Canadian Fertilizer Institute
Institut Canadien des Engrais

# Manuel de contrôle de qualité du processus de composition d'engrais en vrac

## Institut canadien des engrais

2013

## Avis d'exonération de responsabilité sur le Manuel de contrôle de qualité du processus de mélange d'engrais en vrac

Bien que des efforts importants aient été déployés pour garantir l'actualité et l'exactitude du contenu de ce manuel de contrôle de qualité du processus de mélange d'engrais en vrac (le « Manuel »), il faut souligner que l'Institut canadien des engrais (« ICE ») le met à votre disposition « TEL QUEL », sans aucune garantie ou condition, y compris les garanties et les conditions de qualité marchande et d'adéquation à un usage particulier. L'ICE ne garantit ni l'exactitude, ni le caractère exhaustif du Manuel.

**En aucun cas, l'ICE ne devra-t-être tenu pour responsable de tout dommage, de quelque nature que ce soit, résultant de l'utilisation de ce manuel, y compris, mais sans s'y limiter, les dommages directs, indirects, fortuits, punitifs, consécutifs ou spéciaux (y compris, mais sans s'y limiter, les pertes de profits, de contrats, de survaleurs, de données, d'informations, de revenus, d'économies anticipées ou de relations d'affaires), qu'ils soient basés sur une garantie, un contrat, un délit ou sur toute autre théorie légale et que l'ICE soit ou non conscient que de tels dommages peuvent survenir.**

En utilisant ce Manuel, vous acceptez les exclusions et limitations de responsabilité indiquées ci-dessus et les considérez comme raisonnables. Veuillez ne pas utiliser ce manuel si vous estimez qu'elles ne sont pas raisonnables.

**Remarque :** ce Manuel est un guide qui permet d'assimiler les méthodes de contrôle de qualité du processus de mélange d'engrais. Les informations qui y figurent incluent, aux endroits appropriés, des sections de la version 2010 du Manuel de mélange d'engrais en vrac de l'Institut canadien des engrais (ICE). Le Manuel de mélange d'engrais en vrac de l'ICE a été produit par le Conseil qualité de produits et technologie de l'ICE.

**Photo de couverture :** Michelle Valberg

# Avant-propos

Le producteur et le mélangeur assument tous deux d'importantes responsabilités dans la production d'engrais solides mélangés de haute qualité. Les critères de qualité, quant à eux, incluent : l'uniformité, la conformité de la teneur en éléments nutritifs avec la garantie, la fluidité et un minimum de ségrégation de matériaux individuels.

Ce manuel est conçu pour aider aussi bien les producteurs de base que les mélangeurs à résoudre les problèmes qu'ils rencontrent au cours du processus de contrôle de qualité des engrais solides mélangés. Pour le producteur, ce manuel décrit les caractéristiques de base des matières qui sont indispensables à une bonne compatibilité. Pour le mélangeur, il explique les causes d'un certain nombre de problèmes quotidiens et dit comment ceux-ci peuvent être évités et résolus.

La « Qualité du produit » reflète directement les compétences du mélangeur, ses techniques de gestion, et même de l'intégrité de son entreprise. Une réputation de fournisseur d'engrais mélangés de haute qualité ne peut être acquise qu'en prêtant attention aux détails et en résolvant, au plus vite, ces problèmes qui deviennent, trop souvent, parties intégrantes des opérations quotidiennes.

# Table des matières

A. INTRODUCTION ..... 6

B. SÉLECTION DES MATIÈRES ..... 7

I. Analyse chimique (teneur en éléments nutritifs) ..... 7

II. Taille des particules ..... 7

a. Essai de floculation ..... 7

b. NRD & UI ..... 8

III. Comment utiliser le NRD et l'IU ..... 8

IV. Compatibilité chimique des matériaux mélangés ..... 9

V. Identification visuelle et qualitative de certains matériaux ..... 9

VI. Tableau d'humidité ..... 10

ANNEXE A: Déterminer le NRD & l'IU avec la méthode graphique ..... 10

ANNEXE B: Déterminer le NRD et l'IU avec la méthode mathématique ..... 11

ANNEXE C: Échelle NRD et détermination du NRD par la méthode d'échelle du NRD .. 12

Qui peut utiliser l'échelle NRD? ..... 12

Procédure ..... 13

ANNEXE D : Schéma du test de floculation : ..... 14

DAP et KCl grossier : Exemple de matériaux qui se séparent sévèrement. ..... 15

DAP et KCl granulaire : Ces matériaux sont plus compatibles. ..... 16

Urée, DAP et KCl granulaire : Ces matériaux sont plus compatibles. ..... 16

ANNEXE E : Schéma de compatibilité chimique des matériaux mélangés ..... 17

C. FORMULES DE CALCUL ..... 18

I. Définition des termes ..... 18

II. Calcul des formules de grade ..... 19

EXEMPLE 1: ..... 19

EXEMPLE 2: ..... 21

EXEMPLE 3: ..... 23

EXEMPLE 4: ..... 24

EXEMPLE 5: ..... 25

EXEMPLE 6: ..... 27

EXEMPLE 7: ..... 27

EXEMPLE 8: ..... 30

III. Calcul des formules d'analyse du sol ..... 32

EXEMPLE 9: ..... 32

D. FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN DE L'USINE ..... 39
I. Réception des matériaux ..... 39
II. Stockage des matériaux et demande de remboursement ..... 40
III. Pesage ..... 40
IV. Mélange ..... 42
V. Expédition ..... 42
VI. Éléments nutritifs secondaires et oligoéléments ..... 43
VII. Pesticides ..... 44
VIII. Feuilles de contrôle de lots ..... 45
IX. Feuilles de traitement par lots ..... 45
X. Évaluation de l'usine ..... 46
EXAMEN DE CONTRÔLE DE QUALITÉ (Usines de mélange) ..... 47
E. MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE ET D'ESSAIS PHYSIQUES DE L'ICE ..... 50
I. Échantillonnage ..... 50
A. Marchandises ensachées ..... 50
B. Marchandises en vrac ..... 67
II. ..... 68
TABLEAU H-1 - Diviseur à riffles ..... 68
a. Masse volumique en vrac ..... 69
FICHE DE FORMULATION DE MÉLANGE ..... 73
Manutention et mélange d'engrais enrobés ..... 74

# A. INTRODUCTION

Les mélanges d'engrais secs en vrac ont augmenté au Canada, en même temps que la demande de petits lots d'engrais spécifiques adaptés aux besoins des cultures. L'adaptation des mélanges en vrac aux besoins nutritifs spécifiques des cultures permet d'optimiser l'utilisation des éléments nutritifs appliqués et protège l'environnement grâce à une alimentation équilibrée.

Avec l'augmentation des mélanges en vrac, il est désormais primordial d'accorder une attention particulière à la production de mélanges d'engrais de qualité. Les mélanges en vrac d'engrais secs sont obtenus lorsque deux ou plusieurs engrais secs, ayant la même taille de particule et dont les teneurs en nutriments sont connues, sont combinés de façon mécanique.

Le fabricant de l'engrais, le vendeur des matériaux utilisés dans les mélanges et les détaillants sont chacun largement responsables de la qualité des mélanges produits.

- Les fabricants sont chargés de fournir des engrais de taille appropriée, riches en éléments nutritifs.
- Le détaillant, pour sa part, doit disposer d'équipements de mélange performants et bien entretenus, ainsi que de bonnes procédures pour les faire fonctionner. Il doit également s'assurer que les engrais reçus peuvent être utilisés dans les mélanges.

Les détaillants qui ont adopté une « approche de qualité totale » dans leurs processus de mélanges d'engrais devront considérer, en plus de l'analyse garantie du mélange, l'impact qu'ont la taille et la distribution des particules sur leur capacité à produire des mélanges de qualité supérieure.

Le but de ce manuel est de présenter :

1. Les mélanges de qualité et le type de matériaux fertilisants nécessaires à leur production.
2. Les techniques à utiliser pour bien calculer les formules de mélange d'engrais.
3. Les procédures qui permettent de déterminer si les matériaux peuvent être utilisés dans les mélanges.

Le maintien d'un bon niveau de qualité dans l'usine de mélange d'engrais en vrac nécessite une attention constante.  Le détaillant est responsable de ce qui est expédié. Il doit donc s'assurer de la qualité de tous les mélanges produits.

Ce manuel couvre les points les plus importants du processus de production de mélanges de qualité. Le contrôle de qualité au niveau de la vente au détail permet d'assurer la satisfaction du client et de mieux surveiller les stocks. De la même manière, l'amélioration de la qualité des mélanges permet aux cultures de mieux utiliser les éléments nutritifs appliqués, ce qui a un impact positif sur notre environnement.

# B. CHOIX DES MATÉRIAUX

La première étape du processus de production de mélanges d'engrais de qualité consiste à choisir des matériaux qui possèdent une analyse chimique connue et dont les particules ont des tailles identiques. En d'autres termes, la qualité d'un mélange dépend de la teneur en éléments nutritifs et de la taille des particules, même lorsqu'il se fait avec les équipements et les procédures d'exploitation appropriés.

## I. Analyse chimique (teneur en éléments nutritifs)

Le formulateur ou opérateur de l'usine de mélange doit connaître la teneur en éléments nutritifs de chaque matériau utilisé afin d'être en mesure de produire des mélanges qui contiendront les quantités d'éléments nutritifs attendues. Lorsque la teneur en éléments nutritifs d'un matériau est inférieure à la valeur attendue, il est possible que les mélanges contenant ce matériau ne respectent pas le niveau d'éléments nutritifs garanti.

Une description du processus de fabrication des engrais doit être sollicitée, chaque fois que c'est possible, afin que les opérateurs d'usines de mélanges aient à leur disposition des rapports de laboratoire qui montrent la teneur en éléments nutritifs, ainsi que l'analyse granulométrique de chaque matériau. Ces informations doivent arriver avant ou en même temps que les produits. Il peut arriver qu'un échantillon contienne moins que ce qui est garanti, mais qu'il reste tout de même dans la marge de tolérance de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Cependant, de telles variations doivent être prises en compte lors du calcul des formules de mélange. Pour de plus amples informations sur les règles qui régissent le secteur des engrais mélangés, veuillez contacter l'ACIA à l'adresse fertilizer@inspection.gc.ca ou au numéro de téléphone (613) -773-7189.

S'il y a une raison qui empêche le producteur ou le distributeur de garantir la teneur en éléments nutritifs de chaque matériau fertilisant envoyé à l'usine de mélange, le directeur de l'usine devrait, au minimum, échantillonner les matériaux contestables, conformément aux méthodes de l'ICE décrites dans la Section E, et envoyer une partie représentative « striée » de l'échantillon composite qui en résulte à un laboratoire, afin que sa teneur en éléments nutritifs soit déterminée. Nous vous conseillons de toujours conserver une partie striée de l'échantillon composite, afin que le fournisseur ou l'usine de mélange puissent y effectuer des analyses granulométriques.

## II. Taille des particules

Les mélanges hors grade sont en grande partie causés par la ségrégation. Celle-ci se produit lorsque l'engrais mélangé n'est plus uniforme, ou lorsque les petites particules se séparent des grandes et vont se regrouper dans un endroit différent. La ségrégation affecte tous les matériaux, y compris les matériaux de remplissage. Il est difficile d'obtenir un échantillon réellement représentatif lorsqu'une ségrégation s'est produite.

### a. Essai de floculation

Afin de déterminer si une ségrégation va se produire, il est important de connaître la distribution granulométrique des matériaux qui seront utilisés. Cette information peut être obtenue grâce à une analyse de taille standard ou à des méthodes simples telles que « le Test d'échelle NRD » (Annexe C de cette section) ou grâce à « l'essai de floculation » décrit ci-dessous.

« L'essai de floculation » compare les matériaux en fonction de leur volume. Pour réaliser ce test, il vous faut des bouteilles d'égales dimensions aux parois rectilignes ainsi que des tamis qui peuvent être empilés les uns sur les autres. Un volume égal de chaque matériau à mélanger est secoué à la main à travers les tamis. Le matériau qui traverse le tamis fin est ensuite transféré dans des bouteilles séparées et comparé à l'œil. Les matériaux qui possèdent des distributions de fraction similaires formeront des mélanges peu enclins à la ségrégation. Les tamis dont les tailles Tyler sont comprises entre 5 et 20 peuvent être appliqués, et pour une plus grande simplicité, seuls deux tamis, à l'instar des mailles 7 et 9 ou 8 et 10, doivent être utilisés pour la plupart des matériaux de mélange (Annexe D). Veuillez vous référer à la méthode d'échelle NRD présentée à l'Annexe C. Il est possible de comparer plusieurs matériaux en utilisant plusieurs échelles NRD.

### b. NRD & IU

Le NRD est un système d'identification des matériaux totalement volontaire. Il a été mis au point par le Comité ingénierie et technologie de l'Institut canadien des engrais (ICE). Le système NRD part du principe selon lequel seules deux mesures sont nécessaires pour décrire la distribution granulométrique des matières fertilisantes. Ces mesures sont : le Numéro de référence de dimension (NRD) et l'Indice d'uniformité (IU).

Le numéro de référence de dimension (NRD) est une dimension médiane exprimée en millimètres à la deuxième décimale et multipliée par 100. Plus précisément, le NRD est la taille de particules qui divise la masse de toutes les particules en deux moitiés égales, l'une ayant toutes les particules de plus grande taille et l'autre moitié ayant toutes les particules de plus petite taille. Le NRD peut être :

1. déterminé par une méthode graphique (voir Annexe A) ou
2. calculé à partir de données d'analyse de taille (voir Annexe B) ou
3. estimé en utilisant la méthode d'échelle NRD (Annexe C).

L'indice d'uniformité (IU) c'est le ratio des tailles de particules, des plus petites aux plus grandes, du produit, exprimé en pourcentage. Plus précisément, l'IU c'est le ratio, multiplié par 100, des tailles qui correspondent aux niveaux 95 % et 10 % de la courbe de distribution cumulée. L'IU est mieux déterminé par des méthodes mathématiques (voir Annexe B).

## III. Comment utiliser le NRD et l'IU -- L'approche empirique

Les opérateurs de mélangeurs développent souvent des « règles générales » qui peuvent bien fonctionner dans une usine en particulier, mais pas ailleurs. Après quelques essais, il devient assez facile de fixer des limites aux NRD et aux IU des matériaux mélangés. Cette approche empirique peut prendre la forme, par exemple, d'une règle du type : « moyenne plus ou moins un tel pourcentage. » Dans ce cas, l'opérateur du mélangeur calcule la moyenne des NRD des matériaux utilisés et établit la marge « acceptable ». Un calcul similaire est effectué pour les IU de ces mêmes matériaux. Si tous les matériaux se situent dans les limites des marges « acceptables », la formulation sera calculée avec les excédents standards. Dans le cas contraire, les excédents de formulation seront augmentés pour compenser le risque de carence dû à une ségrégation accrue. Considérons, par exemple, le cas d'un mélangeur qui combine les trois matériaux ci-dessous. Les moyennes ont été calculées, ainsi que les marges « acceptables », avec une règle fixée, dans ce cas, à « moyenne plus ou moins 10 %. »

| | NRD | IU |
|---|---|---|
| **Matériau 1** | 260 | 55 |
| **Matériau 2** | 270 | 55 |
| **Matériau 3** | 220 | 40 |
| **--** | | |
| **Moyenne** | 250 | 50 |
| **Marge acceptable** | 225-275 | 45-55 |

Étant donné que le NRD et l'IU du Matériau 3 se situent tous deux en dehors des marges acceptables, il est conseillé de créer une formule dont l'excédent est suffisamment important pour compenser les effets prévisibles de la ségrégation. L'opérateur du mélangeur peut aussi chercher une source de matériaux dont les valeurs NRD et IU sont proches des valeurs des deux autres matériaux.

## IV. Compatibilité chimique des matériaux mélangés

La compatibilité de la plupart des ingrédients des mélanges d'engrais est résumée à l'Annexe E.

**Deux conclusions en ressortent :**

a. Ne pas le mélanger le nitrate d'ammonium et l'urée. Ce mélange deviendra vite humide et absorbera l'humidité, même dans un récipient fermé.
b. Les mélanges contenant de l'urée et des superphosphates simples et triples peuvent devenir collants et durcir (à moins que les phosphates ne soient très secs et durs). Ne pas mettre ces mélanges dans un sac.

## V. Identification visuelle et qualitative de certains matériaux

| Matériau | Apparence |
|---|---|
| Nitrate d'ammonium (34.5-0-0) | Généralement granulés blancs ou granulés |
| Urée (46-0-0) | Généralement granulés blancs ou granulés |
| Sulphate d'ammonium (21-0-0) | Cristaux blancs ou blancs cassés |
| DAP (18-46-0) | Variété de gris, granulés |
| TSP (0-46-0) | Variété de gris, granulés |
| Muriate de potasse (0-0-60) | Cristaux rouges, ocres, blancs ou granulés |
| MAP | Variété de gris, granulés |
| Nitrate de potassium | Rose ou granulés blancs |
| Sulphate de magnésie potassique | Granulés ocres ou roses |
| Sulphate de potasse | Gris ou rose |

Il est possible de faire la distinction entre le phosphate diammonique (DAP) et le phosphate monoammonique (MAP) d'une part et les superphosphates non ammoniaqués ordinaires ou triples d'autre part en réalisant un simple test de pH ainsi qu'un test qualitatif pour l'ammoniac (azote ammoniacal).

### *Déterminer un pH*

Verser une cuillère à soupe de matériau dans une tasse d'eau, remuer le mélange pendant deux minutes et mesurer ensuite le pH avec un pH-mètre.

Si le pH est inférieur à 4,0, il s'agit probablement du TSP ou de tout autre matériau non ammoniauqé.

Si le pH est compris entre 4,0 et 5,5, il s'agit probablement du MAP.

Si le pH est supérieur à 7,0, c'est probablement du DAP.

### *L'azote ammoniacal*

À l'aide d'une cuillère en plastique sèche, ajouter lentement 1/2-1/3 d'une cuillère à soupe de soude caustique (ou hydroxyde de sodium) au mélange d'engrais du bécher. Remuer très doucement ou agiter le mélange du bécher pendant quelques secondes. S'il y a présence d'azote ammoniacal (le DAP et le MAP en contiennent tous deux), une odeur d'ammoniac sera produite. Cette odeur deviendra plus forte, à mesure que la soude caustique se dissoudra et chauffera la solution du bécher. (**Attention** : vous devez éviter que la soude caustique ou une solution issue de celle-ci n'entre en contact avec votre peau ou vos yeux.) Une fois que la réaction de la soude caustique avec l'eau du bécher s'est calmée, le mélange peut être versé dans l'évier. (De nombreux produits de nettoyage de canalisations contiennent de la soude caustique et peuvent être utilisés pour ce test).

## VI. Tableau d'humidité

L'Annexe E donne les seuils critiques d'humidité des sels d'engrais, tels que définis par la Tennessee Valley Authority (TVA). Ce tableau indique simplement que le nitrate de calcium absorbe une humidité de plus de 46,7 % d'humidité relative (HR), tandis que les mélanges de nitrate de calcium et de nitrate d'ammonium n'absorbent l'humidité que lorsque l'HR se situe au-dessus de 23,5 %. Le nitrate d'ammonium pur n'absorbe l'eau que lorsque l'HR se situe à un niveau supérieur ou égal à 59,4 %. Troisième exemple, l'urée n'absorbe l'humidité de l'air que lorsque l'HR est supérieure ou égale à 75,2 % à 30 °C (ou 86 °F), tandis que les mélanges de cette substance avec du nitrate d'ammonium absorbent l'humidité lorsque l'HR est supérieure ou égale à 18,1 %.

## ANNEXE A : Déterminer le NRD et l'IU avec la méthode graphique

La distribution granulométrique est reproduite sur du papier millimétré, pourcentage cumulé (en masse) contre taille des particules. La courbe de distribution, de forme généralement lisse, est obtenue par approximation en traçant des segments de ligne droite entre des points de données adjacents, tel que cela est illustré dans le graphique ci-dessous.

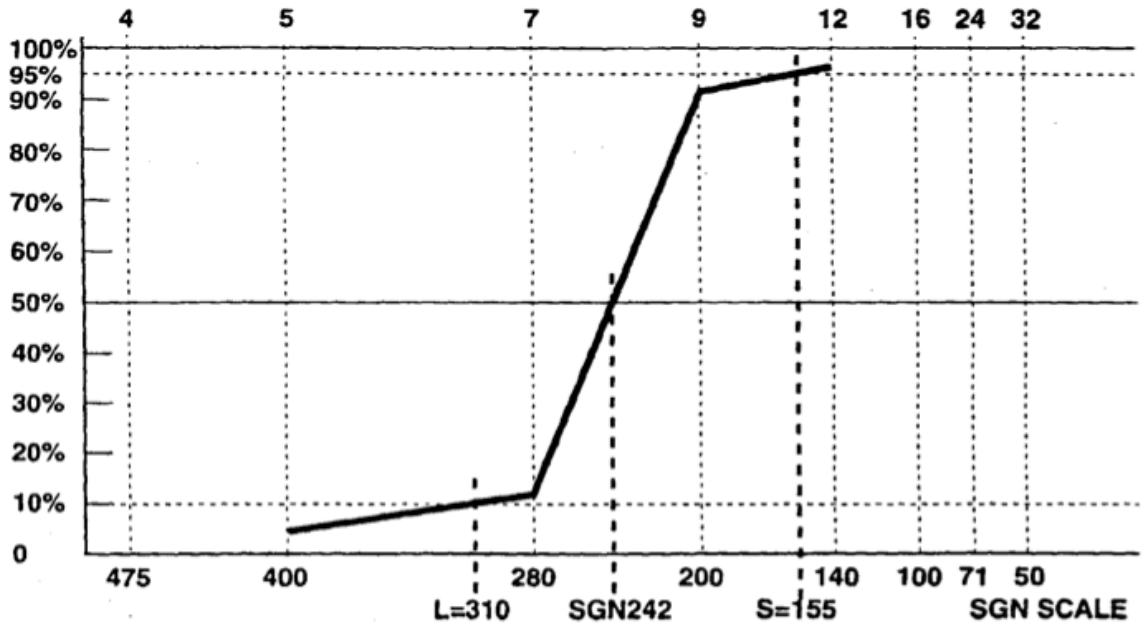
À partir du point où la ligne des données cumulées traverse la ligne horizontale des 50 %, tracer une ligne verticale à l'échelle NRD, pour une lecture directe de la valeur NRD. NRD = 242 dans cet exemple.

À partir du point où la ligne des données cumulées traverse la ligne horizontale des 95 %, tracer une ligne verticale à l'échelle NRD, pour une lecture directe des dimensions des petites particules, P = 155 dans cet exemple.

À partir du point où la ligne des données cumulées traverse la ligne horizontale des 10 %, tracer une ligne verticale à l'échelle NRD, pour une lecture directe des dimensions des grandes particules, G = 310 dans cet exemple.

IU = (100 P)/G ou pour l'exemple : (100 x 155)/310 = 50

### NUMÉRO DE MAILLE DE TYLER




## ANNEXE B : Déterminer le NRD et l'IU avec la méthode mathématique

Déterminer le NRD et l'IU est plus simple lorsque les tests de tamis indiquent exactement 10, 50 et 95 % de retenues cumulatives sur trois différents tamis. Par exemple, 50 % sur le tamis de 2,36 mm équivaudra immédiatement à NRD = 236. De la même manière, 10% sur un tamis de 2,80 mm et 95 % sur un tamis de 1,40 mm signifient que l'IU = 50 %, puisque UI = P/G x 100.

Toutefois, les résultats du test du tamis indiquent rarement exactement 10, 50 ou 95 % sur un tamis en particulier. Pour déterminer le NRD, P et G, nous devons recourir à une méthode mathématique appelée interpolation linéaire. Les segments rectilignes utilisés dans la méthode de l'interpolation linéaire se rapprochent de la forme lisse en S de la véritable courbe granulométrique.

Si nous avons, par exemple, 46 % de retenues sur 2,80 mm et 68 % de retenues sur 2,36 mm, nous devons en déduire que le NRD se situe entre 280 et 236. Nous calculons la valeur mathématiquement exacte avec la formule d'interpolation :

$$[a (CRA - k)] / (CRA – CRB) + b$$

Où k = 50, puisque nous calculons le NRD

a = différence d'ouverture = 280 - 236 = 44

b = ouverture du tamis qui retient une proportion supérieure à k = 236

ARC = retenues cumulatives au dessus de k = 68

CRB = retenues cumulatives au-dessous de k = 46

NRD = [ 44 (68 - 50) ]/ (68-46) + 236 = 272

La même formule d'interpolation est utilisée pour déterminer les valeurs G et P, dimensions des « grandes » et des « petites » particules, correspondantes aux niveaux 10 et 95 % de la courbe de distribution cumulée. Le coefficient k est toujours de 10 pour G et de 95 pour P, tandis que les autres valeurs dépendent des résultats du test du tamis. Par exemple, 92 % de retenues sur 1,70 mm et 97 % de retenues sur 1,40 mm correspondent à :

$$P = [30(97 - 95)] / (97 – 92) + 140 = 152$$

La meilleure précision est obtenue lorsque des tamis aux standards consécutifs sont utilisés. Le fait de tester avec tous les seconds ou troisièmes tamis affecte souvent les estimations du NRD et réduit toujours celles de l'IU. Consulter le tableau H-1, pour avoir une liste des tamis standards.

## ANNEXE C : Échelle NRD et détermination du NRD par la méthode d'échelle du NRD

L'échelle Sylvite du numéro de référence de dimension (NRD) est un instrument conçu pour réaliser de simples tests de tamis sur des échantillons d'engrais. C'est une boîte acrylique de la taille d'un livre, équipée de cinq tamis. Il produit directement un histogramme des tailles de l'échantillon testé, à partir duquel il est possible de réaliser une estimation du NRD.

L'échantillon de contrôle d'un mélange d'engrais n'est véritablement représentatif que lorsque les matériaux du mélange sont sélectionnés de manière à minimiser le risque de ségrégation au cours du mélange et de la manipulation. La taille des particules est le facteur le plus important qu'il faut prendre en compte lors du choix de matériaux non enclins aux ségrégations. La taille des particules correspond généralement à la dimension moyenne en millimètres multipliée par 100, ou au NRD. Par exemple, si le test du tamis indique qu'un tamis d'une ouverture de 2,40 mm peut retenir exactement la moitié de l'échantillon, la taille moyenne des particules sera de 2,40 mm, ou de NRD = 240.

### Qui peut utiliser l'échelle NRD?

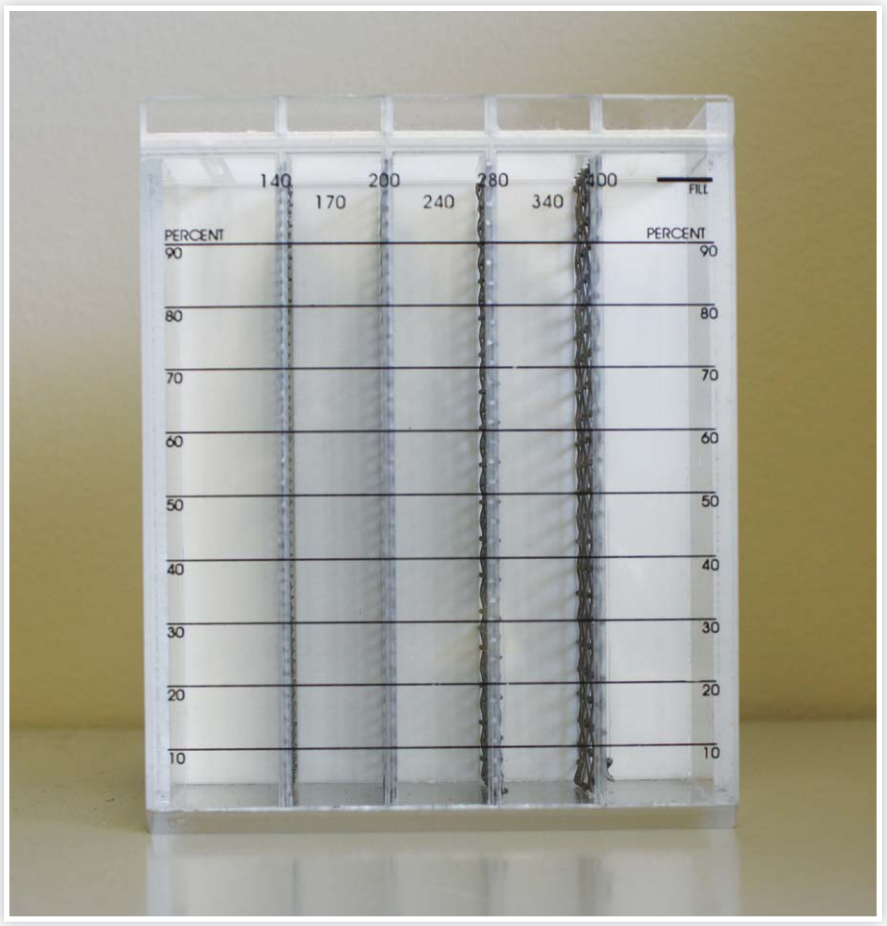
- Le gestionnaire du mélangeur, afin de sélectionner des matériaux de taille compatible.
- L'opérateur du mélangeur, afin d'empêcher la séparation des mélanges.

- L'agent de contrôle, afin d'évaluer le risque accru de mauvais résultats.
- Les usines de fabrication de base, afin de contrôler les processus.
- Le personnel de marketing, pour des activités promotionnelles.

## Procédure

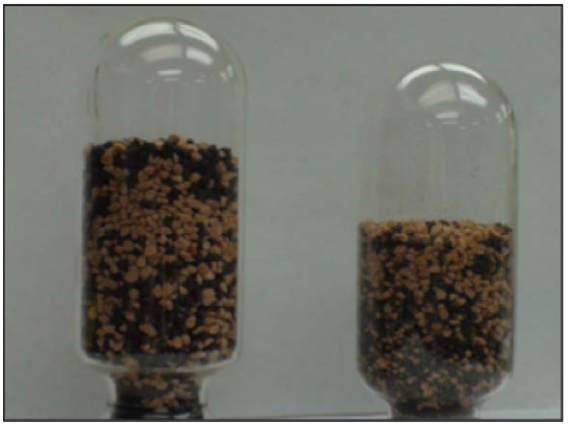
1. Verser un échantillon représentatif d'environ 200 ml dans le compartiment situé à extrémité droite de l'échelle NRD, tel qu'indiqué dans le schéma du coin supérieur gauche.
2. Fermer l'échelle NRD et faites-la pivoter afin que l'échantillon se retrouve au-dessus. Secouer, tel qu'indiqué sur le schéma du coin supérieur droit, suffisamment longtemps pour terminer le tamisage.
3. Remettre la boîte en position horizontale, afin de voir le niveau de chaque compartiment et d'évaluer le NRD. Le NRD c'est la valeur d'échelle qui divise l'échantillon en deux parties égales. Dans l'exemple illustré dans le schéma du coin inférieur gauche, 50 % de l'échantillon se retrouve à gauche d'une ligne à mi-chemin entre 200 et 280, donc le NRD est de 240. Dans l'exemple illustré dans le schéma du coin inférieur droit, 50 % de l'échantillon se retrouve à gauche d'une ligne située aux huit dixièmes de l'intervalle 200-280, donc le NRD est de 264.

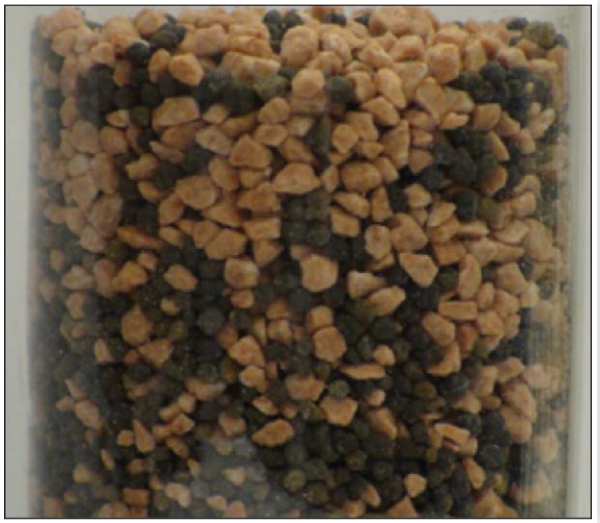
L'échelle NRD



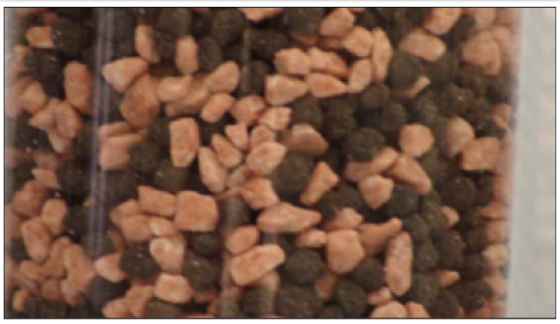
## Annexe D : Schéma du test de floculation :

DAP et KCl grossier : Exemple de matériaux qui se séparent sévèrement.

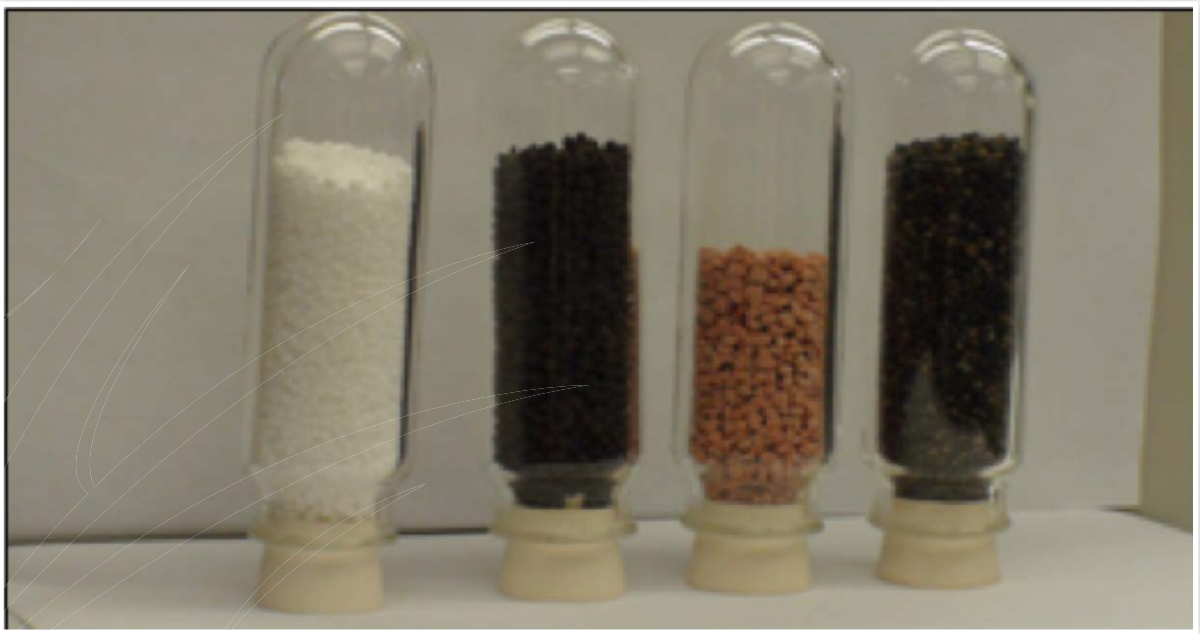




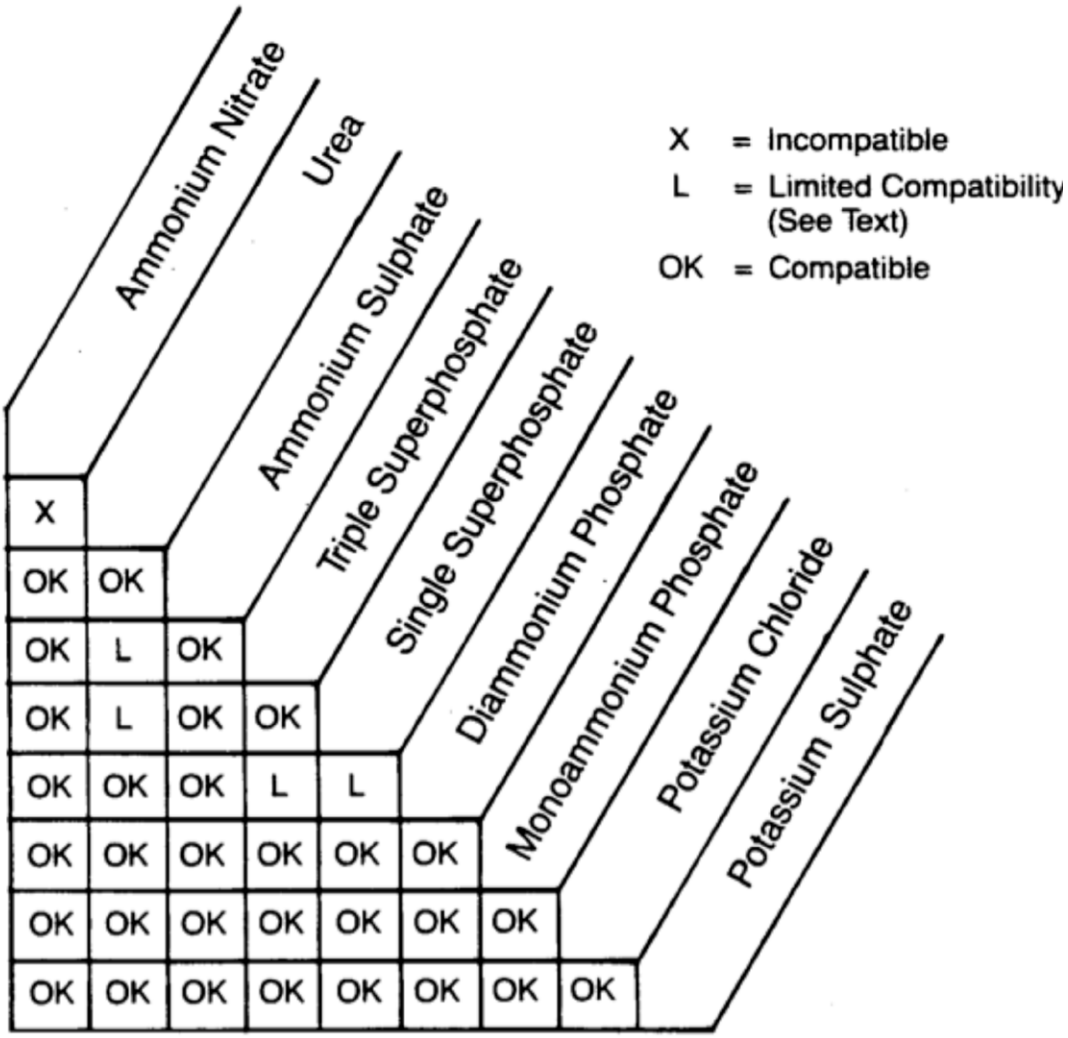
DAP et KCl granulaire : Ces matériaux sont plus compatibles.



Urée, DAP et KCl granulaire : Ces matériaux sont plus compatibles.



# ANNEXE E : Schéma de compatibilité chimique des matériaux mélangés




Chemical compatibility of blend materials (1)
(Courtesy of TVA)

# C. FORMULES DE CALCUL

Le calcul des formules de mélanges d'engrais n'est certes pas difficile, mais c'est un élément essentiel du processus de production d'engrais de qualité. Si les calculs ne sont pas corrects ou si les matériaux appropriés ne sont pas utilisés, le produit ne pourra pas passer les contrôles, ou alors il sera difficile de l'appliquer.

La sélection des matériaux a été couverte dans la Section B. La sélection des matériaux ainsi que la sélection et manipulation des substances nutritives mineures et des pesticides seront abordées dans la Section E : Fonctionnement. Les recommandations formulées dans ces chapitres doivent être suivies.

## I. Définition des termes

Il y a quelques termes spécifiques utilisés dans le calcul des formules. Il s'agit de :

a. Grade : C'est le pourcentage d'azote total, d'acide phosphorique et de potasse soluble assimilables exprimé dans cette séquence.

   Garanties : Quantité d'éléments nutritifs, exprimée en pourcentage, contenue dans les mélanges d'engrais et dans les matériaux.

   Sauf pour la potasse ($K_2O$) et le phosphate assimilable ($P_2O_5$), ils sont exprimés en termes d'élément, par exemple le zinc (Zn). La garantie, sauf dans le cas du chlore, concerne la quantité minimale contenue. Il est garanti que la teneur en chlore ne doit pas dépasser la quantité indiquée

b. N-P-K : Azote-Phosphate-Potasse ; également les trois premiers nombres du grade d'un engrais. Par exemple, un engrais étiqueté 17-17-17 contient 17 % d'azote, 17 % de phosphate assimilable et 17 % de potasse soluble. Dans cette section, ces éléments seront appelés : azote, phosphate et potasse.

c. Les éléments nutritifs : la Loi sur les engrais et son règlement d'application définissent les principaux éléments nutritifs des plantes (azote (N), phosphore (P) ou potassium (K)), ainsi que les éléments nutritifs moins importants (tout élément nutritif autre que l'azote, le phosphore et le potassium).

d. Poids de formule : Les formules sont calculées de façon à ce que le poids total soit égal à 2204 livres (ou 1002 kg quand on utilise le système métrique). Les mesures des deux unités sont fournies dans ce manuel.

e. Unité : Un pour cent du poids de formule ou 20 livres (9,1 kg). Une formule possédant 17 % d'un élément nutritif contiendra 17 unités ou 374 livres (170 kg) par tonne.

Ce chapitre va couvrir le calcul des formules « à la main ». Certains types de formulaires doivent être utilisés pour enregistrer les calculs et faciliter le contrôle des résultats. Un modèle de formulaire « Feuille de formules du mélangeur » est inclus dans le présent manuel à la page 73, et peut être copié.

**Il existe deux types de formules.**

f. Les formules de grade. Ici, les garanties d'éléments nutritifs sont exprimées en pourcentage du poids total

g. Les formules d'analyse du sol. Ici, la teneur en éléments nutritifs est calculée de façon à ce que le mélange fournisse une certaine quantité d'éléments nutritifs par acre lorsqu'il est appliqué à un taux donné. Elles sont également appelées formules de « mélange personnalisé ».

## II. POUR CALCULER UNE FORMULE DE GRADE

a. Sélectionnez les matériaux. Les noms et les garanties des matériaux sont donnés à la Section J. Annexe 1.

b. Vérifiez les analyses du matériau

Assurez-vous que les garanties utilisées dans la formule correspondent aux garanties du matériau qui se trouve dans le récipient. Par exemple, est-ce qu'il s'agit du DAP (18-46 -0) ou du MAP (11-52 -0)?

c. Spécifier le grade et effectuer les calculs.

### EXEMPLE 1 :

Formule de grade simple :

Calculer une formule de grade 9-23-30. Les matériaux à utiliser sont : le DAP (18-46 -0) et le Muriate de potasse (0-0-60).

**Calculs :**

1. Déterminer les quantités de chaque élément nutritif nécessaire.

Méthode :

Poids en livres de l'élément nutritif requis = poids de formule en livres x élément nutritif garanti (exprimé en décimal). Ensuite, poids en kilogrammes de l'élément nutritif requis = poids de formule en kilogrammes x élément nutritif garanti (exprimé en décimal). N'oubliez pas que les formules sont calculées de manière à peser 2204 livres (1002 kg).

Puis :

| Élément nutritif | Pourcentage requis | Quantité requise en livres |
|---|---|---|
| **Azote** | 9 % | 2204 x .09 = 198,4 ; arrondir à 198 |
| **Phosphate** | 23 % | 2204 x .23 = 506,92 ; arrondir à 507 |
| **Potasse** | 30 % | 2204 x .30 = 661,2; arrondir à 662 |

| Élément nutritif | Pourcentage requis | Quantité requise en kilogrammes |
|---|---|---|
| **Azote** | 9 % | 1002 x .09 = 90,18 ; arrondir à 90 |
| **Phosphate** | 23 % | 1002 x .23 = 230,46 ; arrondir à 230 |
| **Potasse** | 30 % | 1002 x .30 = 300,6 ; arrondir à 300 |

2. Les calculs peuvent également être effectués en utilisant des unités.

   Méthode :

   Une unité = Un pour cent. Elle est basée sur une formule de 2204 livres (1002 kg) et est, par conséquent, égale à 22,04 livres (arrondir à 22 livres, ou 10 kg). Les besoins nutritifs exprimés en pourcentage équivalent aux besoins nutritifs exprimés en unités. Ainsi, les unités multipliées par 22 sont égales aux livres (ou 10 kg) de nutriments nécessaires pour une tonne de produits.

   Exemple : les besoins en azote sont de 9,0 % ou 9 unités
   Quantité d'azote requise en lb = 9 x 22,04 lb = 198,4 = 198 lb
   Quantité d'azote nécessaire en kg = 9 x 10 kg = 90,18 = 90 kg

3. Déterminer les quantités de chacun des matériaux dont on a besoin pour obtenir ces volumes.

   Méthode :

   Les besoins en élément nutritif (en lb ou kg) divisés par la teneur en éléments nutritifs du matériau (exprimé en nombre décimal) sont égaux au poids en livres (ou kg) du matériau requis.

   Puis : L'azote et le phosphate seront obtenus à partir du DAP.

   Azote : 198 lb (90 kg) requis / 0,18 N du DAP = 1102 livres (501 kg) de DAP requis.

   Phosphate : 507 lb (230 kg) requis / 0,46 $P_2O_5$ de DAP = 1102 livres (501 kg) de DAP requis.

   La potasse sera obtenue à partir du Muriate de potasse.
   661 lb (301 kg) requis/0,60 $K_2O$ de Muriate = 1102 livres (501 kg) de Muriate de potasse.

4. Vérification :

   **Poids total :** 1102 + 1102 = 2204 livres (1002 kg).

   **Éléments nutritifs :**

| Élément nutritif | Poids en livres requis | Poids en kilogrammes requis |
|---|---|---|
| **Azote** | 198 | 90 |
| **Phosphate** | 507 | 230 |
| **Potasse** | 661 | 301 |

5. Pour s'assurer que le pourcentage garanti est correct, il suffit de diviser le total du poids en livres de chaque élément nutritif par 2204 et de multiplier ensuite le résultat par 100 pour obtenir le pourcentage.

   **Exemple :** Azote : 198,4/2204 = 0,09 x 100 = 9,0

   Une feuille de calcul complète devrait ressembler au tableau suivant pour les livres :

| Poids | Matériau | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| 1102 | DAP (18-46-0) | 198 | 507 | |
| 1102 | Muriate de potasse | | | 661 |
| 2204 | Poids total en livres | 198 | 507 | 661 |
| | (%) Pourcentage | 9,00 | 23,00 | 30,00 |

   Pour produire une tonne de ce mélange, verser 1102 livres (501 kg) de DAP et 1102 livres (501 kg) de Muriate de potasse dans le mélangeur. Pour obtenir un échantillon de 500 grammes à utiliser dans un test d'observation, peser 250 grammes de chaque matériau.

   Une feuille de calcul complète devrait ressembler au tableau suivant pour les kilogrammes :

| Poids | Matériau | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| 501 | DAP (18-46-0) | 90 | 230 | |
| 501 | Muriate de potasse | | | 300 |
| 1102 | Total du poids en kg | 90 | 230 | 300 |
| | (%) Pourcentage | 9,00 | 23,00 | 30,00 |

## EXEMPLE 2 :

Une autre formule de grade, mais un peu plus compliquée. Calculer un mélange de 17-17-17 en utilisant du Nitrate d'ammonium (34-0-0), du DAP (18-46-0), du Muriate de potasse (0-0-60) et un matériau de remplissage (0-0-0) si nécessaire. Ne pas oublier que les numéros entre parenthèses représentent les garanties d'azote, de $P_2O_5$ et de $K_2O$.

**Calculs :**

1. a. Déterminer le poids en livres de chaque élément nutritif nécessaire :

   Chacun des 3 éléments nutritifs est garanti à 17,0 % ou 17 unités.
   En utilisant la méthode de l'unité : 17 unités x 22,04 livres par unité = 375 lb chacun.
   En utilisant la méthode du pourcentage : 2204 livres x 0,17 = 375 lb chacun.

1. b. Déterminer le poids en kilogrammes de chaque élément nutritif nécessaire :

   Chacun des 3 éléments nutritifs est garanti à 17,0 % ou 17 unités.
   En utilisant la méthode de l'unité : 17 unités x 10,01 kg par unité = 170,5 kg chacun.
   En utilisant la méthode du pourcentage : 1001,8 kg x 0,17 = 170,5 kg chacun.

2. Sélectionner le besoin en élément nutritif qui doit être calculé en premier.

   **NB :** le ratio phosphate/azote du DAP est de 46/18 ou 2,56, tandis que le ratio de la formule est de 1/1 ou 1,0. Si le ratio P/A de la formule est inférieur à 2,56 et que le DAP doit être utilisé, le phosphate est le facteur limitant et doit être calculé en premier. S'il est supérieur à ce nombre, c'est l'azote qui est le facteur limitant et qui doit être calculé en premier. La méthode du ratio P/A peut être utilisée pour tout matériau qui contient de l'azote et du phosphate. Par exemple, le ratio P/A du MAP (11-52 -0) est de 52/11 ou 4,73 (52/11 = 4,73).

3. Choisir les matériaux qui doivent être calculés en premier :

   La quantité de tout matériau qui n'offre qu'un seul élément nutritif et qui ne peut-être utilisé en combinaison avec d'autres matériaux doit être calculée en premier. Cela parce qu'il est souvent nécessaire de connaître la quantité d'espace restant dans la formule avant d'effectuer les derniers calculs. Par conséquent, il faut d'abord calculer la quantité de Muriate de potasse requise, puis celle du DAP, ensuite viennent le nitrate d'ammonium, et, pour finir, le matériau de remplissage.

   Puis :

   La potasse : 375 lb (170,5 kg) requis / 0,60 $K_2O$ de Muriate = 625 lb ( 284,1 kg) de Muriate de potasse

   Phosphate : 375 lb (170,5 kg) requis / 0,46 $P_2O_5$ N de DAP = 815,2 lb DAP (arrondir à 816 lb ; 370,1 kg)

   Azote : Fourni par le DAP : 816 lb (370, 9 kg) x 0,18 (N du DAP) = 147 lb. (66,8 kg)

   Requis du nitrate d'ammonium :
   375 - 147 = 228 lb (ou 103,6 kg)

   Quantité de Nitrate d'ammonium requise :
   228 lb (103,6 kg) requis / 0,34 N du Nitrate d'ammonium = 670,6 (arrondir à 671 lb ou 305 kg)

4. Déterminer si un matériau de remplissage est nécessaire, et si oui, en quelle quantité :

   625 lb (284,1 kg) muriate + 816 lb (370,9 kg) DAP + 228 lb (103,6 kg) nitrate d'ammonium = 1669 lb (758,6 kg).

   2204 lb (1002 kg) poids total de formule - 1916 lb (870,9 kg) matériau nutritif = 288 lb (130,9 kg) de matériau de remplissage sont nécessaires. La feuille de calcul complète devrait ressembler au tableau suivant :

| Poids | Matériau | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| 625 lb (284,1 kg) | Muriate de potasse (0-0-60) | | | 375 lb (170,5 kg) |
| 816 lb (370,9 kg) | DAP (18-46-0) | 146,9 lb (66,7 kg) | 375,4 lb (170,6 kg) | |
| 671 lb (305 kg) | Nitrate d'ammonium (34-0-0) | 228,1 lb (103,7 kg) | | |
| 288 lb (130,9 kg) | Matériau de remplissage (0-0-0) | | | |
| 2204 lb (1001,8 kg) | Poids total en livre :<br>Poids total en kilogramme : | 375<br>170 | 375<br>170 | 375<br>170 |
| | Pourcentage (%) | 17,01 | 17,03 | 17,01 |

Dans le reste de ces exemples, tous les calculs de poids seront arrondis au plus grand nombre entier qui suit.

## EXEMPLE 3 :

Calculer un autre mélange 17-17-17, mais en utilisant le MAP (11-52-0) au lieu du DAP (18-46-0).

**Calculs :**

1. Par exemple :

   Quantité de chaque élément nutritif requis : 375 lb (ou 170 kg)

   Quantité de Muriate de potasse requise : 625 lb (ou 284 kg)

2. Déterminer la quantité de chaque matériau requis :

   Phosphate : 375 lb (170,5 kg) requis / 0,52 $P_2O_5$ de MAP = 721 lb (327,7 kg) MAP (11-52-0)

   Azote : Fourni par la MAP :
   721 lb (328 kg) x 0,11 (N du MAP) = 79 lb (37 kg)

   Requis du nitrate d'ammonium :
   375 (Total) – 79 = 296 lb (134 kg).

   Nitrate d'ammonium requis :
   296 lb (134 kg) N requis / 0,34 N du nitrate d'ammonium. = 870 lb (396 kg).

3. Vérification :

   Poids total : 625 + 721 + 870 = 2216 livres (ou 1007 kg)

**Erreur :** Le poids total dépasse 2204 livres (ou 1002 kg). Le mélange ne peut être effectué à partir de ces matériaux. Il faut soit utiliser d'autres matériaux soit réduire la garantie.

Si le poids total dépasse 2204 livres (ou 1002 kg), ou si une quelconque des garanties calculées n'est pas égale ou supérieure à la valeur demandée, la formule n'est pas correcte. En plus, il ne faut pas oublier que la compatibilité chimique des matériaux doit également être prise en compte.

**Ajout d'éléments mineurs à une formule :**

L'ajout d'éléments secondaires et mineurs à une formule est traité de la même manière que l'ajout des matériaux de base.

## EXEMPLE 4 :

Calculer la formule d'un 10-20-20 qui comprendra 1 % de Zn de 50 % d'oxyde de zinc.

1. Données :

| Garanties | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Zn |
|---|---|---|---|---|
| % d'analyse souhaité | 10.0 | 20.0 | 20.0 | 1.0 |
| # de nutrients nécessaires | 220 | 441 | 441 | 22 |

2. Quantités de matériaux requises :

Zinc : 22 lb (ou 10 kg) requis / 0,50 Zn de ZnO = 44 lb (20 kg)
50% d'oxyde de zinc

Potasse : 441 lb (ou 201 kg) requis / 0,60 $K_2O$ de Mur. de pot. = 735 lb (334 kg)
Muriate de potasse (0-0-60)

Phosphate : 441 lb (200, 5 kg) requis / 0,46 $P_2O_5$ de DAP = 959 lb (436 kg).
DAP (18-46-0)

Azote : fourni par le DAP :
959 lb (436 kg) x 0,18 (N du DAP) = 173 lb (79 kg).

Azote requis du nitrate d'ammonium :
220,00 (Total) - 172 = 47 lb

Nitrate d'ammonium requis :
47 lb (22 kg) requis / 0,34 N de Nitrate d'ammonium = 139 lb (63 kg).

3. Vérification du poids : 44 + 735 + 959 + 139 = 1877 livres (853 kg)

ou en kilogrammes :

Azote en provenance du DAP : 436 kg x 0,18 = 79 kg

N requis du Nitrate d'ammonium : 220 lb /2,2 = 100 kg – 79 kg = 21 kg
21 kg / 0,34 N = 62 kg.

4. Matériau de remplissage requis : 2204 - 1877 = 327 livres (149 kg)

La feuille de calcul complète devrait indiquer :

| Poids | Matériau | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Zn |
|---|---|---|---|---|---|
| 735 lb (334 kg) | 0-0-60 | | | 441 lb | |
| 959 lb (436 kg) | 18-46-0 | 173 lb | 441 lb | | |
| 139 lb (62 kg) | 34-0-0 | 47 lb | | | |
| 44 lb (20 kg) | ZnO 50% Zn | | | | 22 lb |
| 2204 1002 | Matériau de remplissage | | | | |
| | Totaux | 220 | 441 | 441 | 22 |
| | Pourcentage (%) | 10 | 20 | 20 | 1 |

Un matériau liant peut être ajouté afin d'éviter les ségrégations. Si la formule contient un matériau de remplissage, celui-ci peut être remplacé par un volume égal de matériau liant. Exemple : Pour ajouter 20 livres (9 kg) de matériau liant à la formule ci-dessus, le poids du matériau de remplissage doit être rabaissé à 307 livres et le poids total de la formule restera à 2204 livres (1002 kg). Si la formule ne contient pas de matériau de remplissage et que le grade garanti doit être maintenu, une nouvelle formule doit être calculée afin de créer l'espace nécessaire. Les calculs nécessaires pour effectuer ces opérations seront couverts plus tard.

**Chlore garanti**

Il est garanti que la quantité de chlore contenue dans un mélange ne doit jamais dépasser le montant garanti. Le volume réel de chlore contenu dans le mélange ne doit pas être supérieur à la quantité garantie ; il doit même être inférieur à celle-ci.

## EXEMPLE 5 :

Trouver la quantité de chlore contenue dans la formule 10-20-20 calculée à l'exemple 4.

**Méthode :**

1. Déterminer la quantité de chlore de chaque matière.
2. Additionner ces quantités pour obtenir le poids total.
3. Convertir le résultat en pourcentage.

**Calculs :**

1. La garantie standard de chlore du muriate de potasse est de plus ou moins 0,2 % du pourcentage de garantie. C'est le seul matériau de la formule qui contient du chlore.

   Puis : Le poids du muriate de potasse de la formule multiplié par les analyses de chlore (exprimées en nombre décimal) est égal au poids en livres ou en kilogrammes du chlore dans le mélange..

2. Chlore : 735 lb (ou 334 kg) de muriate de potasse x 0,50 = 368 lb (ou 167 kg).

3. Pourcentage de chlore : 367,5/2204 x 100 = 16,67 % ou 167 kg/1002 x 100 = 16,67 %

   Dans la plupart des cas, la quantité garantie sera augmentée jusqu'à 17,00 % au moins. Rappelez-vous que le chlore garanti doit être supérieur à la quantité réelle contenue dans le mélange.

   La feuille de calcul complète devrait à présent indiquer :

| Poids | Matériau | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Zn | Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 735 lb (334 kg) | 0-0-60 | | | 441 lb (201 kg) | | 368 lb (167 kg) |
| 959 lb (436 kg) | 18-46-0 | 173 lb (79 kg) | 441 lb (201 kg) | | | |
| 139 lb (62 kg) | 34-0-0 | 47 lb (21 kg) | | | | |
| 44 lb (20 kg) | ZnO 50% Zn | | | | 22 lb (10 kg) | |
| 2204 1002 | Totaux | | | | | |
| | Totals | 220 | 441 | 441 | 22 lb (10 kg) | 368 lb (167 kg) |
| | Pourcentage (%) | 10 | 20 | 20 | 1 | |

**EXCÉDENT DE FORMULATION :**

Les marges d'investigations (niveaux de tolérance) autorisées par l'ACIA ont des tolérances analytiques référencées dans la Section Réglementation, dans les tableaux référencés dans *la Réglementation sur les engrais.*

**COÛT DES FORMULES :**

Une fois qu'une formule a été calculée, son coût doit être déterminé.

Méthode :

1. Déterminer le coût de chacun des matériaux de la formule.

   Poids du matériau utilisé (en livres) x coût de chaque tonne de matériau/ 2204 (1002 kg) = coût du matériau contenu dans la formule.

2. Additionner les coûts de ces différents matériaux pour obtenir le coût total.

## EXEMPLE 6 :

Trouver le coût de la formule calculée à l'exemple 1. La feuille de calcul complète de cette section devrait être :

| Matériau | Livres (kg) | Coût par tonne | Coût de la formule |
|---|---|---|---|
| DAP | 1102 (501) | $200.00 | 100 $ |
| Muriate de potasse | 1102 (501) | $130.00 | 65 $ |
| Sous-total | | | 165 $ |
| Rétrécissement de 1 % | | | 1,65 $ |
| Coût total | | | 166,65 $ |

### ÉLIMINATION DU MATÉRIAU DE REMPLISSAGE D'UNE FORMULE :

Méthode abrégée :

Cette méthode peut être utilisée pour déterminer les volumes de deux matériaux qui contiennent les mêmes éléments nutritifs, mais qui sont d'analyse différente, de manière à ce qu'aucun matériau de remplissage ne soit nécessaire. La méthode peut également être utilisée pour faire de la place dans une formule, afin que des oligoéléments ou pesticides puissent être ajoutés.

C'est une technique simple qui permet de résoudre ce type de problèmes sans avoir à calculer deux équations algébriques. Elle peut être utilisée avec deux matériaux de phosphate, deux matériaux d'azote ou deux matériaux de potasse, à condition que chacun ne contienne qu'un seul nutriment.

## EXEMPLE 7 :

La formule suivante a déjà été calculée. Le client veut maintenant 2 % de zinc de 50 % d'oxyde de zinc ajoutés. Le grade garanti doit être maintenu. Recalculer la formule de manière à ce qu'elle réponde aux nouvelles garanties sans recourir aux matériaux de remplissage.

Formule :

| Poids | Matériau | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| 368 lb (167 kg) | 0-0-60 | | | 221 lb (100 kg) |
| 959 lb (436 kg) | 0-46-0 | | 441 lb (201 kg) | |
| 280 lb (127 kg) | 34-0-0 | 95 lb (43 kg) | | |
| 597 lb (271 kg) | 21-0-0 | 125 lb (57 kg) | | |
| 2204 lb (1002 kg) | Totaux | 220 lb (100 kg) | 441 lb (201 kg) | 221 lb (100 kg) |
| | Pourcentage (%) | 10 | 20 | 10 |

**Calculs :**

1. Besoins en matériaux :

   Zinc : Quantité requise dans la formule : 2 % ou 2 unités
   2 (unités) x 22 = 44 lb (20 kg) de Zn

   Quantité de matériau requise :
   44 lb ou 20 kg (Zn requis) divisés par 0,50 (analyse du Zn) = 88 lb (ou 40 kg) de 50 % d'oxyde de zinc.

Puisque le poids total de la formule doit être de 2204 livres ou de 1002 kg, les quantités de muriate de potasse et de superphosphate triple requises restent les mêmes. L'espace occupé par le nitrate d'ammonium et le sulphate d'ammonium doit être réduit, afin de faire de la place aux 44 livres ou 20 kilogrammes d'oxyde de zinc nécessaires.

La formule devient :

| Poids | Matériau | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Zn |
|---|---|---|---|---|---|
| 368 lb (167 kg) | 0-0-60 | | | 221 lb (100 kg) | |
| 959 lb (436 kg) | 0-46-0 | | 441 lb (201 kg) | | |
| 88 lb (40 kg) | 50% Zn | | | | 44 lb (20 kg) |
| ? | 34-0-0 | | | | |
| ? | 21-0-0 | | | | |
| 2204 lb (1002 kg) | Totaux | 220 lb (100 kg) | 441 lb (201 kg) | 221 lb (100 kg) | |
| | Pourcentage (%) | 10 | 20 | 10 | 2 |

Le problème maintenant c'est de calculer la quantité de nitrate d'ammonium et de sulphate d'ammonium dont on aura besoin pour produire x livres (ou kilogrammes) d'azote, sans toutefois dépasser un poids total de formule de 2204 kg (ou 1002 kg).

Les informations suivantes peuvent être déterminées :

1. Espace disponible pour les matériaux d'azote : 789 livres (359 kg). (2204 lb moins le poids des autres matériaux ou 1002 kg moins le poids des autres matériaux)
2. Analyse du matériau d'azote le plus grand : Nitrate d'ammonium = 0,34
3. Analyse du matériau d'azote le plus petit : Sulphate d'ammonium = 0,21
4. Différence entre les deux analyses : (0,34 - 0,21) = 0,13
5. Quantité d'azote requise : 221 lb (à partir des spécifications de la formule) qui est de 100 kilogrammes.

Méthode :

1. Multiplier l'espace de la formule par l'analyse du matériau le plus petit, afin d'obtenir le poids maximal en livres (ou en kilogrammes) d'éléments nutritifs qui peuvent être obtenus à partir du matériau dont l'analyse est la plus petite. Si le résultat est supérieur au poids en livres (ou kilogrammes) de nutriments requis, ce calcul n'est pas nécessaire, puisque tous les éléments nutritifs peuvent être obtenus à partir du matériau dont l'analyse est la plus petite.
2. Soustraire le poids en livres (ou kilogrammes) d'éléments nutritifs qui peuvent être obtenus à partir du matériau dont l'analyse est la plus petite de la quantité d'éléments nutritifs nécessaires, afin de trouver le poids en livres (ou kilogrammes) d'éléments nutritifs qui doit être obtenu à partir du matériau dont l'analyse est la plus grande.
3. Diviser le résultat de l'étape 2 par la différence des deux analyses, exprimée en nombre décimal, afin d'obtenir le poids en livres (ou kilogrammes) du matériau de plus grande analyse nécessaire.
4. Soustraire le poids en livres (ou kilogrammes) du matériau de plus grande analyse requis de l'espace de la formule, afin d'obtenir le poids en livres (ou kilogrammes) du matériau de plus petite analyse requis.

Calculs :

1. 789 lb (359 kg) x 0,21 = 166 lb (ou 75 kg)
2. 221 - 166 = 55
3. 55 / 0,13 = 423 lb (ou 192 kg) de nitrate d'ammonium requis
4. 789 - 423 = 366 lb (ou 166 kg) de sulphate d'ammonium requis
   Toujours arrondir la quantité du matériau d'analyse la plus grande au nombre entier suivant.
5. Vérification :
   423 x 0,34 = 144 lb (65 kg) de N du nitrate d'ammonium
   366 x 0,21 = 77 lb (35 kg) de N du sulphate d'ammonium
   789 (Espace) 221 lb (100 kg) d'azote requis

La formule devient maintenant :

| Poids | Matériau | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Zn |
|---|---|---|---|---|---|
| 368 lb (167 kg) | 0-0-60 | | | 221 lb (100 kg) | |
| 959 lb (436 kg) | 0-46-0 | | 441 lb (201 kg) | | |
| 88 lb (40 kg) | 50% Zn | | | | 44 lb (20 kg) |
| 423 lb (192 kg) | 34-0-0 | 144 lb (65 kg) | | | |
| 366 lb (166 kg) | 21-0-0 | 77 lb (35 kg) | | | |
| 2204 lb (1002 kg) | Totaux | 221 lb (100 kg) | 441 lb (201 kg) | 221 lb (100 kg) | |
| | Pourcentage (%) | 10 | 20 | 10 | 2 |

C'est une méthode couramment utilisée et une feuille de calcul peut être très utile. Si elle est utilisée pour résoudre l'exemple 7, elle sera remplie de la façon suivante :

| Données | | Étapes de calcul | Calculs |
|---|---|---|---|
| Espace | 789 | Espace x petite analyse = 1 | 789 x 0,21 = 165,69 |
| Grande analyse | 0,34 | # d'éléments nutritifs requis - (1) = (2) | 220,57 - 165,69 = 54,88 |
| Petite analyse | 0,21 | (2) + Diff. = # de matériau élevé requis | 54,88 + 0,13 = 55,01 |
| Différence | 0,13 | Espace - # matériau élevé = # matériau faible. | 789 - 423 = 366 |

# éléments nutritifs requis 220,68

Déterminer les quantités de trois matériaux ne contenant que deux éléments nutritifs, de manière à ce qu'aucun matériau de remplissage ne soit nécessaire.

La méthode abrégée ci-dessus ne peut être utilisée si l'un des matériaux contient deux éléments nutritifs. Si c'est le cas, des équations algébriques doivent être créées et résolues.

## EXEMPLE 8 :

Calculer une formule qui satisfait aux exigences suivantes : aucun matériau de remplissage ne doit être utilisé.

| Poids | Matériau | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| 184 lb (84 kg) | 0-0-60 | | | 110 lb (50 kg) |
| | 0-46-0 | | | |
| | 21-0-0 | | | |
| | 0-46-0 | | | |
| 2204 lb (1002 kg) | Totaux | 155 lb (70 kg) | 705 lb (320 kg) | 110 lb (50 kg) |
| | Pourcentage (%) | 7 | 32 | 5 |

**Calculs :**

1. Supposons que X = poids en livres de 18-46-0 (DAP)
   Supposons que Y = poids en livres de 21-0-0 (Sulphate d'ammonium)
   Supposons que Z = poids en livres de 0-46-0 (superphosphate triple)

2. Équation du poids :
   X + Y + Z + Poids du muriate de potasse = 2204 (ou 1002 kg)
   X + Y + Z = 2204 -184 X + Y + Z = 2020
   X = 2020 - Y - Z

   **NB :** D'autres matériaux, à l'instar des éléments mineurs, peuvent être utilisés dans la formule, à condition que leur poids ait été inclus dans l'équation.

3. Équation d'azote : 0,18X + 0,21 Y = 1

4. Équation du phosphate : 0,46X + 0,46Z = 705

5. Substitut de X dans l'équation 3
   0,18(2020 - Y - Z) + 0,21Y = 154
   363,6 - 0,18Y - 0,18Z + 0,21Y = 154
   0,03Y - 0,18Z = 154 – 363,6
   0,03Y - 0,18Z = -209,6

6. Substitut de X dans l'équation 4 :
   0,46(2020 - Y -Z) + 0,46Z = 705
   929,2 - 0,46Y - 0,46Z + 0,46Z = 705
   -0,46Y = 705 – 929,2
   -0,46Y = -224,2
   Y = 487,4 = 488 lb (222 kg) de sulphate d'ammonium

7. Trouver Z dans l'équation 5 :
   0,03 (88) - 0,18Z = -209,6
   -0,18Z = -209,6 - 13:26
   Changer le signe : 0,18Z = 209,6 + 13,26
   0,18Z = 222,86
   Z = 1238,11 = 1239 lb (ou 56 kg) de superphosphate triple

8. Trouver X dans l'équation 2 :
   X = 2020 - 488 - 1239 = 293 lb (ou 133 kg) de DAP

**Preuve :**

| Poids | Matériau | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| 184 lb (84 kg) | 0-0-60 | | | 110 lb (50 kg) |
| 293 lb (133 kg) | 0-46-0 | 53 lb | 135 lb | |
| 488 lb (222 kg) | 21-0-0 | 102 lb | | |
| 1239 lb (563 kg) | 0-46-0 | | 570 lb (259 kg) | |
| 2204 lb (1002 kg) | Totaux | 155 lb (70 kg) | 705 lb (320 kg) | 110 lb (50 kg) |
| | Pourcentage (%) | 7 | 32 | 5 |

**Attention :** Il est possible de créer des équations qui ne peuvent être résolues. Par exemple, si le choix des matériaux a été mal fait, il peut arriver qu'il n'y ait pas suffisamment d'espace dans la formule. Si une source de DAP et d'azote est sélectionnée en lieu et place d'une source de DAP et de phosphate, l'équation ne pourra-t-être résolue.

# III. POUR CALCULER UNE FORMULE D'ANALYSE DU SOL :

## Généralités :

Les besoins en éléments nutritifs que ce type de formule doit satisfaire sont généralement déterminés en réalisant des analyses sur le sol où la plante sera cultivée. Ces analyses permettent de connaitre les niveaux d'éléments nutritifs du moment et de les comparer à ceux qui sont nécessaires pour cultiver la plante. Les éléments nutritifs supplémentaires requis sont ensuite calculés et appliqués comme mélange d'engrais. Une fois que les éléments nutritifs ont été déterminés, les calculs de formule sont d'abord effectués en acre, puis convertis en tonne.

## EXEMPLE 9 :

L'analyse du sol du client demande l'application suivante par acre : il veut 100 acres fertilisés.

| | |
|---|---|
| L'azote | 130 livres (59 kg) c'est N |
| Le phosphate | 120 livres (55 kg) c'est $P_2O_5$ |
| La potasse | 180 livres (82 kg) c'est $K_2O$ |
| Le magnésium soluble dans l'eau | 20 livres (9 kg) c'est WS Mg |
| Le soufre (minimum) | 30 livres (14 kg) c'est S |
| Le zinc | 5 livres (2 kg) c'est Zn |

Il a décidé d'appliquer 30 livres d'azote en surface à une date ultérieure et d'obtenir les autres éléments nutritifs à partir d'une application d'un mélange d'engrais.

Problème :

Calculer :

A. La quantité de matériaux nécessaires pour fertiliser un acre.
B. Le taux d'application par acre.
C. L'analyse du mélange.
D. La quantité de matériaux nécessaires pour produire une tonne d'engrais.
E. Le nombre de tonnes de mélange requis.
F. La densité apparente approximative.

Calculer la quantité de matériaux nécessaires pour fertiliser un acre :

1. Matériaux disponibles :
   DAP, urée, sulphate d'ammonium, muriate de potasse, sulphate de magnésie potassique (SMP) et sulphate de zinc. Les analyses de sulphate de magnésie potassique sont de 22% $K_2O$, 11 % WS Mg et 22 % S. L'analyse du sulphate de zinc est de 36 % Zn. Ne pas tenir compte de la teneur en soufre.

Méthode générale de calcul :

Tout d'abord, calculer la quantité de matériaux nécessaires pour fertiliser un acre. Toutes les autres informations requises peuvent être calculées à partir de ces données. Étant donné qu'une quantité spécifique de SMP doit être utilisée, celle-ci doit être calculée en premier. Le SMP fournira la totalité du WS Mg requis et une partie de la potasse et du soufre.

2. Matériaux requis :

   Quantité de sulphate de magnésie potassique nécessaire pour produire 20 lb. (9 kg) WS Mg :

   Magnésium soluble dans l'eau (WS Mg) : 20 lb (9 kg) requis / 0,11 (WS Mg dans SMP) = 182 lb (ou 83 kg) SMP

   Soufre (S) fourni : 182 lb (83 kg) SMP x 0,22 S = 40 lb (18 kg) S

   Potasse ($K_2O$) fournie : 182 lb (83 kg) SMP x 0,22 $K_2O$ = 40 lb (18 kg) $K_2O$

   **NB** : les besoins minimaux en soufre ont été satisfaits.

   Quantité de muriate de potasse nécessaire pour fournir le $K_2O$ supplémentaire.

   **Potasse :**

| | |
|---|---|
| Total nécessaire : | 180 lb (82 kg) |
| Du SMP | 40 lb (18 kg) |
| Supplément nécessaire | 140 lb (64 kg) |

   Muriate de potasse nécessaire : 140 lb (64 kg) $K_2O$ requis / 0,60 K de muriate = 234 lb (106 kg)

3. Déterminer s'il faut calculer l'azote ou le phosphate en premier : Le ratio P/N des éléments nutritifs est de 120/(130-30) = 120/100 = 1,2 . Il est inférieur au ratio du DAP qui est de 2,56. Par conséquent, le besoin en phosphate doit être calculé en premier.

4. DAP nécessaire pour fournir 120 lb (55 kg) phosphate : 120 lb (55 kg) / 0,46 P du DAP = 261 lb (119 kg)

   Azote fourni par le DAP : 261 lb (119 kg) DAP X 0,18 (N du DAP) = 47 lb (21 kg)

5. Azote :
   Étant donné que les besoins en soufre ont été satisfaits par le sulphate de magnésie potassique, l'urée, peut être utilisée pour fournir le reste d'azote.

   Urée nécessaire pour fournir l'azote supplémentaire :

| | |
|---|---|
| Total d'azote nécessaire par acre : | 130 lb (59 kg) |
| À obtenir de l'application d'engrais en surface : | (30) lb (14 kg) |
| Azote obtenu à partir du DAP : | 47 lb (21 kg) |
| Équilibre nécessaire : | 53 lb (24 kg) |

   Quantité d'urée requise : 53 lb (24 kg) requis / 0,46 N de l'urée = 116 lb (53 kg)

6. Poids en livres du sulphate de zinc nécessaire pour produire 5 lb (2 kg) de Zn.
   5 lb (2 kg) requis / 0,36 Zn de sulphate de zinc = 14 lb (6 kg)

La feuille de calcul complète pour un acre devrait indiquer :

| Matériau | Poids | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | WS Mg | S | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Urée | 116 lb (53 kg) | 53 lb (24 kg) | | | | | |
| DAP | 261 lb (119 kg) | 47 lb (21 kg) | 120 lb (55 kg) | | | | |
| Muriate de potasse | 234 lb (106 kg) | | | 140 lb (64 kg) | | | |
| SMP | 182 lb (83 kg) | | | 40 lb (18 kg) | 20 lb (9 kg) | 40 lb (18 kg) | |
| Sulphate de Zn | 14 lb (6 kg) | | | | | | 5 lb (2 kg) |
| Totaux requis : | 807 lb (367 kg) | 100 lb (45 kg) | 120 lb (55 kg) | 180 lb(82 kg) | 20 lb (9 kg) | 40 lb (18 kg) | 5 lb (2 kg) |

b. Taux d'application par acre :

Étant donné que la quantité de chacun des éléments nutritifs du mélange calculé est égale à la quantité demandée, le poids calculé, qui est de de 807 livres (ou 367 kg), devra-t-être appliqué par acre.

c. Calculer l'analyse du mélange :

Méthode :

Le poids en livres ou en kilogrammes de chaque élément nutritif contenu dans le mélange divisé par le poids en livres ou en kilogrammes à appliquer par acre et multiplié par 100 donne le pourcentage de chacun des nutriments de la formule. Les calculs qui suivent ne valent que pour les livres.

| Éléments nutritifs | lb | Div. | | % d'éléments nutritifs |
|---|---|---|---|---|
| N | 100 | 807 | x 100 | 12,39 % azote |
| $P_2O_5$ | 120 | 807 | x 100 | 14,87 % de phosphate |
| $K_2O$ | 180 | 807 | x 100 | 22,30 % de potasse |
| WS Mg | 20 | 807 | x 100 | 2,48 % de magnésium soluble dans l'eau |
| Soufre | 40 | 807 | x 100 | 4,96 % de souffre |
| Zinc | 5 | 807 | x 100 | 0,62 % de Zinc |

d. Calculer les matériaux requis par tonne d'engrais :

Méthode :

Pour le poids en livres, déterminer le facteur de conversion en divisant 2204 livres (poids de formule) par le poids en livres par acre. Puis multiplier le poids par acre de chaque matériau par ce facteur. Ainsi, le facteur sera de : 2204 / 807 = 2,7311. Pour les kilogrammes, le facteur sera de : 1102 kg / 367 = 2,73

Quantité de chaque matériau requise par tonne :

| Matériau | lb/ac. | Facteur | lb/tonne | kg/tonne |
|---|---|---|---|---|
| Urée | 116 | x 2,7311 | 371 | 144 |
| DAP | 261 | x 2,7311 | 713 | 324 |
| Muriate de potasse | 234 | x 2,7311 | 639 | 291 |
| SMP | 182 | x 2,7311 | 497 | 226 |
| Sulphate de Zn | 14 | x 2,7311 | 38 | 17 |
| Totaux | 807 | x 2,7311 | 2204 | 1002 |

e. Calculer le nombre de tonnes de mélange requis :

Méthode :

Le nombre d'acres à fertiliser multiplié par le poids en livres à appliquer par acre et divisé par 2204 est égal au nombre de tonnes nécessaires.

Calculs :

(100 Acres x 807 lb (367 kg) par acre) / 2204 (1002 kg) = 37 tonnes nécessaires

f. Densité apparente approximative :

La quantité d'engrais à distribuer par acre est généralement exprimée en livres, mais le camion-répandeur est un doseur volumétrique mobile dont le débit est mesuré en pied cube. Le volume répandu par acre dépend des réglages de la machine et de la vitesse du camion. Afin de convertir le débit des pieds cubes aux livres, l'opérateur doit connaître la densité apparente du mélange.

La densité apparente est déterminée par des facteurs à la fois chimiques et physiques, et elle est exprimée en livre par pied cube. La seule façon de déterminer la véritable densité apparente d'un mélange c'est de prélever un échantillon représentatif et de peser un pied cube. Toutefois, il est possible de calculer une densité apparente approximative proche du poids réel. Les densités apparentes d'un même matériau fabriqué par des sociétés différentes ne sont pas forcément identiques. En fait, elles peuvent varier d'une commande à l'autre. Toujours utiliser la densité apparente la plus exacte lors du calcul de la densité apparente d'un mélange. À première vue, il peut sembler que la densité apparente d'un mélange peut être calculée en utilisant la moyenne pondérée des densités apparentes des matériaux du mélange. Ça peut marcher, mais la méthode la plus précise consiste à déterminer le « volume » occupé par chaque matériau et à le convertir ensuite en poids.

Méthode :

1. Calculer le nombre de pieds cubes qui seront occupés par une tonne de chaque matériau utilisé.
2. Convertir le résultat pour obtenir le nombre de pieds cubes qui seront occupés par le poids en livres de chacun des matériaux du mélange.

3. Additionner tout ça pour déterminer le volume total occupé par une tonne du mélange.
4. Calculer ensuite le poids d'un pied cube du mélange.

Calculs :

1. Volume occupé par une tonne 2204 lb (1002 kg) de chaque matériau :

   2204 lb / tonne x 1 $pi^3$ /lb = $pi^3$ / tonne

   Exemple de l'urée :

   2204 lb / tonne x 1 $pi^3$ / 48 lb (21 kg) = 46 $pi^3$ / tonne

2. Volume occupé par le poids en livres de chacun des matériaux du mélange.

   Poids du matériau en livres x pieds cubes / tonne x 1 tonne / 2204 lb = pieds cubes

   Volume occupé par le poids en kilogrammes de chacun des matériaux du mélange :

   Kilogrammes de matériau x $pi^3$ / tonne x 1 tonne / 1002 kg = pieds cubes

   Exemple de l'urée :
   3317 lb (144 kg) x 45,95 $pi^3$ /Tonnes x 1 tonne/ 2204 lb (1002 kg) =
   6,61 pieds cubes

3. Résumé de tous les calculs :

| Matériau | Poids | Densité apparente | Volume du matériau $pi^3$/ tonne | Pieds cubes occupés / matériau contenu dans une tonne de mélange |
|---|---|---|---|---|
| Urée | 317 lb (144 kg) | 47,96 | 45,95 | 6,61 |
| DAP | 713 lb (324 kg) | 62,50 | 35,26 | 11,41 |
| Muriate de potasse | 639 lb (291 kg) | 64,90 | 33,96 | 9,85 |
| SMP | 497 lb (226 kg) | 97,56 | 22,59 | 5,18 |
| Sulphate de Zn | 38 lb (17 kg) | 79,85 | 27,60 | 0,48 |
| Totaux | 2204 lb (1002 kg) | | | 33,53 |

4. Le poids d'un pied cube du mélange peut ensuite être calculé par proportion :

   si : 33,53 pieds cubes = 2204 lb (1002 kg)
   Puis : 1 pied cube = X lb
   X = 2204 lb (1002 kg) / 33,53 $pi^3$ = 66 lb (30 kg) par pied cube

Coût de la formule : Le coût par tonne ou coût par acre peut être déterminé en utilisant la méthode expliquée à la Section C. II. G.

Vérification finale : Les erreurs de calcul peuvent se produire et se produisent. Elles peuvent être très coûteuses. La vérification minutieuse est donc un must. Toujours :

1. Vérifier les critères de grade à deux reprises.
2. Vérifier l'analyse du matériau à deux reprises.
3. Vérifier le coût du matériau à deux reprises.
4. Vérifier les résultats des multiplications à deux reprises.
   Vérifier aussi que les additions correspondent aux quantités nécessaires.

**FORMULES DES RATIOS :**

En utilisant un programme de formulation sur ordinateur, le ratio maximum possible d'un mélange spécifique de matériaux peut être facilement calculé. Si un ratio correspond aux critères de l'analyse du sol, la quantité à appliquer sur chaque acre peut être calculée.

**Exemple :**

Demande client : Appliquer suffisamment d'engrais pour produire 50 livres (23 kg) d'azote, 100 livres (46 kg) de phosphate et 100 livres (46 kg) de potasse par acre en utilisant l'urée, le DAP et le muriate de potasse.

Calculs :

1. Ratio : (50 – 100 – 100) / 50 = 1 – 2 – 2

2. Grade maximal du tableau : 12.26--24.52--24.52

3. Déterminer le poids en livres du mélange à appliquer par acre :

   Le poids en livres d'un élément nutritif requis par acre divisé par le pourcentage d'élément nutritif du mélange, exprimé en nombre décimal, équivaut au poids en livres du mélange à appliquer.

   Azote : 50 / 0,1226 = 408 lb (186 kg)

Vérification :

Phosphate : 100 / 0.2452 = 408 lb (186 kg)

Potasse : 100 / 0.2452 = 408 lb (186 kg)

Si le taux d'application est trop faible, un matériau de remplissage peut être ajouté afin de réduire la garantie d'éléments nutritifs et d'augmenter le taux d'application requis.

# D. FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN DE L'USINE

Ce chapitre couvre tout le processus de réception, de stockage, de mélange et d'expédition de mélanges d'engrais secs. Il souligne les bonnes pratiques qui permettent de produire pendant longtemps des mélanges uniformes et de qualité. Comme avec les pratiques décrites ailleurs dans ce manuel, il convient de souligner qu'aucune pratique n'est plus importante qu'une l'autre. C'est en mettant en œuvre les bonnes pratiques de production à chaque étape de vos opérations que vous réussirez à obtenir des produits de qualité. Elles vous permettront d'améliorer la réputation et la rentabilité de votre entreprise.

## I. Réception des matériaux

Les wagons et les camions qui transportent les matériaux dans l'usine doivent être inspectés avant d'être déchargés.  Il faut toujours comparer visuellement le produit avec le connaissement afin d'être sûr d'avoir reçu la bonne marchandise. Si vous avez un quelconque doute, reportez-vous à la section sur l'identification des matériaux (Section B. V.) pour obtenir de l'aide ou demandez conseils ailleurs. Ne placez jamais de matériau douteux dans un récipient qui contient déjà un produit. Avant de décharger les produits, assurez-vous que les équipements et la zone de stockage sont propres et secs. Si nécessaire, nettoyez et retirez tout matériau qui pourrait contaminer le nouveau produit. Ne présumez jamais que tout est en ordre. Vérifiez que tout est prêt à être utilisé. Vérifiez que la machine est programmée pour verser son contenu dans le récipient approprié. Assurez-vous qu'il y a suffisamment d'espace dans le récipient pour contenir le matériau et vérifiez avant de décharger qu'il n'y a pas de fuites, pas de déversement et que le récipient ne déborde pas dans un récipient adjacent. Les récipients doivent toujours être étiquetés de façon correcte et lisible.

Il est également conseillé de prélever de temps en temps des échantillons de matériaux reçus et de les faire examiner afin de déterminer leur analyse et leur taille de particules. (Voir Section B : « Méthode de détermination du NRD. ») Parfois, le meilleur moment pour effectuer ces prélèvements c'est au cours de la réception du produit. S'il y a un point dans votre système où un flux descendant de produit est accessible, c'est là que vous devez prélever l'échantillon. Consulter la section sur l'échantillonnage pour connaitre les instructions. La plupart des matériaux actuellement disponibles sont assez uniformes pour ce qui est de la composition chimique, mais leurs tailles de particules peuvent varier tout au long du déchargement. Par conséquent, il est important qu'un échantillon représentatif soit prélevé, surtout si vous voulez mesurer la taille moyenne du matériau. Les échantillons prélevés doivent être correctement étiquetés avant d'être envoyés pour analyse ou conservés pour d'éventuelles références futures. Si vous souhaitez conserver une partie de l'échantillon, suivez les instructions de la section sur l'échantillonnage afin de savoir comment bien diviser les échantillons. À moins que vous ne soyez sur le point de recevoir un autre chargement du même produit, vous devez soigneusement nettoyer les équipements dès que vous avez fini de les utiliser. Ramassez tout ce qui est au sol et versez dans le récipient approprié. Si les matériaux sont abandonnés au sol lorsqu'ils se versent, ils deviendront vite inutilisables. Il est important de bien faire l'entretien afin d'assurer la qualité, de minimiser les pertes et d'augmenter la rentabilité.

## II. Stockage de matériaux et demande de remboursement

L'une des choses les plus importantes que vous pouvez faire lorsque les matériaux sont amenés dans votre usine et versés dans des récipients de stockage, c'est de chercher un moyen d'éviter la formation de piles coniques. Bien que la plupart des matériaux de mélange modernes ont une marge de taille de particules limitée, il y aura toujours suffisamment de variation pour donner lieu à des ségrégations de taille de particules si vous laissez le matériau former des cônes. Les petites granules restent toujours sous le point de chute, tandis que les grandes se dirigent vers le côté extérieur de la pile conique, ce qui rend difficile la reconstitution de la taille de particules moyenne d'un matériau lorsqu'on veut le mélanger avec d'autres matières. Pour prévenir la formation de cônes, le secret consiste à faire en sorte que le matériau tombe de plusieurs points en formant de nombreuses petites piles. Cela peut être accompli en déplaçant le chariot sur une courroie et/ou en utilisant des déflecteurs sous le point de décharge afin de répandre le flux du matériau sur une zone plus grande. C'est souvent aussi simple que d'accrocher un morceau de contre-plaqué sur l'un ou l'autre côté du flot en chute d'un matériau, de manière à ce qu'une partie se verse directement à travers l'ouverture située entre les feuilles et que le reste soit divisé en deux flots, l'un se versant sur un quelconque des côtés du centre. Cela fonctionne bien dans de petits récipients fermés. Un dériveur de flot de forme trapézoïdale doté d'un trou au centre permet d'éviter la formation de cônes dans des récipients plus grands. Ceci est particulièrement utile lorsque le conduit de décharge se situe au centre du récipient.

Lorsque les matériaux sont placés dans des trémies supérieures pour être stockés ou pour alimenter un mélangeur ou une trémie de pesage, les trémies doivent être équipées de déflecteurs internes, tel qu'indiqué dans la section équipements d'usine de ce manuel. Ce système permet de faire en sorte que le matériau sorte de la trémie d'une façon qui contribue à réduire les ségrégations. Lorsque les matériaux sont retirés des récipients de stockage ou des piles, des mesures doivent être prises pour réduire les effets des ségrégations présentes dans les piles. L'opérateur d'une chargeuse frontale ne doit jamais entrer dans une pile plusieurs fois au même point. Il doit travailler devant et derrière, en allant d'un côté vers l'autre, même dans de petits récipients. Lorsqu'une haute face verticale ou dépassement se développe à l'avant d'une pile, il faut la réduire à un niveau sûr avant de continuer à enlever le matériau. Ne jamais ignorer les bonnes pratiques de sécurité. En outre, en réduisant la face d'une pile, vous générez un mélange et augmentez l'uniformité du matériau.

Il est généralement souhaitable de trier les matériaux, afin de s'assurer qu'aucun gros morceau ou qu'aucune impureté ne s'infiltre dans le mélange fini. Dans ce cas, le matériau doit passer à travers le tamis avant d'être pesé et mélangé, jamais après ; parce que le processus de tamisage peut donner lieu à de sérieuses démixtions.

Lorsque le temps le permet, il est conseillé d'échantillonner les matériaux à mélanger et de les soumettre à des tests tels que les tests de tamisage volumétrique, avec deux tamis et des bouteilles rectilignes, ou d'utiliser l'échelle « NRD » tel que c'est décrit dans le chapitre sur les matériaux. Vous pourrez ainsi connaitre jusqu'à quel point vos mélanges resteront uniformes avec vos matériaux actuels. Il est aussi conseillé de comparer ces tests avec ceux que vous avez effectués lors de la réception des matériaux, afin de savoir si toutes les mesures ont été prises pour réduire les ségrégations dans vos opérations de manipulation et de stockage.

## III. Pesage

Un bon entretien et des opérations de maintenance régulières permettent de garantir la précision des bascules. Vous devez régulièrement vérifier vos bascules. Après vous être assuré que la trémie de pesage ou que le

mélangeur, dans le cas d'une bascule fixée sur un mélangeur, est propre et vide, vérifiez aussi que la bascule indique zéro. Si ce n'est pas le cas, ajustez là. Mettez sur la bascule un ensemble de poids de vérification de cinquante livres, deux à quatre cents livres suffisent. La bascule devrait à présent indiquer de manière exacte le total du poids ajouté. Versez des matériaux dans la trémie de pesage jusqu'à la moitié environ de votre marge de pesage ordinaire et notez le relevé exact. Enlevez les poids et assurez-vous que la bascule indique exactement ce poids. Ajoutez ensuite du matériau jusqu'à atteindre quasiment la marge supérieure de la bascule et notez le poids exact. Ajoutez de nouveau les poids de vérification et lisez pour vous assurer que la bascule indique la valeur correcte. Ce système vérifie l'exactitude de votre bascule à travers la totalité de la marge que vous utilisez. Si vous ne pouvez pas effectuer les corrections indiquées, vous devez appeler un professionnel des bascules sans tarder. Votre bascule doit être protégée par des rails de sécurité afin d'éviter toute collision avec les chargeuses frontales. Cela vous permettra d'augmenter la précision et la durée de vie de la bascule.

Avant chaque utilisation, la lecture du zéro doit être vérifiée. Assurez-vous toujours que vous utilisez la formule correcte et une analyse de matériau à jour avant toute pesée. Sur les bascules à cadran, utilisez l'aiguille du cadran ou un feutre pour indiquer les lectures d'échelle cumulative, surtout si c'est l'opérateur de la chargeuse frontale qui ajoute les matériaux et qui lit les indications de la bascule. Même un opérateur très expérimenté ne peut effectuer des pesées correctes tout le temps, s'il doit essayer de trouver le poids exact sur le cadran sans l'aide d'une quelconque marque. Si c'est possible, il faut couper tout surpoids. Si ce n'est pas possible, il ne faut jamais déduire ce surpoids de la quantité du matériau suivant de la séquence, à moins qu'il ne s'agisse d'un matériau de remplissage. S'il ne s'agit pas d'un matériau de remplissage, transférez le surpoids du reste de la séquence de pesée vers la fin. Si la formule contient un matériau de remplissage, c'est justement pour cette raison qu'il doit toujours apparaitre en dernière position dans une séquence de pesée, il faut déduire le surpoids du total de ce matériau. S'il n'y a aucun matériau de remplissage, le lot accusera un excédent équivalent à la valeur du surpoids. Cela causera une légère dilution de l'analyse globale, sans toutefois donner lieu à un manque criant d'un quelconque élément nutritif. Si le surpoids est plus ou moins équivalent à un pour cent du poids du lot et s'il ne peut être supprimé, il faut envisager une reformulation du produit. Dans certains cas, il est conseillé de peser les matériaux dans un ordre donné, surtout si l'on utilise une trémie de pesage et s'il y a trop de différences de taille et de densité. Si vous estimez que c'est le cas, il est préférable de peser les matériaux les plus grands et les plus légers en premier. Les matériaux les plus petits et les plus denses auront tendance à passer à travers le tamis et à former de meilleurs mélanges.

La division du pesage d'une matière première utilisée au taux de 1000 livres ou plus par tonne peut améliorer l'efficacité du mélange (même si ce procédé augmente légèrement le temps nécessaire pour effectuer un mélange et exige une pesée supplémentaire). Les mélanges les plus efficaces s'obtiennent en versant de petites quantités de matériaux dans le mélangeur. Si le matériau à poids élevé est un matériau de remplissage, la division du pesage permettra de compenser les excédents d'autres composants à la fin du mélange. Lorsque cette technique est utilisée, il faut ajouter environ la moitié du matériau au début du mélange et l'autre moitié à la fin.

Certains types de mélangeurs ont de petits récipients individuels pour chaque composant et disposent de vis qui permettent d'introduire le matériau dans une grande vis horizontale pour qu'il y soit mélangé avant d'être déchargé. Ces mélangeurs ont une grande capacité et dépendent étroitement d'un calibrage approprié des envois des petites trémies. Ces mélangeurs sont généralement contrôlés par ordinateur et nécessitent de bons ratios de matières premières pour produire des mélanges de qualité. Pour calculer ces ratios, il faut

mesurer avec précision la densité apparente des matières premières mélangées. Les densités apparentes peuvent changer si d'autres matières premières sont envoyées ou si le matériau du récipient ne possède pas des tailles de particules uniformes. Si l'opérateur du mélangeur a une quelconque raison de penser qu'il y a eu changement de la densité apparente des matières premières utilisées, il doit de nouveau calibrer la vis sans fin de décharge afin de corriger ce problème. Les instructions écrites du fabricant doivent être utilisées pour établir la fréquence des calibrations.

Le mélangeur volumétrique à poids déclinant est un type de mélangeur relativement nouveau. Ces mélangeurs utilisent des récipients de produits fixés sur des cellules de pesée et sont généralement contrôlés par ordinateur. Un autocalibrage est effectué toutes les 15 secondes pour chaque récipient, à mesure que le produit est mélangé. Ces unités utilisent généralement des compteurs automatiques de sorties afin de corriger les variations de densités et de débits du produit.

## IV. Mélange

Certes, la fonction d'un mélangeur c'est de produire des mélanges uniformes, mais il est tout aussi important qu'il soit en mesure de décharger ces mélanges sans qu'ils se divisent. Cela peut se produire lorsque les grandes granules se séparent et s'éloignent des petites. Lorsque les matériaux granulaires sont arrivés sur le marché et que les gens ont commencé à réaliser des mélanges, de nombreux anciens malaxeurs à béton ont été transformés en mélangeurs. Chaque fois que la rotation passait en mode « vider le mélangeur », le flux de décharge était sévèrement divisé. C'est alors que la Tennessee Valley Authority (TVA) découvrit qu'il était possible d'atténuer ce phénomène en perforant des trous de deux pouces dans les tiges. Les mélangeurs modernes à axe incliné et à décharge inversée, conçus pour utiliser des matériaux granulaires, ont permis de réduire ce problème. Il existe de nombreux types de mélangeurs aujourd'hui, mais quel que soit le modèle que vous possédez, il est recommandé de contrôler régulièrement le flux de décharge afin de détecter d'éventuels problèmes qui peuvent affecter l'uniformité des mélanges. En effet, l'usure, accumulation des résidus et le manque d'entretien dégradent les performances d'un mélangeur.

Il est important de connaître les meilleures conditions d'exploitation de votre mélangeur. Le fabricant vous donnera des recommandations sur le temps et les capacités de mélange de l'appareil, mais vous devez faire votre propre évaluation pour déterminer le meilleur temps de mélange de chaque taille de lot. Le meilleur moyen d'effectuer cette évaluation c'est de mélanger votre taille de lot ordinaire en utilisant deux matériaux différents et pour une période de temps prédéterminée. Prélevez, dans le flux de décharge, plusieurs échantillons possédant les mêmes intervalles de temps. Faites analyser les échantillons et comparez ensuite les résultats. Cette procédure peut être répétée avec des combinaisons de temps de mélange et de taille de lot. La combinaison qui produit la plus grande uniformité offrira les meilleures conditions de fonctionnement à votre mélangeur. Une méthode vous permettant de comparer les résultats figure à l'annexe de ce manuel.

La maintenance de routine est importante. Nettoyez et révisez le mélangeur de façon régulière. Ne laissez pas des matériaux s'accumuler sur les surfaces de mélange et gardez la corrosion sous contrôle. Assurez-vous que toutes les pièces fonctionnent correctement. Par exemple, vérifier que la vanne d'un modèle horizontal de type rotatif ne fuit pas ; vérifier qu'il n'y a pas trop d'espace entre la coque et les ailettes d'un mélangeur à ailettes et que les vis sans fin déplacent effectivement tout le matériau dans un mélangeur à vis. Chaque modèle possède ses caractéristiques. Une observation minutieuse de l'appareil vous permettra de détecter les points d'usure et de déterminer les dates de révision. Tout comme vous le faites avec les autres parties de l'usine, gardez la

zone du mélangeur aussi propre que possible. La propreté est un élément très important dans le processus de fabrication d'engrais.

## V. Expédition

Dans presque toutes les usines de mélange, les mélanges finis sont soit immédiatement expédiés en vrac, soit rangés dans des sacs. Il est rare que ce type de produit soit stocké en vrac dans des récipients. En effet, il peut y avoir une sévère ségrégation lorsque les matériaux n'ont pas exactement la même taille.

Il est préférable que le mélangeur soit situé à proximité de la zone d'expédition. Lorsque les mélanges parcourent de longues distances sur des convoyeurs, les vibrations font en sorte que les fines particules descendent au fond du flot d'écoulement. Si cette situation est inévitable, l'installation d'un déflecteur de mélange sur l'extrémité de sortie permet de reconstituer le produit mélangé. Il ne doit y avoir aucune restriction de flux qui pourrait faire en sorte que le mélange forme des cônes et qu'il se divise. Les courroies de déchargement doivent être en bon état et doivent posséder de bonnes barrettes. De mauvaises barrettes peuvent faire en sorte que le matériau se divise, puisque la courroie se meut en permettant aux petits éléments de se déplacer plus rapidement que les grands. De mauvaises barrettes feront en sorte que le matériau ne se déplace pas de manière uniforme sur la courroie, ce qui peut diviser le mélange. Ce problème devient encore plus grave lorsque la courroie qui transfère le matériau est inclinée, et non horizontale, par rapport au sol.

Si le produit est versé dans une trémie réceptrice au-dessus d'un mécanisme de chargement en vrac ou d'une ensacheuse, la trémie doit être équipée de séparateurs anti-ségrégation. La construction de ces éléments est décrite dans la section équipement de ce manuel. Comme mentionné plus tôt dans ce chapitre, il ne faut jamais tamiser un produit mélangé. Si un tamisage est nécessaire, il faut le faire avant que le produit ne soit mélangé.

Si le produit doit être mis en sac, vérifiez les équipements d'ensachage et assurez-vous qu'ils ont été correctement nettoyés avant de les utiliser. Vérifiez qu'ils sont réglés pour fournir un poids qui correspond au grade que vous voulez ensacher. Si vous chargez en vrac, contrôlez toujours le véhicule pour être sûr qu'il est vide, propre et sec. Trouvez un outil pour éviter que le produit ne forme des cônes dans le véhicule. Un tuyau flexible peut tout à fait servir à cet effet. Il permettra aussi de réduire la poussière.

Il vous est recommandé de prélever des échantillons périodiques sur des produits finis, afin de vous assurer que vos mélanges sont de bonne qualité. Si les échantillons initiaux indiquent des résultats moins qu'acceptables, la fréquence de prélèvement doit être augmentée et maintenue jusqu'à ce que les causes de ce problème soient corrigées et jusqu'à ce que les analyses deviennent conformes aux garanties. Une fois que cet objectif est atteint, la fréquence des prélèvements destinés au contrôle de qualité peut être réduite. Chaque fois que possible, il est préférable de prélever des échantillons de flux. Il y a généralement un moyen qui permet d'accéder à un flux en chute libre en toute sécurité et de prélever l'échantillon. La section sur l'échantillonnage décrit la procédure à suivre.

## VI. Éléments nutritifs secondaires et oligoéléments

Ils sont en général considérés comme des transporteurs d'éléments nutritifs mineurs, possédant 5 % ou plus du poids de formule (110 lb/50 kg par tonne), et pouvant être utilisés comme matériaux granulaires d'une taille comparable à celle des principaux matériaux d'éléments nutritifs. Lorsque l'additif d'élément nutritif mineur représente moins de 5 % du poids de formule, il est recommandé d'utiliser une matière pulvérulente.

Une bonne homogénéité peut être obtenue lorsqu'un liquide liant est utilisé pour faire adhérer l'additif aux ingrédients mineurs pulvérulents à la surface des principales particules d'éléments nutritifs. En général, il faut entre un et trois pour cent du poids du liquide liant. Cette quantité ne devrait causer aucun problème lié à la condition physique. Les liquides servent également à contrôler la poussière fugitive. Le poids de tout liquide utilisé doit être inclus dans le calcul de la formule.

Les liquides qui sont efficaces lorsqu'on les utilise comme agent liant sont : les huiles, les solutions d'urée et de nitrate d'ammonium, les polyphosphates d'ammonium, et parfois l'eau. En règle générale, les huiles à forte viscosité sont encore plus efficaces. Les huiles doivent être utilisées avec parcimonie, ou même évitées, lorsque le produit doit être ensaché. En général, les huiles fuient dans les sacs en papier et endommagent les sacs en plastique. Les huiles ne doivent pas être utilisées lorsque le nitrate d'ammonium est un constituant de la formulation. L'huile sensibilise le nitrate d'ammonium, ce qui augmente le risque d'incendie ou d'explosion. Les quantités d'eau excessives doivent être évitées. Si vous souhaitez ajouter de l'eau, utilisez là sous la forme d'une pulvérisation fine et dans une quantité qui n'affectera pas la capacité d'écoulement du mélange.

Les produits ensachés qui contiennent des liquides liants prennent forme beaucoup plus facilement que les mélanges ordinaires. Les temps de stockage doivent donc être réduits au minimum. Voici la procédure pour faire adhérer les matériaux pulvérulents à la surface des matériaux granulaires :

1. Charger tous les matériaux d'engrais granulaires dans le mélangeur et mixer pendant une durée égale à la moitié du temps recommandé.

2. Ajoutez une quantité calculée de transporteurs d'éléments nutritifs pulvérulents. Vaporiser le liquide liant à la surface du lit mobile de matériaux. Une pulvérisation fine qui adhère aux matériaux et non à la coque du mélangeur est encore meilleure. Plusieurs fabricants de pulvérisateurs spécifient le débit de pulvérisation, la répartition du jet et les pressions correspondantes dans leurs catalogues. Il est recommandé de choisir des embouts qui peuvent pulvériser la quantité de liquide souhaitée en une minute à plus de 25 psi. Un réservoir ou une pompe sous pression sera nécessaire pour offrir suffisamment de pression au pulvérisateur.

3. Une fois que le liquide liant a été ajouté, continuez le mélange pendant le reste du temps recommandé, puis déchargez le mélangeur.

Le mélange produit en suivant la procédure décrite ci-dessus doit être amené au champs et appliqué immédiatement après. Les liquides liants sont souvent absorbés par les granulés en un temps relativement court, ce qui fait tomber les poudres qui ont adhéré à la surface.

## VII. Pesticides

Il est fortement recommandé d'utiliser des systèmes de mélange séparés pour les pesticides. Étant donné que cela n'est pas toujours possible, il est indispensable que toutes les précautions soient prises pour éviter qu'un lot ne contamine l'autre. Les fabricants des différents produits chimiques phytosanitaires fournissent des instructions très détaillées sur la compatibilité de leurs produits avec les engrais couramment utilisés. Ils expliquent également des exigences en matière de sécurité de leurs produits. Ces instructions doivent être lues avec attention et assimilées par tous les employés de l'usine de mélange avant d'être appliquées dans des mélanges.

Le terme « imprégnation » fait référence à la pratique qui consiste à ajouter des produits chimiques aux engrais. La procédure est presque identique à celle qui est décrite au paragraphe VI pour l'ajout de liquides liants :

1. Charger tous les matériaux d'engrais granulaires dans le mélangeur et mixer pendant une durée égale à la moitié du temps recommandé.
2. Vaporiser le pesticide liquide à la surface des matériaux qui tournent dans le mélangeur. Éviter que le liquide n'entre en contact avec la surface nue de la machine.
3. Il est recommandé de choisir des embouts qui offrent une bonne répartition des gouttelettes et qui peuvent pulvériser la quantité de liquide requise en une minute à entre 20-25 psi Une pompe est utilisée pour fournir la pression nécessaire.
4. Une fois que le pesticide a été ajouté, continuez le mélange pendant le reste du temps recommandé, puis déchargez le mélangeur.

**ATTENTION. NE PAS UTILISER DES TRANSPORTEURS DE PESTICIDES À BASE D'HUILE OU TOUT AUTRE SOLVANT ORGANIQUE LORSQUE LE NITRATE D'AMMONIUM EST L'UN DES CONSTITUANTS DU MÉLANGE. CES TRANSPORTEURS DE PESTICIDES OU SOLVANTS NE SONT PAS COMPATIBLES AVEC LE NITRATE D'AMMONIUM. TOUJOURS CONSULTER LE FABRICANT.**

Les mélanges engrais-pesticides sont parfois collants et difficiles à manipuler. Des agents de conditionnement (argile kaolin, talc, poudre de vermiculite, etc.) sont parfois nécessaires dans ce genre de cas. En général, dix à vingt livres par tonne suffisent pour surmonter le problème.

Il n'est généralement pas recommandé d'utiliser les formes granulaires de pesticides dans les mélanges. Les tailles et les densités de particules sont rarement similaires et les ségrégations sont légions.

Le mélangeur doit toujours être nettoyé à fond après la production d'un mélange de pesticides. Il faut également faire très attention à ne pas transporter un produit chimique, servant par exemple à contrôler les dicotylédones, dans un produit destiné à une culture sensible à cet élément chimique en particulier.

Il faut soigneusement séparer les herbicides tout au long de leur stockage, manipulation, utilisation dans les mélanges et dans les procédures d'application qui suivent.

Une fois de plus, il faut lire et comprendre les consignes de sécurité et les restrictions de compatibilité qui figurent sur les produits chimiques que vous utilisez dans vos opérations. Les erreurs peuvent se payer par de graves blessures ou par des dommages coûteux infligés aux cultures.

## VIII. Feuilles de contrôle de lots

Les feuilles de contrôle de lots, les fiches de formules de mélanges, les feuilles de pointage, les tickets de contrôle de lots, etc. ; peu importe leurs noms locaux, ces documents sont essentiels parce qu'ils permettent de conserver une trace écrite des matériaux utilisés et de la quantité des matériaux contenue dans chaque lot. Ce sont souvent les seuls éléments dont dispose l'opérateur d'une usine pour montrer ce qui a été livré au client.

Ces documents permettent de contrôler les inventaires, de résoudre les plaintes et de s'assurer que les producteurs reçoivent les matériaux qui leur ont été facturés. Ils doivent être conservés jusqu'à ce qu'il devienne clair qu'aucun problème de qualité n'a été déploré.

## IX. Entretien

AEncore une fois, nous mettons l'accent sur l'entretien. Après toutes les opérations de l'usine, il est important de nettoyer les équipements et de balayer tous les produits qui se sont versés. Si vous disposez de courroies supérieures, entretenez-les correctement afin de réduire les quantités de produits qui se versent dans les récipients et sur les voies sur lesquelles elles circulent. Soyez toujours sur vos gardes pour éviter les contaminations, cause fréquente de mélanges hors grade. Évitez que les récipients ne fuient les uns dans les autres, que ce soit du fait d'ouvertures dans les parois ou à cause des produits qui s'écoulent à travers les fronts ouverts des récipients adjacents. Si vous avez des groupes de trémies, ne les laissez pas se rentrer les unes dans les autres et assurez-vous que les registres ne fuient pas. Ne laissez pas l'opérateur de la chargeuse déverser des produits du récipient jusqu'à la trémie de pesage. Essayez, autant que possible, de circonscrire les déversements à la zone située à l'avant du récipient, afin qu'ils puissent être facilement grattés ou balayés et remis dans le récipient. Il ne doit y avoir aucune trace d'engrais, de matières étrangères et d'humidité sur les voies d'accès. Assurez-vous que tous les récipients sont correctement étiquetés. La poussière peut poser problème. Ne la laissez pas s'accumuler dans le bâtiment ou sur les équipements. Elle absorbe l'humidité beaucoup plus vite que les matériaux granulaires, accélère la corrosion, rend les voies glissantes et donne une image de désordre et de négligence.

Il est prouvé qu'une usine propre est une usine généralement bien gérée. Les clients et les agents de contrôle le remarquent, ce qui permet à l'usine d'acquérir une réputation dont le propriétaire et les opérateurs peuvent être fiers.

## X. Évaluation de l'usine

Nous vous conseillons d'utiliser le formulaire qui suit pour évaluer si votre usine adhère aux bonnes pratiques de production. Ce type d'auto-audit peut-être utile dans vos contrôles internes ou dans vos communications avec les agents responsables de la réglementation.

# EXAMEN DE CONTRÔLE DE QUALITÉ (Usines de mélange)

LIEU : _____ DATE : _____

AUDITEUR : _____

ASPECT GLOBAL DE L'USINE : _____

_____

_____

**MATÉRIEL DE L'USINE :**

**A. Balances de l'usine :**

1. Balances étalonnées régulièrement? _____
2. Date du dernier étalonnage? _____
3. État des balances? _____
4. Date du dernier entretien? _____

Observations : _____

_____

**B. Cribles**

1. Les matières premières sont-elles criblées? _____
2. Les produits finis sont-ils criblés? _____
3. État des cribles? _____
4. Taille du crible spécifié utilisé? _____
5. Grilles sur les trémies de chargement? _____

Observations : _____

_____

**C. Stockage des matières premières**

1. État de la benne? _____
2. Les graduations des bennes sont-elles lisibles? _____
3. Preuve de contamination de la matière? _____
4. État du toit de l'entrepôt? _____
5. Utilise-t-on des techniques pour éliminer les cônes? _____

Observations : _____

_____

**D. Mélangeurs**

1. État de l'équipement? _____
2. La distance à parcourir avant le déchargement est-elle trop longue? _____
3. État des balances? _____
4. Date du dernier étalonnage? _____
5. Date du dernier entretien? _____
6. Deuxième vérification des feuilles de contrôle de lots? Par qui? _____
7. Le mélangeur a-t-il subi un test de durabilité récemment? _____
8. Les palettes du mélangeur sont-elles en bon état? _____
9. La matière s'est-elle accumulée dans le mélangeur? _____
10. Le mélangeur a-t-il des fuites pendant son fonctionnement? _____
11. Les trémies de stockage sont-elles équipées de dispositifs anti-ségrégation? _____
12. Les balances sont-elles protégées des dommages pouvant être causés par les chargeuses? _____

Observations : _____

_____

**E. Essai CQ**

1. Les matières premières sont-elles achetées en fonction du NRD? _____
2. L'usine crible-t-elle les matières premières en fonction du NRD? _____
3. Le mélangeur a-t-il subi un essai récemment? _____

   Si oui, quand _____
4. L'usine prélève-t-elle régulièrement des échantillons pour fins d'analyse? _____
5. L'usine possède-t-elle un journal des analyses? _____

Observations : _____

_____

**F. Évaluation du produit**

1. Les meilleures pratiques de fabrication sont-elles respectées? _____
2. Quelles sont les meilleures pratiques de fabrication à utiliser qui ne le sont pas? _____
3. L'usine possède-t-elle un registre acceptable des rendus sur ventes? _____

Observations : _____

_____

**G. Ensachage :**

1. Le poids des sacs est-il contrôlé? À quelle fréquence? _____
2. Les contrôles du poids sont-ils consignés? Vérifiés? _____
3. Les balances sont-elles étalonnées? _____

4. Date du dernier étalonnage? _____
5. Poids spécifiques disponibles et état? _____
6. Un registre des poids spécifiques est-il conservé? À quelle fréquence? _____
7. Quelle est la tolérance sur le poids des sacs? _____

Produit : _____ 1. _____ 4. _____ 7. _____ 10. _____ 13. _____

Poids : _____ 2. _____ 5. _____ 8. _____ 11. _____ 14. _____

3. _____ 6. _____ 9. _____ 12. _____ 15. _____

Observations : _____

_____

**H. Transport en vrac**

1. L'équipement est-il en bon état? _____
2. La distance à parcourir avant le déchargement est-elle trop longue? _____
3. Les trémies de stockage sont-elles équipées de dispositifs anti-ségrégation? _____
4. Les camions sont-ils inspectés avant le chargement? _____
5. Des procédures pour éviter des tas en cône sont-elles suivies pendant le chargement? _____

Observations : _____

_____

**I. Contrôle de la production et de la qualité :**

1. Des échantillons du matériau de production et des cribles des atières premières sont-ils conservés? _____
2. Essai de l'état de l'équipement? _____
3. Registre des échantillons? _____
4. Analyses chimiques? Consignées sur un registre? _____
5. Des diviseurs à riffles sont-ils utilisés? Dans quel état sont-ils? _____
6. Des échantillons (de matériau de production et des matières premières) sont-ils conservés? _____
7. Les échantillons sont-ils prélevés comme il se doit? _____
8. Les matières premières reçues sont-elles inspectées? Enregistrées? _____
9. Qui est le responsable de chaque étape du CQ? _____
10. Qui est le responsable adjoint du CQ? _____
11. Analyse des échantillons et zone de stockage? _____

Observations : _____

_____

Personne(s) interrogée(s) : _____

Observations générales : _____

_____

# E. MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE[1] ET D'ESSAIS PHYSIQUES DE L'ICE

## I. ÉCHANTILLONNAGE

Tous les échantillons devraient être prélevés selon les procédures d'échantillonnage indiquées dans cette section.

En ce qui concerne les matières entrant, s'il y a doute sur la teneur en éléments nutritifs ou sur la taille des particules d'un chargement donné, il faut contacter immédiatement le fournisseur pour s'accorder sur les mesures correctives à prendre.

Il est recommandé de prélever convenablement un échantillon de chaque chargement et, au minimum, de vérifier s'il correspond à la distribution de la taille du crible abordée à la Section B. Pour une protection maximale, une portion de l'échantillon composite devrait faire l'objet d'une analyse chimique.

S'agissant des matières sortant, il faudrait prélever des échantillons sur tous les chargements ou lots de matière et les conserver jusqu'à ce que l'usine soit sûre que l'agriculteur est satisfait et que le risque de carence n'existe plus, pour parer à d'éventuelles poursuites judiciaires. Cette procédure n'étant pas possible pour toutes les usines, il est recommandé qu'un échantillon soit prélevé sur au moins un chargement ou un lot chaque jour de production et conservé pour analyse en cas de besoin.

### A. Marchandises ensachées

#### *Portée*

Une méthode permettant d'obtenir un échantillon représentatif d'un lot donné* d'engrais ensachés pesant plus de 10 livres (4,5 kg) est décrite. S'ils sont conditionnés en sacs de 4,5 kilos ou moins, prendre un sac entier aux fins d'échantillon.

> * Pour obtenir un échantillon officiel, un « lot » est représenté par une quantité identifiable d'engrais commercial pouvant être échantillonnée selon les procédures de l'AOAC, y compris un chargement de wagon marchandises ou cette quantité contenue dans un véhicule ou fournie sous une seule facture.

Pour le contrôle de la qualité dans le secteur, un « lot » est représenté par une quantité d'un produit donné fabriqué pendant une période déterminée, stocké dans une unité de production ou expédié à partir de celle-ci.

#### *Appareillage*

1. Sonde à tube unique ou double fendue (Figure 1) avec tuyau solide en acier inoxydable ou en laiton. L'acier inoxydable est nécessaire pour les échantillons sur lesquels il faut déterminer la présence de micronutriments. Les dimensions minimales de la sonde sont :

[1]Fertilizer Sampling and Analytical Methods, TFI Fourth Edition, 1982 or AFPC Sampling Procedures, 10th Edition, 2009. (Méthodes d'échantillonnage et d'analyse des engrais, 4e édition TFI, 1982 ou Procédures d'échantillonnage de l'AFPC, 10e édition, 2009.)

| | Po | Cm |
|---|---|---|
| Longueur, poignée non comprise (longueur approximative d'un sac rempli) | 25 | 63.5 |
| Longueur de la fente | 23 | 58.4 |
| Largeur de la fente | 3/4 | 1.9 |
| Diamètre interne | 7/8 | 2.2 |

2. Contenant pour échantillon solide - Capacité : 1 litre ou selon le besoin. Il doit être en matériau résistant à la corrosion ayant une barrière hydrofuge ou en un matériau empêchant l'humidité de toucher l'échantillon ou d'en sortir.

### *Procédure*

Si un lot contient 10 sacs ou plus, sélectionner au hasard 10 sacs et prélever une carotte de chacun d'eux. Si le lot contient moins de 10 sacs, prélever 10 carottes, dont au moins une par sac.

1. Prendre chaque sac à échantillonner et l'incliner une ou plusieurs fois pour s'assurer que l'engrais s'écoule facilement. Le placer en position horizontale.
2. S'il s'agit d'un sac à clapet, prélever l'échantillon horizontalement à travers le clapet. Si c'est un sac cousu, couper en forme de X un coin du joint à l'aide d'un couteau.
3. Insérer horizontalement la sonde à tube unique de sorte qu'elle s'étende en diagonale d'un coin à un autre (Figure 2). La fente de la sonde doit être tournée vers le bas. Faire faire à la sonde un demi-tour pour tourner la fente vers le haut, agiter légèrement le sac pour remplir la sonde et la retirer soigneusement pour ne pas tirer les bords du sac en prélevant la matière.

OU

Insérer horizontalement la sonde à tube double comme indiqué ci-dessus en la fermant et en tournant la fente vers le haut. Ouvrir la sonde pour qu'elle se remplisse, agiter légèrement le sac, fermer la sonde et la retirer.

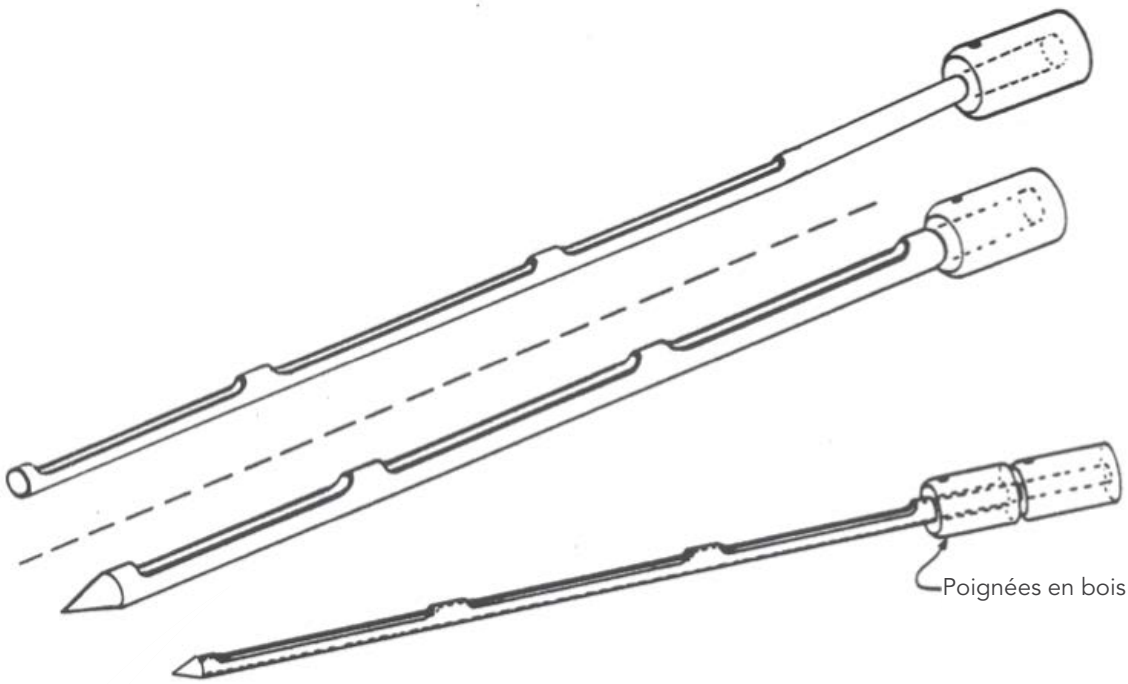
4. Verser toute les 10 carottes dans le contenant pour échantillons solides ou, au besoin, transférer entièrement chaque prélèvement dans une auge étroite en U en acier inoxydable, légèrement plus longue que la sonde. Généralement, elle comporte une poignée et un bec verseur sur chacun des deux côtés. L'auge sert à transférer les portions de l'échantillon dans un contenant plus grand pouvant contenir l'ensemble de l'échantillon composite. Elle est particulièrement utile quand des sondes à tube unique sont utilisées pour éviter des déversements accidentels ou des pertes.
5. Coller une étiquette portant toutes les informations utiles sur le contenant de l'échantillon composite.
6. L'envoyer au laboratoire pour préparation et analyse.

### *Références*

1. Methods of Analysis, 18th Edition, 2005. (Méthodes d'analyse, 18e édition, 2005. AOAC)
2. Manuel d'inspection, AAPFCO.

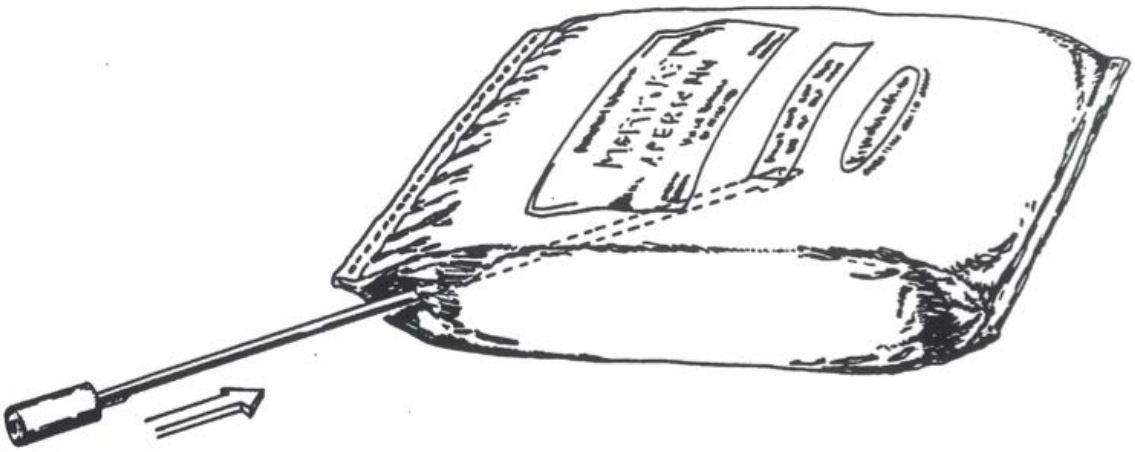
**FIGURE 1 : Sondes à tube unique et double**

SONDE À TUBE UNIQUE

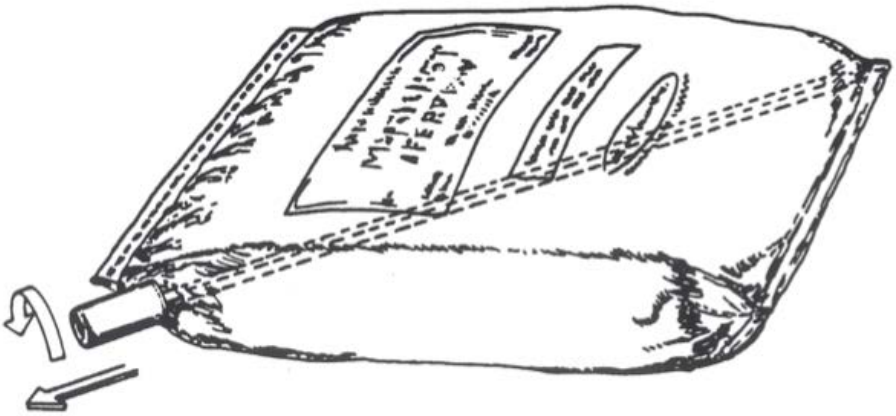



SONDE À TUBE DOUBLE

**FIGURE 2 : Technique d'échantillonnage de sac – Tube unique (Le sac doit être couché en position horizontale**



INSÉRER, LA FENTE TOURNÉE VERS LE BAS...



TOURNER ET RETIRER, LA FENTE TOURNÉE VERS LE HAUT

## *Marchandises en vrac*

### Portée

Des méthodes permettant d'obtenir un échantillon représentatif d'un lot donné* d'engrais en vrac sont décrites. Ils sont applicables à la matière en mouvement dans des camions simples ou semi-remorque, des wagons et des chargeuses-pelleteuses ou aux engrais en stockage.

> * Pour obtenir un échantillon officiel, un « lot » est représenté par une quantité identifiable d'engrais commercial pouvant être échantillonnée selon les procédures de l'AOAC, y compris un chargement de wagon marchandises ou 50 tonnes maximum, ou cette quantité contenue dans un véhicule ou fournie sous une seule facture.

Pour le contrôle de la qualité dans le secteur, un « lot » est représenté par une quantité d'un produit donné fabriqué pendant une période déterminée, stocké dans une unité de production ou expédié à partir de celle-ci.

### Appareillage

1. Gobelet d'échantillonnage de vrac en mouvement -- Comme l'illustre la Figure 3, un système d'échantillonnage permanent peut être développé en posant le gobelet sur une voie tracée par deux tiges d'acier de sorte que son ouverture soit dans la trajectoire et sur les angles droit de l'écoulement. Les guidages fixés au gobelet et à la poignée latérale permettent d'utiliser ce dispositif.

2. Les sondes à tube double sont décrites ci-dessous comme suit :

| | | | | Compartiment | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Sonde** | **Longueur** | **Epaisseur** | **ID** | **N°** | **Dimension** |
| Missouri Compartimenté | 59 po (1,5 m) | 1-1/8 po (2,9 cm) | 7/8 po (2,2 cm) | 8 | 3 po (7,6 cm) |
| 552 grains | 63 po (1,6 m) | 1-3/8 po (3,5 cm) | 1-1/8 po (2,9 cm) | 11 | 3-1/2 po (8,9 cm) |
| Missouri « D » | 49 po (1,3 m) | 1-1 /4 po (3,2 cm) | 1 po (2,5 cm) | 1 | 43 po (1,1 m) |

   Les deux premiers sont des équipements reconnus officiellement, mais ils sont rarement utilisés car difficiles d'emploi. La sonde Missouri D est la plus utilisée actuellement dans le domaine.

3. Contenant pour échantillon solide capacité : 1 litre ou selon le besoin. Il doit être en matériau résistant à la corrosion ayant une barrière hydrofuge ou en un matériau empêchant l'humidité de toucher l'échantillon ou d'en sortir.

**Procédure**

Prélever l'échantillon selon les techniques appropriées suivantes :

1. Courroie transporteuse ou bec verseur

   Prélever un échantillon en faisant passer le gobelet d'échantillonnage (Figure 4) le long de l'écoulement de la matière sur la courroie transporteuse ou le bec verseur. La longue ouverture sur la partie supérieure du gobelet d'échantillonnage doit être sur les angles droits de l'écoulement. Faire passer le gobelet le long de l'écoulement à une vitesse constante de sorte qu'il prélève environ la même quantité à chaque passage, en évitant tout débordement. Vider le contenu reçu à chaque passage dans un contenant adapté.

   Pour échantillonner la matière à un débit d'écoulement constant de 3 minutes ou plus, comme par exemple pendant un transbordement ou un déchargement d'une benne ou d'une grande trémie, ou pour échantillonner un écoulement d'une unité de production continue, il faut au moins 10 prélèvements réalisés à intervalles de temps égaux pendant le transbordement. Diviser la durée de l'écoulement par au moins 10 pour obtenir l'intervalle de temps entre les prélèvements. Un échantillonneur automatique peut être utilisé s'il est possible de le nettoyer soigneusement avant et après l'échantillonnage d'un lot ou d'un chargement donné. Éviter d'échantillonner une couche de fines ou de poussière.

   Pour échantillonner la matière provenant d'un mélangeur ou d'un autre lot qui s'écoule pendant une courte période, faire au moins 10 prélèvements à partir d'un bec verseur ou à l'extrémité d'une courroie de transmission. Effectuer un ou plusieurs prélèvements de chaque lot, mais varier le moment du prélèvement sur des lots successifs. Par exemple, le premier lot peut être échantillonné au début du déchargement, le deuxième lot vers le milieu, et le troisième lot vers la fin. Puis, répéter le prélèvement à des intervalles identiques ou à des intervalles plus longs ou plus courts.

2. Camion à compartiment unique

   Échantillonner le chargement suivant la procédure de sondage verticale approuvée par l'AOAC. Prélever 10 carottes en position verticale.

   Insérer **verticalement** la sonde Missouri compartimentée en position fermée, normalement à une profondeur d'au moins 4 pieds (1,2 m). (La profondeur de certains prélèvements sera inférieure si le côté du camion est incliné). Ouvrir la sonde jusqu'à ce qu'elle se remplisse, la fermer et la retirer. La sonde Missouri D (Figure 5) est insérée à la même distance indiquée plus haut mais en position ouverte, puis fermée et retirée.

   **Remarque** : Une légère couche de Téflon sur les surfaces propres et opposées des deux tubes préviendra le blocage de l'instrument.

3. Camion à plusieurs compartiments et wagons-trémies

   Quand il est nécessaire d'échantillonner un camion à plusieurs compartiments ou un wagon-trémie au chargement ou au déchargement, suivre la procédure officielle d'échantillonnage de l'AOAC pour chaque compartiment, ayant à l'esprit que les prélèvements verticaux sont faciles avant l'expédition, mais extrêmement difficiles à l'arrivée du wagon ou du camion.

Le but est de prélever au moins 10 carottes verticales en insérant la sonde dans des emplacements qui se rapprochent le plus possible de ceux préconisées par l'ordre d'échantillonnage de l'AOAC illustré à la Figure 7 . Ne pas insérer la sonde au milieu d'un tas en cône.

4. Chargement de wagons

De préférence, prélever l'engrais en vrac (comme décrit plus haut) pendant le chargement ou le déchargement du wagon.

S'il devient nécessaire d'échantillonner la matière dans un wagon couvert, utiliser la technique de sondage verticale applicable au camion à compartiment unique. Si l'engrais transporté est en cône ou en dos d'âne, prélever les carottes dans les emplacements indiqués. Quand il y a deux tas en pente dans un wagon bâché, soit un à chaque extrémité, répéter l'ordre d'échantillonnage décrit.

Utiliser une des sondes à tube double en l'insérant à une profondeur d'au moins 4 pieds (1,2 m) dans chacun des emplacements d'échantillonnage indiqués. Les sondes à double compartiment fermées sont insérées, ouvertes, remplies, puis fermées et retirées. La sonde Missouri D est insérée à la même distance indiquée plus haut, mais en position ouverte, puis fermée et retirée.

La sonde Missouri « D » est la plus indiquée pour échantillonner un wagon d'engrais à destination parce qu'elle peut être insérée dans la masse rassise d'engrais.

5. Engrais stocké

La procédure décrite est celle de l'AOAC qui a fait ses preuves dans l'échantillonnage de tas d'engrais en cône, en dos d'âne, étalé au sol ou à versant unique. Avec les dispositifs officiels d'échantillonnage, il n'est pas possible d'échantillonner avec précision de très grands tas.

Les emplacements d'échantillonnage pour les carottes verticales des tas stockés en vrac sont indiqués aux Figures 7a et 7b. Les tas ras ou en plat sont échantillonnés de la même façon que les tas en dos d'âne. Retirer 10 carottes (à la profondeur maximale possible de la sonde) sur les emplacements indiqués sur le schéma de la Figure 7a à l'aide de la sonde à grains 552, de la sonde compartimentée Missouri ou de la sonde Missouri D.

Les dispositifs d'échantillonnage sont traités de la même façon que dans le prélèvement du camion à compartiment unique.

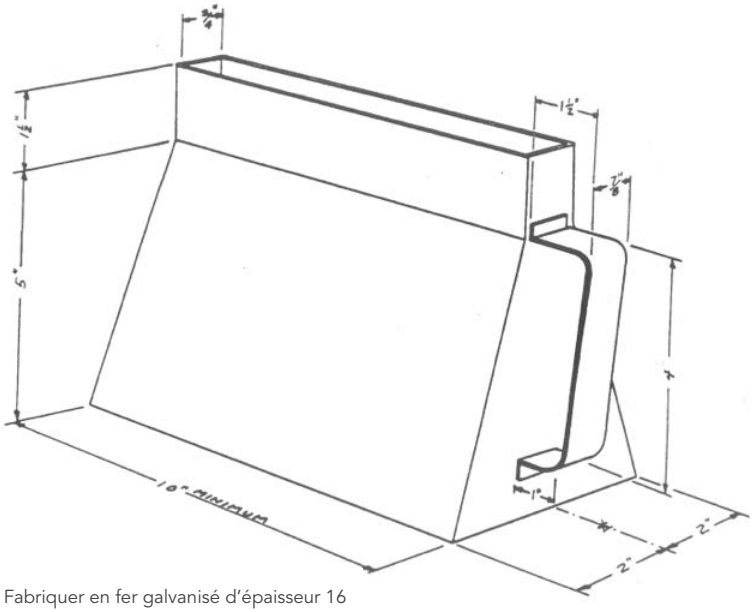
Un tas à versant unique ou en pente est échantillonné sur les emplacements illustrés au schéma de la Figure 7a. Retirer une carotte verticale de matière des points marqués x et deux autres des points marqués 2x.

Ces ordres d'échantillonnage sont conçus de sorte que les carottes prélevées de chaque emplacement représentent des fractions à peu près égales du lot.

6. Références

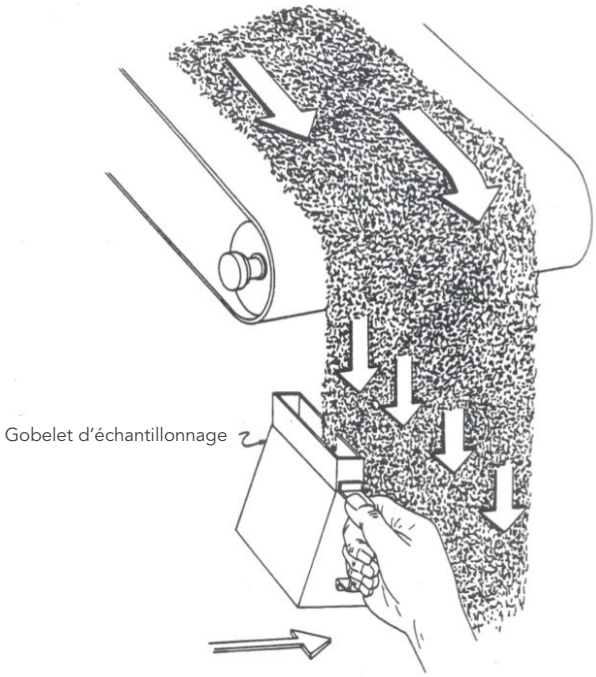
1. Methods of Analysis, 18th Edition, 2005. (Méthodes d'analyse, 18e édition, 2005. AOAC)
2. Manuel d'inspection, AAPFCO.

## FIGURE 3 : Gobelet d'échantillonnage de vrac en mouvement




Fabriquer en fer galvanisé d'épaisseur 16 ou en acier inoxydable d'épaisseur 18 à 20, nuance 304

## FIGURE 4 : Mode d'emploi du gobelet pour échantillonner en bout de courroie transporteuse




Sens de déplacement du gobelet

FIGURE 5 : Sonde Missouri « D »

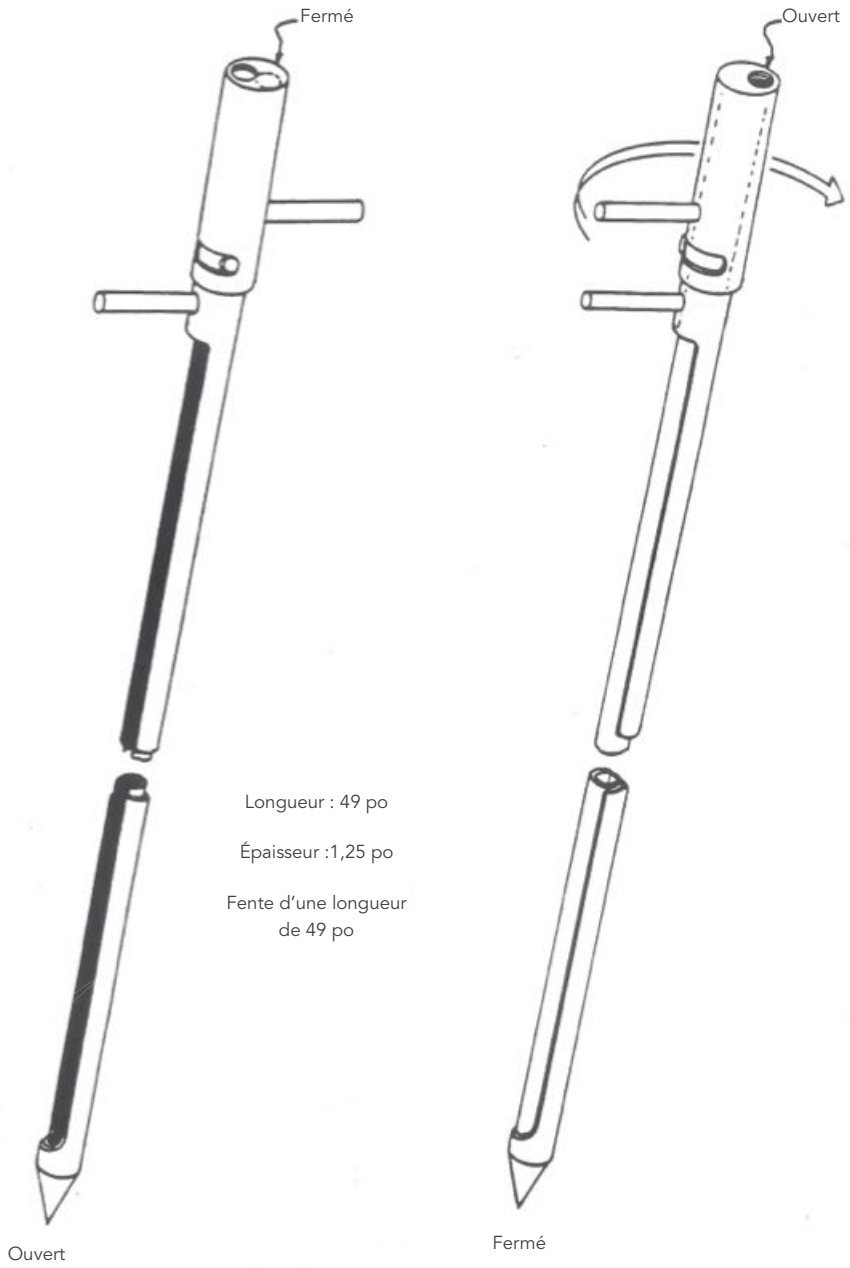
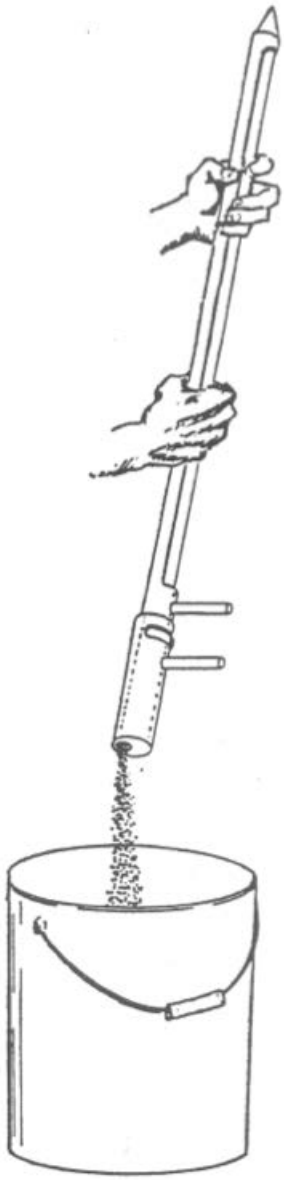
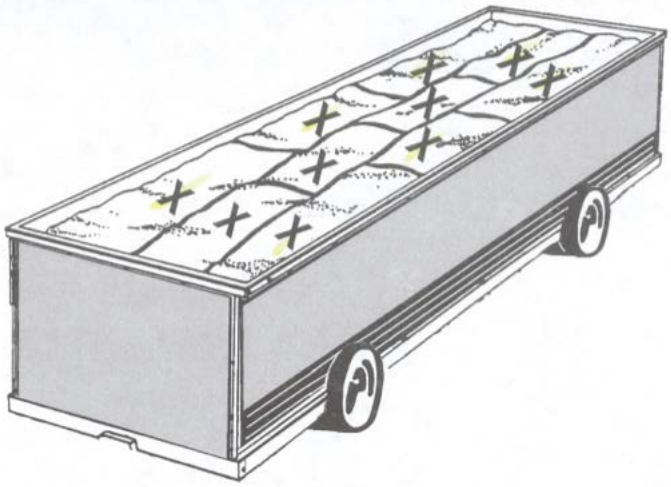


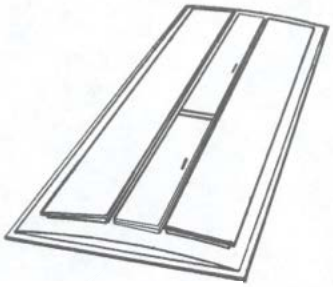
FIGURE 6 : Transfert de l'échantillon de carotte de la sonde Missouri D vers un contenant intermédiaire



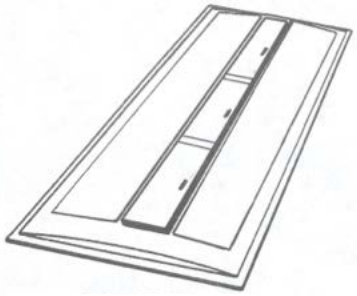
## FIGURE 7 : Points d'échantillonnage pour wagons-trémies et transporteurs bâchés



Ordre d'échantillonnage de l'AOAC



Ordre A (2 trappes de chargement), 5 sondes par trappe de chargement



Ordre A (3 trappes de chargement), 4 sondes par trappe de chargement

FIGURE 7a : Ordre d'échantillonnage pour tas en dos d'âne

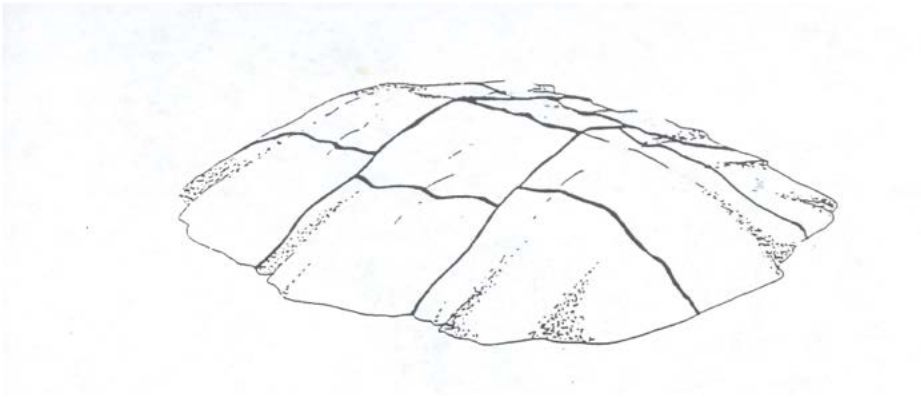
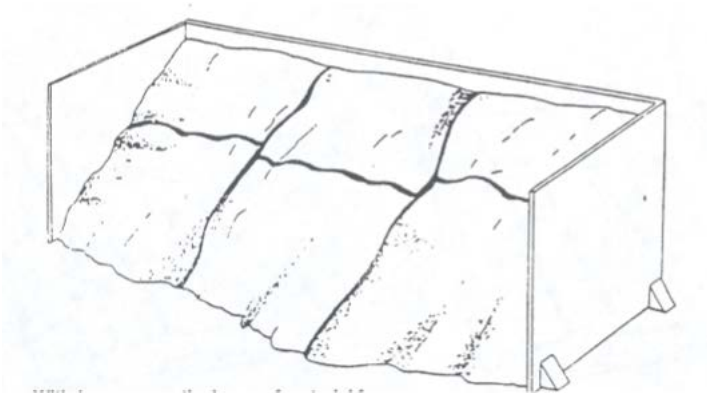


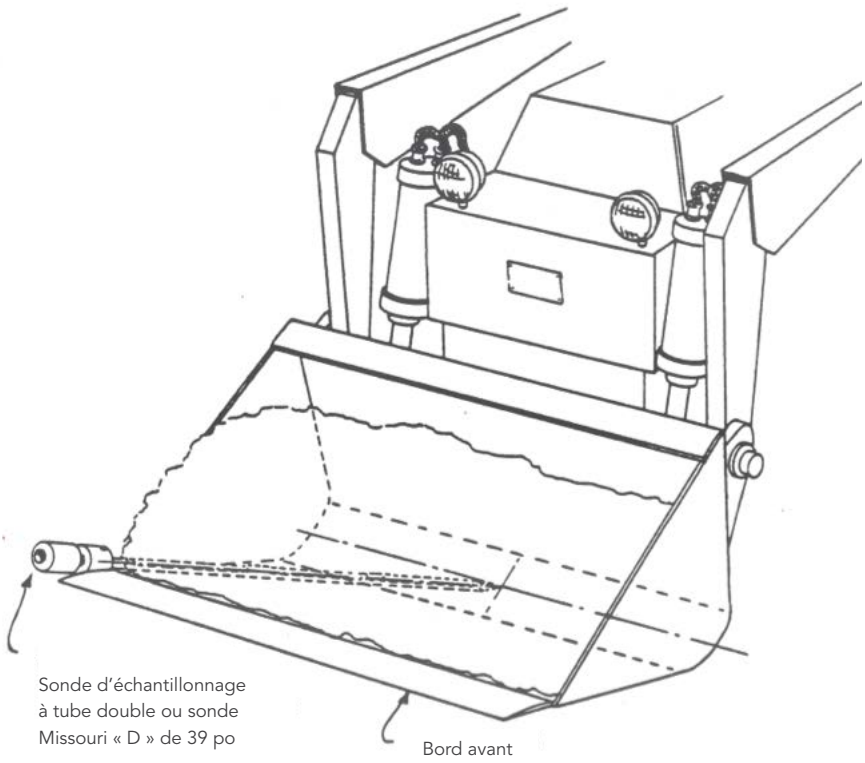
FIGURE 7b : Ordre d'échantillonnage pour tas à versant unique



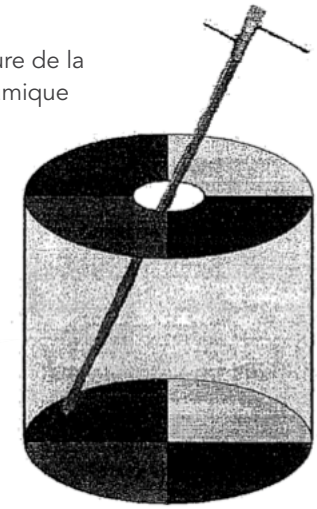
En tout 10 échantillons nécessaires.

Il faudra prélever 2 échantillons de certaines grilles (au hasard).

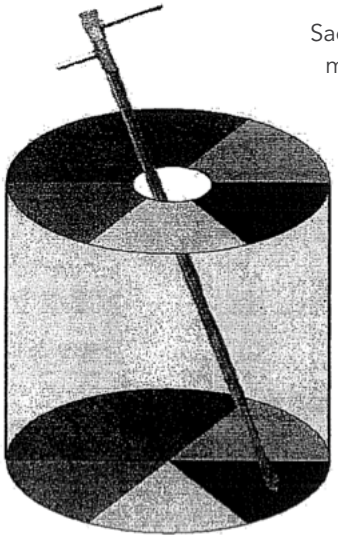
FIGURE 8 : Échantillonnage de la chargeuse-pelleteuse




Sac de mesure de la
masse volumique



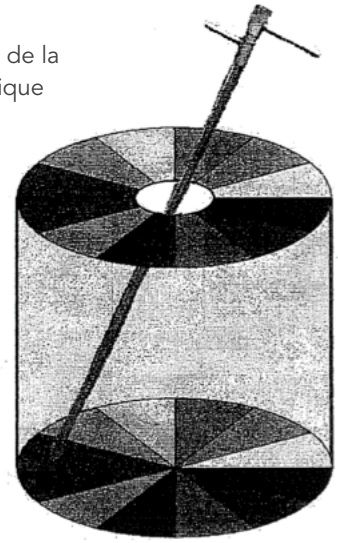
3 sacs,
4 échantillons par sac



Sac de mesure de la masse volumique

2 sacs,
6 échantillons par sac

Sac de mesure de la masse volumique



1 sac,
12 échantillons

## *Réduction des échantillons*

**Portée**

Les échantillons reçus au laboratoire doivent être réduits à un poids de 0,5 à 1 livre (225 à 500 g) et stockés dans des contenants étanches à l'air. Des procédures visant à normaliser ces manipulations nécessaires pour réduire les échantillons d'engrais solides ont été développées. Il est recommandé de les mettre en œuvre en laboratoire.

**Appareillage**

1. Réducteur d'échantillons ou diviseur à riffles -- Un diviseur à riffles (Figures 9 et 10) est un appareil en matière inoxydable conçu pour recevoir un chargement uniforme d'échantillons sur la partie supérieure des ouvertures rectangulaires pour les diviser en moitiés représentatives. La taille du diviseur à riffles doit correspondre à la quantité de l'échantillon à réduire. Les bacs de réception doivent occuper toute la section cloisonnée d'un bout à l'autre. Il est établi que les diviseurs à riffles réglables tels que ceux illustrés par la Figure 9 découpent mieux l'échantillon en moitiés uniformes

   Pour la plupart des échantillons d'engrais solide, les ouvertures des fentes doivent avoir une largeur de 3/8 à 1/2 po (1 à 1,3 cm).

2. Contenants pour échantillons -- En plastique ou en verre, capacité de 500 ml, ouverture large avec bouchon étanche à l'air

3. Procédures
   Réduction des échantillons solides

   **A. Mode d'emploi d'un diviseur à riffles ou d'échantillons**
   1. S'assurer que l'équipement est propre.
   2. Régler le niveau du diviseur pour qu'il ne soit pas incliné.
   3. Placer deux bacs de réception vides sous le diviseur.

**Remarque** : Quel que soit son modèle, quand un diviseur à riffles muni d'une guillotine (Figure 9) est utilisé pour découper l'échantillon, le matériau peut être transféré vers la trémie directement en provenance du contenant collecteur d'échantillon. La nécessité d'un troisième et d'un quatrième bac de réception est éliminée. L'étape 4 est supprimée. Des exigences spécifiques de traitement des étapes 5 et 6 ne sont pas nécessaires car la division de l'échantillon ne survient qu'à l'ouverture de la guillotine.

4. Au besoin, transférer l'échantillon collecté dans un ou deux bas de réception. Chaque bac ne doit pas être rempli à plus de deux tiers. Niveler la surface du bac avant de continuer.

5. Avec les deux mains, positionner le bac contenant l'échantillon dans le sens de la longueur sur le diviseur le plus près possible du centre, aux angles droits des cloisons.

6. Incliner rapidement le bac vers la trémie pour que l'engrais s'écoule uniformément dans le diviseur. Ramasser tout l'échantillon se trouvant dans les bacs sous le diviseur.

7. Si deux bacs sont nécessaires à l'étape 4 pour l'échantillon initial ramassé, faire passer le deuxième bac aux étapes 5 et 6 en laissant les bacs sous le diviseur à l'étape 6. Ramasser tout l'échantillon dans deux bacs. Placer deux bacs vides sous le diviseur et répéter les étapes 5 et 6 au moins deux fois.

8. Si nécessaire, répéter les étapes 5 et 7 jusqu'à réduction de l'échantillon à environ 1 lb (0,5 kg). (Au besoin, retenir la deuxième moitié comme réserve jusqu'à la fin de la préparation de la partie à analyser).

9. Transférer l'échantillon fini dans un contenant hydrofuge et l'étiqueter pour identification. **Remarque** : Le contenant doit être assez grand pour contenir l'ensemble de l'échantillon fini. **Rien ne doit être jeté**.

10. Quand une portion d'échantillon solide doit être envoyée dans un autre laboratoire pour analyse, elle doit avoir un poids de 0,5 lb (0,25 kg ou plus conformément à la méthode n° 2.1.05 de l'AOAC).

11. Nettoyer l'instrument avant de le garder ou de l'utiliser à nouveau.

**Références**

1. Methods of Analysis, 18th Edition, 2005. (Méthodes d'analyse, 18e édition, 2005. AOAC)
2. Manuel d'inspection, AAPFCO.

## DIVISEUR À RIFFLES

**FIGURE 9 : Diviseur à riffles doté d'une guillotine et de deux bacs de réception**

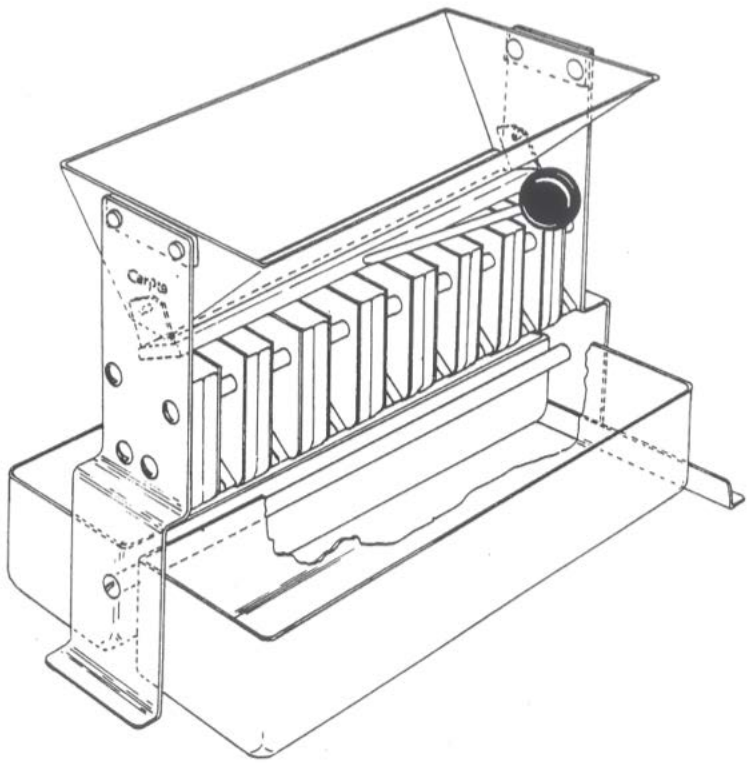
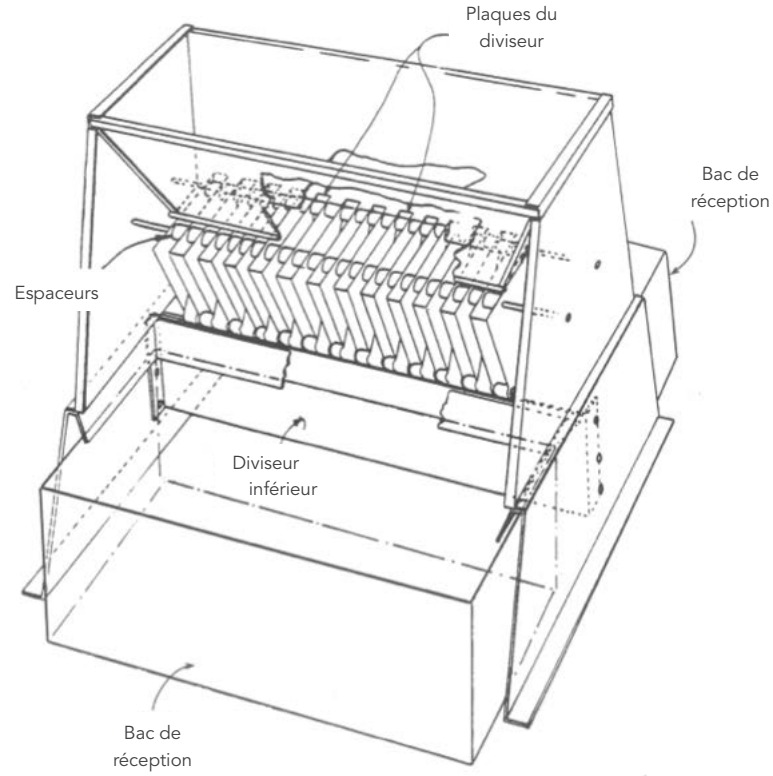


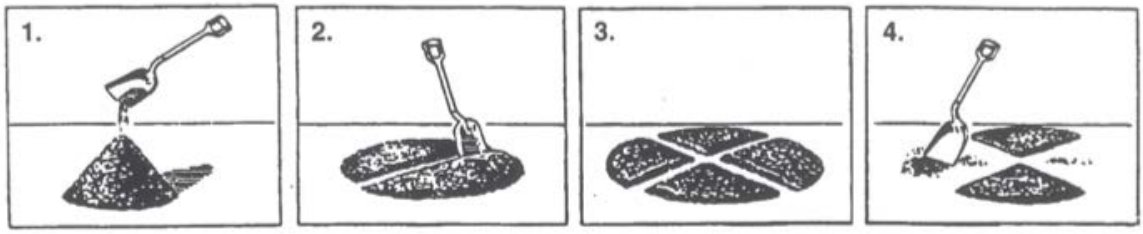
FIGURE 10 : Diviseur d'échantillons ou à riffles dotés de deux bacs de réception



## B. Méthode des quartiers opposés

Certains emplacements ne sont pas bien équipés pour permettre une bonne division de la matière ou de produits. Cependant, même en l'absence d'un équipement, la réduction des échantillons peut se réaliser suffisamment bien pour fournir des informations nécessaires pour appuyer ou réfuter des théories concernant les engrais ou le produit.

FIGURE 11




1. L'échantillon doit être entassé en cône, chaque pelletée versée au milieu du cône se dispersant dans toutes les directions -- cela permet à l'échantillon de se mélanger.

2. Puis, étaler en cercle et aplatir progressivement le tas à l'aide d'une pelle jusqu'à ce que l'épaisseur de l'engrais soit uniforme.

3. Diviser le tas en plat en quarts.

4. Mettre de côté deux quarts opposés.

5. Mélanger à nouveau l'engrais à l'aide d'une pelle pour former un tas en cône, en prenant alternativement des pelletées des deux quarts intouchés. Continuer d'entasser, d'aplatir et de mettre de côté deux quarts jusqu'à réduire l'échantillon à la taille requise.

Quelle que soit la procédure suivie, la portion finale à envoyer au laboratoire devrait avoir au moins un poids de 0,5 lb (0,25 kg). Cette quantité est adaptée pour effectuer une analyse chimique ou déterminer le NRD. L'échantillon doit être bien étiqueté et expédié au laboratoire dans un contenant scellé.

## II.

### TABLEAU H-1 - TAMISAGE DE CONTRÔLE

| TYLER N° | É.U. N° | OUVERTURE mm(1) | ISO SÉLECTION(2) | CHARGEMENT VOLUME(2) |
|---|---|---|---|---|
| 2,5 | 5/16 | 8,00 | 8,00 | 500 |
| 3 | 0,265 | 6,70 | | |
| 3,5 | 3 1/2 | 5,60 | 5,60 | 400 |
| 4 | 4 | 4,75 | | |
| 5 | 5 | 4,00 | 4,00 | 350 |
| 6 | 6 | 3,35 | | |
| 7 | 7 | 2,80 | 2,80 | 240 |
| 8 | 8 | 2,36 | | |
| 9 | 10 | 2,00 | 2,00 | 200 |
| 10 | 12 | 1,70 | | |
| 12 | 14 | 1,40 | 1,40 | 160 |
| 14 | 16 | 1,18 | | |
| 16 | 18 | 1,00 | 1,00 | 140 |
| 20 | 20 | 0,850 | | |
| 24 | 25 | 0,710 | 0,710 | 120 |
| 28 | 30 | 0,600 | | |
| 32 | 35 | 0,500 | 0,500 | 100 |
| 35 | 40 | 0,425 | | |
| 42 | 45 | 0,355 | 0,355 | 80 |
| 48 | 50 | 0,300 | | |
| 60 | 60 | 0,250 | 0,250 | 70 |
| 65 | 70 | 0,212 | | |
| 80 | 80 | 0,180 | 0,180 | 60 |
| 100 | 100 | 0,150 | | |

(1) De A.S.T.M. E-11-87

(2) In « Matières fertilisantes solides -- Tamisage de contrôle. »

I.S.O. 8397 - Tableau 1

Le volume de chargement recommandé est exprimé en centimètres cubes, l'équivalent en grammes pour un produit d'une masse volumique en vrac égale à 1.

## a. Masse volumique en vrac

1. Apparente

### Portée

Méthode courante de détermination de la masse volumique apparente des matières fertilisantes solides.

### Appareillage

1. Boîte de mesure de la masse volumique en vrac (Figure 12), (capacité 1 $pi^3$).
2. Coupe de mesure de la masse volumique en vrac (Figure 13).
3. Balance, capacité adaptée avec sensibilité à 0,1 lb.
4. Règle d'ajusteur, en bois ou en métal ayant une longueur d'environ 15 pouces et une largeur de près de 5 pouces.

### Procédure

Boîte de mesure de la masse volumique

1. Enlever la trémie de remplissage et les barres d'appui, peser la boîte vide et noter le poids le plus proche de 0,1 lb.
2. Monter la trémie de remplissage sur la boîte tarée avec la guillotine fermée sur la sortie de la trémie.
3. Remplir entièrement la trémie de l'échantillon d'engrais ramassé. Sélectionner l'échantillon en utilisant la méthode précédente de réduction des échantillons.
4. Ouvrir la guillotine de la trémie et laisser l'engrais s'écouler par gravité dans la boîte jusqu'à déborder.
5. Enlever la trémie et les barres de soutien de la boîte.
6. À l'aide d'une règle d'ajusteur, enlever le surplus d'engrais en raclant le bord supérieur de la boîte. Cette opération doit se faire sans agiter ou faire bouger le produit dans le contenant.
7. Peser la boîte et son contenu et noter le poids le plus proche de 0,1 lb.

### Calcul

$$\text{Masse volumique en vrac (lb/pi}^3\text{)} = \text{(Poids de la boîte + contenu) - poids de la boîte}$$

### Procédure

Coupe de mesure de la masse volumique

1. À partir du contenant adapté, remplir la coupe jusqu'à déborder.
2. À l'aide d'une règle d'ajusteur, enlever le surplus d'engrais en raclant le bord supérieur de la coupe, sans la damer ou la frapper.
3. Utiliser la coupe illustrée à la Figure 13a. Équilibrer le fléau de la coupe sur une lame de couteau.
   OU
   Utiliser la coupe illustrée à la Figure 13b. Faire glisser le poids à travers le manche pour équilibrer la coupe.
4. Lire lb /$pi^3$ ou les autres étalons directement à partir du manche de la coupe.

2. Masse volumique tassée

**Portée**

Méthode courante pour déterminer les masses volumiques (tassées) des engrais solides à utiliser en combinaison avec des masses volumiques apparentes pour les stocks des produits entreposés en vrac. Il paraît plus réaliste et plus juste d'utiliser le poids moyen, en lb/pi$^3$, de la densité apparente et de la masse volumique en vrac (tassée) pour calculer la quantité de produit dans les stocks entreposés en vra.

**Apparatus**

1. Coupe de mesure de la masse volumique en vrac (Figure 12).
2. Balance, capacité adaptée avec sensibilité au poids le plus proche de 0,1 lb.
3. Règle d'ajusteur, en bois ou en métal ayant une longueur d'environ 15 pouces et une largeur de près de 5 pouces.

**Procédure**

1. Enlever la trémie de remplissage et les barres d'appui, peser la boîte vide et noter le poids le plus proche de 0,1 lb. Sélectionner l'échantillon en utilisant la méthode précédente de réduction des échantillons.
2. Monter la trémie de remplissage sur la boîte tarée avec la guillotine fermée sur la sortie de la trémie.
3. Remplir entièrement la trémie de l'échantillon avec l'engrais ramassé.
4. Ouvrir partiellement la guillotine pour laisser le produit s'écouler dans la boîte et tapoter ou secouer le contenant pour faciliter le compactage pendant le remplissage du contenant.
5. Quand la trémie est vide, continuer de tapoter ou de secouer le contenant pour atteindre un compactage maximal. À l'approche du compactage maximal, réduire progressivement l'intensité du tapotage ou de la secousse jusqu'à l'arrêt total. Ceci réduit le retour de la partie supérieure du produit dans le contenant et permet un compactage plus uniforme de la masse.
6. Enlever la trémie et les barres de soutien de la boîte.
7. À l'aide d'une règle d'ajusteur, enlever le surplus d'engrais en raclant le bord supérieur de la boîte d'un seul coup.
8. Peser la boîte et son contenu et noter le poids le plus proche de 0,1 lb.

**Calcul**

Masse volumique en vrac (tassée), lbs./pi$^3$ = (Poids de la boîte + contenu) - poids de la boîte

FIGURE 12 : Boîte de mesure de la masse volumique en vrac

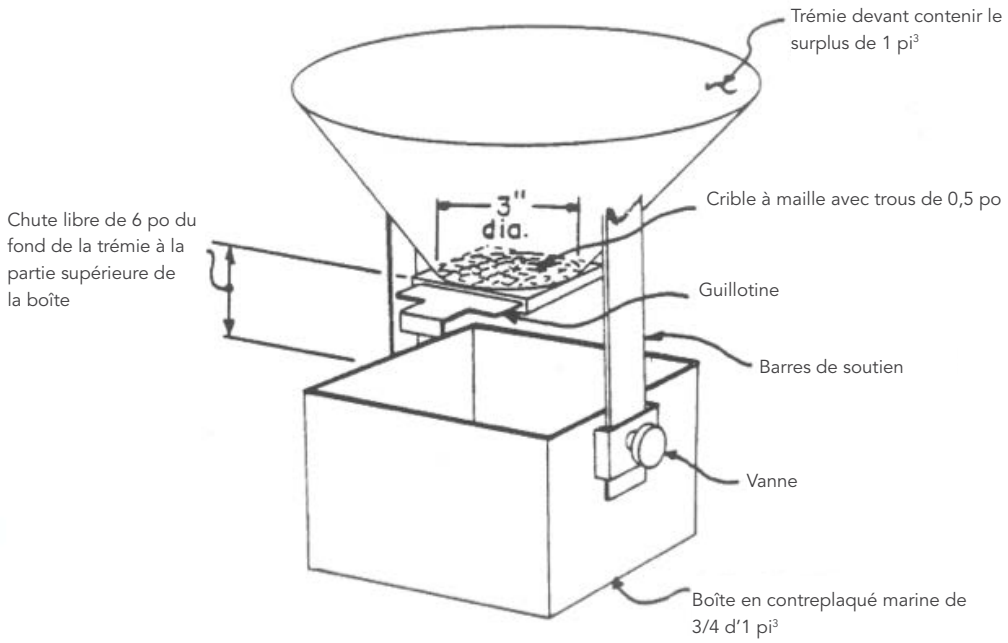
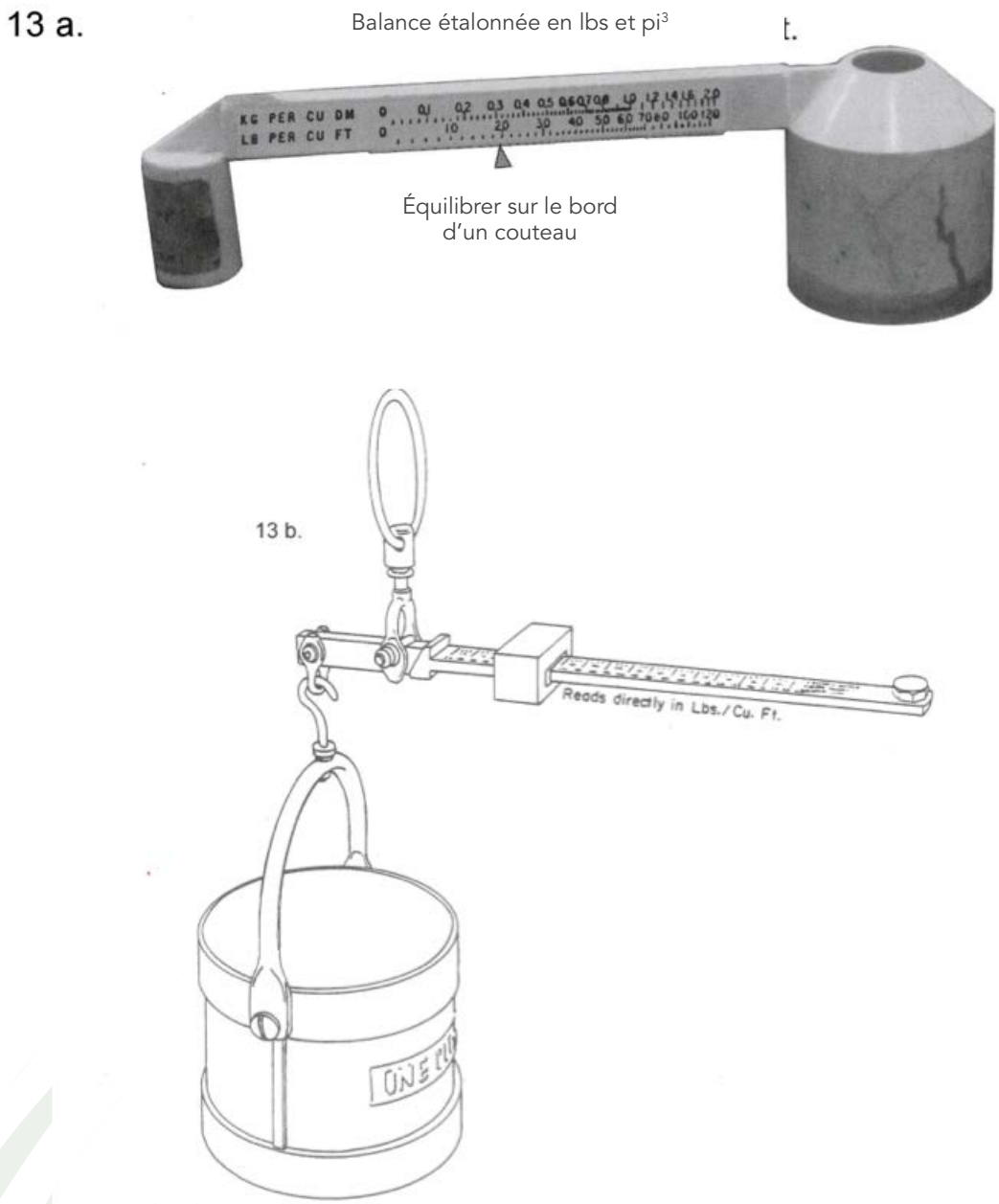


Figure 13 : Coupe de mesure de la masse volumique en vrac



# FICHE DE FORMULATION DE MÉLANGE

CLASSE _____ DATE _____

FORMULE N$^{O}$ _____

USINE _____ PREPARÉ PAR _____

| LIVRES | TOTAL PARAMÈTRE | PRODUITS | ANALYSE DU PRODUIT % | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | MgO | | | COÛT DU PRODUIT PAR TONNE | COÛT DU PRODUIT PAR LIVRE | LIVRES | COÛT DE LA MATIÈRE DE LA FORMULE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | TOTAL : | | UNITÉS D'ALIMENTS VÉGÉTAUX | | | | | | | | TOTAL | | |

## DÉCOMPOSITION DE L'AZOTE

| TOTAL « N » | $NO_3$ | $NH_3$ | WSO | WISO | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

## ÉLÉMENTS MINEURS

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |

## Manutention et mélange d'engrais enrobés

Les propriétés de libération lente des engrais enrobés peuvent être dégradées par un mélange d'engrais ordinaires et l'équipement de manutention. La destruction de la fin couche de matières solubles entraînera une très mauvaise libération des nutriments et un mauvais rendement du produit. On peut limiter cette dégradation par un choix judicieux de l'équipement et une bonne manutention des produits. Les contraintes pouvant influencer négativement les propriétés de libération lente des engrais enrobés sont les suivantes : chutes en hauteur, chutes sur surfaces dures avec angles plats, élévateurs rapides, mélangeurs avec pièces internes rapides, transporteurs à vis ou à raclettes avec angles ou goulots d'étranglement causant une forte pression sur les palettes ou les surfaces à vis.

### *Choix de l'équipement*

Il faut choisir avec grand soin tout équipement destiné à une usine dans laquelle des engrais enrobés à libération lente sont manutentionnés. Une manutention en douceur est possible si on utilise dans la mesure du possible des courroies pour déplacer les produits, réduit les vitesses et la hauteur des chutes.

### *Contrôle*

Le contrôle du produit enrobé pendant le processus de mélange est très important pour déterminer si une dégradation se produit et la déceler. Des échantillons devraient être prélevés à chaque point d'accès possible, mais absolument de la benne de stockage après le déchargement, le mélange et l'ensachage. L'usine de mélange peut travailler en collaboration avec le fabricant d'engrais enrobés ou un laboratoire indépendant spécialisé dans la réalisation des mesures de libération lente pour évaluer les changements subis par les propriétés de libération lente. Le contrôle périodique des propriétés de libération lente du produit fini devrait s'effectuer régulièrement pour confirmer les bonnes pratiques de manutention et les libellés des étiquettes.

### *Modifications*

ISi on constate un problème sur une opération ou sur un instrument quelconque, des dispositions doivent être prises pour réduire les dommages occasionnés sur les produits. Elles peuvent comprendre l'utilisation de matériaux de rembourrage tels que les courroies transporteuses dans les goulottes, la réduction de la vitesse de chute des matières en diminuant la hauteur ou les angles des goulottes, les goulottes de descente en e-z, la réduction de la vitesse du mélangeur, le reconditionnement ou le remplacement des transporteurs à vis ou des chaînes de traînage, la conversion des élévateurs en modèle continu à godets ou des améliorations semblables. Certains élévateurs utilisent des godets plastiques qui n'altèrent pas les enrobages autant que les godets métalliques.

### *Conseils pratiques pour l'entreposage et la manutention*

En ramassant les produits enrobés dans une benne ou d'un tas stocké à l'aide d'une chargeuse-pelleteuse, s'assurer que la pelle ne touche pas le sol. Assembler la matière éparpillée en utilisant un balai et non la pelle de l'engin. Éviter de monter sur le produit avec la pelleteuse ou de faire tourner les roues pour forcer la pelle dans le tas. Réduire au minimum le nombre de balayage du produit enrobé répandu au sol et prendre en compte les éventuels dommages dans le traitement des matières déjà manutentionnés. Très souvent, il est possible et plus efficace d'utiliser des sacs d'expédition en vrac pour le transport, la manutention et le stockage

des engrais enrobés. Quand ils sont utilisés efficacement, ces sacs peuvent réduire considérablement la perte de matières premières importantes. Procéder à des inspections régulières et minutieuses de la benne et de l'équipement.

CANADIAN FERTILIZER INSTITUTE
INSTITUT CANADIEN DES ENGRAIS

INSTITUT CANADIEN DES ENGRAIS
350 RUE SPARKS, SUITE 907
OTTAWA, ON K1R 7S8

TÉLÉPHONE: (613) 230-2600
TÉLÉCOPIE: (613) 230-5142
COURRIEL: INFO@CFI.CA