

Avant propos

L'évolution des exigences des clients suite aux conditions économiques et environnementales a conduit à l'augmentation du nombre des qualités marchandes.

La satisfaction des nouvelles exigences se traduit par une reconnaissance parfaite et rapide du minerai (échantillonnage, analyse etc.).

Devant la complexité de prélever un échantillon représentatif, la recherche d'une méthode adéquate d'échantillonnage devient nécessaire et prioritaire.

Notre objectif est d'établir une étude critique de la méthodologie d'échantillonnage aux parcs humide et sec de BENI IDIR.

Pour ce faire, le plan suivant a été suivi :

- Analyse du mode actuel d'échantillonnage
- Identification des sources principales d'erreurs
- Proposition d'actions faisables d'amélioration.

Remerciements

*Je tiens à remercier **Mr. Abderahman ETAHIRI** responsable de l'antenne CR/UM à Khouribga, pour m'avoir accueilli et veillé au bon déroulement de mon stage ainsi qu'à son aide très précieuse pour l'élaboration de ce projet. Veuillez croire en ma gratitude.*

*Monsieur **ABDELATIF ANAFLI** ingénieur d'exploitation à BENI IDIR pour m'avoir donné les moyens et l'assistance nécessaires à la réalisation de ce travail. Veuillez croire en ma haute considération*

Je souhaite également faire part de ma reconnaissance au personnel de BENI IDIR pour l'aide et l'assistance sous lesquelles ce travail n'aurait pas abouti.

Tous les membres du jury pour avoir voulu juger ce travail.

Table des matières

AVANT PROPOS.....	1
REMERCIEMENTS.....	2
TABLe DES MATIERES.....	3
PROGRAMME DE STAGE.....	5
I - PRESENTATION DE L'UNITE DE BENI-IDIR.....	6
1. UNITE DE SECHAGE:.....	6
2. UNITE DE CALCINATION :.....	6
3. UNITE D'ENRICHISSEMENT A SEC EAS :.....	6
4. PARC HUMIDE :.....	6
5. STOCK SEC :.....	7
II - THEORIE D'ECHANTILLONNAGE.....	8
II. 1 GENERALITE.....	8
2.1.1. Taux d'échantillonnage.....	8
2.1.2 Relation entre la masse de l'échantillon et sa granulométrie.....	8
2.2 ERREUR D'ECHANTILLONNAGE.....	10
2.2.1 Erreur fondamentale (e).....	10
2.2.2 Erreurs opératoires.....	10
2.3 QUALIFICATION D'UN ECHANTILLON.....	11
2.3.1 Caractérisation d'un échantillon en fonction des conditions de réalisation.....	12
2.3.2 Qualification d'un échantillonnage en fonction des propriétés de l'erreur.....	12
2.4 ECHANTILLONNAGE PAR PRELEVEMENT.....	12
2.4.1 Extraction d'un échantillon non probabiliste.....	13
2.4.2 Extraction d'un prélèvement probabiliste.....	13
2.4.3 Constitution d'un échantillon moyen brut à partir des prélèvements effectués.....	14
III - APPLICATION DE LA THEORIE D'ECHANTILLONNAGE A LA TECHNIQUE UTILISEE A PMK.....	14
3.1 INFLUENCE DE LA GRANULOMETRIE.....	14
3.2 INFLUENCE DU DEBIT ET DE L'OUTIL DE PRELEVEMENT SUR LA QUANTITE PRELEVEE.....	16
IV - PROBLEMATIQUE D'ECHANTILLONNAGE A BENI-IDIR.....	16
4.1 PARC HUMIDE.....	16
4.2 STOCK SEC.....	17
V - ECHANTILLONNAGE A BENI-IDIR.....	18
5.1 MOYENS HUMAINS PAR SECTEUR.....	19
5.2 MOYENS MATERIELS.....	19
5.3 ECHANTILLON GLOBAL.....	19
5.4 ECHANTILLONNAGE AU PARC HUMIDE.....	21
5.5 ECHANTILLONNAGE AU STOCK SEC.....	23
5.6 CONSTATATIONS ET ANALYSES.....	25
5.6.1 Échantillonneur automatique.....	25
5.6.2 Échantillonnage manuel.....	26
5.6.3 Échantillonnage par sonde.....	26
5.6.4 Erreur opératoire de préparation de l'échantillon global.....	26
5.6.6 Autres paramètres pouvant influencer la qualité d'échantillonnage.....	27
VI - ETUDE D'HOMOGENEITE.....	28
6.1 ETUDE D'HOMOGENEITE 1.....	28
6.2 ETUDE D'HOMOGENEITE 2.....	29
VII - LES SOLUTIONS PROPOSEES.....	31
7.1 PROPOSITION 1 :.....	31

7.2 PROPOSITION 2 :	33
VIII - NOUVEAU SYSTEME D'ECHANTILLONNAGE	34
CONCLUSION	37
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	38

Programme de stage

Non & Prénom de l'agent stagiaire : **Faissal SAIDI**

Spécialité : **Génie Chimique**

Diplômes : **Maîtrise des Sciences et Techniques
(FST Mohammadia)**

Délivré par : **Faculté des Sciences et Techniques
(FST Mohammadia)**

Code : **X5050**

Stage pratique de confirmation : **PMK/T (Beni Idir)**

Service d'affectation : **DRI/R**

Date de prise de service: **04/09/06**

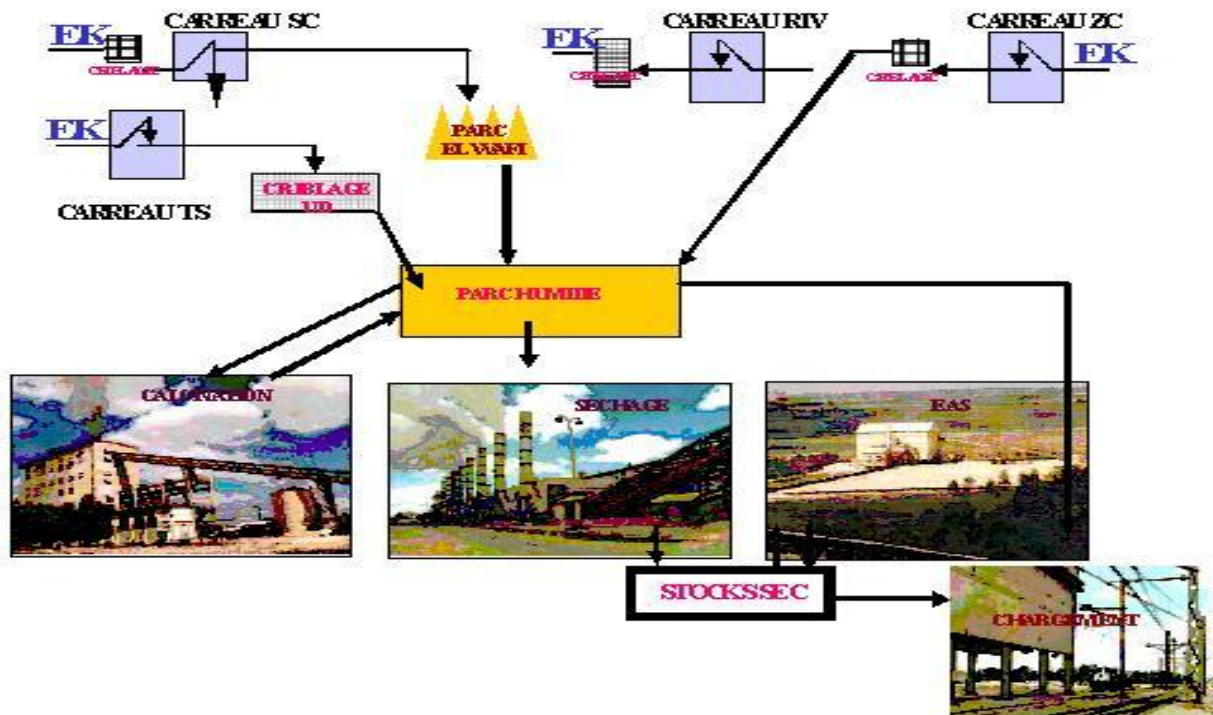
Nom du responsable du stage : **Mr Abderahman ETAHIRI**

Sujet de stage

Etude critique des méthodes d'échantillonnage utilisées aux parcs humide et sec de BENI IDIR et propositions d'actions d'amélioration.

I - Présentation de l'unité de BENI-IDIR

L'unité de BENI-IDIR a démarré en 1965 dans le but de traiter le phosphate extrait. On peut subdiviser les installations du secteur de Beni-idir en cinq unités à savoir :



Unités de logistique et de traitement de la division traitement BENI-IDIR

1. Unité de Séchage:

Le séchage du phosphate consiste à enlever par évaporation l'excès d'humidité que contient le minerai, il nécessite une source de chaleur très élevée (950°C) produite par un sécheur cylindrique rotatif équipé des augets et de palettes pour faciliter le malaxage et l'avancement du phosphate.

2. Unité de calcination :

Pour répondre aux exigences des clients demandant un CO₂ très bas, l'usine de calcination traite le phosphate sous une température de 820°C pour dégager le CO₂.

3. Unité d'enrichissement à sec EAS :

Cette unité traite le phosphate dont la teneur en BPL est faible. Comme les fines sont pauvres en BPL, la méthode consiste à éliminer les tranches faibles en teneur BPL.

4. Parc humide :

Le parc humide assure l'alimentation permanente des unités de traitement par les qualités sources avec une capacité de 240 000 tonnes. Il est équipé de quatre roues-pelles et de deux stackers :

- ✓ RP1 et RP2 sont des roues-pelles orientables avec un débit horaire moyen de 2400 t/h.

- ✓ RP3 et RP4 sont des roues-pelles non orientables et ont respectivement un débit horaire de 700 t/h et 500 t/h.
- ✓ Deux stackers chacune à deux flèches



Roue-pelle



Stacker

Le parc humide est constitué de quatre stocks :

stock	capacité
QC	70 000 tonnes
QB	76 000 tonnes
KR	70 000 tonnes
KB	10 000 tonnes

Les qualités sources stockées au parc humide de BENI IDIR

Désignation	Abréviation	Teneur en BPL
Super haute teneur	SHT	BPL>75%
Très haute teneur	THT	73%<BPL<75%
Haute teneur normale	HTN	71.5%<BPL<73%
Haute teneur moyenne	HTM	69.5%<BPL<71.5%
Moyenne teneur	MT	68%<BPL<69.5%
Basse teneur	BT	61%<BPL<68%
Très basse teneur	TBT	54%<BPL<58%
Podzolisé	PDZ	BPL<58%

Pour des contraintes de fabrication des qualités marchandes répondant aux exigences des clients, la sélectivité au niveau de PMK/P a été poussée à déterminer d'autres qualités sources à savoir : la HTFC (faible cadmium) ou BT* (forte silice)...

5. Stock sec :

Il est alimenté par deux axes avec un débit de 1600 t/h chacun (QM et KN). Le stock sec est constitué de trois hangars (QO, QS et KP) leur capacité est de 30 000 tonnes chacun. Chaque stock est constitué de travées numérotées (de 1 à 32) au-dessus desquelles existent les tunnels de soutirage pour l'alimentation de chargement des trains. Le produit une fois séché avant de rejoindre le stock subit une opération de criblage dans la station de criblage constituée de quatre cribles à deux étages de mailles (10*10) et (6*6) mm . Chaque crible à une surface criblante de 11.2 m² et une capacité de 1000 t/h.

🔗 **Stock KP :** le produit stocké de faible en BPL alimente les unités d'enrichissement à sec.

- ↩ **Stock QO :** le produit stocké est destiné à l'expédition, en cas de non satisfaction des exigences, il peut subir un mélange avec d'autres qualités afin de le rendre marchand.
- ↩ **Stock OS :** il est réservé aux produits enrichis afin d'être mélangés avec d'autres qualités.

II - Théorie d'échantillonnage

II. 1 Généralité

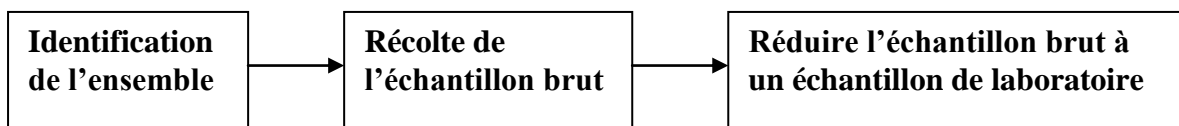
L'analyse chimique s'effectue en générale sur une petite fraction du produit dont on souhaite étudier la composition. Pour que les résultats de l'analyse soient le plus précis, il faut évidemment que la composition de cette fraction reflète le mieux possible la composition moyenne de l'ensemble de l'échantillon global. Le processus permettant d'obtenir la fraction représentative est appelé échantillonnage. C'est souvent l'étape la plus difficile du processus analytique et l'étape qui limite l'exactitude de l'analyse. Cette constatation se vérifie surtout lorsque le matériau à analyser représente un grand volume hétérogène.

Le produit final de l'étape d'échantillonnage est une quantité de matériau homogène de quelques grammes, voir quelques centaines de grammes, qui constituent à peine $\frac{1}{10^7}$ ou $\frac{1}{10^8}$ du matériau dont on cherche la composition.

Toutefois, cette fraction minuscule qui constitue l'échantillon du laboratoire doit avoir, autant que possible, une composition identique à la composition moyenne de la masse totale. Si la qualité de matière à échantillonner est grande et sa composition est hétérogène par nature, comme le cas de minerai du phosphate, l'obtention d'un échantillon représentatif est une tâche extrêmement ardue. La fiabilité de l'analyse ne peut évidemment pas dépasser celle de l'échantillonnage et l'analyse soignée d'un mauvais échantillon n'est que peine perdue.

L'échantillonnage comporte 3 étapes :

- 1- identification de l'ensemble dont il faut tirer un échantillon
- 2- récolte d'un échantillon brut vraiment représentatif de l'ensemble
- 3- réduction de l'échantillon brut à quelques centaines de grammes d'un échantillon de laboratoire homogène qui sera analysé.



Etapes requises pour obtenir un échantillon de laboratoire

2.1.1. Taux d'échantillonnage

$$\text{Taux d'échantillonnage} = \frac{\text{masse d'échantillon}}{\text{masse lot échantillonné}}$$

2.1.2 Relation entre la masse de l'échantillon et sa granulométrie

Le premier souci des chercheurs a été d'associer un poids minimal d'échantillon à la dimension des fragments les plus grossiers de la matière échantillonnée. Dès 1885 Brunto proposait une loi en d^3 , de la forme :

$$ME = Kd^3$$

ME : masse minimale de l'échantillon à prélever

d : dimension des plus gros fragments

K : constante universelle (k varie d'un minerai à l'autre)

En 1964 Becker propose une expression très solide dérivée du model multi-nominale, celui de l'échantillonnage équiprobable conduisant à une expression de la forme :

$$ME = \frac{C}{\sigma_0^2} d^3$$

C : constante qu'on peut estimer si l'on connaît les caractéristiques du minerai

σ_0^2 : la variance de l'erreur relative tolérée

Avec **C = c . l . f . g**

a) *Paramètre minéralogique « c » (g/ cm³)*

Il traduit l'influence de constitution de la matière. Plus le produit est riche plus « c » est très faible et inversement.

<i>Produit noble</i>	<i>Gangue</i>
t : teneur ρ_n : masse volumique	ρ_g : masse volumique

$$c = \frac{1-t}{t} [(1-t)\rho_n + t\rho_g]$$

Cette formule peut être simplifiée dans certains cas particuliers :

Conditions	Expression simplifiée de « c »
Lorsque les masses volumiques sont peu différentes : $\rho_n = \rho_g$	$C = \rho_m (1-t)/t$ $\rho_m = 1/2 (\rho_n + \rho_g)$
Lorsque le minerai est très riche	$C = (1-t) \cdot \rho_g$

b) *Paramètre de libération (l) : sans dimension*

Il traduit l'influence de la structure de la matière et du degré de libération de ses constituants. Contrairement à « c », on ne peut pas le calculer directement ; « l » varie en sens inverse de « d ». Le concassage et le broyage augmentent « l ». Pratiquement on adoptera les valeurs de « l » en fonction du rapport « d/d_l » : (d_l est la dimension à laquelle il faudrait broyer le minerai pour libérer ses constituants minéralogiques.

d/d _l	<1	1à3	3à10	10à30	30à100	100à300	>300
L	1	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02

c) *Paramètre de la forme (f) : sans dimension*

C'est le rapport du volume réel d'un fragment au volume du plus petit cube susceptible de le contenir. Pour une sphère f vaut 0.52 pour des fragments compacts on peut retenir très généralement f=0.50

d) *Paramètre de resserrement granulométrique*

Dans la théorie, ce coefficient est lié au paramètre d³, grandeur proche du volume des plus gros fragments. En pratique, ce coefficient est déterminé par des évaluations numériques, faites à partir de plusieurs observations expérimentales. On peut retenir les valeurs suivantes :

Population naturelle ou issue d'une fragmentation sans criblage	:	$g = 0.25$
Population calibrée vers le haut (passant d'un crible)	:	$g = 0.40$
Population criblée vers le bas (refus d'un crible)	:	$g = 0.5$
Fragments ayant tous le même d	:	$g = 1.0$

2.2 Erreur d'échantillonnage

Suivant la cause qui leur donne naissance, les erreurs d'échantillonnage se repartissent selon deux grandes classes ;

- L'erreur fondamentale,
- Les erreurs opératoires.

L'erreur totale lors d'un échantillonnage est donnée par la somme de toutes les erreurs composantes.

2.2.1 Erreur fondamentale (e)

Soit t_l : la teneur réelle d'une composante a dans le minerai

t_e : la teneur de la composante a dans l'échantillon

$$e = \frac{t_e - t_l}{t_l}$$

e : erreur qui subsiste encore une fois les conditions matérielles de l'échantillonnage sont réalisées

2.2.2 Erreurs opératoires

Les erreurs opératoires peuvent provenir :

- Du mode opératoire de l'échantillonnage.
- De l'appareil d'échantillonnage.
- De l'opérateur lui-même.

a) Erreur systématique

Pour déterminer la teneur d'un échantillon de l'un des minéraux constitutifs, une différence de friabilité existe entre le minerai à valoriser et la gangue qui l'accompagne. On observe soit un enrichissement, soit un appauvrissement des fractions.

Si par ailleurs, l'outil d'échantillonnage est d'une dimension ou d'une forme telle que certaines fractions granulométriques sont défavorisées au cours de l'échantillonnage. On observe une déformation systématique de la composition granulométrique de l'échantillon et par conséquent, une déformation systématique de la teneur de l'échantillon.

b) Erreur de groupement

L'erreur totale prend sa valeur minimale quand les fragments sont prélevés un par un. Quand on les prélève en groupe, ce qui est le cas plus fréquent, à cette erreur minimale vient s'ajouter une autre erreur que nous désignons sous le nom : Erreur de groupement.

Il existe six classes d'erreurs de préparation voir tableau ci-dessous.

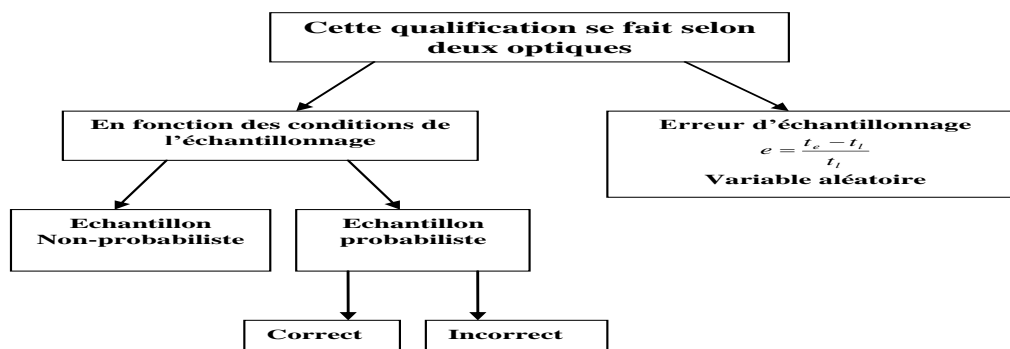
1) Erreur par contamination	2) Erreur par perte de matière
Les principales sources de contamination sont : les poussières extérieures, les matières présentes sur le circuit d'échantillonnage avant l'opération (mauvais nettoyage).	-Débordement de l'appareillage - Emission de poussière - Nettoyage incomplet de l'appareillage après usage.
3) Altération de la composition chimique	4) Altération de la composition physique
Sauf cas particulier, au moins pour les matières minérales, le séchage devra être fait en étuve ventilée et réglée à 105-110°C. Les plaques chauffantes, bains de sable et autre tubes à infrarouges devront être évités ou utilisés avec grandes précautions.	- Intempéries, absorption d'humidité atmosphérique par les produits secs. - Altération de la granulométrie par destruction des fragments grossiers. (extraction des trémies, roulement sur pentes inclinées ect.).
5) Fautes opératoires involontaires	6) Altération volontaire de l'échantillon
- Maladresse - Manque de rigueur - Manque d'expérience - Négligence (renverser un échantillon et le ramasser, se tromper d'étiquette ou de flacon)	Opérateur est de mauvaise foi.

2.3 Qualification d'un échantillon

On peut qualifier un échantillon en posant l'une des deux questions :

- 1** : *comment faire pour avoir un échantillon représentatif ?*
 - C'est l'optique à priori
- 2** : *est ce que l'échantillon qu'on prélève est représentatif ?*
 - C'est l'optique à posteriori

La première question permet de qualifier un échantillon en fonction des conditions de prélèvement et la seconde, permet de juger l'échantillon à partir des erreurs engendrées.



2.3.1 Caractérisation d'un échantillon en fonction des conditions de réalisation.

Un échantillon se caractérise par :

Un Echantillon non probabiliste : quand il n'est pas fondé sur la notion de la probabilité de prélèvement; quand certains éléments constitutifs ont une probabilité nulle d'être sélectionnés au profit de l'échantillon.

Un Echantillonnage probabiliste : quand il donne à chacune des unités constitutives du lot une certaine probabilité non nulle d'être prélevés

Un Echantillon correct : quand il donne à toutes les unités du lot une probabilité uniforme d'être prélevées et à toutes les unités étrangères au lot une probabilité nulle de contaminer l'échantillon

Un Echantillon incorrecte : quand l'une au moins de ces deux conditions (échantillon correcte) n'est pas satisfaite.

2.3.2 Qualification d'un échantillonnage en fonction des propriétés de l'erreur

On juge de l'efficacité d'une sélection d'après les propriétés statistiques de l'erreur qui résulte de la substitution de l'échantillon sélectionné E à son antécédent L.

Soit t_l : la teneur réelle, inconnue, du composant A dans le lot L

t_e : la teneur réelle, inconnue, du composant A dans l'échantillon E

e : erreur relative d'échantillonnage

$$e = \frac{t_e - t_l}{t_l} \quad \text{C'est une variable aléatoire.}$$

Un échantillonnage est (ou serait) dit :

<i>Exact</i> :	si l'on observait : e identique à 0 : $t_l = t_e$
<i>Strictement juste</i> :	si l'on observait : $m(e) = 0$
<i>Pratiquement juste</i> :	quand : $ m(e) < m_0$
<i>Reproductible</i> :	quand la variance $s^2(e) < s_0^2$
<i>Représentatif</i> :	quand le carré moyen $r^2(e)$:

$$r^2(e) = r^2(e) + s^2(e) < r_0^2 = m_0^2 + s_0^2$$

Pratiquement, un échantillon est "représentatif" quand il résulte d'une sélection qui est à la fois "juste" et "reproductible".

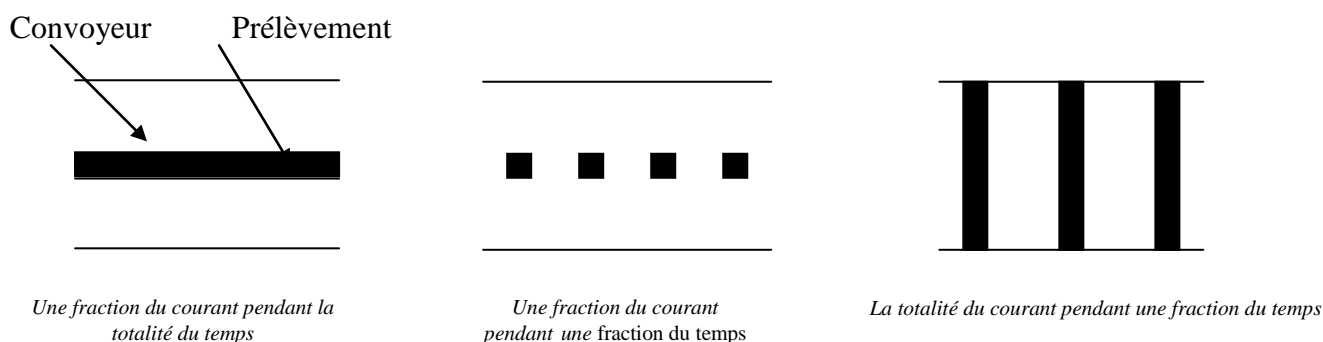
2.4 Echantillonnage par prélèvement

Ce mode d'échantillonnage est réservé aux lots en cours d'écoulement (par exemple minerais de phosphate sur convoyeur). Il réalise un taux d'échantillonnage faible (entre 1/20 et 1/1000, parfois moins).

Si on considère un minerais sur convoyeur, il y a trois façons de procéder. Ainsi on peut prélever :

- La totalité du courant pendant une fraction du temps (probabiliste)
- Une fraction du courant pendant la totalité du temps (non probabiliste)

- Une fraction du courant pendant une fraction du temps (non probabiliste)



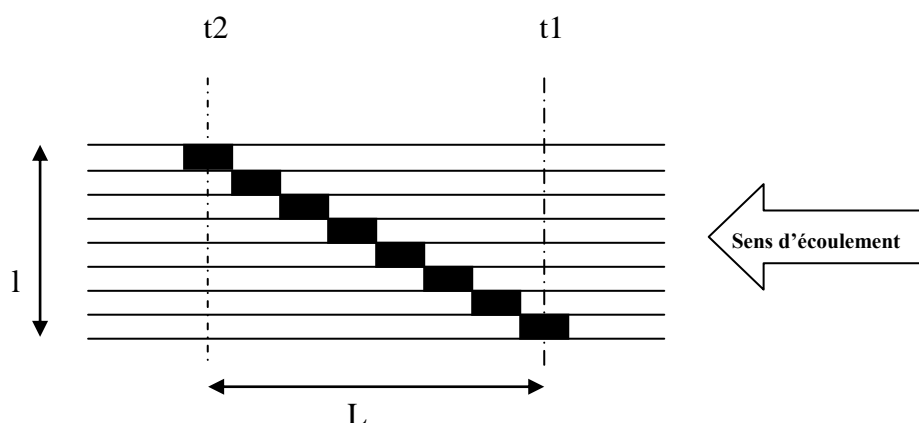
2.4.1 Extraction d'un échantillon non probabiliste

Pratiquement la méthode la plus répandue dans les milieux industriels est l'échantillonnage par par-pillage qui donne naissance à un échantillon non probabiliste. Ceux qui utilisent cette méthode d'échantillonnage supposent que le lot à échantillonner est homogène, donc toutes fractions prélevées de ce lot (qui est supposé homogène) est un échantillon représentatif.

2.4.2 Extraction d'un prélèvement probabiliste

Pour que la découpe de l'échantillon soit correcte, il faut et il suffit que la durée (t_1-t_2) de prélèvement soit uniforme pour tous les filets du courant de matière. Cette tranche est alors délimitée dans l'espace par les faces parallèles qui définissent la découpe correcte.

Si on devise le courant en « n » filet de matière en écoulement



Le prélèvement réalisé est la somme de « n » petits prélèvements effectués sur les « n » filets de la matière s'écoulant par le biais de la bande. Ainsi plus la vitesse de prélèvement est grande, plus le mouvement de ces prélèvements est petit.

Pour l'appareil échantillonneur		
Ces conditions doivent être respectées		
Conditions géométriques	Conditions cinématiques	Condition d'utilisation
Arêtes parallèles	La vitesse du préleveur $V = \text{cte}$	Prélever toute la trace du courant

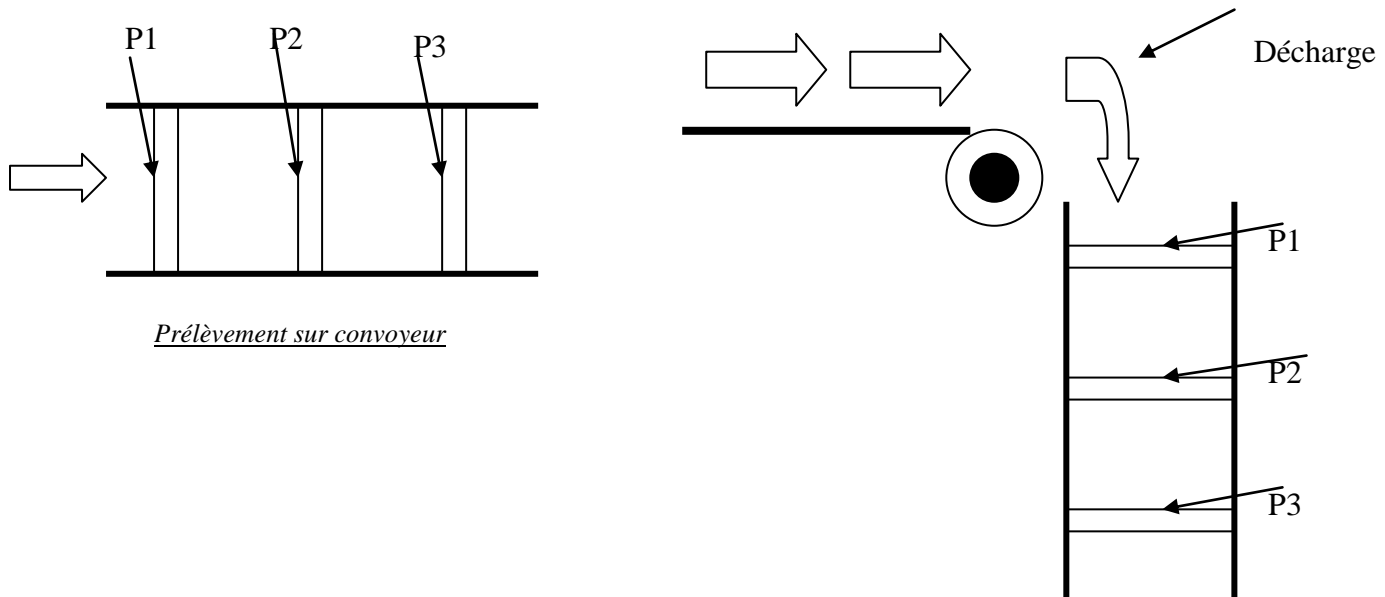
2.4.3 Constitution d'un échantillon moyen brut à partir des prélèvements effectués

On réunit les n prélèvements discrets pour former l'échantillon brut. Cette réunion n'est pas génératrice d'erreur mais en pratique peut engendrer des erreurs de différents types susceptibles d'altérer la composition de l'échantillon.

III - Application de la théorie d'échantillonnage à la technique utilisée à PMK

Au niveau de PMK, on dénombre une trentaine de points de prélèvement du minerai de phosphate, qui peuvent être classés en 2 types :

- prélèvement sur convoyeur
- prélèvement au niveau de la décharge d'un convoyeur,



Prélèvement au niveau de la décharge

Pour que l'échantillon prélevé soit probabiliste et correct il faut que :

- l'outil ait des arêtes parallèles
- la vitesse de prélèvement soit constante
- toute la trace du courant soit prélevée
- l'ouverture de l'outil soit supérieur à 3.d

3.1 Influence de la granulométrie

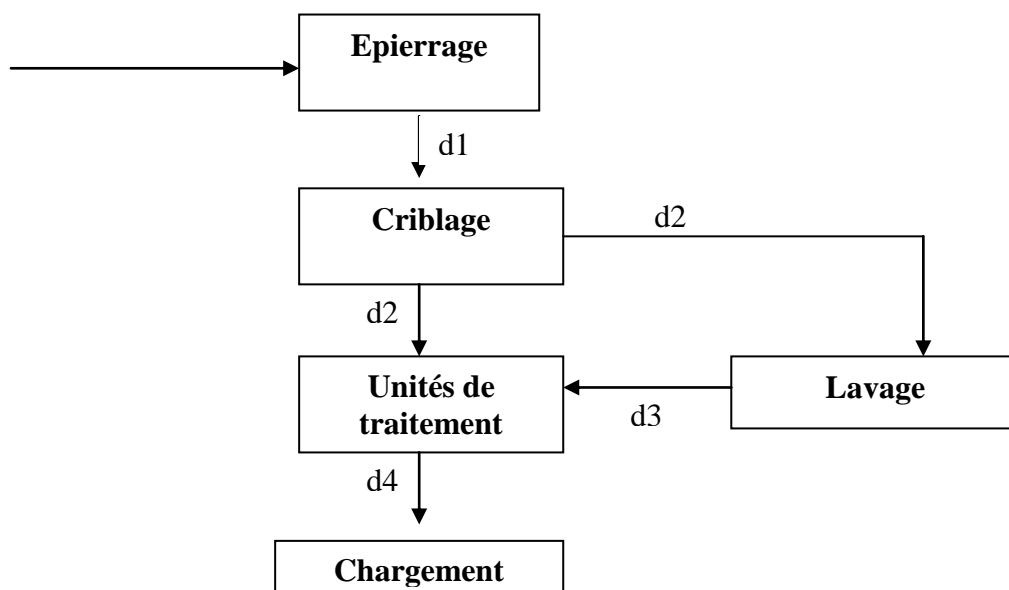
En ce qui concerne le minerai de phosphate à PMK, il peut être caractérisé par 4 dimensions selon le stade de traitement du minerai (voir schéma) :

- Produit épierré d1 (90x90) =90mm
- Produit criblé : d2 (15x50) =15mm
- Produit lavé : d3 (2.5x6) =2.5mm
- Produit sec et marchand d4 (6x6) =6mm

Avec :
$$ME = \frac{C}{\sigma^2_0} d^3 \quad (1)$$

d : dimension de la plus grosse particule.

Donc la granulométrie du produit à échantillonner conditionne l'opération d'échantillonnage



Afin de concrétiser notre approche, on se propose de faire une application qu'on empreinte suivant trois analyses distinctes :

1^{er} cas : influence de la dimension « d » sur la variance

Pour un produit donné et une masse d'échantillon donnée l'expression (1) devient :

$$\sigma_0^2 = K \cdot d^3 \quad \text{avec} \quad K = \frac{C}{ME}$$

Pour pouvoir comparer la variance nous allons prendre comme référence la variance pour le cas du produit épiercé $d = 90\text{mm}$

Ainsi, les autres variances se calculeront comme suit :

$$\sigma^2 = \left(\frac{d}{90} \right)^3 \cdot \sigma_0^2$$

<i>D</i>	<i>Produit épiercé d= 90mm</i>	<i>Produit criblé d= 15mm</i>	<i>Produit séché d= 6mm</i>	<i>Produit lavé d = 2.5 mm</i>
<i>d/90</i>	1	0.1666	0.0666	0.0277
<i>Variance σ^2</i>	σ_0^2	$4.16 \cdot 10^{-3} \sigma_0^2$	$2.9 \cdot 10^{-4} \sigma_0^2$	$2 \cdot 10^{-5} \sigma_0^2$

La justesse de l'échantillonnage est inversement proportionnelle à la granulométrie du produit.

2^{er} cas : influence de la dimension « d » sur la masse à prélever

Pour un produit donné et une variance tolérée, l'expression (1) devient :

$$ME = W \cdot d^3$$

$$W = \frac{C}{\sigma_0^2}$$

Pour pouvoir comparer les masses à prélever nous allons prendre comme référence la masse pour le cas du produit lavé

Ainsi, les autres masses se calculeront comme suit :

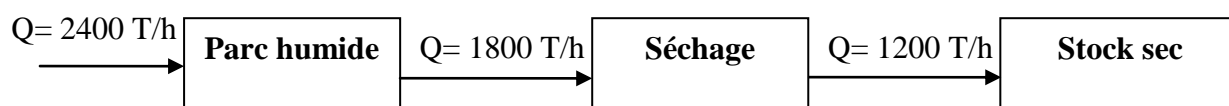
$$ME = \left(\frac{d}{2.5} \right)^3 . ME_{(2.5)}$$

<i>D</i>	<i>Produit lavé d = 2.5 mm</i>	<i>Produit séché d= 6mm</i>	<i>Produit criblé d= 15mm</i>	<i>Produit épierré d= 90mm</i>
<i>d/2.5</i>	1	2.4	6	36
<i>La masse à prélever</i>	ME _(2.5)	13.824 ME _(2.5)	216 ME _(2.5)	46656 ME _(2.5)

La quantité d'échantillon prélevé est proportionnelle à la granulométrie du produit.

3.2 Influence du débit et de l'outil de prélèvement sur la quantité prélevée

Le débit du convoyeur sur lequel on effectue l'échantillonnage varie considérablement d'un point de prélèvement à l'autre.



En prélevant à l'aide d'un outil à faces parallèles d'ouverture « w » muni d'une vitesse, la quantité prélevée est donnée par :

$$Q_{\text{prélevée}} = W \cdot \frac{Q}{V}$$

Avec Q : le débit du produit (kg/s)
 V : vitesse du convoyeur (m/s)
 W : l'ouverture de l'outil de prélèvement (m)

Le tableau ci-après donne par débit, la quantité de matière prélevée pour une ouverture de l'outil de 5 cm, puis 10 cm, (on suppose que la vitesse de la bande est constante)

<i>Débit T/h</i>	<i>1200</i>	<i>1800</i>	<i>2400</i>
<i>Ouverture de l'outil 5cm</i>	6.64 kg	10 kg	13.3kg
<i>Ouverture de l'outil 10 cm</i>	13.3kg	20kg	26.6kg

Dans ces conditions, la difficulté est dans le fait de prélever un seul échantillon dont la masse (en fonction du débit du convoyeur) peut varier de quelques kilogrammes à des dizaines de kilogrammes tout en respectant les conditions d'avoir un échantillon probabiliste et correct.

IV - Problématique d'échantillonnage à BENI-IDIR

4.1 Parc humide

Les qualités sources sont épierrées, criblées puis stockées au niveau de la zone centrale où elles sont reconnues grâce à un échantillonnage manuel. Elles sont transportées par la liaison zone centrale vers Béni Idir (parc humide) où elles sont ensuite soumises à un échantillonnage automatique.

Le tableau ci-dessous représente les écarts des résultats d'analyses des échantillons prélevés, des mêmes qualités, au niveau de la zone centrale et du parc humide.

Qualité	ZONE CENTRALE		PARC HUMIDE	
	BPL(%)	SiO2(%)	BPL(%)	SiO2(%)
BT* C ₁ G	64.2	4.7	64.8	3.66
HTNC ₁	72.4	2.84	70.9	2.92
BT* C ₁ G	64.8	4.35	64.8	3.66
BTC ₂ A	63.4	3.73	64.8	3.52
BT* C ₁ G	62.0	4.82	63.3	3.86
BTC ₂ A	61.8	5.05	64.8	3.52
HTMC ₁	68.2	4.08	71.0	3.14
BT* C ₁ G	62.9	4.51	64.8	2.03
HTNC ₁	73.3	2.37	70.9	2.92
BTC ₂ A	62.3	4.26	63.3	3.86
HTNC ₁	72.7	2.34	70.9	2.92
BTC ₂ A	63.2	4.01	64.8	3.66

4.2 Stock sec

Les qualités sources sélectionnées suivant un programme de fabrication* sont acheminées à l'atelier de séchage. Un soin particulier est apporté pour garantir l'homogénéisation du mélange. Le produit séché est soumis un échantillonnage manuel puis stocké dans des espaces réservés au stock sec.

Le tableau ci-dessous représente les écarts des résultats d'analyses des échantillons prélevés, des mêmes qualités, au niveau du parc humide et du stock sec.

Matrice de fabrication	Qualité source (parc humide)			Résultat prévu		Résultats du stock sec
	Qualité	BPL(%)	SiO2(%)	BPL(%)	SiO2(%)	BPL(%)
K02 Turquie 50% MTSC 50% BTC2A	MTSC BTC2A	66.2 64.26	3.85 3.67	65.23	3.76	67.1
K09 locale 100% MTZ	MTZ	69.0	2.98	69.0	2.98	70.7
K09 locale 40% MTSC 60% MTZC2B	MTSC MTZC2B	68.2 66.2	3.73 4.06	67.0	3.92	68.7
K10 fertibiria 100% HTMSC	HTMSC	67.6	4.33	67.6	4.33	69
K02 locale 50% BTC2A 50% BTRZSA	BTC2A BTRZSA	63.2 69,3	3.40 5.61	66.25	4.5	68
K09 locale 100% MTSC	MTSC	67.0	3.79	67.0	3.79	67.4
K09 Pologne 70% MTSC 30%MTZC2B	MTSC MTZC2B	67.0 69.0	3.79 2.98	67,6	3.54	66.5
K02 locale 40% BTZR 60% BTC2A	BTZR BTC2A	69.3 62.3	5.61 3.37	65.1	4.26	65.5

** C'est un programme piloté par les teneurs BPL et SiO2. Il donne les ratios de mélange entre deux ou plusieurs qualités sources pour assurer la fabrication d'une qualité marchand exigé par le client*

V - Echantillonnage à BENI-IDIR

Les qualités de phosphates traités au niveau de BENI IDIR sont échantillonnées aux différents stades de la production :

- Lors de la mise en stock au parc humide
- Lors de la mise en stock du sec
- Après chargement des trains

En moyenne les échantillons analysés sont de l'ordre de 1Kg, et s'effectue une fois par poste et par qualité source ou marchande.

Les échantillons de BENI IDIR sont analysés au laboratoire principal de PMK installé à Khouribga.

Dans le paragraphe qui suit, nous donnerons un aperçu sur la méthode mise en oeuvre pour l'échantillonnage sur les points de prélèvement en précisant la fréquence de prélèvement des échantillons élémentaires, ainsi que les moyens humains et matériels.

5.1 Moyens humains par secteur

Un effectif de 9 agents assure l'échantillonnage durant les 3 postes de travail sur les différentes installations de manutention et de traitement du phosphate, soit :

- 1 agent par poste au secteur humide (parc humide + aimantation fours)
- 1 agent par poste au secteur sec (sortie fours + mise en stock secs)
- 1 agent par poste au secteur chargement des tains (wagons)

5.2 Moyens matériels

On dispose d'un échantillonnage automatique au parc humide et au niveau de chargement des trains. L'échantillonnage manuel, se fait au stock sec. Chaque poste d'échantillonnage est équipé d'un outillage pour le prélèvement des échantillons élémentaires, le transport des échantillons, le regroupement, l'homogénéisation, le quartage et le conditionnement des échantillons moyens, tout cela avant l'envoi des échantillons aux laboratoires.

Les outils utilisés sont :

- louches pour le prélèvement des échantillons élémentaires
- Troques pour la récupération des échantillons élémentaires
- Diviseur à riffles avec bacs de récupération pour le quartage du produit sec
- Truelles pour l'homogénéisation du produit récupéré
- Sachets en toiles et sachets en plastique pour la conservation des échantillons
- futs avec couvercles pour la constitution d'échantillon global
- Table de décharge pour les manipulations d'homogénéisation et de quartage.

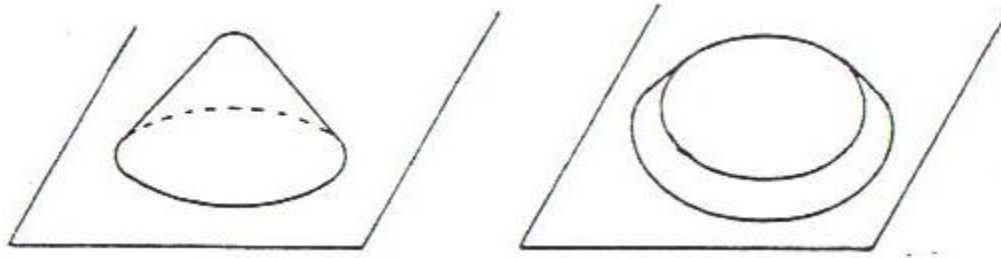
5.3 Echantillon global

L'échantillon global est obtenu par addition des prélèvements élémentaires individuels. Le poids de chaque prélèvement varie de 0.5 à 0.6 Kg. La totalité de chaque produit récupéré subit une opération de partage par quartage ou par diviseur à riffles ;

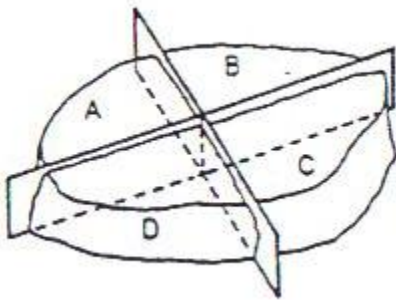
Partage par quartage :

On commence par mettre les prélèvements élémentaires sur un support propre, puis à homogénéiser le lot pour lui donner la forme d'un cône à l'aide d'une truelle.

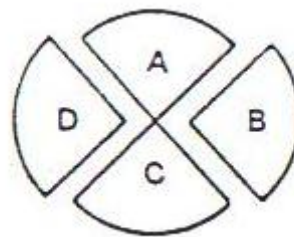
On étale le tout sous forme de pain arrondi que l'on partage en quatre parties égales. Deux parties opposées sont retenues pour former un échantillon de masse réduite de moitié. Cette opération est refaite le nombre de fois nécessaire pour obtenir l'échantillon de masse désirée.



Mélange par constitution d'un cône, écrasement en galette



Gabarit pour délimiter les quatre quartiers

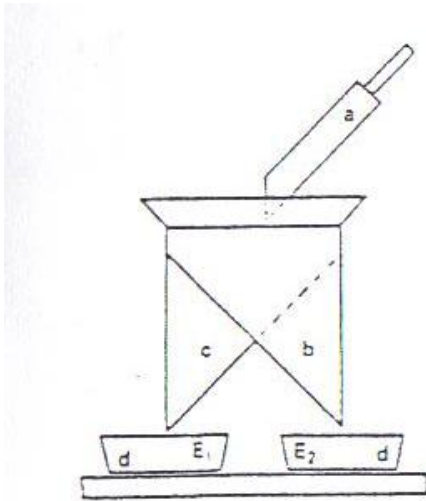


Deux échantillons potentiels : A+C ou B+D

Partage par diviseur à riffles :

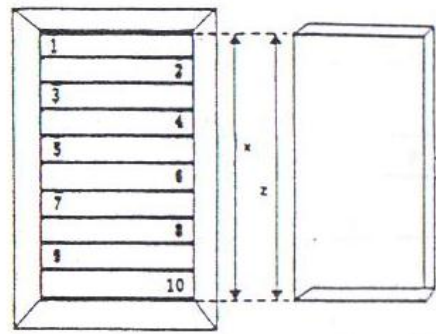
C'est un instrument formé par la juxtaposition d'un certain nombre pair (entre 12 et 20) de couloirs inclinés à 45° , se déversant alternativement vers la gauche et la droite dans deux autres récipients de capacité adéquate. On sélectionne au hasard celle des deux moitiés qui sera retenue comme échantillon. L'opération est répétée autant de fois que nécessaire pour avoir la masse de l'échantillon voulue.





Vue de profil

- a : pelle de distribution
- b : couloirs droite
- c : couloirs gauche
- d : bacs récepteurs



Vue de dessus

L'échantillon est conservé dans un sac en plastique doublé d'un sac en toile.

L'échantillon est désigné par une étiquette indiquant :

- L'unité, le lieu de prélèvement, le repère de stockage, le N° du train pour le chargement
- La date et le poste de l'échantillonnage
- L'origine de produit
- La quantité du produit
- Les analyses demandées

5.4 Echantillonnage au parc humide

L'échantillonnage au parc humide se fait par deux modes de prélèvement selon la qualité stockée :

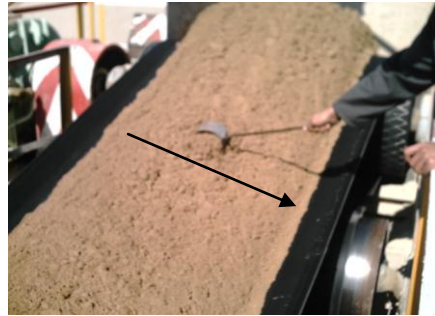
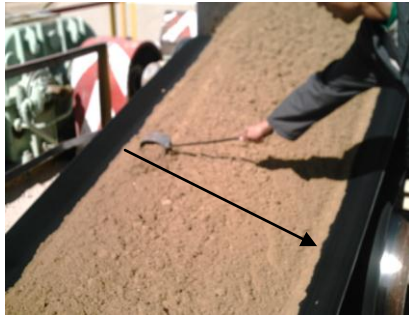
- Échantillonnage manuel : pour la qualité (PDZ)
- Échantillonnage automatique : pour les autres qualités

a) *Echantillonnage manuel*

Le prélèvement de l'échantillon pour la qualité PDZ s'effectue au niveau du convoyeur HR en continu chaque 15 minutes, après la constitution d'un stock de 500 tonnes ou un changement de qualité, les échantillons prélevés subissent une homogénéisation et un quartage.

- **prélèvement d'un échantillon**

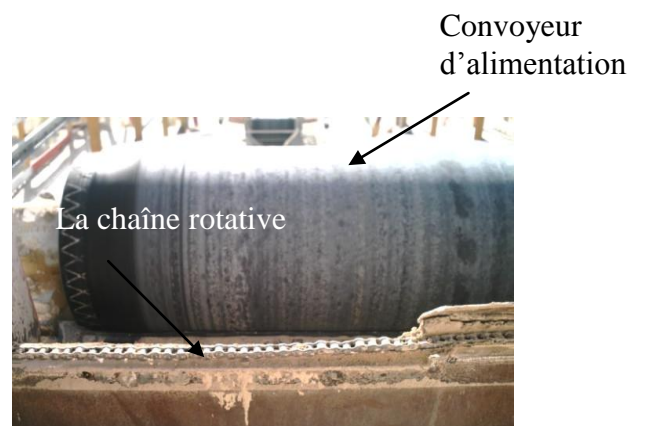
Le prélèvement s'effectue d'une façon latérale par passage d'une louche d'un volume de 0.5 litres sur une section du convoyeur.



Le sens de déplacement de la louche

b) Echantillonnage automatique

L'échantillonneur automatique est une chaîne rotative, entraîné par moteur électrique, il permet de prélever des échantillons de produit en cours de stockage d'une manière continue et régulière.



Echantillonneur en arrêt

L'échantillonneur automatique se situe au niveau de la goulotte de la stockeuse à la jetée du produit entre les convoyeurs HR- PL



Positionnement de l'échantillonneur

Les différentes étapes de prélèvements

- 1) déversement du produit sur l'échantillonneur.
- 2) remplissage des mailles.
- 3) récupération des prélèvements dans un seau.



Echantillonneur en marche

Après le déplacement de la stockeuse de 10 m (qui correspond à 2000 T) ou un changement de qualité, les échantillons prélevés subissent une homogénéisation et un quartage pour avoir un échantillon global.

Tableau récapitulatif

Lieu de prélèvement	Fréquence de prélèvement	Constitution de l'échantillon global	Envoie au laboratoire	Matériel existant
Convoyeurs HR-PL	En continu pour toutes les qualités (Système chaîne) sauf pour le podzolisé (échantillonnage manuel chaque 15 mn)	Homogénéisation et quartage après 10 m de stockage ou changement de qualité pour obtenir l'échantillon destiné aux analyses (de l'ordre de 1 Kg). Pour le podzolisé après stockage de 500 tonnes	1 fois/jour à 6h00	<ul style="list-style-type: none">- 1 Louche- 1 Truelle- 2 Seaux- Morceau de bande pour quartage

Remarque

L'échantillonnage manuel est spécifique à la qualité PDZ en raison de sa richesse en stérile. L'échantillonneur automatique ne prélève pas le stérile ayant un diamètre supérieur à celui de la maille de l'échantillonneur.

5.5 Echantillonnage au stock sec

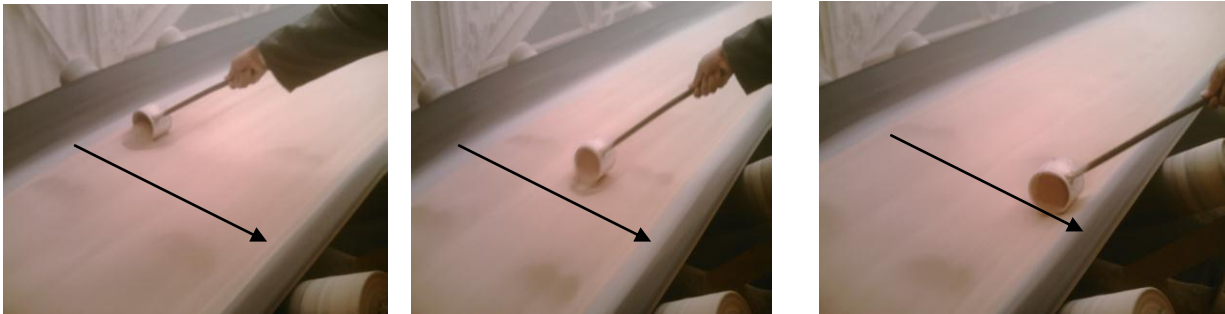
Le prélèvement de l'échantillon au stock sec s'effectue en continu selon les fréquences consignées ou un changement de qualité, Les échantillons prélevés subissent une homogénéisation et un partage par rifflage pour constituer l'échantillon global.

a) Stock QS

Le lieu du prélèvement du stock QS est sur le convoyeur QS. La fréquence de prélèvement est de 30 min, un premier échantillon global représentant une travée, et un deuxième échantillon représentant un groupe de 4 travées sont destinés aux analyses.

- prélèvement d'un échantillon

Le prélèvement s'effectue d'une façon latérale par passage d'une louche d'un volume de 0.5 Litres sur une section du convoyeur.



b) stock KP ; QO

- 1^{er} mode d'échantillonnage



Échantillonneur à Sonde Monotube

L'échantillonnage s'effectue grâce à une sonde monotube au niveau de la jetée du convoyeur KN-QM pour le stock KP et au niveau de la jetée du convoyeur KN1-QM1 pour le stock QO.

Le mode de prélèvement



Insertion de la sonde dans la goulotte de jetée



Retirement de la sonde de la goulotte de jetée

Tableau récapitulatif

Lieu de prélèvement	Fréquence de prélèvement	Constitution de l'échantillon global	Envoie au laboratoire	Matériel existant
<ul style="list-style-type: none"> - Stock KP : jetée Convoyeurs KN-QM - Stock QO : jetée Convoyeurs KN1-QM1 	20 minutes	Homogénéisation et partage après formation d'une travée ou changement de qualité pour obtenir l'échantillon destiné aux analyses (de l'ordre de 1 Kg). Un autre échantillon représentant un groupe de 4 travées est formé pour le stockage de l'enrichi au stock QS	1 fois / jour à 6H00	<ul style="list-style-type: none"> - Diviseur à raffles - 1 Louche - 1 Tube - 6 Seaux
<ul style="list-style-type: none"> - Stock QS : Convoyeur QS 	30 minutes			

- 2^{ème} mode d'échantillonnage

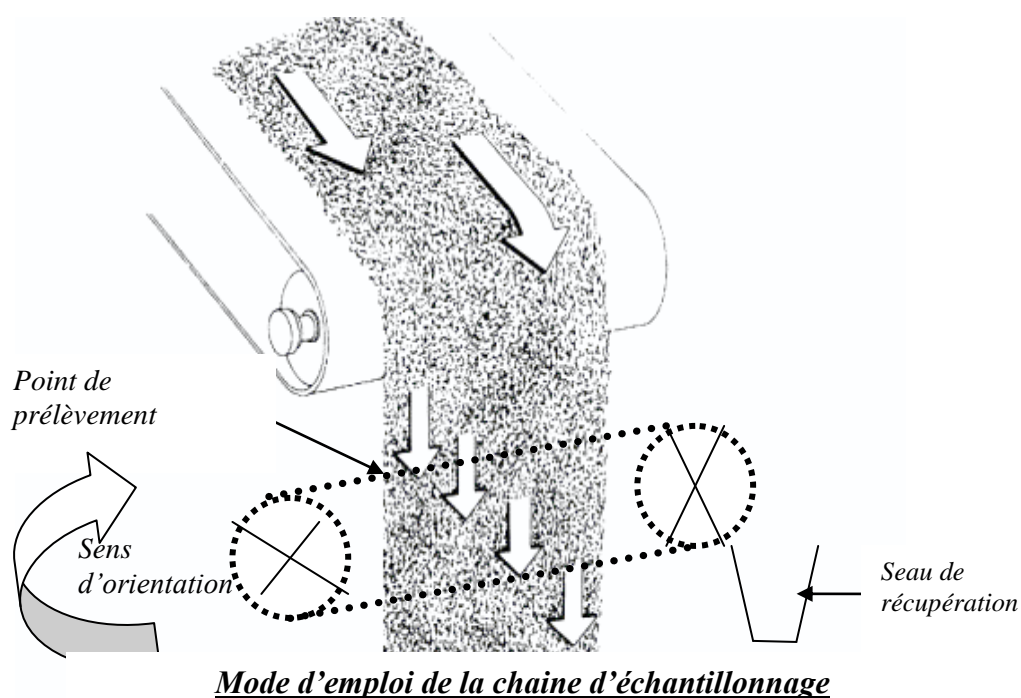
Le lieu du prélèvement est sur le convoyeur KP pour le stock KP et sur le convoyeur QO sur le convoyeur QO. La fréquence de prélèvement est de 20 min. Après la constitution d'une travée ou un changement de qualité, les échantillons prélevés subissent une homogénéisation et un partage par diviseur à raffle.

5.6 Constatations et analyses

5.6.1 Échantillonneur automatique

Le mode de remplissage des mailles ne permet pas de prélever un échantillon sur toute la largeur du convoyeur ; le prélèvement s'effectue sur un seul coté. Par conséquent l'échantillon prélevé n'est pas probabiliste, alors il risque de ne pas être représentatif.

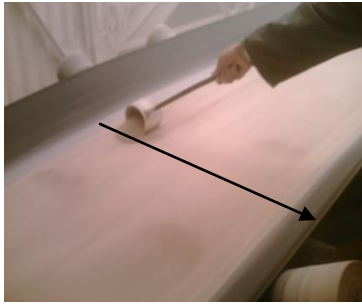
Le système de rotation est gêné par les particules fines qui provoquent un blocage et entraîne l'arrêt du processus.



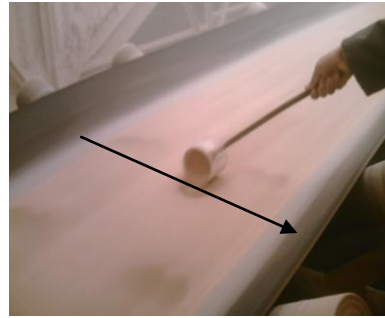
5.6.2 Échantillonnage manuel

Nous remarquons que la forme de la louche et sa capacité ne favorisent pas le prélèvement d'un échantillon représentatif.

- Le volume réduit de la louche ne permet pas de prélever toutes les traces de la section du convoyeur, par conséquent l'échantillon prélevé n'est pas probabiliste alors il risque de ne pas être représentatif.



Le remplissage total de la louche au début de l'opération

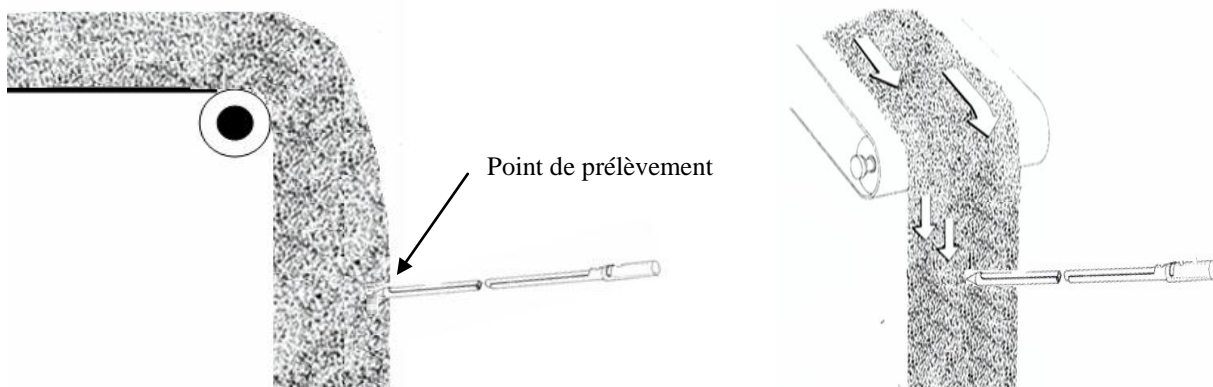


La louche ne prélève plus sur toute la largeur du convoyeur

- L'utilisation d'un seul sac en toile provoque la perte des particules fines pendant le transport au laboratoire (selon la consigne, l'échantillon est conservé dans un sac en plastique doublé d'un sac en toile).

5.6.3 Échantillonnage par sonde

- Le remplissage de la sonde monotube s'effectue juste au début de son insertion. Par conséquent l'échantillon prélevé n'est pas probabiliste alors il risque de ne pas être représentatif.

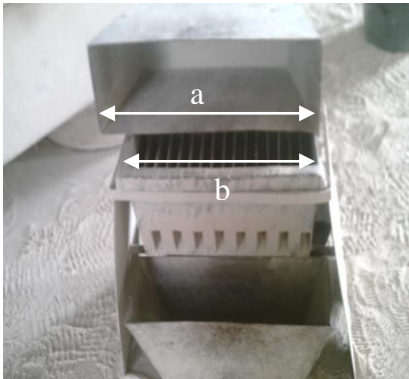


Mode d'emploi de la sonde d'échantillonnage

5.6.4 Erreur opératoire de préparation de l'échantillon global.

Le diviseur à riffle utilisé montre des incohérences de conception, ce qui affecte le partage de notre échantillon global :

- la largeur de la troque est supérieure à celle du diviseur à rifles ce qui provoque une perte qualitative d'échantillon ce qui risque de le rendre non représentatif.



Largeur de la troque (a) est supérieure à la largeur du diviseur (b)



Débordement du produit lors de son déversement latéral dans le diviseur



Débordement du produit lors de son déversement diagonal dans le diviseur

5.6.6 Autres paramètres pouvant influencer la qualité d'échantillonnage

- La dimension des grains du phosphate séché est inférieure à celle des grains du phosphate stocké au parc humide (Produit humide $d = 15\text{mm}$; Produit séché $d = 6\text{mm}$) alors la variance d'échantillonnage au parc humide est importante par rapport au stock sec. Donc l'échantillonnage au stock sec est plus juste que l'échantillonnage au parc humide.
- La quantité théorique de l'échantillon prélevée au niveau du parc humide est 15,7 fois

$$(ME_{(15)} = \left(\frac{15}{6}\right)^3 . ME_{(6)})$$
 supérieur à celle du stock sec
- La quantité réelle d'échantillon prélevée au parc humide est 10 fois supérieur à celle du stock sec ($ME_{(15)} = 10\text{kg/h}$; $ME_{(6)} = 1\text{ kg /h}$)
- La quantité d'échantillon prélevée est proportionnelle à la granulométrie du produit
- Pollution de l'environnement : la poussière dégagée au niveau des points de prélèvements au stock sec perturbe les conditions de travail de l'agent (l'opérateur risque de ne pas respecter les consignes exigées).
- Accident : le risque d'entraînement de l'agent préleveur par le convoyeur ou la perte de la louche du prélèvement due à la vitesse du convoyeur et le débit de phosphate transporté.
- Mauvais éclairage dans les points de prélèvements (l'opérateur risque de ne pas respecter les consignes exigées)
- L'agent préleveur n'est pas bien formé pour exécuter un bon prélèvement.
- Les multi_fonctions de l'agent préleveur limite l'efficacité de l'exécution de l'échantillonnage.

	Stock sec	Parc humide
Mission de l'agent	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôler l'état du stock • Détecter les anomalies • Assister les travaux de la maintenance • Nettoyer toute source de salissement • Déplacer la position du chariot • Prélever des échantillons à trois repères différents 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôler l'état du stock • Détecter les anomalies • Assurer le pointage du personnel • Assurer la marche normale des installations • Prélever des échantillons à deux repères différents

VI - Etude d'homogénéité

Nous avons constaté que le mode actuel d'échantillonnage est non probabiliste pour les deux stocks humide et sec. L'étude d'homogénéité se révèle alors nécessaire pour compléter l'étude et s'assurer ainsi de la représentativité de l'échantillonnage.

6.1 Etude d'homogénéité 1

On prélève un échantillon du phosphate transporté sur convoyeur à trois repères différents au même instant selon le mode suivant :

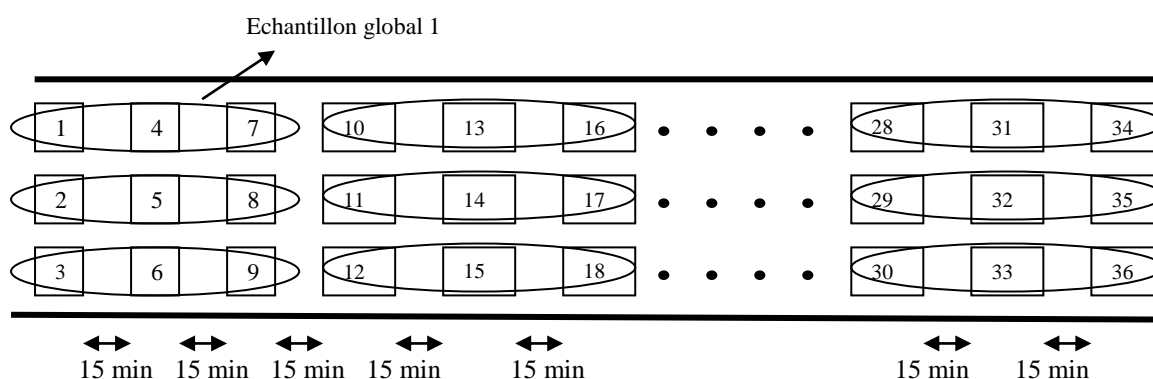
Les repères de prélèvement : le coté gauche, le coté droit, et le milieu

La fréquence de prélèvement : 15 min

Les outils de prélèvement : la louche

Constitution :

- Un échantillon *global 1* représentant les trois prises prélevées successivement du même repère.
- Un échantillon *global 2* représentant la totalité des prises prélevées du même repère.



L'analyse du BPL des échantillons globaux montre les résultats du tableau ci-dessous.

Résultats parc humide

Prises repère	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	EG2
Coté 1	71 %	71,4 %	70,6 %	71 %	71,1%
milieu	71 %	70,9 %	71,2 %	70,6 %	70,8 %
Coté 2	70.6 %	71,2 %	70,7 %	70,7 %	71 %

- La teneur en phosphate est quasi semblable aux différents repères de prélèvement.
- L'homogénéité du phosphate est vérifiée.

Résultats stock sec

Prises repère	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	EG2
Coté 1	66,5%	67,8%	67,6%	68,3%	66,8%
milieu	70,9%	71,3%	70,4%	70,8%	70,5%
Coté 2	67,9%	66,6%	67,3%	67,2%	67,5%

- La teneur en phosphate est différente pour différents repères de prélèvement.
- La non homogénéité du phosphate sur toute la largeur du convoyeur est vérifiée.

6.2 Etude d'homogénéité 2

Les résultats d'analyse granulométrique de l'échantillon global de chaque repère (les côtes et le milieu) sont représentés dans les tableaux ci-dessous.

	parc humide		
	coté 1 (g)	Milieu (g)	coté 2(g)
2,5	31,3	19,15	20,23
400	78,2	39,58	41,7
125	213,02	122,6	123,86
40	11,01	79,2	9,97
<40	0,33	1,3	0,67
total	333,86	261,83	196,43

	parc humide		
	coté 1(%)	Milieu (%)	coté 2(%)
2,5	9.83	7.31	10.3
400	23.42	15.12	21.23
125	63.81	46.82	63.06
40	3.30	30.25	5.08
<40	0.1	0.50	0.34
total	100	100	100

La masse de la tranche comprise entre (2.5 mm - 40µm) représente 90% de la masse totale pour les 3 repères de prélèvement (les 2 côtés et le milieu).

Le phosphate stocké est caractérisé par le même profil granulométrique.

Ces résultats granulométriques confirment ceux du premier essai (le phosphate stocké est homogène au cours du transport.)

	stock sec		
	Coté 1(g)	Milieu (g)	Coté 2 (g)
2,5	74,95	13,49	12,5
400	116,74	45,2	31,9
125	255,65	146,58	81,28
40	35,06	25,85	15,3
<40	2,01	2,18	5,07
total	484,41	233,3	146,05

	stock sec		
	Coté 1(%)	Milieu(%)	Coté 2(%)
2,5	15.47	5.78	8.56
400	24.10	19.37	21.84
125	52.78	62.83	55.65
40	7.24	11.08	10.48
<40	0.41	0.93	3.47
total	100	100	100

La masse de la tranche comprise entre (2.5mm - 40µm) représente ;

93.28 % en masse de la prise prélevée pour le milieu.

87.97 % en masse de la prise prélevée pour le coté gauche.

84.11 % en masse de la prise prélevée pour le coté droit.

Le phosphate stocké est caractérisé par un profil granulométrique différent sur la largeur du convoyeur.

Ces résultats confirment ceux du premier essai (le phosphate stocké est non homogène au cours du transport).

Un récapitulatif de l'ensemble des résultats obtenus est regroupé dans le tableau ci-après.

	Type d'échantillonnage	Mode de prélèvement	Caractéristique de la sélection	Homogénéité	Qualification de l'échantillonnage
P a r c h u m i d e	Echantillonneur automatique	Une fraction du courant pendant la totalité du temps	Non probabiliste	Homogène	Représentatif
	Echantillonnage manuel (la louche)	Une fraction du courant pendant une fraction du temps	Non probabiliste	Homogène	Représentatif
S t o c k s e c	Echantillonnage manuel (la louche)	Une fraction du courant pendant une fraction du temps	Non probabiliste	Non homogène	Non représentatif
	Echantillonnage manuel (la sonde)	Une fraction du courant pendant une fraction du temps.	Non probabiliste	Non homogène	Non représentatif

VII - Les solutions proposées

La caractérisation des modes opératoires d'échantillonnage utilisés à Béni Idir a montré des limites avec un échantillonnage représentatif au niveau du parc humide et non représentatif au niveau du stock sec.

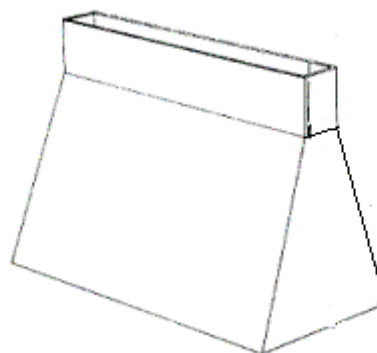
Notre objectif est de réaliser les conditions pour une qualification de l'échantillonnage selon le tableau ci-dessous.

P a r c h u m i d e S t o c k s e c	Type d'échantillonnage	Mode de prélèvement	Caractéristique de la sélection	Homogénéité	Qualification de l'échantillonnage
	Echantillonneur automatique	Une fraction du courant pendant la totalité du temps	Non probabiliste	Homogène	Représentatif
	Echantillonnage manuel (la louche)	Une fraction du courant pendant une fraction du temps	Non probabiliste	Homogène	Représentatif
	Echantillonnage manuel (la louche)	La totalité du courant pendant une fraction du temps	probabiliste	Non homogène	Représentatif
S t o c k s e c	Echantillonnage manuel (la sonde)	La totalité du courant pendant une fraction du temps.	probabiliste	Non homogène	Représentatif

Nous avons constaté que l'échantillonnage au stock sec est non probabiliste, non homogène et par conséquent non représentatif, ainsi on ne peut pas modifier l'état d'homogénéité du phosphate en cours du transport. Donc on propose des solutions afin de réaliser des prélèvements probabilistes (La totalité du courant pendant une fraction du temps) pour avoir un échantillon probabiliste.

7.1 Proposition 1 :

- utilisation d'un gobelet pour échantillonner au lieu d'une louche au niveau de la jetée du produit



Gobelet d'échantillonnage de vrac en mouvement

Principe de fonctionnement

Le prélèvement réalisé avec le gobelet est la somme de « n » petits prélèvements effectués sur les « n » filets de la matière. La durée de prélèvement est uniforme pour tous les filets de courant de matière (la vitesse de translation du gobelet est constante sur toute la largeur du convoyeur).

Dimension du gobelet

Considérons un débit de 1200 T/h, transporté par une bande de 1.2 m de largeur avec une vitesse de 3.11m/s ; ceci donne 107.19kg/ m de bande, soit 1.07 kg/ cm. C'est-à-dire que si nous découpons par la pensée le produit transporté par la bande en unité de longueur de 2cm, nous aurons des unités de masse de 2.14 kg.

• Mode de calcul

$$1200\text{T/h} = 333,33\text{kg/s}$$

$$\begin{array}{ccc} 333,33 \text{ kg} & \longrightarrow & \\ 3.11 \text{ m} & & \\ & \longrightarrow & X \text{ kg} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{Mode d'emploi du gobelet pour échantillonner en bout de} \\ \text{courroie transporteuse} \end{array}$$

$$x = 2.10^{-2} \frac{333.33}{3.11} = 2.14\text{kg}$$

- 2.14 Kg représente la quantité minimale d'une prise prélevée pour avoir un échantillon probabiliste
- la densité de phosphate apparente est 1.3 kg /litre, alors le volume occupé par un seul échantillon est $2.14 \times 1.3 = 2.78 \text{ l} \approx 3\text{l}$
- Après la détermination du volume de notre gobelet on passe à calculer toutes ses dimensions

Volume du gobelet :

$$V = (a \times h \times e) + \left(\frac{a + f}{2}\right) \times e \times g$$

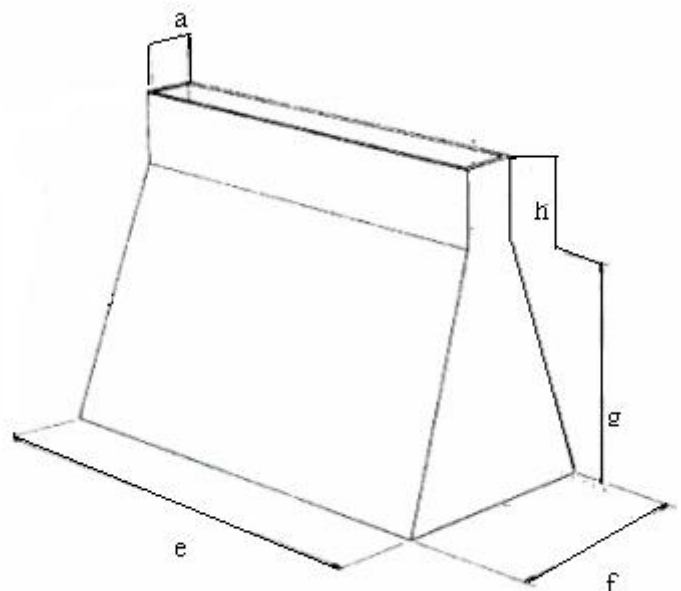
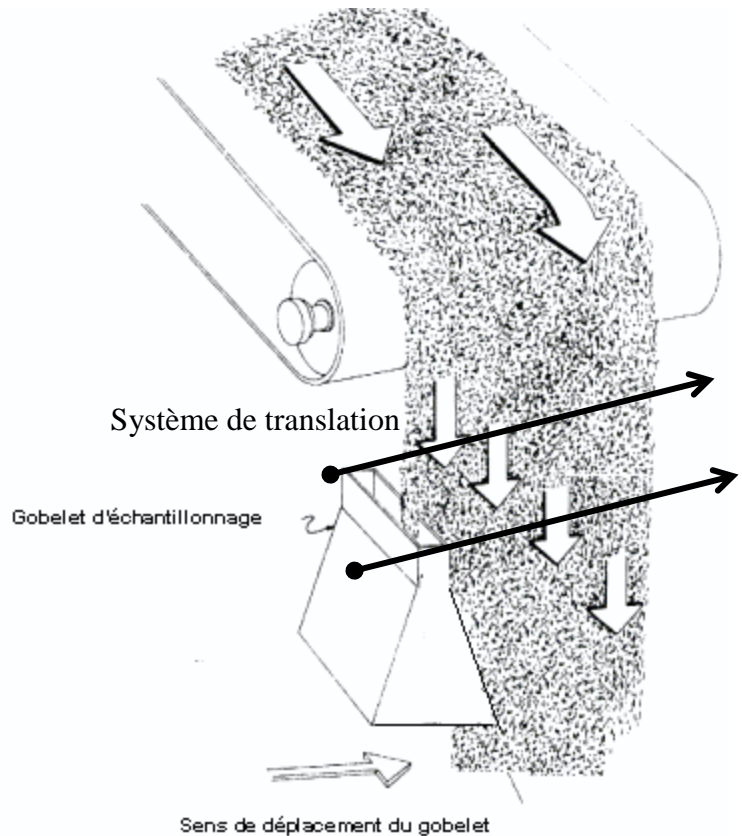
$$a=2\text{cm} ; e=20\text{cm} ; V= 3\text{l}$$

$$g= ?\text{cm} ; f= ?\text{cm} ; h= ?\text{cm}$$

On suppose que :

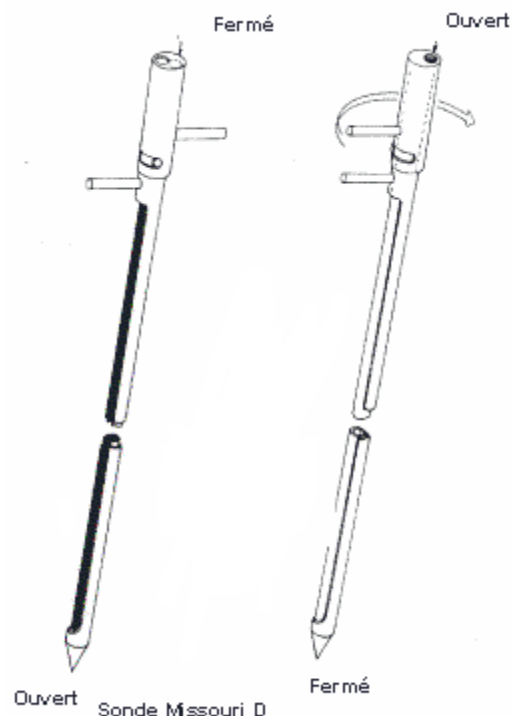
$$g=20\text{cm} ; f= 10\text{cm}$$

$$\text{Alors } h = 15 \text{ cm}$$

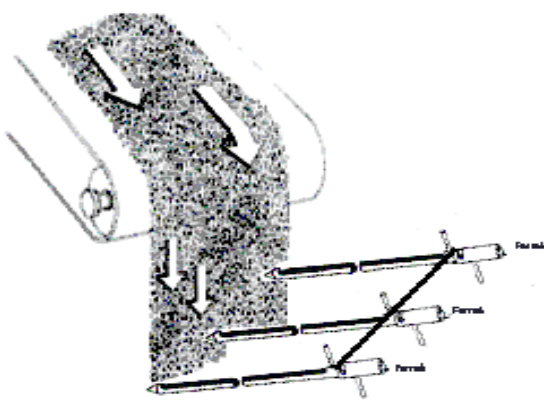


7.2 Proposition 2 :

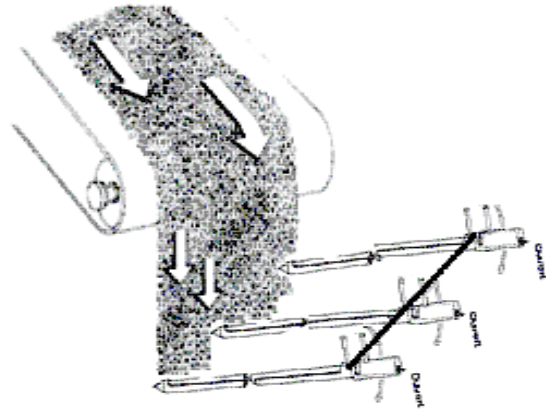
La sonde MISSOURI D, représente pour nous la solution la mieux appropriée pour la prise d'échantillon dans le cas considéré, et ce pour plusieurs caractéristiques que nous proposons dans le tableau ci-dessous avec une description brève de l'utilité et l'efficacité qu'elle met à la disposition de l'échantillonneur.



Description caractéristique	Utilité dans la prise d'échantillon	Point fort du caractère
La sonde est longue de taille	Cela permet à l'échantillonneur une meilleure pénétration, sans pour autant risquer d'être en contact avec le produit à échantillonner.	Meilleure prise d'échantillon
La sonde est mince, et son poids léger	L'outil d'échantillonnage ne représente plus de contrainte dans l'utilisation. l'opérateur échantillonneur maîtrise mieux.	Maîtrise de l'outil, et donc de l'échantillonnage.
La sonde se ferme et s'ouvre suivant l'usage prescrit	Cela permet à l'échantillonneur de garder son outil d'échantillonnage fermé (mode en veille) jusqu'à ce que le produit à échantillonner soit conforme à la prescription sollicité	Ponctualité (à deux secondes prêt) et rugosité dans la prise d'échantillon.
Insertion trois sonde au même temps	Echantillon plus probabiliste	Echantillon représentatif



Insertion des sondes dans la goulotte de jeté



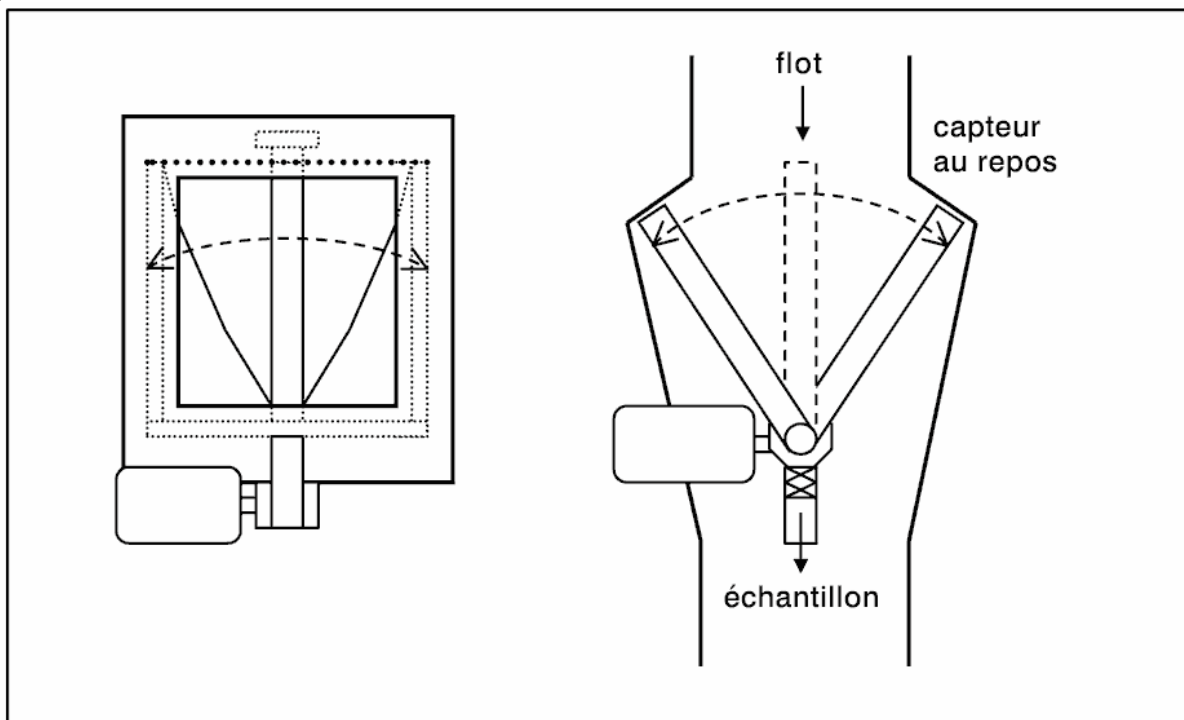
Retirement des sondes de la goulotte de jeté

VIII - Nouveau système d'échantillonnage

La conception d'un nouveau système d'échantillonnage sera fondée sur la capacité d'extraire une section bidimensionnelle (hauteur et largeur) du phosphate transporté sur convoyeur et de réduire la taille de l'échantillon de manière correcte pour livrer un échantillon secondaire représentatif.

Échantillonneurs à bec déflecteur à déplacement en arc

On appelle échantillonneur à bec déflecteur à déplacement en arc un échantillonneur dont le capteur pivote d'un point central et traverse le flot du phosphate transporté en décrivant un arc. Donc il s'agit d'échantillonneur de flot en chute libre (échantillonnage au niveau des gollotes du jeté)



Échantillonneur à bec déflecteur à déplacement en arc – flot en chute libre

Répétitivité

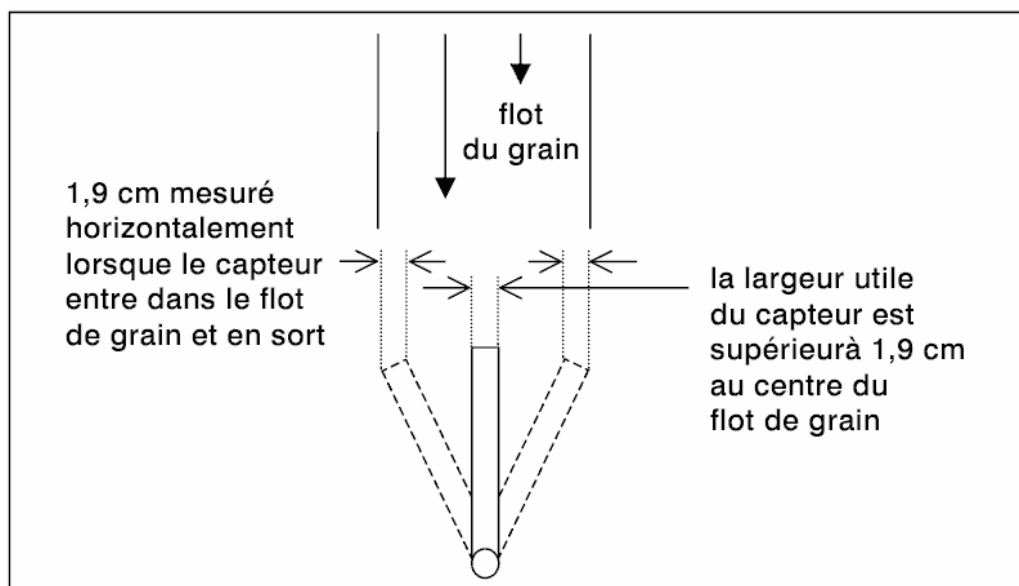
La dimension globale du point d'entrée de l'échantillon et du capteur doit être adaptée au volume et à la vitesse du grain échantillonné de manière à ce que tout le grain destiné à l'échantillonnage soit accepté lorsque le dispositif de prélèvement passe dans le flot de grain.

Vitesse de passage

Tout réglage de vitesse non programmable doit être établi de façon à maximiser l'efficacité et l'efficacité du système d'échantillonnage. Le capteur doit traverser le flot de grain à une vitesse de 0,47-0,51 mètre par seconde (18-20 po/sec) et à un rythme constant d'accélération.

Ouvertures du capteur d'échantillons

L'ouverture du capteur d'échantillons doit avoir au moins 1,9 cm ($\frac{3}{4}$ (0,75) pouce) de largeur, mesuré horizontalement par rapport au flot du grain.



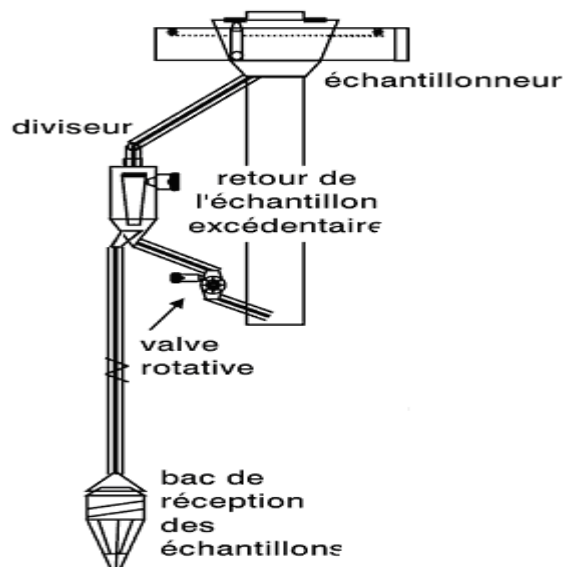
Exigence en matière d'ouverture du capteur pour les échantillonneurs à bec déflecteur à déplacement en arc

Un diviseur d'échantillons, qu'il soit à fonctionnement mécanique ou par gravité, doit être calibré adéquatement afin de réduire la taille de l'échantillon provenant de l'échantillonneur primaire sans refouler. Les ouvertures des diviseurs utilisés pour sélectionner l'échantillon final doivent avoir au moins 1,9 cm ($\frac{3}{4}$ (0,75) pouce), mesuré horizontalement par rapport au flot du grain de l'échantillonneur primaire.

Conduites de distribution des échantillons

Les conduites de distribution des échantillons allant du diviseur à l'aire d'inspection doivent suivre la voie la plus directe et comprendre le moins de coudes possible (voir la Figure). En particulier :

- Les coudes des conduites de distribution ne doivent pas avoir un angle de plus de 90 degrés et, dans la mesure du possible, les tuyaux doivent être disposés à la verticale ou à l'horizontale.



Accès au mécanisme de distribution des échantillons

Le mécanisme de distribution de l'échantillonneur doit comporter un point d'accès le plus après possible de l'échantillonneur primaire et après tout diviseur pour permettre l'insertion des échantillons témoins.

Nettoyage entre les lots

Dans la mesure du possible, l'ensemble du système d'échantillonnage doit être autonettoyant afin d'empêcher la contamination d'un lot de grain à un autre.

Conclusion

Il ressort de l'étude réalisée sur les méthodes d'échantillonnage utilisées à Béni Idir au niveau du parc humide et du stock sec, les conclusions suivantes :

- L'échantillonnage est non probabiliste que ce soit au niveau du parc humide ou du stock sec
- Les phosphates stockés au parc humide sont homogènes, ce qui peut donner un échantillonnage représentatif
- Au niveau du stock sec, les phosphates stockés sont non homogènes, donc l'échantillonnage effectué est non représentatif.

Afin de minimiser certaines erreurs d'échantillonnage et bien maîtriser la prise d'échantillon, nous proposons des solutions à court terme telles que :

- l'utilisation d'un gobelet de dimension bien précise au lieu d'une louche
- l'utilisation d'une sonde triple au lieu d'un single avec un mode d'utilisation lors de l'échantillonnage

Par ailleurs, dans le cas du stock sec un système automatique d'échantillonnage doit être envisagé vu la non homogénéité du produit sur le convoyeur.

Il est important de signaler que d'autres facteurs jouent un rôle important dans l'opération d'échantillonnage tels que le facteur humain, les conditions d'ambiance où l'échantillonnage est effectué. Aussi, il y a nécessité de former et de sensibiliser les concerner sur :

- Le mode de prélèvement.
- L'utilité de l'échantillonnage.
- Les conséquences d'un mauvais échantillon.

Références bibliographiques

- ✓ Théorie et pratique de l'échantillonnage des matières morcelées, pierre GY
- ✓ Fascicule du séminaire « minéralurgique des minerais de phosphates » SAFI du 5 au 19/12/94