000 \text{ F}$

– Remblaiement du bassin :  $500 \text{ m}^3 \times 11,00 \text{ F} \dots\dots\dots 5.500 \text{ F}$

– Reprise pour remise en place de la terre végétale :

$22\,500 \text{ m}^3 \times 5,00 \text{ F} \dots\dots\dots 112.500 \text{ F}$

– Réaménagement de l'ex C.V. n° 7 pour accès à l'aire :  $\dots\dots\dots 50.000 \text{ F}$

**TOTAL B) : 233.000F**

Total H.T. . . . . (A + B) . . . . . 865.560 F

Soit T.T.C. . . . . (T.V.A : 17,6 %) . . . . . 1.017.898 F

(1) Conditions débattues avec le propriétaire et conformes aux indemnités pratiquées en la matière par le service des Domaines.

(2) Détail du prix

• Fourniture :	6 F/t	}	20,00 F/t soit 40,00 F/m <sup>3</sup>
• Prise en charge :	3 F/t		
• Transport sur 10 km :	6 F/t		
• Mise en œuvre :	5 F/t		

Ce document est propriété de l'Administration et ne peut être reproduit, même partiellement, sans l'autorisation du Directeur du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ou du Directeur du Service d'Etudes Technique des Routes et Autoroutes (ou de leurs représentants autorisés)

**Page laissée blanche intentionnellement**

