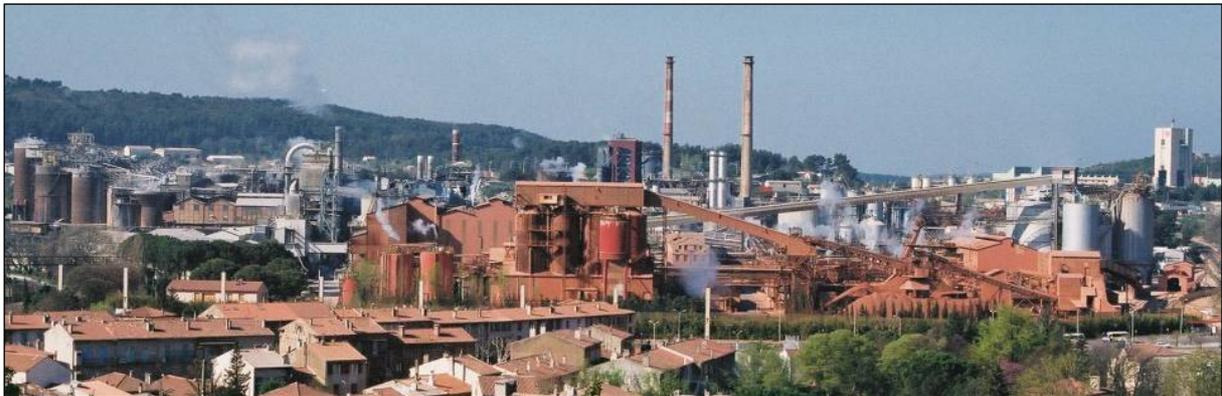


## ***Rapport de fin de stage ingénieur***

Ce stage a été effectué du 23 Juin 2008 au 30 Octobre 2008 au sein de la société Rio Tinto Alcan à Gardanne (Bouches-du-Rhône) sous la tutelle de M. Bertrand Langlois.

La tutelle universitaire a été assurée par M. Jérémy Olivier.





## Sommaire

Remerciements.....	1
Introduction.....	2
<b>I. L'usine RioTinto Alcan Gardanne.....</b>	<b>3</b>
<i>1. Le groupe RioTinto Alcan.....</i>	<i>3</i>
<i>2. Le site de Gardanne.....</i>	<i>3</i>
a. Historique .....	3
b. Activité actuelle.....	4
<b>II. Problématique du cyclonage .....</b>	<b>5</b>
<i>1. Situation.....</i>	<i>5</i>
a. Contexte.....	5
b. Description de l'installation .....	5
c. Les hydrocyclones.....	6
• Vue générale .....	6
• Les hydrocyclones de l'usine.....	6
<i>2. Etude des hydrocyclones.....</i>	<i>7</i>
a. Vérification de répétabilité des mesures .....	7
b. Mesures préliminaires .....	7
c. Etude de la première technologie d'hydrocyclones.....	10
• Buses de diamètres 105 et 95 mm.....	10
• Buses de diamètre 105 mm.....	12

d. Etude de la deuxième technologie d'hydrocyclones ...	12
• Buses de diamètres différents, débits usuels .....	13
• Buses de diamètres différents, débits extrêmes .....	13
• Compilation des résultats de la deuxième technologie ....	14
e. Comparaison des deux technologies de cyclonage ....	14
<b>3. Influence des modifications sur l'installation .....</b>	<b>17</b>
a. Usure des buses de sous-verse des cyclones .....	17
b. Performances des broyeurs.....	17
c. Conclusion sur l'incidence des modifications.....	17
<b>4. Etude des broyeurs.....</b>	<b>18</b>
a. Alimentations effectuées sur silo uniquement .....	18
b. Synthèse des résultats d'alimentations sur silo.....	20
c. Alimentation normale : silo et retours cyclone.....	21
d. Conclusion sur le sujet des broyeurs .....	21
<b>5. Dimensionnements d'entreprises extérieures .....</b>	<b>23</b>
a. Données envoyées pour les dimensionnements.....	23
• Granulométrie d'alimentation .....	23
• Autres paramètres de l'alimentation.....	23
b. Etude de la société Cavex .....	23
• Dimensionnement primaire .....	24
• Second dimensionnement .....	24
c. Etude de la société Neyrtec .....	26
• Dimensionnement primaire .....	26
• Second dimensionnement .....	29
<b>6. Conclusion .....</b>	<b>32</b>

<b>III. Problématique du RP-mètre.....</b>	<b>33</b>
<b><i>1. Découverte de la problématique .....</i></b>	<b><i>33</i></b>
a. Description de la situation .....	33
b. Description de l'appareil .....	33
<b><i>2. Actions entreprises.....</i></b>	<b><i>35</i></b>
a. Formation d'opérateurs et de techniciens .....	35
b. Création de modes opératoires .....	35
c. Achat d'équipement de sécurité.....	35
<b><i>3. Limites de l'appareil.....</i></b>	<b><i>36</i></b>
<b><i>4. Conclusion sur le RP-mètre .....</i></b>	<b><i>37</i></b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>38</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>39</b>

## Remerciements

Avant toute description de ce stage, de ses problématiques, et de ses enjeux, je tiens à remercier tout particulièrement mon maître de stage, Monsieur Bertrand Langlois, ingénieur responsable de "l'attaque" et du "coté rouge", sans qui je n'aurais pas pu intégrer l'usine Rio Tinto Alcan de Gardanne. J'adresse également un grand merci à Monsieur Alain Pons, chef de l'atelier "attaque", avec qui j'ai beaucoup travaillé, et qui m'a également permis d'intégrer cette société.

Grâce à eux, j'ai pu évoluer dans une totale autonomie, tout en étant orienté dans la bonne direction lorsque j'exposais mes idées. Ils ont su, malgré leurs emplois du temps chargés, se rendre disponibles pour répondre à toutes mes questions.

J'adresse également mes remerciements à monsieur Yves Magnan, technicien développement, qui m'a enseigné comment réaliser certains prélèvements et mesures nécessaires à mon étude.

Ensuite, je tiens à remercier Mme Nadine Husson, secrétaire du secteur fabrication, qui a eu la gentillesse de partager son bureau avec moi pendant ces cinq mois, et qui a toujours fait preuve de joie et de bonne humeur. Ce fut un réel plaisir de partager ce lieu de travail tous les jours.

Pour finir, je tenais à adresser de sincères remerciements à toute l'équipe du secteur fabrication, pour leur accueil et leur aide à résoudre mes différents problèmes tout au long de mon stage.

## Introduction

Lors de mon arrivée sur le site de Rio Tinto Alcan Gardanne, le sujet de mon stage était orienté vers l'étude d'un nouveau type de floculant.

Les résultats du site en termes de sécurité ont retardés la mise en place de ce procédé novateur pour l'usine. C'est pour cette raison que M. Bertrand Langlois, mon maître de stage, m'a confié deux autres sujets, problématiques pour l'usine, mais très intéressants par leur diversité.

Le premier sujet portait sur la résolution d'un problème d'ensablement des bacs de l'usine, et le second sur la formation et le suivi d'opérateurs à l'utilisation d'un appareil de mesure d'un nouveau genre pour le groupe RioTinto Alcan.

Nous allons, dans un premier temps, décrire l'activité du groupe, puis plus précisément celle de l'usine de Gardanne. Nous étudierons ensuite chaque sujet séparément : sa problématique et ses enjeux, les actions entreprises pour tenter d'apporter des solutions, ainsi que les conclusions que j'ai pu proposer.

## I. L'usine RioTinto Alcan Gardanne

### 1. Le groupe RioTinto Alcan

RioTinto Alcan est un fournisseur mondial de bauxite, d'alumine et d'aluminium, avec une production annuelle de 30 millions de tonnes de bauxite, de 8,7 millions de tonnes d'alumine et de 4,3 millions de tonnes d'aluminium. Ces quantités en font le premier producteur mondial de bauxite et d'aluminium.

Le groupe possède et exploite 7 mines et gisements de bauxite, 6 usines d'alumine, 6 usines d'alumines de spécialité, 26 usines d'électrolyse et 13 centrales électriques, dont 9 hydroélectriques. Il est actif à tous les stades du procédé de production de l'aluminium : extraction de la bauxite, transformation de la bauxite en alumine, transformation de l'alumine en aluminium par électrolyse, et production d'un large éventail de produits en aluminium transformé, semi-transformé et composites.

### 2. Le site de Gardanne

#### a. Historique

A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, l'aluminium, par ses propriétés physiques, est un métal révolutionnaire. Cependant, l'importation d'Allemagne de l'alumine nécessaire à sa fabrication reste problématique, et en font un métal non rentable. C'est pour cette raison qu'une petite société nommée "Société Française de l'Alumine Pure" achète, en 1892, le brevet du chimiste Allemand Karl-Joseph Bayer, basé sur l'attaque de la bauxite par de la soude caustique à haute température, afin de pouvoir produire elle-même cette alumine.

C'est à ce moment là que la construction de l'usine commence. Le site de Gardanne semble être le meilleur choix, car à proximité des gisements de bauxite des Baux de Provence (Bouches-du-Rhône) et du Var, ainsi que de l'énergie nécessaire à la fabrication, avec les mines de charbon de Gardanne (Bouches-du-Rhône). L'usine sera accolée à la Gare S.N.C.F. de la ville (visible sur la Photographie 1) pour faciliter l'approvisionnement en matière première, et l'acheminement des produits finis.

L'usine démarre son activité en 1893, mais le procédé Bayer n'est pas encore au point. Il sera développé et optimisé à Gardanne.

En 1950, un groupement de sociétés crée le groupe Pechiney, qui possédera, entre autres, l'usine de Gardanne. En 2003, le groupe Canadien Alcan rachète le groupe Pechiney et ses usines. En octobre 2007, RioTinto a fait l'acquisition d'Alcan Inc. pour 38,1 milliard de dollars, et a ainsi créé le groupe RioTinto Alcan, aujourd'hui propriétaire de l'usine.

## b. Activité actuelle

Le site emploie aujourd'hui 500 personnes et a une capacité de production d'alumine de 700.000 tonnes par an. Les alumines de spécialité représentent 80 % des ventes de l'usine, les 20 % restants étant des alumines métallurgiques. Ces dernières seront utilisées exclusivement pour fabriquer de l'aluminium par électrolyse, alors que les alumines de spécialité serviront dans la fabrication de céramiques, réfractaires, abrasifs, catalyseurs, verres.

L'usine (Photographie 1) est séparée en 4 secteurs : le côté rouge, l'attaque, le côté blanc, et la calcination.

La bauxite va en premier lieu subir un prétraitement : elle est déchargée, de camions ou de wagons de transport, avant d'être broyée, et mélangée à la soude.

Elle est ensuite envoyée à l'attaque, où le mélange bauxite-soude va être introduit dans des autoclaves, sous hautes pression et température (40 bars et 250°C), en vue de transférer l'alumine de la bauxite vers le mélange de soude. La boue passe ensuite au côté rouge. Elle



*Photographie 1 : L'usine, vue du ciel*

sera séparée en deux phases : liqueur (mélange alumine/soude) et bauxite résiduelle. Les restes de bauxite y seront neutralisés avant d'être acheminés vers une fosse sous-marine par pipe-line, ou envoyés vers une unité de traitement des déchets (filtre presse, puis stockage en attente de valorisation).

La liqueur va alors passer au côté blanc. On y fera précipiter des cristaux d'hydroxyde d'aluminium. La soude restante sera recyclée vers l'attaque (en effectuant un appoint de soude fraîche si besoin), et les cristaux envoyés à la calcination. Cette étape permet de déshydrater l'hydroxyde d'aluminium afin d'obtenir l'alumine (de formule chimique  $Al_2O_3$ ).

## II. Problématique du cyclonage

### 1. Situation

#### a. Contexte

Un encrassement des bacs par des « sables » (particules de dimension supérieure à 315  $\mu\text{m}$ ) à été constaté. Il a donc fallu chercher la source de ce problème.

L'étude s'est orientée du coté des organes séparant les particules en amont du procédé : les hydrocyclones. Au départ, cette recherche était destinée à trouver leurs débits optimaux d'alimentation pour rabaisser le taux de sables dans leurs sur-verses.

#### b. Description de l'installation

La bauxite, matière première nécessaire à la production d'alumine, arrive à l'usine sous forme brute. Elle va être concassée, pour passer la totalité des blocs à une taille maximum de 3 cm, avant stockage. Il est donc impératif, avant toute introduction dans le procédé de fabrication, de la broyer afin d'obtenir une granulométrie plus adaptée. L'usine s'est fixée comme objectif de n'introduire que des particules dont la taille est inférieure à 315  $\mu\text{m}$ . Pour cela, 4 broyeurs rotatifs à boulets sont disponibles. Trois marchent en permanence, et le quatrième est en secours. Afin de protéger le procédé en aval, un hydrocyclone est installé après chaque broyeur, avec une dimension de séparation de 315  $\mu\text{m}$ . Sa sous-verse est redirigée vers l'entrée du broyeur, et sa sur-verse vers le procédé. Entre le broyeur et la pompe de reprise se trouve l'unité de désilicication, assimilable à un bac tampon (voir Figure 1).

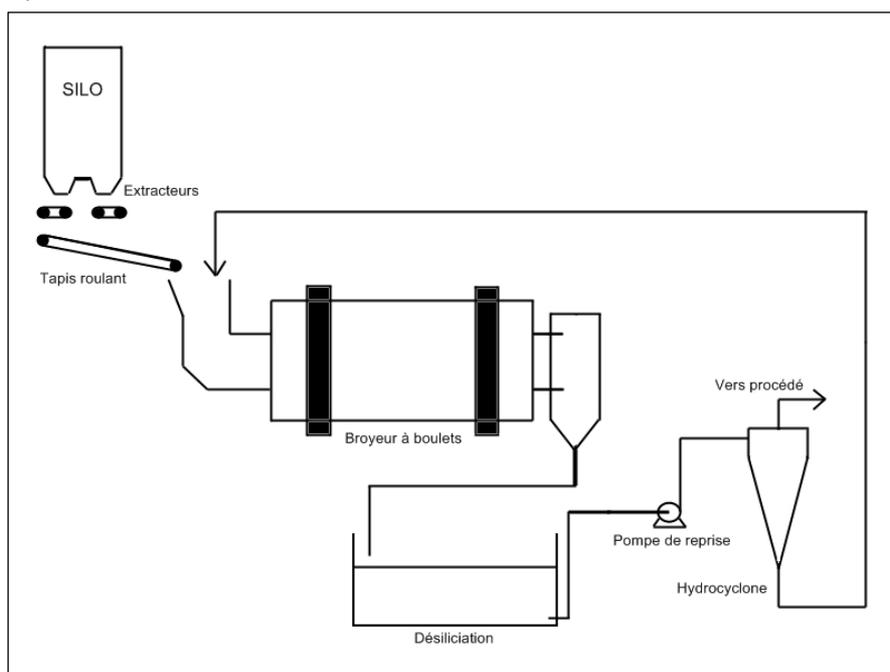


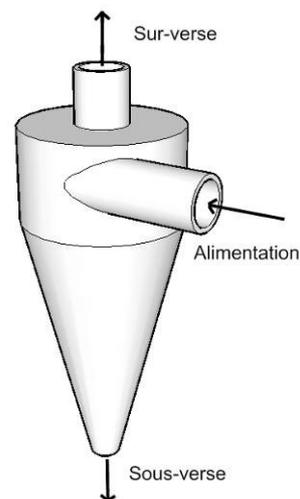
Figure 1 : Schéma simplifié du broyage et du cyclonage

### c. Les hydrocyclones

- **Vue générale**

Un hydrocyclone (voir Figure 2) est un organe de séparation fluide-solide utilisant la force centrifuge.

La suspension à séparer entre par l'alimentation, et ressort en sur-verse et en sous-verse. La fraction sortant en sous-verse est concentrée principalement en particules de grande dimension, tandis que celle sortant en sur-verse en est débarrassée. Cette séparation est régie par un vortex initié par l'alimentation tangentielle. Celui-ci va projeter les grosses particules contre le cône, qui tomberont en sous-verse par gravité. Les particules les plus fines vont être entraînées, par un vortex secondaire central ascendant, vers la cheminée de sur-verse. Cette opération permet une classification primaire des particules, différente pour tous les hydrocyclones existants. Les paramètres géométriques et qualitatifs de ces appareils modifient cette classification : angle du cône, hauteur du cône, profondeur de la cheminée, diamètres des buses de sous-verse et de sur-verse, angle d'inclinaison de l'axe central, matériaux de fabrication...



**Figure 2 :**  
**Représentation**  
**simplifiée en 3D d'un**  
**hydrocyclone**

- **Les hydrocyclones de l'usine**

La batterie d'hydrocyclones disponible à l'usine est constituée de quatre appareils identiques deux à deux : le cyclone 1 est de même technologie que le numéro 3, le cyclone 2 est de même technologie que le numéro 4, sachant que les numéros 1 et 2 sont différents.

Les différences entre ces deux technologies résident principalement dans leur géométrie : le cône du cyclone 1 (Photographie 2) est plus évasé que celui du cyclone 2 (les diamètres respectifs au sommet des deux cyclones sont 800 et 500 mm, à hauteur équivalente). La taille de leur buse de sous-verse est également différente : celle de la première technologie mesure 95 mm de diamètre, tandis que celle de la deuxième mesure 70 mm (côtes des buses nouvellement installées).



**Photographie 2 : Un des**  
**cyclones de la première**  
**technologie**

Les hydrocyclones sont alimentés par les broyeurs (chaque broyeur ayant son cyclone). La suspension est diluée par de la liqueur d'attaque (mélange sodique) afin d'abaisser les matières sèches aux alentours de 390 g/L, sachant que ces dernières étaient initialement égales à environ 900 g/L. Cette manœuvre permet la centrifugation qui serait impossible avec des matières sèches aussi élevées.

Nous pouvons désormais voir les mesures qui ont été faites afin d'évaluer l'ampleur du problème, et étudier les solutions envisageables.

## 2. Etude des hydrocyclones

### a. Vérification de répétabilité des mesures

Avant de réaliser tout travail, il a fallu s'assurer que les mesures envisagées étaient répétables. Le même échantillon a donc été prélevé quatre fois, puis analysé de la même façon afin de pouvoir comparer les résultats obtenus.

Ces résultats sont classés dans le tableau suivant.

**Tableau 1 : Résultats du test de répétabilité**

Essai	Concentration $\varnothing > 315 \mu\text{m}$ (g/L)
1	20,00
2	19,40
3	21,80
4	21,20
Moyenne	20,60
Ecart type	0,95

En regardant le Tableau 1, on peut s'apercevoir que les résultats sont répétables, à 0,95 g/L près.

Les techniques de prélèvement et de mesure sont donc validées, afin d'obtenir le suivi des concentrations des sur-verses des 3 cyclones en marche.

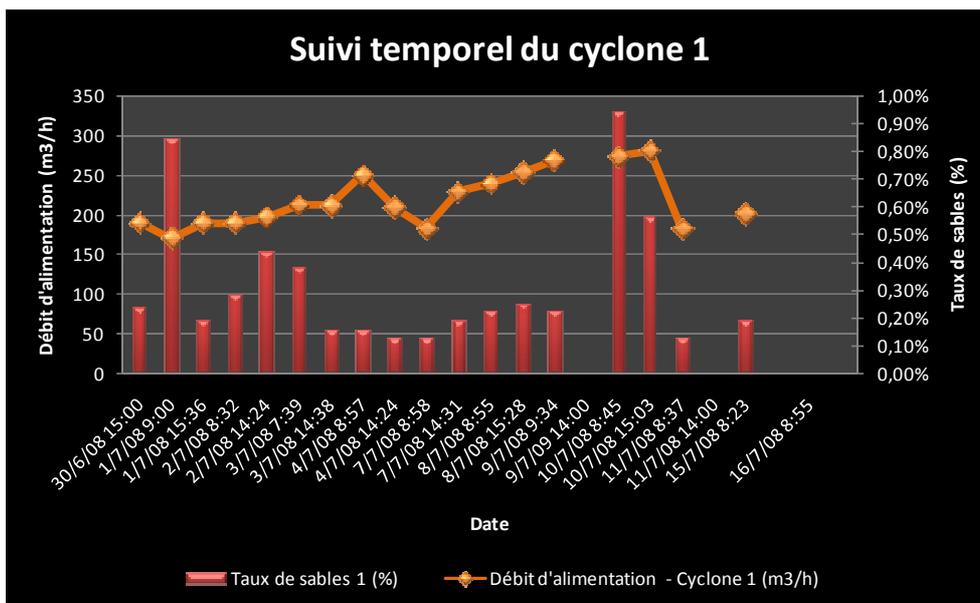
### b. Mesures préliminaires

A la demande de Messieurs Pons et Langlois, une campagne de mesures d'une quinzaine de jours a été organisée, afin d'avoir la certitude que les cyclones étaient bien fautifs dans le problème évoqué.

Un prélèvement a donc été fait, deux fois par jour, sur les trois cyclones en fonctionnement afin d'en mesurer le taux de sables contenus dans leurs sur-verses.

Les résultats obtenus par ces expériences ont été compilés dans les trois graphiques suivants. Ils montrent, pour chaque cyclone, le taux de sables contenus dans sa sur-verse ainsi que son débit d'alimentation au cours du temps.

Pour tous les essais qui seront réalisés ensuite, il faudra intégrer que l'usine s'est fixée un maximum de 4 % (en masse, par rapport aux matières sèches) de sables dans la sur-verse des cyclones.

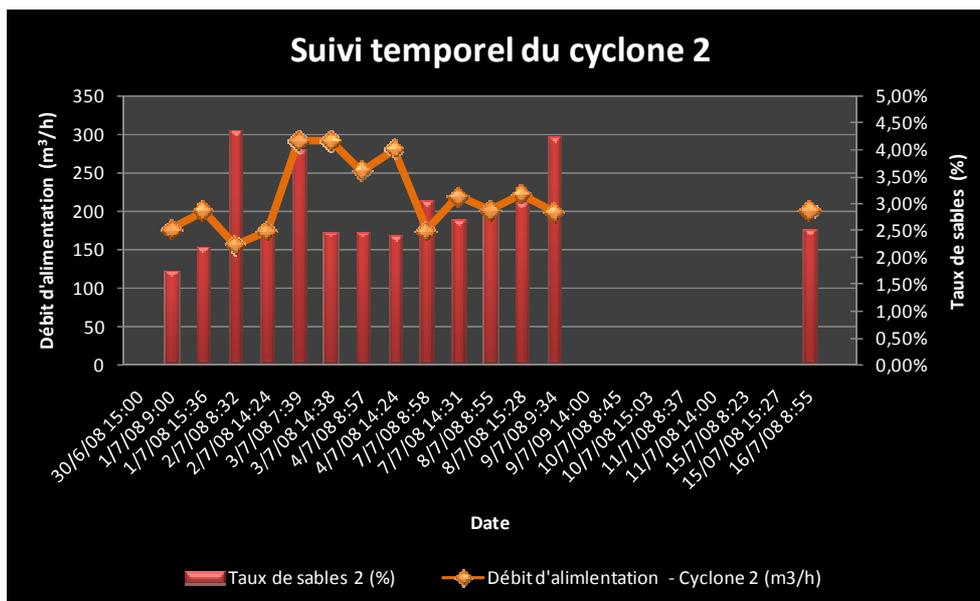


**Graphique 1: suivi temporel des sables en sur-verse du cyclone 1**

On peut voir sur le Graphique 1, que le premier cyclone offre des performances exemplaires. En effet, celui-ci ne dépasse jamais la barre des 1 % de sables en sur-verse.

Cependant, on peut observer deux « pics » de concentration, les 1<sup>er</sup> et 10 Juillet au matin. Ces pics sont dus à des accidents de dilution, par une chute de pression dans la clarinette d'alimentation de la liqueur, au moment des prélèvements. Celle-ci dessert les 3 cyclones en fonctionnement. Des chemins préférentiels se sont donc créés à l'intérieur du système, entraînant la diminution soudaine du débit de liqueur de dilution, et provoquant l'augmentation brusque des matières sèches à l'entrée du cyclone. Cet accident a eu pour effet final une « mauvaise » séparation (moins bonne que les autres jours).

On s'aperçoit également qu'aucune corrélation liant le débit d'alimentation et le taux de sables n'est observable.

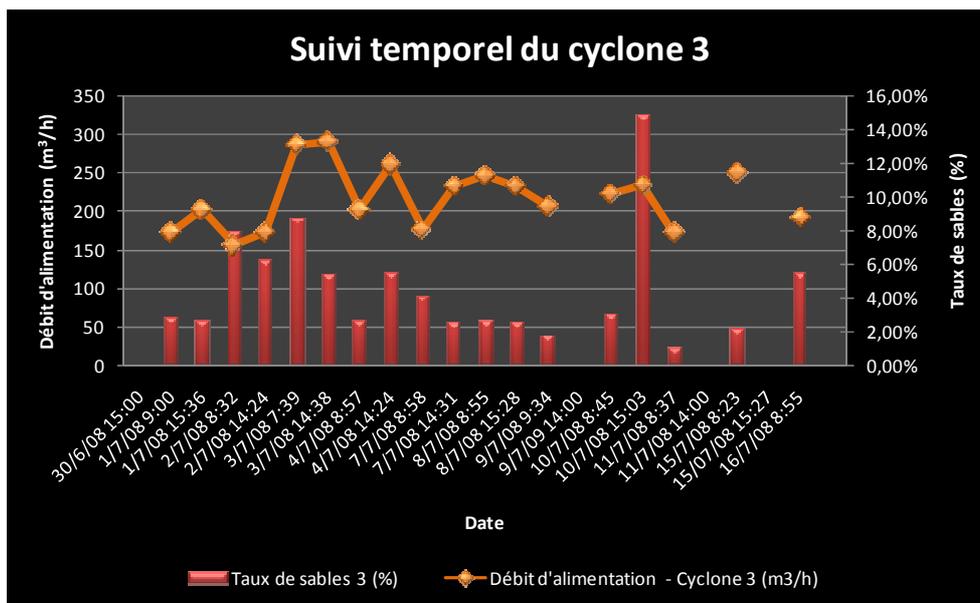


**Graphique 2 : Suivi temporel des sables en sur-verse du cyclone 2**

Sur ce Graphique 2, on peut rapidement voir que le deuxième cyclone offre des prestations convenables : la moyenne des taux de sables se situe aux alentours des 3 %. Les « pics » observables dans ces résultats ont la même explication que précédemment : des chemins préférentiels de fluide (toujours différents) se sont créés lors des chutes de pression dans la clarinette de dilution. Ces incidents ont entraînés une alimentation en liqueur différente dans les cyclones, induisant des augmentations soudaines de matières sèches, et donc une mauvaise séparation.

On observe également sur ce graphique qu'aucune corrélation n'est visible entre le débit d'alimentation du cyclone 2 et le taux de sables contenus dans sa sur-verse.

Nous allons maintenant voir les performances du cyclone numéro 3.



**Graphique 3 : Suivi temporel des sables en sur-verse du cyclone 3**

On peut voir sur le Graphique 3 que le troisième cyclone offre des prestations médiocres : son taux de sables en sur-verse a une moyenne de 6 %.

Le « pic » à 15 % observé l'après-midi du 10 juillet a les mêmes causes que celles décrites pour les deux premiers hydrocyclones.

Nous allons maintenant voir les essais effectués sur ces appareils afin de déterminer la cause du problème, et tenter d'y trouver une issue favorable.

### c. Etude de la première technologie d'hydrocyclones

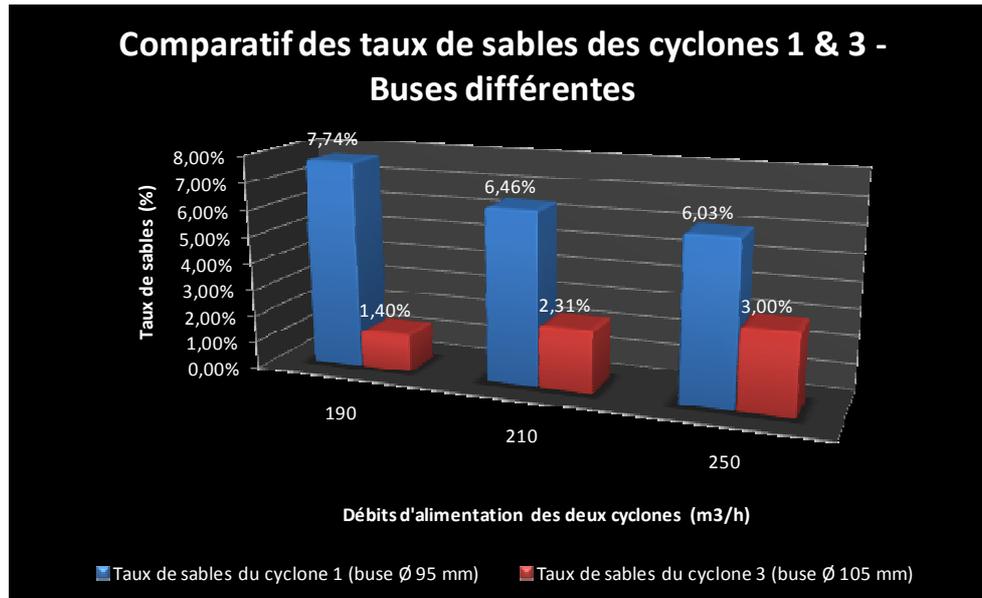
- Buses de diamètres 105 et 95 mm

A la suite des quinze jours de mesures préliminaires, le cyclone 1 entrait en période de révision. Après mesure du diamètre de sa buse de sous-verse, soit 105 mm (taille maximum à laquelle l'usine s'est fixée de la changer), il a été décidé de la remplacer par une neuve, de diamètre 95 mm.

Ce remplacement fût une aubaine pour cette étude : il était dès lors possible d'étudier l'influence du diamètre des buses de sous-verse, et ainsi essayer de comprendre pourquoi les cyclones 1 et 3, de même technologie mais de temps de vie différents, avaient des résultats si éloignés.

Le cyclone 3 a donc reçu la buse « usée » du cyclone 1, tandis que ce dernier a été équipé d'une buse neuve.

Les tests suivants ont été réalisés à débits équivalents pour ces deux appareils, afin de comparer leurs performances.



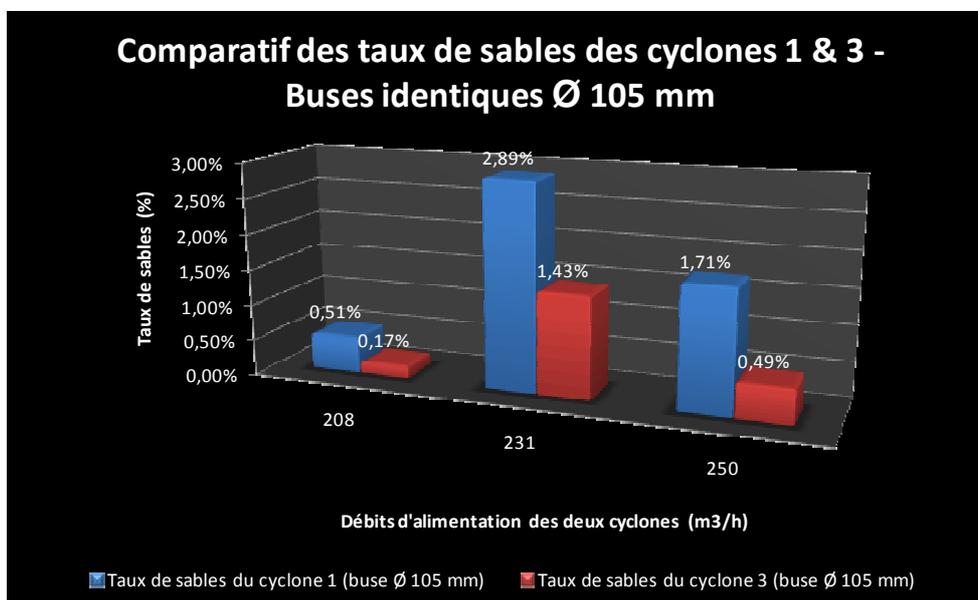
**Graphique 4 : Comparatif des cyclones 1 et 3 équipés de buses de sous-verse différentes**

On voit très bien, sur le Graphique 4, que le taux de sables en sur-verse du cyclone 1 a atteint, après remplacement de la buse, des valeurs inacceptables (de 6 à 8 %). On observe également les bonnes performances du cyclone 3, ayant reçu la buse usée de diamètre 105 mm.

En conclusion, ces résultats laissent apparaître qu'il est préférable, pour limiter les rejets de sables dans le procédé, d'utiliser des buses de diamètre 105 mm sur les premier et troisième cyclones.

- Buses de diamètre 105 mm

A la vue des résultats précédents, le choix à immédiatement été fait de placer une buse neuve de diamètre 105 mm en sous-verse du cyclone 1 afin qu'il repasse dans les normes imposées par l'usine.



**Graphique 5 : Comparatif des cyclones 1 et 3 équipés de buses de sous-verse identiques**

Sur le Graphique 5, on s'aperçoit que le taux de sables dans la sur-verse du cyclone 1 est retombé à des valeurs acceptables, confirmant ainsi que la buse de diamètre 105 mm est indispensable au bon fonctionnement des cyclones de première technologie.

Les écarts de performances du cyclone 3 entre ce test et le précédent sont dus à un changement de bauxite. En effet, celle reçue pour ce dernier essai était de meilleure qualité (plus fine, plus facilement broyable). Malgré cela, les écarts de performances du cyclone 1 sont suffisants pour affirmer que cette différence de qualité n'a pas faussé les tests.

#### **d. Etude de la deuxième technologie d'hydrocyclones**

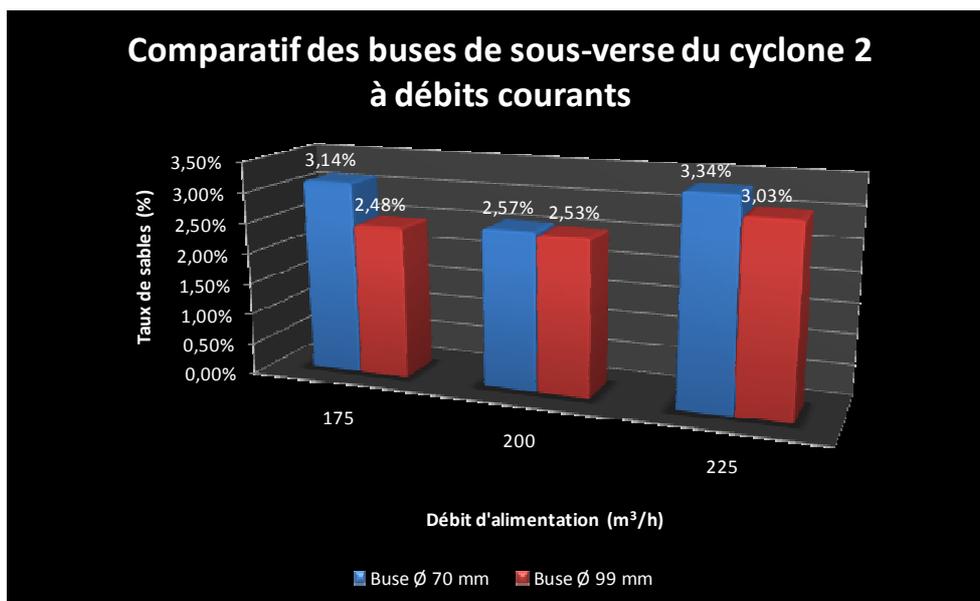
Lorsque l'étude sur les cyclones 1 et 3 est arrivée à son terme, le numéro 2, de technologie différente, est entré en phase d'entretien.

Il a été démonté, sa buse de sous-verse a été mesurée, et remplacée. La buse neuve a un diamètre de 70 mm, tandis que l'usée mesurait 99 mm. Les résultats des taux de sables dans la sur-verse du cyclone 2, obtenus durant la première campagne (buse à 99 mm), nous permettront désormais de comparer ses performances, et de mettre en avant l'influence de la taille de cette buse de sous-verse sur la qualité de la séparation de la deuxième technologie d'hydrocyclones.

Une nouvelle campagne de mesure a donc été lancée, et les résultats ont été compilés dans les graphiques suivants.

On y trouve tout d'abord les résultats à débits usuels, puis les résultats à des très hauts débits.

- Buses de diamètres différents, débits usuels

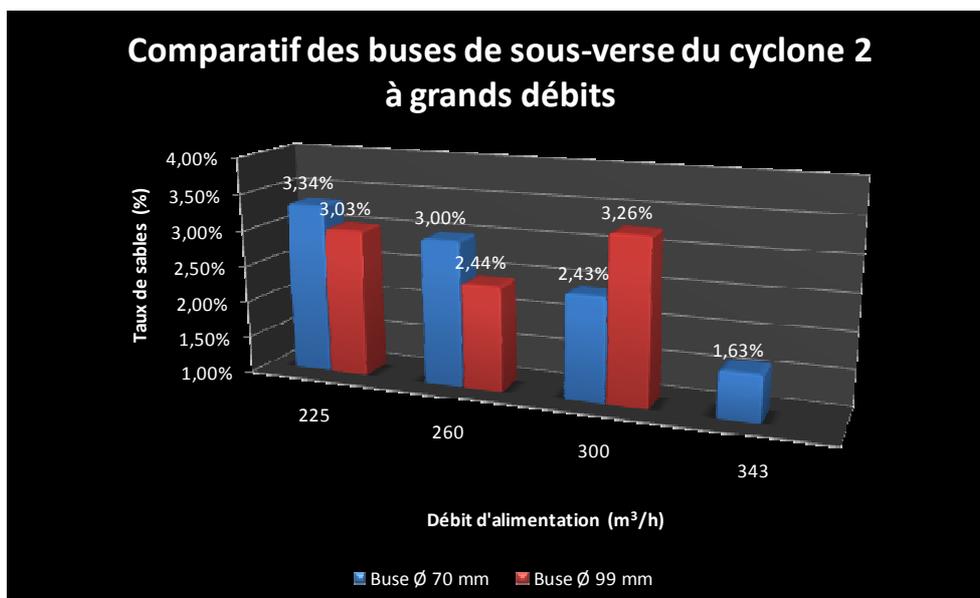


**Graphique 6 : Comparatif des buses de sous-verse du cyclone 2, à des débits usuels**

Premier élément visible sur le Graphique 6 : à des débits allant jusqu'à 225 m<sup>3</sup>/h, la taille de la buse de sous-verse n'a aucune influence sur la qualité de la séparation. Cela nous indique que le cyclone n'arrivera à saturation qu'à des débits plus élevés.

- Buses de diamètres différents, débits extrêmes

Afin de s'assurer de cette information, la décision a été prise d'essayer d'atteindre des débits de saturation pour ce cyclone. Les résultats sont compilés ci-dessous.

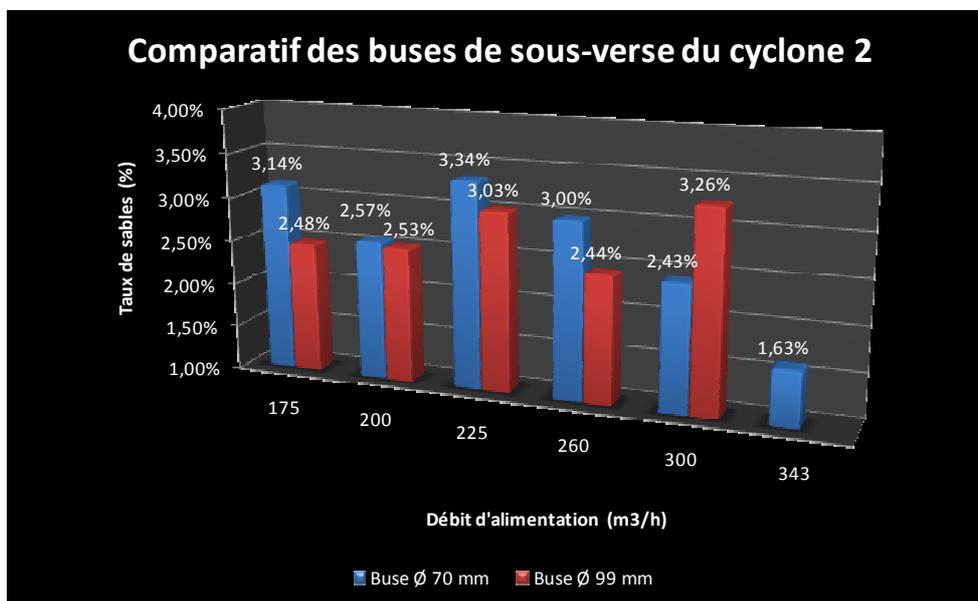


**Graphique 7 : Comparatif des buses de sous-verse du cyclone 2, à hauts débits**

Sur ce Graphique 7, nous observons que même à très hauts débits (à un maximum de 343 m<sup>3</sup>/h, donné par la pompe d'alimentation), le cyclone numéro 2 reste dans la norme acceptable (autour des 2 %).

- **Compilation des résultats de la deuxième technologie**

Le graphique suivant présente la comparaison globale des performances du cyclone 2 avec des buses de diamètres 70 et 99 mm.



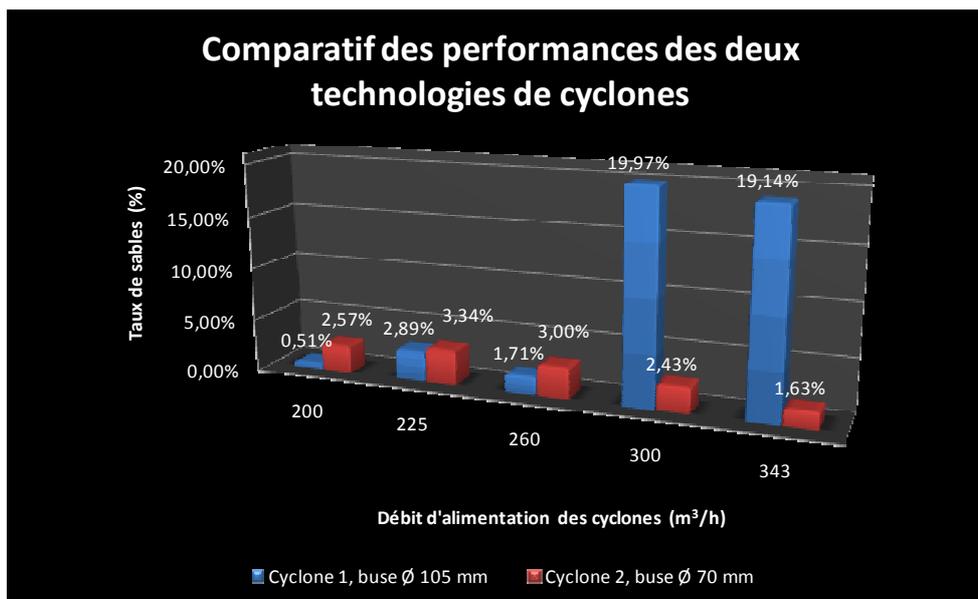
**Graphique 8 : Comparatif général des buses de sous-verse du cyclone 2**

Tous ces tests prouvent le bon fonctionnement de cet appareil sur toute la plage de débits d'alimentation possibles : 175 à 350 m<sup>3</sup>/h (Graphique 8). Nous pouvons donc admettre qu'il sera continuellement performant, sans suralimenter le broyeur par une augmentation du diamètre de la buse de sous-verse.

On constate également que la taille de la buse de sous-verse n'a pas d'influence sur le taux de sables rejetés en sur-verse. Ce type d'hydrocyclone restera donc performant pendant toute la durée de vie de cette buse.

### **e. Comparaison des deux technologies de cyclonage**

Afin de pouvoir conclure sur les performances de ces deux technologies d'hydrocyclones, il a été décidé de faire une dernière étude en comparant les cyclones 1 et 2. Cette comparaison permettra de déterminer quelle technologie est la plus adaptée aux conditions de fonctionnement de l'usine. Les résultats de ces travaux sont compilés sur le graphique ci-après.



**Graphique 9 : Comparatif des performances des deux technologies de cyclonage**

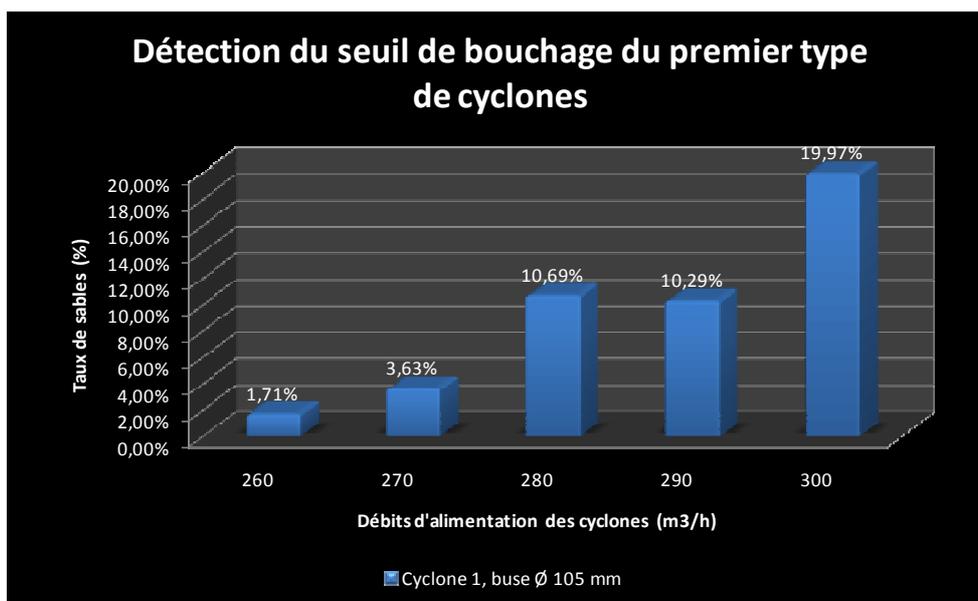
Sur le Graphique 9, nous observons rapidement que la première technologie arrive à ses limites lorsque le débit d'alimentation égale les 300 m<sup>3</sup>/h.

En conclusion, même si cette première technologie (cyclones 1 et 3) offre une meilleure qualité de séparation à des débits allant jusqu'à 260 m<sup>3</sup>/h (moins de 1 %, contre 3 % en moyenne pour la seconde), il s'agit en fait de sur-qualité. Elle est donc inappropriée pour le cas étudié.

On observe également que la plage de fonctionnement, en débits d'alimentation, de la deuxième technologie (cyclones 2 et 4) est plus grande, et donc préférable. En effet, si la production devait augmenter dans l'usine, on pourrait, en remplaçant les cyclones 1 et 3 par ceux d'une technologie équivalente aux deux autres, aisément traiter de plus grands débits de suspension.

Cependant, si l'on conserve la configuration actuelle de l'usine, il devient utile de savoir exactement à quel débit le cyclone 1 atteint ses limites. Un autre test plus précis a donc été réalisé entre 260 et 300 m<sup>3</sup>/h pour le cyclone 1.

Les résultats de ce test permettront l'écriture des consignes de marche pour les conducteurs du procédé.



**Graphique 10 : Détection du seuil de bouchage de la première technologie d'hydrocyclone**

Sur le Graphique 10, on observe que la première technologie de cyclonage reste dans les normes fixées par l'usine (4 %) jusqu'à un débit de 270 m<sup>3</sup>/h d'alimentation. Au-delà, la buse de sous-verse va commencer à se boucher, et ainsi forcer la suspension à sortir en totalité par la sur-verse.

La consigne de conduite sera donc fixée à un maximum de 270 m<sup>3</sup>/h (si atteinte par petits paliers, sinon 265 m<sup>3</sup>/h). A ce débit, la valeur du taux de sables est déjà élevée (3,7 %) mais toujours dans les normes.

Cette consigne garantira la qualité de la suspension envoyée au procédé.

### **3. Influence des modifications sur l'installation**

#### **a. Usure des buses de sous-verse des cyclones**

La taille initiale des buses de sous-verse a finalement été fixée à 105 mm pour les cyclones 1 et 3, avec une taille de changement (ou de fin de vie) estimée à environ 110 mm. Elle sera définitivement fixée dès lors qu'une fuite sera décelée.

En effet, une fois fuyarde, la buse sera mesurée. Une marge de sécurité sera calculée et appliquée afin de définir une côte à laquelle elle devra désormais être remplacée.

Une autre conséquence directe de ce changement de côte initiale de buse sera l'augmentation du nombre d'arrêts des cyclones de première technologie. En effet, une plus grande ouverture de buse signifie une plus petite quantité de métal « à user », donc des remplacements plus fréquents.

#### **b. Performances des broyeurs**

Le changement de la taille initiale des buses de sous-verse des cyclones 1 et 3 effectué, un nouveau problème fut suspecté. La buse ayant été agrandie, une plus grande quantité de boue (faite de particules de grande dimension) retourne en direction du broyeur. Celui-ci pourrait donc se retrouver saturé, les jours de grosse production, et ainsi avoir une très mauvaise granulométrie de sortie (un grand pourcentage de sables).

Cela entrainerait l'augmentation du débit de sous-verse du cyclone en aval, et donc créerait un cercle vicieux, augmentant continuellement le débit recirculant de sables.

Au bout d'un certain temps, la taille de la buse de sous-verse du cyclone associé ne pourra plus assurer un tel débit, et se bouchera, entrainant la sortie de toute la suspension par la buse de sur-verse. Le problème d'ensablement des bacs en sera finalement amplifié.

#### **c. Conclusion sur l'incidence des modifications**

Les modifications apportées sur le procédé peuvent avoir des répercussions qui, pour le moment, sont incertaines. Un suivi dans le temps de quelques paramètres pourra dire si celles-ci sont viables.

Par exemple, si l'agrandissement de la taille des buses de la première technologie de cyclones (numéros 1 et 3) entraine un trop grand retour de particules, il faudra songer à la réduire afin de trouver un compromis entre qualité de séparation et débit de sous-verse.

L'objectif actuel de l'usine, du point de vue des broyeurs, étant d'allonger leurs temps de vie, tout en augmentant leur production, il ne faudrait pas qu'un paramètre extérieur, tel que ce débit de recyclage de grandes particules, fasse échouer la manœuvre.

Une étude supplémentaire a donc été lancée sur les broyeurs, pour permettre de dresser un état des lieux de leur fonctionnement.

#### 4. Etude des broyeurs

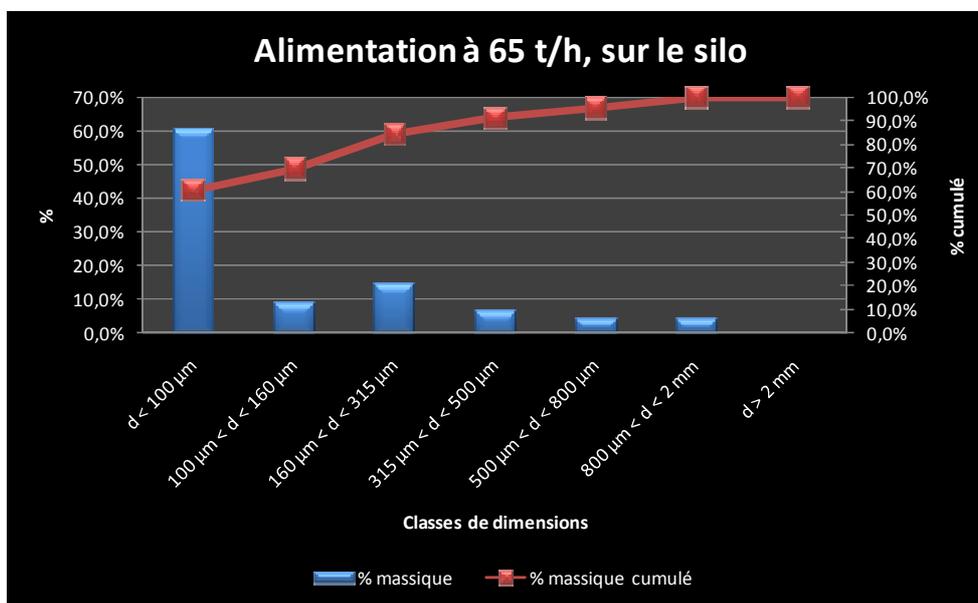
Des tests ont donc été effectués pour déterminer le tonnage maximum admissible en entrée des broyeurs. Il faut cependant se souvenir que celle-ci est constituée des retours de sous-verse du cyclone en aval (environ 30 % de l'alimentation), ainsi que de la sortie des silos (les 70 % restants).

On comprend rapidement qu'une partie de cette suspension étant déjà broyée (les retours des cyclones), il paraît important de connaître l'influence de ce paramètre. Un autre essai a donc été effectué en conservant le même tonnage entrant dans le broyeur, mais avec un pourcentage de retours cyclone. Ces tests nous indiqueront l'influence du paramètre « déjà broyée » d'une partie de l'alimentation sur la granulométrie de sortie, en plus du tonnage maximum admissible.

Les résultats de tous ces tests, réalisés sur le broyeur 1, sont présentés ci-après. Ils ont été effectués avec ou sans marche du cyclone en aval, selon les besoins de l'essai.

En temps normal, le broyeur supporte une charge de 80 à 90 t/h d'alimentation totale (50 à 60 t/h venant du silo, et 30 t/h du cyclone, environ).

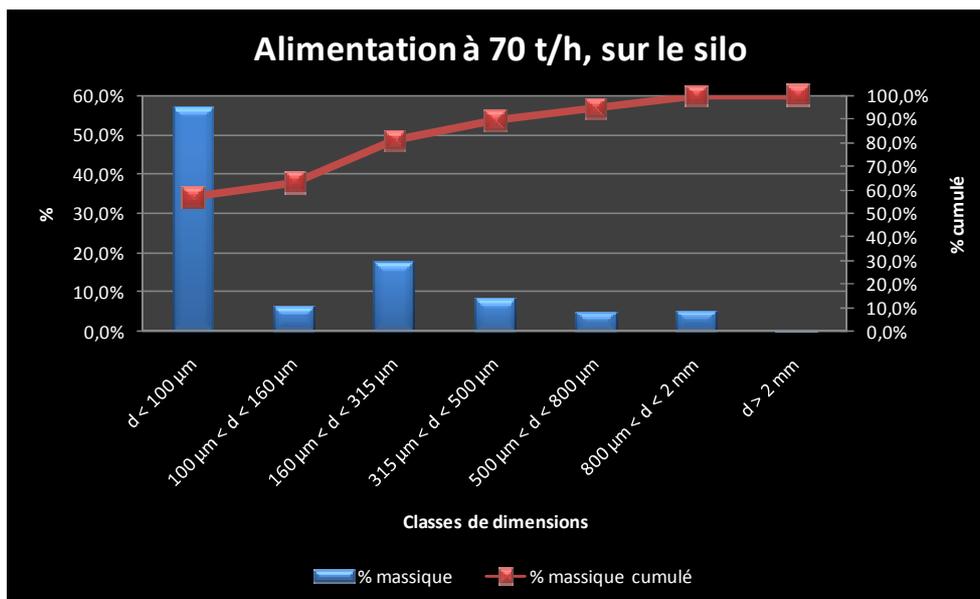
##### a. Alimentations effectuées sur silo uniquement



Graphique 11 : Alimentation à 65 t/h

Le Graphique 11 nous montre que les performances du broyeur dans ces conditions sont excellentes : 85 % des particules ont un diamètre inférieur à 315 µm, avec 60 % du total en dessous des 100 µm.

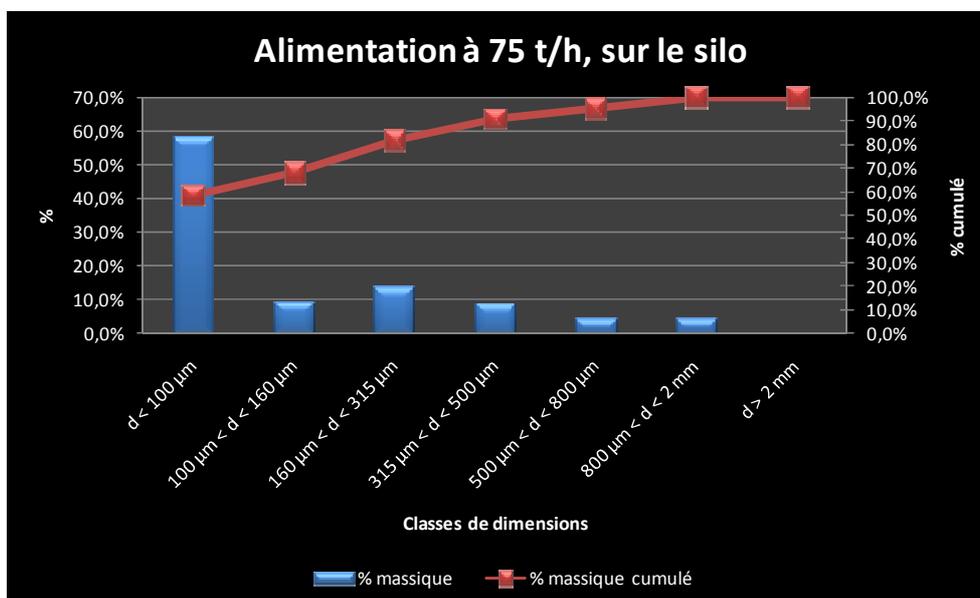
Ce tonnage d'entrée correspondant approximativement au tonnage total minimum préconisé pour le broyeur (60 t/h), il semble donc légitime d'obtenir de tels résultats.



**Graphique 12 : Alimentation à 70 t/h**

Nous observons, sur le Graphique 12, que la distribution des dimensions des particules avec un tonnage d'entrée de 70 t/h est semblable à la précédente.

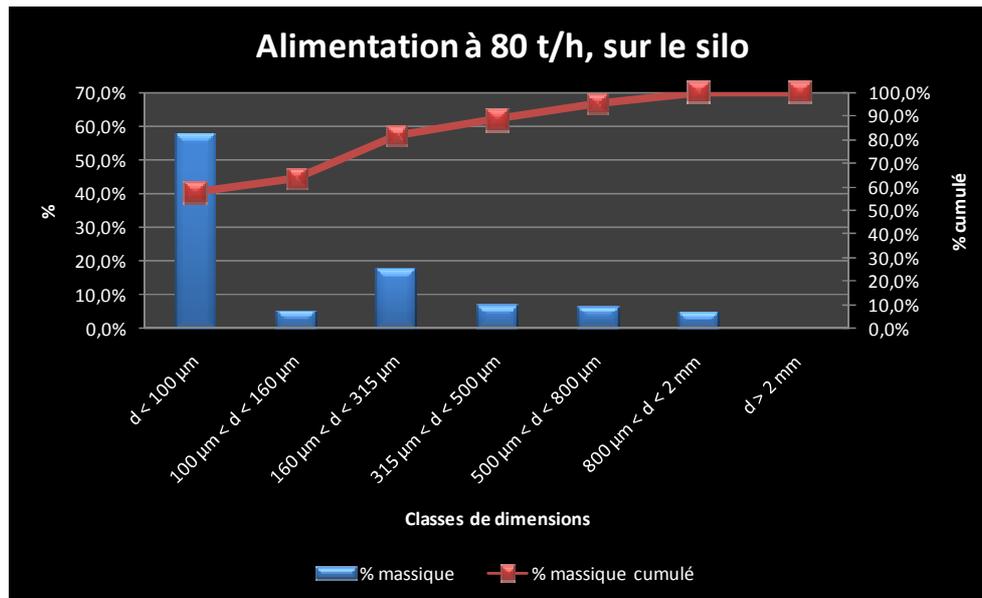
Il y a 80 % des particules qui ont un diamètre inférieur à 315 µm, avec environ 60 % du total inférieur à 100 µm. L'étude a donc été poursuivie par l'augmentation du tonnage entrant.



**Graphique 13 : Alimentation à 75 t/h**

On voit sur ce Graphique 13 que le constat identique au précédent : rien n'a changé au niveau de la distribution des dimensions de particules.

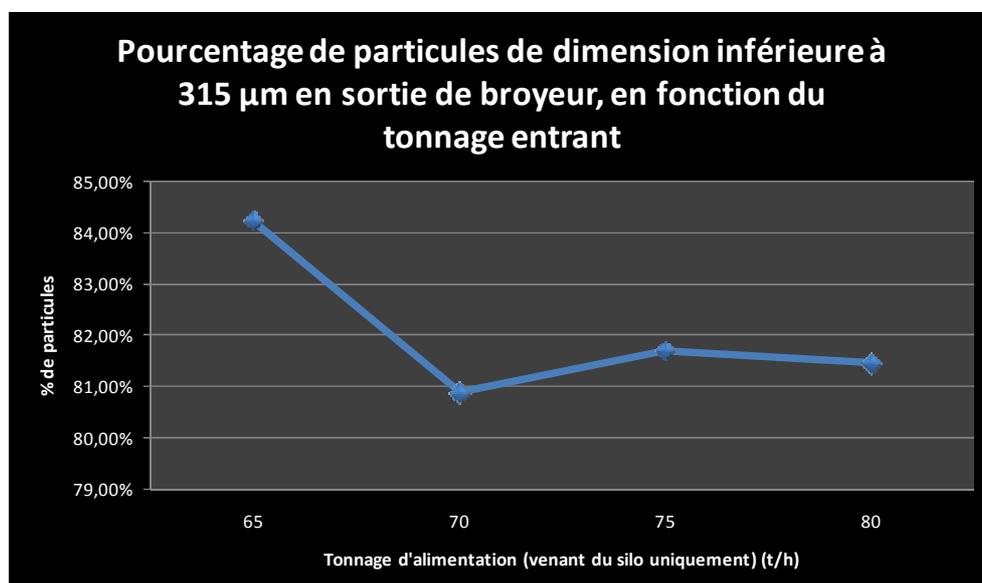
Le tonnage a ensuite été amené à 80 t/h en alimentation du broyeur.



**Graphique 14 : Alimentation à 80 t/h**

Le même constat peut encore une fois être formulé à la vue du Graphique 14 : l'augmentation du tonnage entrant dans le broyeur, jusqu'à une valeur de 80 t/h n'a pas eu d'incidence sur la granulométrie de sortie.

### b. Synthèse des résultats d'alimentations sur silo



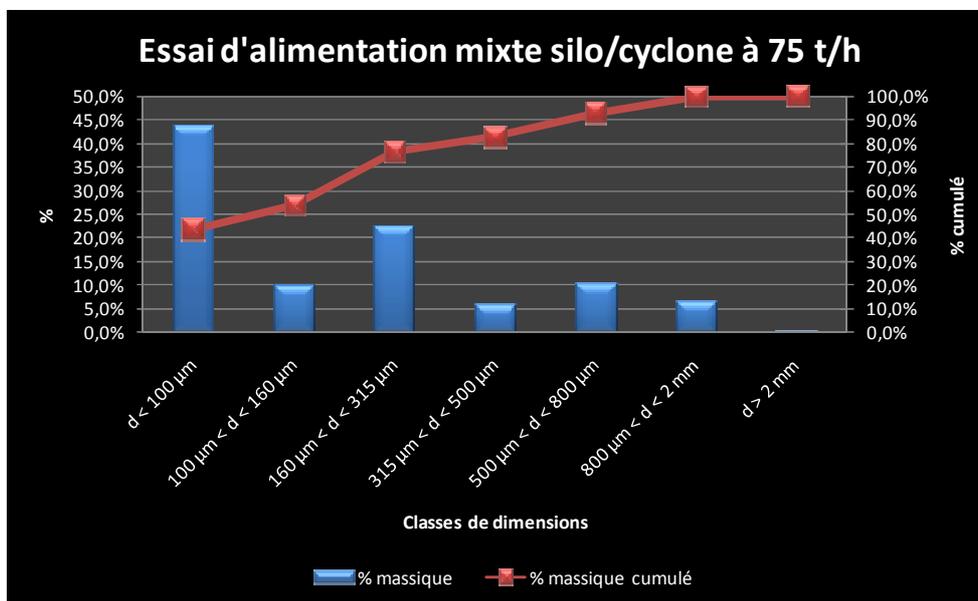
**Graphique 15 : Récapitulatif des pourcentages de particules de dimension admissible des essais d'alimentations sur silo**

Le Graphique 15 nous montre que le pourcentage de particules de diamètre inférieur à 315 µm ne varie pas sur la plage de tonnage étudiée. Cette observation est de bon augure quant à la capacité du broyeur à encaisser des tonnages plus élevés en alimentation.

Pour mener à bout cette étude, il faudrait par la suite faire des analyses identiques, avec des tonnages d'alimentation plus grands. Cela nous permettrait de détecter un « virage » dans le pourcentage de petites particules, et donc de voir quel

est le tonnage maximum admissible par le broyeur. Une étude adaptée à chaque broyeur serait également appréciable. Il sera alors possible de fixer une consigne de marche, par broyeur, afin d'optimiser la production.

### c. Alimentation normale : silo et retours cyclone



**Graphique 16 : Alimentation mixte, silo et retours cyclone**

Ce test a été réalisé pour étudier l'influence du retour de particules déjà broyées dans le broyeur.

Un total de 75 t/h de bauxite entrant dans ce dernier, avec un rapport de 55 % venant du silo, et 45 % des cyclones. Pour les besoins de l'expérience, le tonnage sortant du silo a été ramené au minimum (40 t/h), et le cyclone en aval du broyeur a été alimenté à son maximum (265 m<sup>3</sup>/h), afin de maximiser les retours de sous-verse.

En comparant ce Graphique 16 avec le Graphique 13 (tonnage total équivalent, mais en provenance du silo uniquement), on voit que les pourcentages de particules de diamètre inférieur à 315  $\mu\text{m}$  sont semblables. Cela nous indique qu'à ce tonnage, les performances du broyeur ne sont pas influencées par le paramètre « déjà broyé » du retour de sous-verse de l'hydrocyclone. A la vue de ces résultats, on peut également penser que les 20 % de « sables » observés sont en réalité des particules imbroyables qui tournent en permanence dans ce circuit du broyeur.

### d. Conclusion sur le sujet des broyeurs

Tous ces paramètres étudiés sur les broyeurs pourront être suivis dans le temps pour connaître leur état général, sachant qu'ils sont en pleine période de rallongement du temps de marche entre deux entretiens.

Il faudra également mener une étude sur les particules ayant un diamètre inférieur à 100  $\mu\text{m}$  pour juger de leur influence sur la décantation après attaque (pour séparer la boue restante du mélange alumine-soude). La sur-qualité du broyage peut dans ce cas dégrader les performances de l'usine (décantation difficile).

Le problème à résoudre sera de réussir à trouver un mode de fonctionnement qui permette de décanter facilement les boues après l'attaque, en évitant l'ensablement des bacs, avec des particules ni trop grandes, ni trop petites.

Le tonnage maximum de bauxite neuve admissible en entrée du broyeur n'a pas pu être atteint dans cette étude. Il serait donc intéressant de la poursuivre afin d'obtenir ce résultat.

Il serait également utile de savoir si le paramètre « déjà broyée » d'une partie de l'alimentation a toujours la même influence à des tonnages supérieurs. A 90 voire 100 t/h, on peut imaginer que si la totalité de l'alimentation est déjà broyée, le broyeur pourrait admettre un plus grand tonnage entrant. Si les résultats s'avéraient concluants, cela permettrait, à terme, d'envisager l'alimentation en bauxite neuve de deux broyeurs uniquement. Le troisième serait alimenté par les sous-verses des trois cyclones en fonctionnement.

Cette manœuvre induirait l'augmentation de la production totale de bauxite broyée de l'atelier, mais une longue phase de tests et de mesures est indispensable à son étude.

Pour améliorer les performances des broyeurs, il faudrait diminuer au maximum les débits de retour des sous-verses des hydrocyclones, tout en conservant une qualité de suspension en sur-verse. Cette action permettrait d'augmenter le tonnage entrant (venant du silo), tout en gardant le même tonnage passant par le broyeur (donc aucune dégradation de performances).

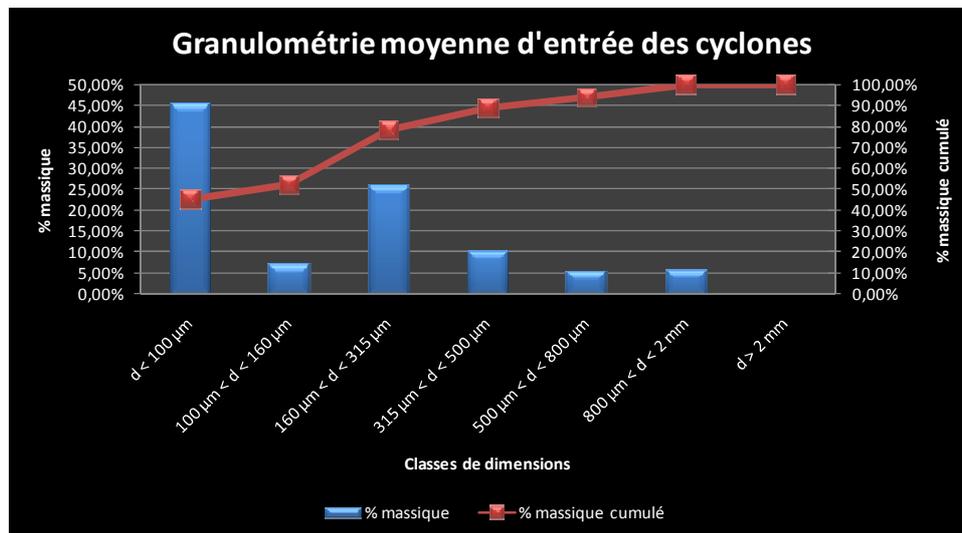
Pour cela, une demande d'étude a été faite auprès de deux sociétés spécialisées dans la conception et la mise en place d'hydrocyclones : Cavex et Neyrtec. Si les résultats de ces études sont encourageants, l'usine pourra envisager de changer sa batterie actuelle.

## 5. Dimensionnements d'entreprises extérieures

### a. Données envoyées pour les dimensionnements

Dans cette partie sont présentés les différents paramètres qui ont été envoyés aux deux sociétés dans le but d'un dimensionnement d'hydrocyclones.

- **Granulométrie d'alimentation**



**Graphique 17 : Granulométrie moyenne d'alimentation des cyclones, envoyée pour les demandes de dimensionnements**

Le Graphique 17 présente la granulométrie moyenne constatée en alimentation des cyclones. Les deux sociétés en charge des dimensionnements ont reçu ces résultats.

- **Autres paramètres de l'alimentation**

**Tableau 2 : Propriétés de l'alimentation des hydrocyclones envoyées pour les dimensionnements**

	Minimum	Moyen	Maximum
Débit de suspension (m3/h)	175	220	330
Tonnage de solides (t/h)	75	100	110
Matières sèches (g/L)	350	395	420

Les autres propriétés de l'alimentation des cyclones ont été regroupées dans ce Tableau 2.

### b. Etude de la société Cavex

La société Cavex, filiale du groupe Weir Minerals (possédant la société Warman, fabricante de pompes), est spécialisée dans la conception et l'installation d'appareils de prétraitement et de traitement de boues.

- **Dimensionnement primaire**

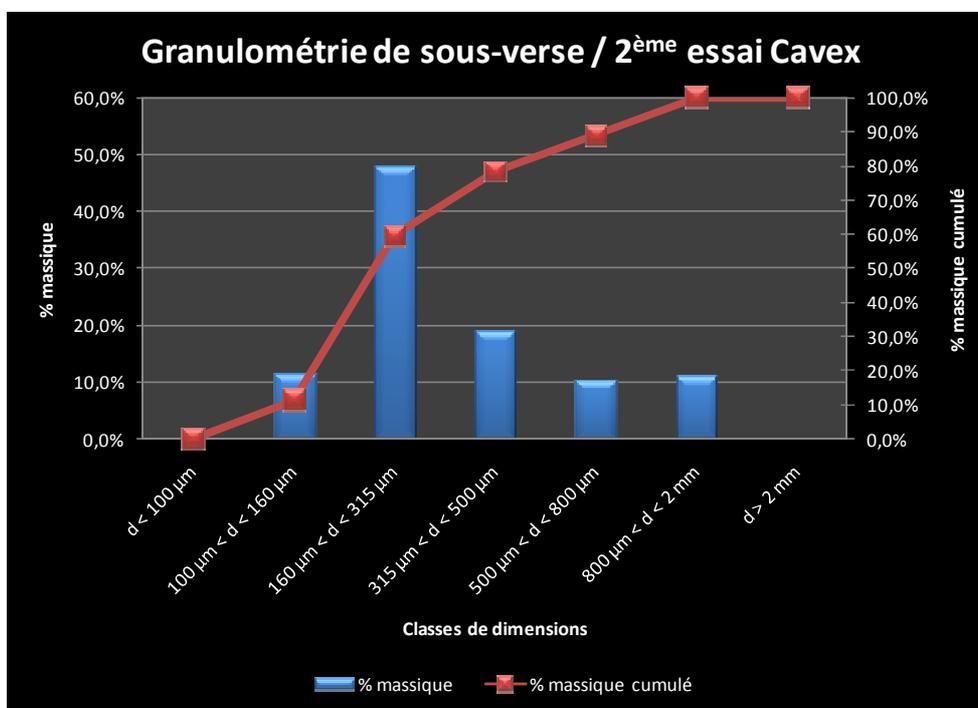
Afin d'ouvrir le débat, et permettre de commencer le dimensionnement sur une base, la société Cavex a fourni une première ébauche de leur travail. Celle-ci propose le changement des 3 cyclones en fonctionnement par un seul et même hydrocyclone de grande dimension (1100 mm de diamètre).

Cette solution fut immédiatement écartée, car entraînant un trop grand changement de l'atelier, et induisant des problèmes lors de pannes, et/ou entretiens (plus de cyclone de secours, arrêt complet de l'atelier lors des entretiens...)

Une deuxième étude a donc été demandée à la société Cavex.

- **Second dimensionnement**

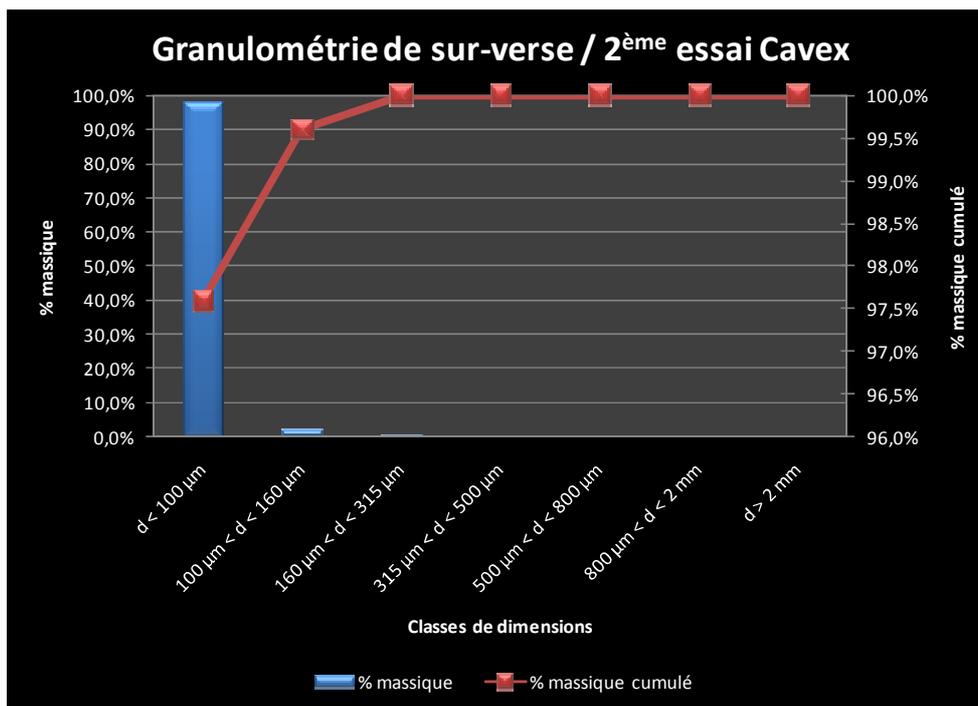
La deuxième étude est plus prometteuse. Elle aboutit au remplacement de chaque hydrocyclone de l'usine par un cyclone Cavex, de diamètre 825 mm. Tous les résultats théoriques sont compilés ci-après.



**Graphique 18 : Granulométrie de sous-verse du deuxième dimensionnement de Cavex**

Le Graphique 18 montre tout d'abord que la sous-verse théoriquement obtenue avec ce type d'hydrocyclones est totalement exempte de particules de diamètre inférieur à 100 µm. Cela signifie que la séparation de ces particules est parfaite. On voit également qu'elle est constituée en majeure partie (50 %) de particules de diamètre compris entre 160 et 315 µm, qu'il serait intéressant de retrouver en sur-verse.

Voyons maintenant les résultats obtenus en sur-verse.



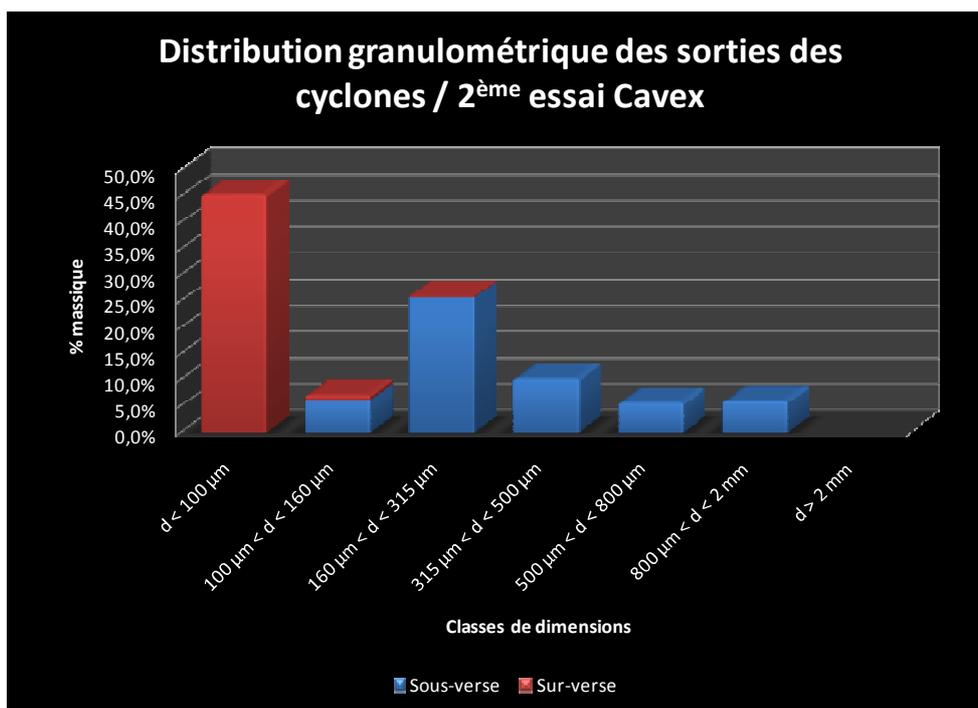
Graphique 19 : Granulométrie de sur-verse du deuxième dimensionnement de Cavex

On constate rapidement, sur le Graphique 19, que la sur-verse théoriquement obtenue dans cette étude est constituée exclusivement de particules ayant un diamètre inférieur à 100 µm. Avec ce type d'hydrocyclone, le problème d'ensablement des bacs serait donc solutionné.

Tableau 3 : Tonnages et débits du deuxième dimensionnement de la société Cavex

	Alimentation	Sous-verse	Sur-verse
Débit de suspension (m <sup>3</sup> /h)	289,7	56,0	233,7
Tonnage de solides (t/h)	116,7	62,5	54,2
Matières sèches (g/L)	403,0	1117,0	232,0

Le Tableau 3 présente paramètres des entrées et sorties de chaque hydrocyclone Cavex. On s'aperçoit que le tonnage sortant en sous-verse s'élève à hauteur de 54 % de l'alimentation. Selon l'expérience du constructeur, en inclinant le cyclone jusqu'à une valeur maximale de 45° (entre l'axe du cyclone et la verticale), cette valeur pourrait atteindre les 45 %. Cependant, ce paramètre n'est pas disponible dans leurs données de simulation.



**Graphique 20 : Distribution des parts sur-verse/sous-verse par tranche de dimensions de l'alimentation (2<sup>ème</sup> dimensionnement Cavex)**

Le Graphique 20 montre que la séparation peut être nettement optimisée par la récupération, en sur-verse, de l'ensemble des particules ayant un diamètre compris entre 100 et 315  $\mu\text{m}$ .

Tous les résultats de la deuxième étude de la société Cavex montrent que les objectifs imposés ne sont pas respectés. Les prochains dimensionnements devront donc se tourner vers la diminution du taux de retour de grosses particules en sous-verse.

### c. Etude de la société Neyrtec

La société française Neyrtec est spécialisée dans la préparation mécanique et la classification hydraulique de minerais, minéraux industriels, ainsi que dans l'épaississement et la clarification des boues.

- **Dimensionnement primaire**

De la même façon que la société Cavex, Neyrtec nous a fait parvenir un « premier jet » de son dimensionnement.

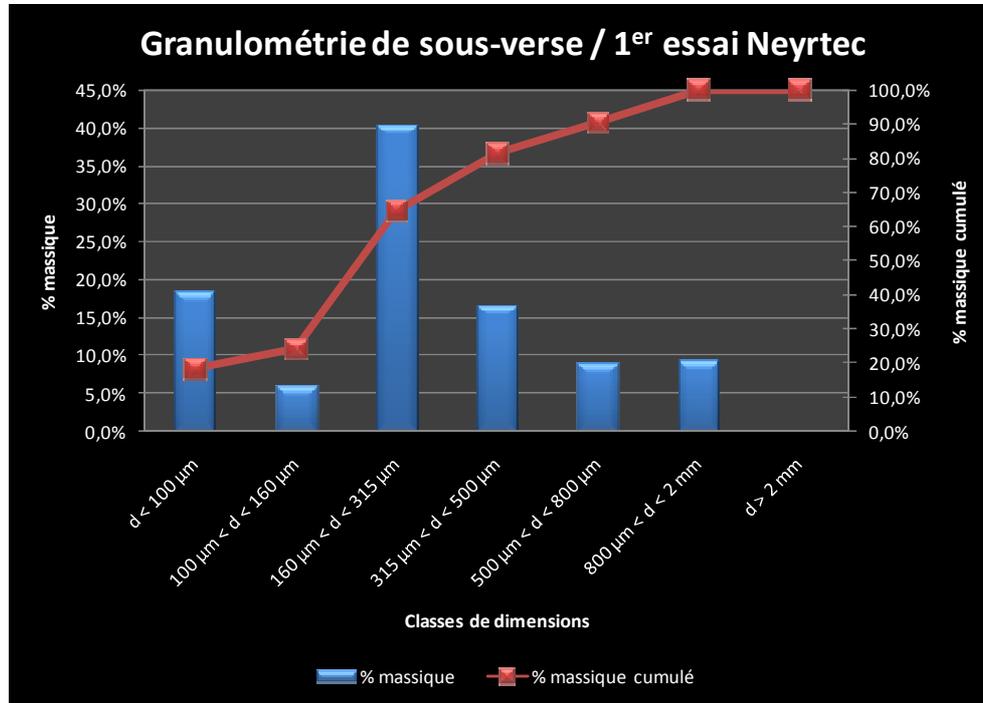
Depuis quelques années, la technologie de l'hydrocyclonage a évolué avec comme objectif principal la diminution de la dimension de coupure, et l'amélioration de la qualité de cette coupure.

Or, dans le cas de l'usine de Gardanne, la dimension de coupure est haute (315  $\mu\text{m}$ ), et ne doit pas nécessairement être parfaite (limite de 4 % de grosses particules en sur-verse). Ces spécificités ont entraîné des difficultés dans le dimensionnement.

L'étude a finalement abouti à une proposition de remplacement de chaque hydrocyclone de l'usine par une batterie de trois cyclones Neyrtec. Deux d'entre eux

fonctionneraient en permanence, et le troisième serait utilisé pour le traitement des plus gros débits.

Les résultats théoriques sont compilés ci-dessous.



**Graphique 21 : Granulométrie de sous-verse du premier dimensionnement de Neyrtec**

Le Graphique 21 montre que la sous-verse théoriquement obtenue pour ce premier dimensionnement possède une granulométrie très étalée : toutes les classes de dimensions y sont présentes, avec une grande majorité de particules comprises entre 160 et 315 µm.



**Graphique 22 : Granulométrie de sur-verse du premier dimensionnement de Neyrtec**

Grâce au Graphique 22, on peut s'apercevoir que la sur-verse théoriquement obtenue par ce dimensionnement est totalement exempte de sables.

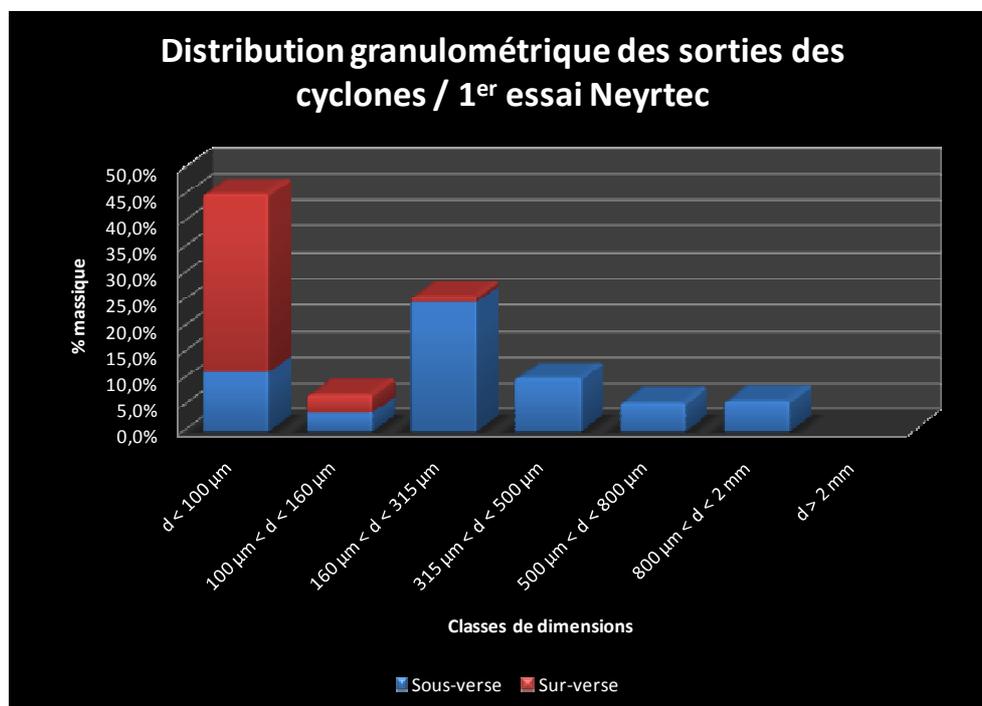
La séparation est donc parfaite. Cette solution permettrait de supprimer le problème d'ensablement des bacs de l'usine.

**Tableau 4 : Tonnages et débits du premier dimensionnement de la société Neyrtec**

	Alimentation	Sous-verse	Sur-verse
Débit de suspension (m3/h)	244,5	92,2	152,3
Tonnage de solides (t/h)	110	67,6	42,4
Matières sèches (g/L)	450	733	278

Le Tableau 4 présente les paramètres des entrées et sorties de la batterie complète d'hydrocyclones dimensionnée par Neyrtec. Ces résultats ont été obtenus pour une marche poussée d'un des hydrocyclones de l'usine (débit soutenu, et fort taux de matières sèches).

On constate que le tonnage solide en sous-verse s'élève à hauteur de 61,4 % du tonnage d'alimentation. Avec l'installation actuelle, ce pourcentage se situe aux alentours de 35 à 40 %. L'objectif du dimensionnement est de diminuer au maximum les retours de particules au broyeur, en conservant la même qualité de séparation qu'aujourd'hui. Une fois de plus, ces résultats prouvent que l'objectif n'est pas atteint.



**Graphique 23 : Distribution des parts sur-verse/sous-verse par tranche de dimensions de l'alimentation (1<sup>er</sup> dimensionnement Neyrtec)**

Les résultats du Graphique 23 rejoignent ceux des Graphique 21 et Graphique 22 : une part non négligeable (96 %) des particules de dimension comprise entre 160 et 315 µm sort par la sous-verse du cyclone.

Il est indispensable de trouver un moyen, par exemple en diminuant la qualité de la séparation, de faire passer ces 25 % de particules (par rapport à la quantité

totale solide en entrée) en sur-verse. Cela permettrait de diminuer considérablement le tonnage de sous-verse, et donc d'alléger la charge totale dans le broyeur, tout en augmentant la production de fines destinées au procédé en aval.

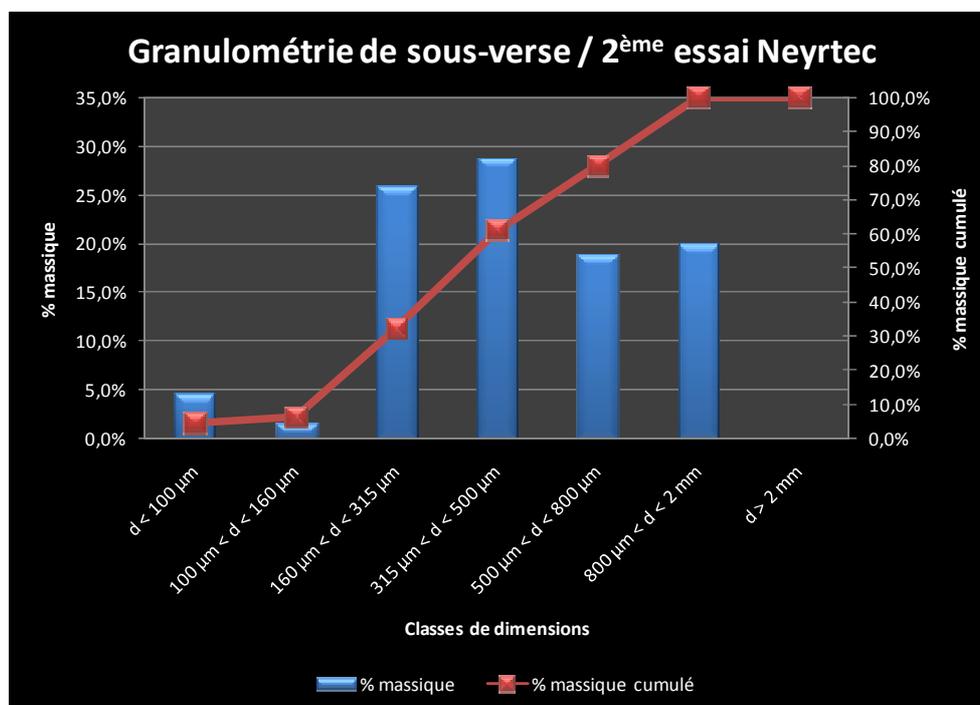
Une demande de second dimensionnement a été envoyée à la société Neyrtec dans le but de s'approcher au maximum des spécifications demandées.

- **Second dimensionnement**

La seconde étude réalisée par Neyrtec propose le changement de chaque cyclone de l'usine par un couple d'hydrocyclones montés en cascade. Le premier mesure 650 mm de diamètre. Sa sur-verse est envoyée vers le procédé, et sa sous-verse vers le second cyclone, mesurant 350 mm de diamètre. Pour permettre la centrifugation dans ce dernier appareil, il faudra diluer la sous-verse du premier avec 45 m<sup>3</sup>/h de liqueur.

Les deux sur-verses sont collectées et envoyées vers le procédé, tandis que la sous-verse du deuxième appareil est renvoyée au broyeur.

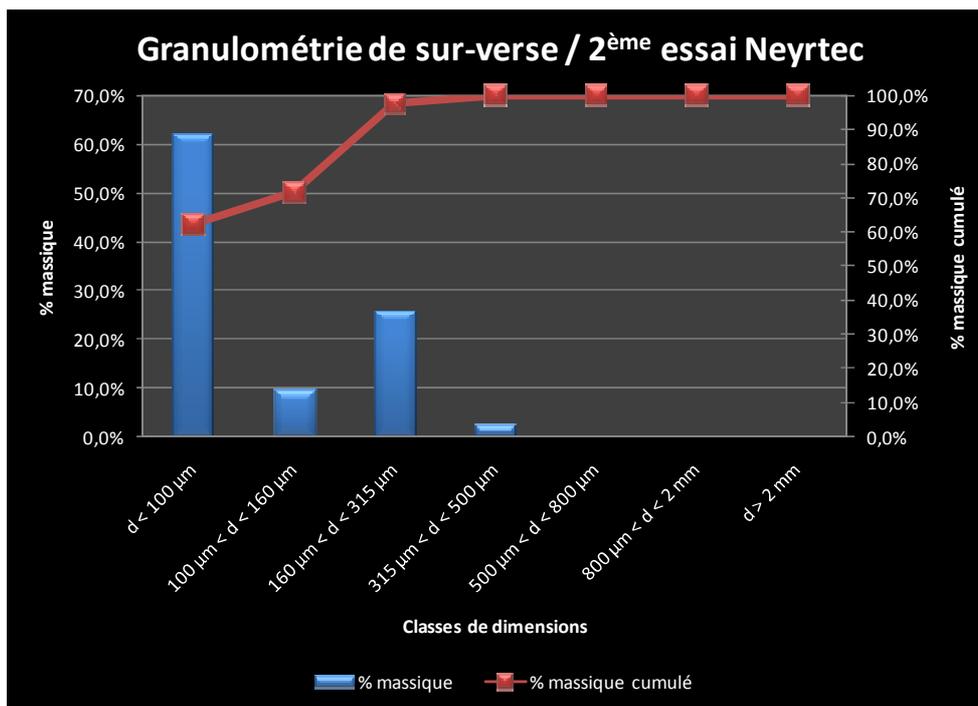
Les résultats théoriques obtenus sont présentés ci-après.



**Graphique 24 : Granulométrie de sous-verse du deuxième dimensionnement de Neyrtec**

On constate, grâce au Graphique 24, que la sous-verse théoriquement obtenue avec cette batterie de cyclones est quasiment exempte de particules de moins de 160 µm.

Nous allons maintenant voir les paramètres de la sur-verse.



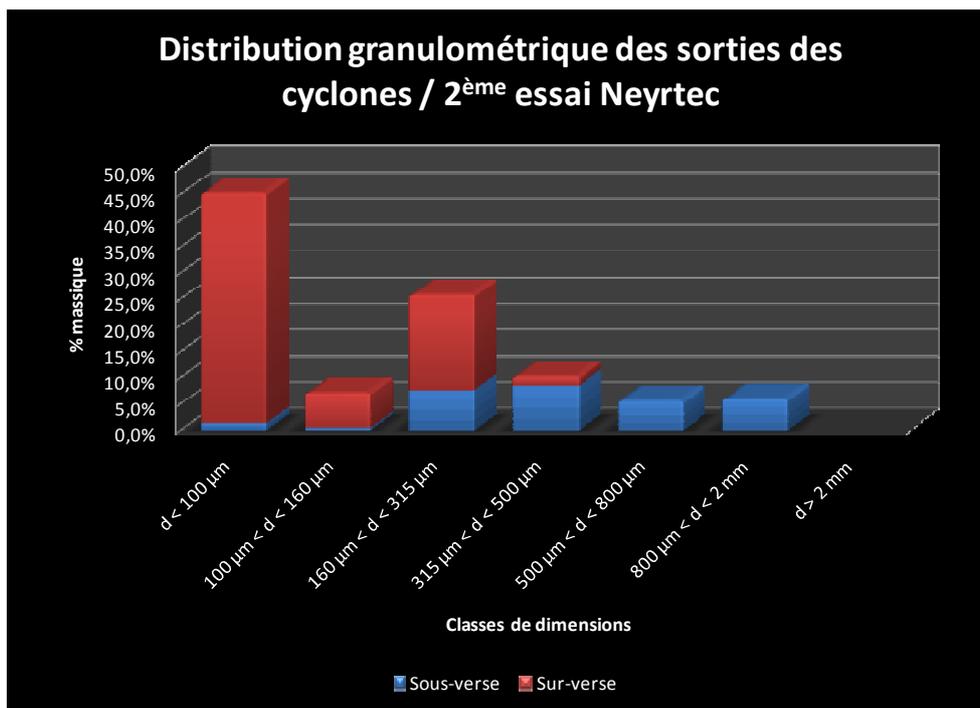
**Graphique 25 : Granulométrie de sur-verse du deuxième dimensionnement de Neyrtec**

Le Graphique 25 nous apprend que la séparation obtenue avec ce type d'installation n'est pas parfaite. En effet, 2,4 % de particules ont un diamètre compris entre 315 et 500 µm.

**Tableau 5 : Tonnages et débits du deuxième dimensionnement de la société Neyrtec**

	Alimentation	Sous-verse	Sur-verse
Débit de suspension (m <sup>3</sup> /h)	244,5	28,5	260,5
Tonnage de solides (t/h)	110	32,5	77,5
Matières sèches (g/L)	450	1141	298

Le Tableau 5 nous apporte des informations intéressantes quand aux performances de la batterie d'hydrocyclones proposée. En effet, on s'aperçoit que le tonnage de sous-verse représente 29 % de l'alimentation. Cela signifie qu'il a été réduit, théoriquement, de 5 à 10 % par rapport aux cyclones actuels de l'usine.



**Graphique 26 : Distribution des parts sur-verse/sous-verse par tranche de dimensions de l'alimentation (2<sup>ème</sup> dimensionnement Neyrtec)**

Le Graphique 26 nous montre les progrès effectués depuis la première étude. En effet, la plus grande amélioration concerne les particules ayant un diamètre compris entre 100 et 315 µm : elles sont quasiment toutes dirigées vers la sur-verse de la batterie de cyclones.

Cette deuxième étude est beaucoup plus encourageante : la séparation est bonne (2 % environ de sables en sur-verse), et le taux de retours au broyeur est abaissé, par rapport à l'installation actuelle.

## 6. Conclusion

Cette étude sur les hydrocyclones a permis de fixer des consignes de marche dans le but d'enrayer le phénomène d'ensablement des bacs.

En effet, un maximum de 260 m<sup>3</sup>/h (270 par paliers de 1 m<sup>3</sup>/h) devra être envoyé à la première technologie d'hydrocyclones (cyclones 1 & 3). Pour la deuxième technologie (cyclones 2 & 4), quelques soient les débits d'alimentation (un maximum de 343 m<sup>3</sup>/h a été atteint, limité par la pompe), la norme de rejet de sables en sur-verse est respectée.

Cependant, les performances de ces deux technologies ne sont pas équivalentes : si la qualité est recherchée, il faudra compter sur la première technologie (les débits atteints sont "faibles", mais la qualité de séparation est exemplaire). En revanche, si la quantité est recherchée, il faudra s'appuyer sur les cyclones de la deuxième technologie (la qualité de séparation est dans la norme imposée, mais les débits atteints sont très soutenus).

Les conséquences de ces changements seront visibles sur le long terme. C'est pour cette raison qu'un suivi des taux de sables en sur-verses des cyclones devra être organisé.

Pour cela, un mode opératoire a été mis au point pour expliquer toute la méthode de prélèvement et d'analyse des sur-verses des cyclones (Annexe I). L'application fidèle de ce mode opératoire sur les prélèvements permettra d'obtenir des résultats fiables dans le temps, et ainsi de suivre l'évolution de la qualité de séparation des hydrocyclones, afin d'en augmenter ou d'en diminuer les temps de vie.

Cependant, dans le cas où ces améliorations ne suffiraient pas à solutionner le problème, il faudra envisager le changement de la batterie d'appareils disponibles à l'usine. Si les résultats obtenus actuellement par les deux sociétés démarchées, sociétés spécialisées dans la conception d'hydrocyclones, ne sont pas pleinement satisfaisants, ils restent tout de même prometteurs.

Un travail commun avec elles permettront d'atteindre les objectifs demandés, afin d'améliorer considérablement les performances de séparation actuelles de l'usine, dans le but d'optimiser la protection du procédé en aval, pour finalement mettre un terme au problème d'ensablement des bacs.

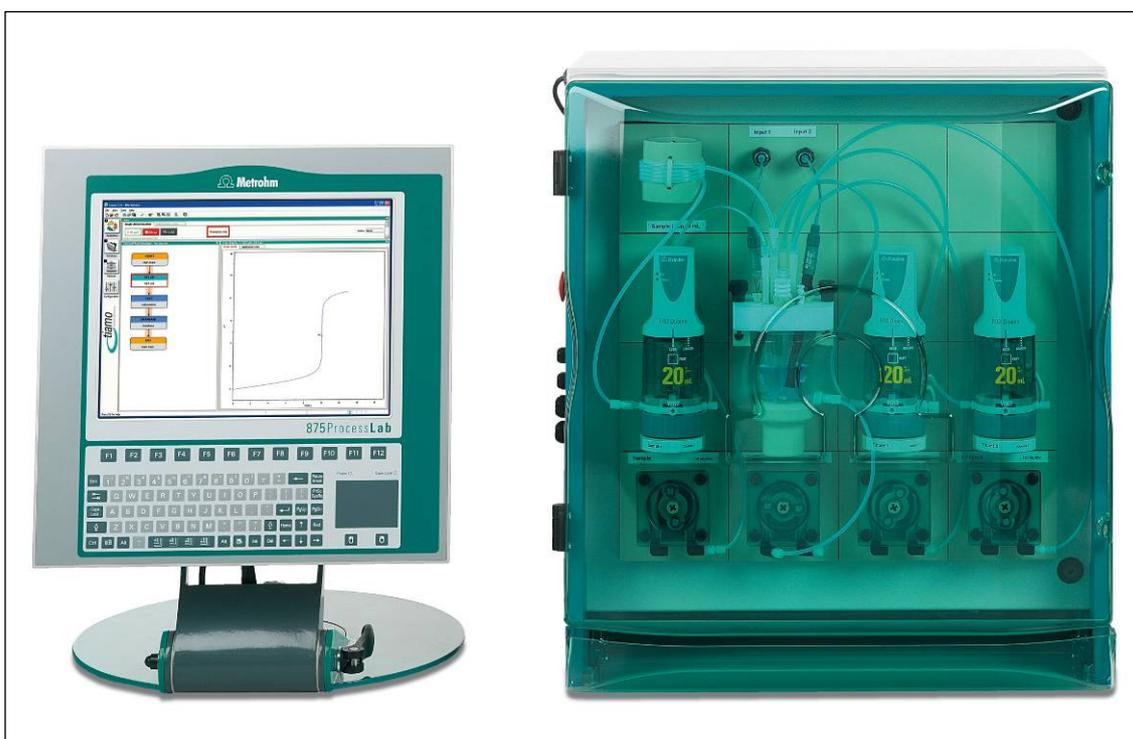
### III. Problématique du RP-mètre

#### 1. Découverte de la problématique

##### a. Description de la situation

Lors de mon arrivée dans l'usine, une autre stagiaire ingénieur (FITI-ENSIC), Mr Jean-Laurent Chevodian, était présent.

Son stage avait pour but la mise en route et la validation des mesures d'un appareil d'un nouveau genre pour l'usine : le ProcessLab de la société Métrohm (Photographie 3).



*Photographie 3 : Le ProcessLab de Métrohm*

La dernière partie de mon stage a eu comme objectif le passage de la phase d'essais de cet appareil, réalisés par mon prédécesseur, à la phase d'utilisation par des opérateurs de l'usine.

Cet appareil, actuellement prêté par Métrohm, est susceptible d'être acheté par l'usine. Cette partie de mon stage a pour but de valider son efficacité et son utilité pour tous les sites du groupe.

L'appareil serait utilisé par des opérateurs postés, de jour comme de nuit, afin de les aider dans la conduite du procédé. Il est donc nécessaire qu'ils sachent s'en servir, mais aussi l'entretenir convenablement pour garantir sa justesse, et ce, en toute sécurité.

##### b. Description de l'appareil

Le ProcessLab de Métrohm est un appareil autonome (piloté par un ordinateur), qui est adaptable à tous types d'industrie ayant besoin d'analyses. Il se situe entre

l'analyse en laboratoire, et l'analyse en ligne. D'un fonctionnement simple, il suffit de prendre un échantillon quelconque, de le placer dans l'alimentation de l'appareil, et le résultat s'affiche sur l'écran.

A l'usine de Gardanne, trois grandeurs doivent être connues tout au long du procédé : la concentration en soude (appelée caustique, en g/L), la concentration en alumine (en g/L), et le rapport pondéral (appelé R.P., sans unité, qui vaut la concentration en alumine sur la concentration en soude).

L'appareil a donc été configuré par Métrohm pour quantifier ces trois paramètres.

Ces mesures s'effectuent par pH-métrie. Une fois l'échantillon (un clair ou une suspension, selon sa provenance) pompé dans le pot d'analyse, un dosage à l'acide chlorhydrique est pratiqué, puis un calcul d'équivalence est ensuite effectué pour renvoyer à l'écran les valeurs des grandeurs énoncées ci-dessus.

Ce dosage se déroule en deux temps : tout d'abord celui de la soude libre, puis celui de la soude complexée, qui va être libérée par l'ajout en excès de gluconate de soude.

Une fois ces deux dosages terminés, l'appareil se rince automatiquement, et se réinitialise pour réutilisation immédiate.

Les seules opérations effectuées par l'opérateur seront l'échantillonnage, la mise en place de l'échantillon dans la centrifugeuse (s'il s'agit d'une suspension) puis la sélection de la méthode de calcul, qui indique à l'appareil la provenance de la substance, afin que ce-dernier adapte ses paramètres.

Je ne décrirai pas ici le fonctionnement profond de l'appareil, car ce n'était pas le but de mon stage, mais plutôt les démarches mises en œuvre afin de rendre accessible la machine aux opérateurs.

## **2. Actions entreprises**

### **a. Formation d'opérateurs et de techniciens**

Pour permettre de valider l'utilisation autonome de l'appareil par des opérateurs et des techniciens, il a fallu former une partie du personnel.

La complexité de ce travail réside dans le fait de réussir à expliquer le fonctionnement de l'appareil, sans trop entrer dans les détails techniques, pour ne pas submerger le personnel d'informations.

Deux opérateurs ont donc été formés, à leurs niveaux d'utilisateur quotidien de la machine. Un technicien a été formé à l'utilisation et à l'entretien de l'appareil. Ces formations ce sont très bien déroulées. Les échanges avec le personnel formé ont permis de simplifier au maximum les modules, pour les rendre plus accessibles, en allant directement à l'essentiel. Ces échanges ont également permis d'envisager avec eux d'éventuelles modifications à apporter à la machine, afin de la rendre plus facile d'utilisation, plus ergonomique.

### **b. Création de modes opératoires**

Afin de pérenniser la formation, des modes opératoires ont été créés. Ils sont adaptés pour chaque type d'utilisateur :

- l'utilisateur quotidien, faisant ses mesures plusieurs fois par jour,
- le technicien de maintenance, chargé de l'entretien de l'appareil une fois par semaine (par exemple), ou intervenant pendant la semaine, si un problème survenait.

Ces modes opératoires sont légèrement détaillés, pour les gens qui souhaitent comprendre le fonctionnement de l'appareil, et très illustrés, pour pouvoir rapidement repérer les gestes clés. Ils ont été placés en annexes (annexes II et III).

### **c. Achat d'équipement de sécurité**

Durant la période de passation aux opérateurs, afin de garantir l'intégrité physique des hommes autour de l'appareil, des équipements de sécurité ont été achetés :

- lunettes légères de sécurité,
- gants fins de laboratoire pour les manipulations courantes,
- gants lourds anti-brûlure chimique lors des manipulations de suspensions sodiques chaudes.

Ces équipements obligatoires ont permis d'avancer dans le projet, sans risquer de le réduire à néant à cause d'un accident.

Des porte-tubes ont également été achetés pour aider les opérateurs dans leurs manipulations. Ils permettront d'effectuer tous les transvasements de clairs ou de suspensions chaudes sans aucun risque de brûlure.

### 3. Limites de l'appareil

Si l'appareil était finalement acheté par l'usine, il serait judicieux de missionner un nouveau stagiaire pour améliorer certains points paraissant faillibles :

- Sécurisation plus poussée de l'installation par mise en place d'armoires fermées à clef pour les produits.
- Montage en série d'un déminéralisateur d'eau, pour approvisionnement permanent.
- Installation d'une serrure sur l'appareil pour empêcher son ouverture par des agents non habilités.
- Assignation automatique de la bonne méthode de calcul après sélection, par l'opérateur, du type d'échantillon.
- Modification de l'appareil par ajout d'une pompe, et changement de position d'un dosino pour pouvoir analyser les flux du dernier laveur, et du clair envoyé à la mer (à ce jour, un « bricolage » est nécessaire pour analyser ces deux flux).
- Remplacement de l'écran par une dalle tactile et ajout d'une interface graphique plus simple, pilotable au doigt (gros boutons, faciles d'accès), afin de faciliter l'utilisation par les opérateurs (actuellement à l'étude chez Métrohm).
- Amélioration de la technique de recalibration automatique de l'appareil (en cours d'amélioration chez Métrohm).
- Vérification des durées de vie des composants (pompes, flexibles, tuyauterie...) pour organiser les campagnes de renouvellements.
- Etude de faisabilité d'automatisation de l'ensemble : montage en série d'un échantillonneur automatique et d'un passeur d'échantillons, afin de retirer tout geste humain pouvant apporter des biais dans les mesures (automatisation et marche continue de l'appareil).

Ces modifications effectuées, l'appareil serait complet, et pleinement fonctionnel pour une utilisation quotidienne par des opérateurs postés, ou de façon entièrement automatique si le développement du système est poussé à son maximum.

#### **4. Conclusion sur le RP-mètre**

En conclusion, si cet appareil était acheté, il serait un grand atout pour l'usine de Gardanne, ainsi que pour toutes les autres usines du groupe. J'ai en effet pu le tester, au cours de mon stage, en analysant divers flux dans l'usine à la recherche d'une hypothétique dilution (valeurs trouvées par le laboratoire), ou pour aider les opérateurs à la conduite du procédé, en doublant la mesure du RP-mètre en ligne souvent biaisée. Ces analyses ont permis d'éviter une perte de production, et donc une perte d'argent (rapports d'utilisation du RP-mètre en annexe IV).

De conception robuste, utilisable par les conducteurs du procédé, c'est un produit parfaitement adapté. Si le développement de cet appareil était poursuivi, des techniques pour le rendre totalement automatique et indépendant de toute opération humaine pourraient être envisagées.

Il deviendrait un appareil juste, sûr, et indispensable à la bonne marche de l'usine.

## Conclusion

Pour conclure ce rapport, je peux dire que ce stage m'a beaucoup apporté, tant au niveau technique qu'aux niveaux relationnel et personnel.

J'ai pu en effet approcher le monde de la production, vocation première de l'ingénieur procédé. J'ai pu y voir la recherche constante de l'optimisation, de la réduction des coûts, de l'augmentation de la production, et de la gestion des incidents par les responsables de l'usine. Cela m'a permis d'observer qu'un site de cette envergure n'est jamais au repos (pannes d'appareils, quotas de production, restriction de personnel, gestion des plannings, ...).

Sur le plan technique, mes connaissances sur le broyage et l'hydrocyclonage se sont nettement approfondies. J'en comprends maintenant mieux le fonctionnement.

Pendant la durée de mon stage, une nouvelle politique de sécurité a été instaurée dans l'usine (induite par le rachat d'Alcan par RioTinto). Celle-ci m'a permis d'observer les efforts et les nouvelles idées que les entreprises se doivent de fournir pour se soumettre aux réglementations imposées.

Au niveau des relations entre employés, j'ai beaucoup appris sur le management et la gestion des hommes. Il a effectivement été difficile, lors de mon arrivée dans l'usine, de "changer" les habitudes des personnes, afin d'effectuer certaines manœuvres ou travaux spéciaux nécessaires à mon étude.

Il a donc fallu apprendre à parler aux employés, voire "négocier" avec eux, pour obtenir leur participation à mes essais. Il m'a fallu perdre ma "naïveté" concernant la franchise des propos de certains employés. Cette approche fut très enrichissante pour mon futur emploi.

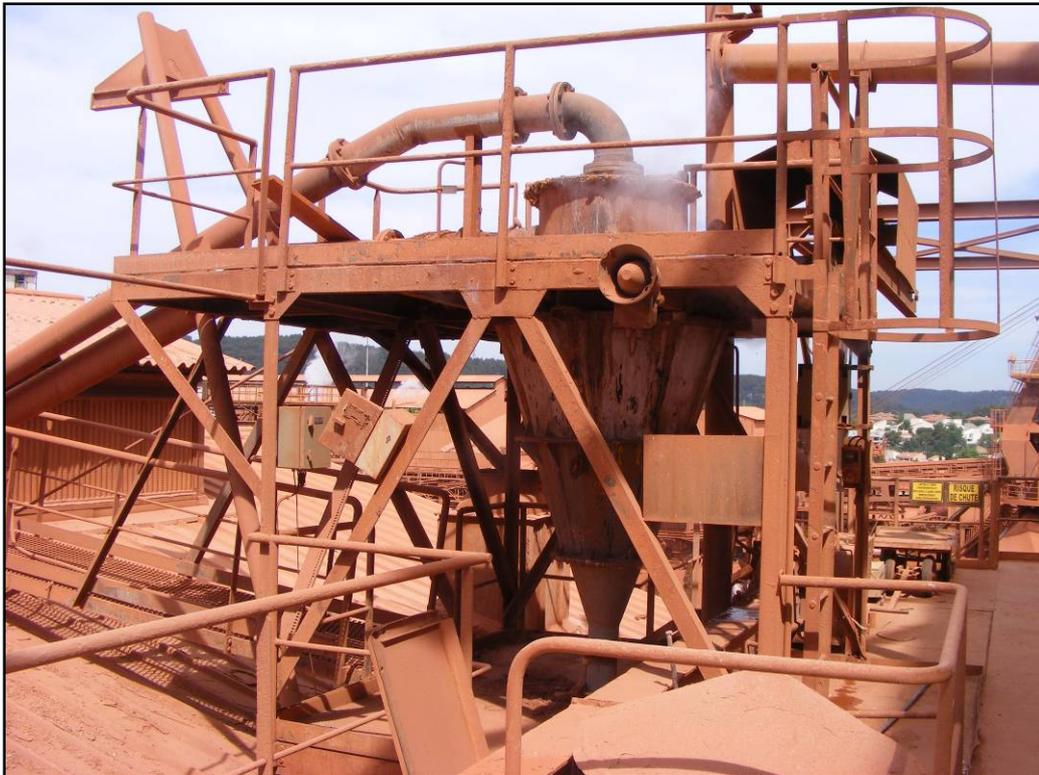
Sur le plan personnel, ce stage m'a fait beaucoup progresser. En effet, pour que mes études soient validées (le cyclonage par exemple), il fallait évidemment obtenir des résultats justes. Pour ce faire, une remise en cause de mes manipulations et observations a été nécessaire. J'ai du, tout au long de mon stage, apprendre à douter de tout ce que je faisais, en ayant toujours un œil critique et reculé sur mes résultats, afin de m'assurer de la véracité de mes conclusions.

Je dois à nouveau remercier pour cela messieurs Pons et Langlois, qui m'ont guidé tout au long de ma démarche, et m'ont fait avancer dans le métier d'ingénieur.

## Annexes

<i>Methodologie d'échantillonnage des sur-verses du cyclonage côté rouge</i>	<i>I</i>
<i>Manuel d'utilisation du RP-mètre (quotidien)</i>	<i>II</i>
<i>Manuel d'entretien et de contrôle du RP-mètre (technicien chargé de la maintenance)</i>	<i>III</i>
<i>Rapports d'activité du RP-mètre</i>	<i>IV</i>

# **Méthodologie d'échantillonnage des sur-verses du cyclonage côté rouge**



Version 2 – Octobre 2008  
Gabriel Turzo



# Sommaire

<b>I. But de la manipulation.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Equipement nécessaire.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Equipement de Protection Individuelle (E.P.I.).....</b>	<b>2</b>
a) Casque de sécurité.....	2
b) Bleu de travail complet.....	2
c) Chaussures de sécurité.....	2
d) Lunettes de type hublot.....	2
e) Gants chimiques.....	3
f) Visière de protection.....	3
<b>2. Equipement de prélèvement.....</b>	<b>3</b>
a) Canne à prélèvement.....	3
b) Eprouvette taillée à 1 Litre.....	4
c) Entonnoir.....	4
d) Récipients numérotés.....	4
<b>III.Mode opératoire.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Prélèvement.....</b>	<b>5</b>
a) Passage en salle de contrôle.....	5
b) Echantillonnage.....	5
<b>2. Analyse.....</b>	<b>6</b>
a) Préparation des échantillons.....	6
b) Résultats.....	7
<b>IV. Mode opératoire pratique.....</b>	<b>8</b>
<b>V. Check-list avant départ.....</b>	<b>9</b>

## **I. But de la manipulation.**

Ce livret a pour but de décrire, afin de la généraliser, une méthode de prélèvement standard des sorties fines des hydro cyclones (situés en sorties des broyeurs de bauxite). Le but est de pouvoir suivre l'évolution dans le temps la concentration en particules de taille supérieure à 315  $\mu\text{m}$ .

Cette méthode se doit d'être standardisée car, même si elle est imparfaite (on suppose que l'échantillon prélevé est représentatif de toute la suspension), elle permet d'avoir une approche de l'ordre de grandeur de ce paramètre, et d'en organiser un suivi.

Ce suivi permettra d'évaluer l'efficacité de chaque cyclone, et au besoin d'en rectifier le fonctionnement (débits entrants, nettoyage/entretien, changement des buses...) pour éviter l'encrassement des bacs de rétention par les sables résiduels dans les sorties fines.

Afin de ne pas surcharger et de simplifier la tâche des opérateurs, un mode opératoire « pratique » (synthétisé) est disponible en fin de fascicule, avec la checklist du matériel nécessaire aux opérations de prélèvement.

## II. Equipement nécessaire.

### 1. *Equipement de Protection Individuelle (E.P.I.).*

Ces équipements de sécurité sont indispensables pour conserver une intégrité physique lors des différents prélèvements et analyses.

#### a) **Casque de sécurité.**

Le casque de sécurité est obligatoire dans toute l'usine. Il est donc impératif de le porter pendant toute la durée du prélèvement.



Photographie 1 : Casque de sécurité

#### b) **Bleu de travail complet.**

Le bleu de travail complet est soumis à la même obligation que le casque de sécurité.

#### c) **Chaussures de sécurité.**

Soumises à la même obligation que le casque de sécurité.

#### d) **Lunettes de type hublot.**

Obligation identique au casque de sécurité, ces lunettes protégeront les yeux de toutes éclaboussures ou fuites d'une substance sodique.



Photographie 2 : Lunettes de type 'hublots'

### e) Gants chimiques.

La suspension prélevée contient de la soude. Il est donc impératif de porter des gants, afin de se protéger les mains et les avant bras de toutes brûlures chimique (ou thermique, la suspension approchant les 80 °C).



Photographie 3 : Gants anti-brûlures chimiques

### f) Visière de protection.

L'échantillonnage se faisant par des grandes ouvertures, en sortie de lignes à gros débits, les projections de suspension chaude et sodée sont courantes, et donc très dangereuses. La visière de sécurité est un élément indispensable et obligatoire pour la sécurité.



Photographie 4 : Visière de protection

## 2. *Equipement de prélèvement.*

### a) Canne à prélèvement.

Elle sert à prélever la suspension directement en sortie des conduites, avec une longueur et un angle adaptés pour effectuer la manœuvre en sécurité.



Photographie 5 : Canne à prélèvement, avec son godet

### **b) Eprouvette taillée à 1 Litre.**

L'éprouvette taillée à 1 Litre permet de prélever exactement le volume de suspension nécessaire à l'échantillon (normalisation des résultats, à une concentration ramenée à un Litre de suspension).



**Photographie 6 :  
Eprouvette**

### **c) Entonnoir.**

L'entonnoir sert à transvaser, plus facilement et sans pertes, le contenu de l'éprouvette dans les différents récipients.



**Photographie 7 : Entonnoir**

### **d) Récipients numérotés.**

Ils permettront de recueillir les différents échantillons de suspension pris lors de la collecte. Il est important qu'ils soient numérotés, afin de ne pas les intervertir lors de l'analyse.

Prévoir des récipients de 2 Litres au minimum pour récupérer la totalité des échantillons ainsi que l'eau de rinçage du godet et de l'entonnoir.



**Photographie 8 : Récipients  
numérotés**

### III. Mode opératoire.

#### 1. Prélèvement.

##### a) Passage en salle de contrôle.

Avant d'effectuer les prélèvements, prendre les valeurs utiles en salle de contrôle de l'attaque. Imprimer l'écran général de broyage, ainsi que l'écran de la dessilication, afin de les archiver dans un classeur. S'assurer auprès des opérateurs de la salle de contrôle qu'aucun problème n'a été signalé sur les broyeurs ou sur les cyclones durant leur poste (ou le précédent, si le prélèvement se déroule en début de poste).

Prévenir les conducteurs de la manipulation à effectuer, afin d'éviter tout risque d'accident ou, le cas échéant, de s'apercevoir plus vite d'un incident (si l'échantillonneur ne revient pas au bout d'un certain temps par exemple). L'intervention des secours pourra se faire dans des plus brefs délais en cas de problème.

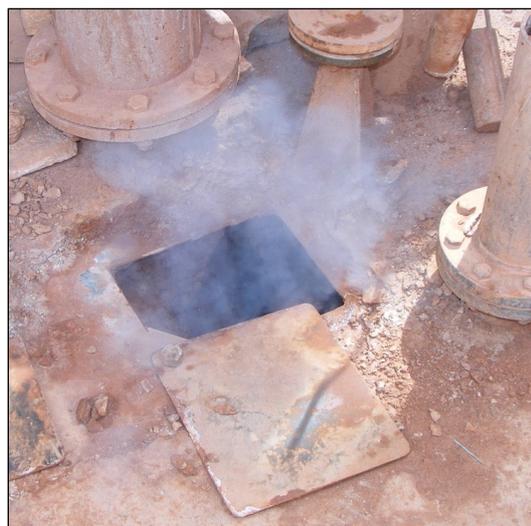
##### b) Echantillonnage.

L'échantillonnage est très simple à réaliser.

Ouvrir la trappe correspondante à la suspension à prélever. Placer le godet de la canne à prélèvement sous l'arrivée de celle-ci, en s'assurant de sa position par rapport aux risques éventuels d'éclaboussures. Prélever au centre du jet pour avoir un échantillon représentatif de la suspension



Photographie 9 : Trappe de prélèvement du cyclone 4



Photographie 10 : Trappe de prélèvement du cyclone 3



**Photographie 11 : Trappe de prélèvements des cyclones 1 et 2**

Remplir complètement l'éprouvette de 1 Litre avec le contenu du godet (réitérer l'opération jusqu'à remplissage complet). Transvaser son contenu dans un des récipients à l'aide de l'entonnoir. Rincer correctement l'éprouvette et l'entonnoir, en récupérant l'eau de rinçage dans le récipient numéroté.

Lorsque le prélèvement d'un cyclone est terminé, il faut rincer abondamment le godet de la canne, pour ne pas polluer les échantillons suivants, et garder un matériel toujours propre permettant de travailler en toute sécurité.

Une fois les échantillons récupérés, nettoyer la zone de prélèvement à la lance à eau, et se rendre au laboratoire pour les analyser.

NB : il faudra toujours prélever dans la même zone, pour que les résultats restent continuellement comparables.

Attention : si la situation paraît dangereuse (fuite, débordement du bac de stockage...), il est impératif de se protéger en abandonnant les lieux, et en signalant le problème aux opérateurs en place.

## ***2. Analyse.***

### **a) Préparation des échantillons.**

La préparation des échantillons se fait en portant les lunettes hublots, ainsi que les gants anti brûlures chimiques.

Numéroter 3 béciers de 5 Litres, et y verser le contenu des flacons précédemment remplis, en décollant les particules agglomérées au fond à l'aide d'eau déminéralisée chaude (disponible au robinet).

Placer les tamis dans l'évier, et y verser le contenu des 3 béchers. Utiliser l'eau distillée chaude pour décoller le fond des béchers, et essayer de faire passer le maximum de particules au travers du maillage, sans les faire passer au dessus du tamis par un mouvement d'eau intempestif (problème fréquent).

Si plus aucune particule ne traverse le maillage, placer les tamis dans l'étuve, pendant au moins trois heures.

### **b) Résultats.**

Mettre des gants anti brulures thermiques. Sortir les tamis de l'étuve, et les déposer sur des assiettes en verre, afin de ne pas perdre les quelques grammes qui seraient passés au travers du tamis après séchage (il faut également les comptabiliser).

Peser les tamis un à un, en y ajoutant le contenu de l'assiette. Soustraire la tare respective de chaque tamis, pour obtenir la concentration en g/L de grosses particules ( $\varnothing > 315 \mu\text{m}$ ) dans la suspension correspondante.

Entrer les valeurs utiles récupérées sur les écrans de la salle de contrôle, ainsi que les valeurs obtenues par l'opération d'échantillonnage/tamisage dans les cases correspondantes du tableau Excel prévu à cet effet pour obtenir le suivi.

## IV. Mode opératoire pratique.

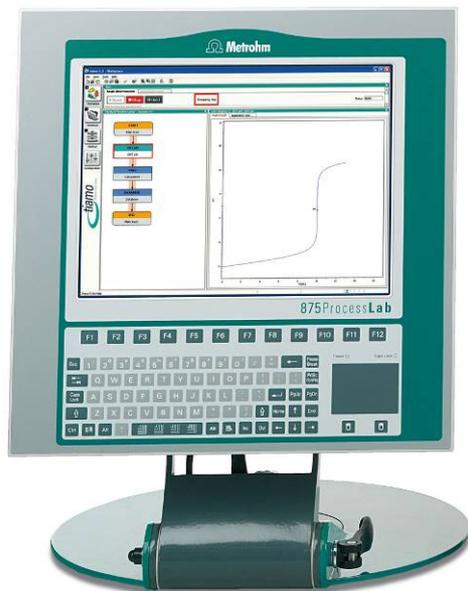
Quoi ?	Comment ?	Sécurité	Matériel
Préparer sa tournée	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En préparant son matériel grâce à la check-list.</li> <li>➤ En s'assurant que le matériel est propre.</li> <li>➤ En signalant aux conducteurs son départ, les lieux, et la durée de prélèvement.</li> <li>➤ En récupérant les données utiles sur les ordinateurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bleu de travail complet.</li> <li>➤ Casque de sécurité.</li> <li>➤ Lunettes hublot.</li> <li>➤ Chaussures de sécurité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Check-list avant départ.</li> </ul>
Prélever les échantillons	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En ouvrant la trappe.</li> <li>➤ En prenant l'échantillon à l'aide du godet au centre du jet.</li> <li>➤ En versant le contenu du godet dans l'éprouvette de 1L.</li> <li>➤ En répétant l'opération jusqu'à remplissage complet de cette éprouvette.</li> <li>➤ En la transvasant dans un flacon de 2L à l'aide de l'entonnoir.</li> <li>➤ En rinçant le godet et l'éprouvette tout en récupérant l'eau de rinçage dans le flacon de 2L.</li> <li>➤ En répétant ces opérations pour chaque échantillon à prélever.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bleu de travail complet.</li> <li>➤ Casque de sécurité.</li> <li>➤ Lunettes hublot.</li> <li>➤ Chaussures de sécurité</li> <li>➤ Visière anti-projections.</li> <li>➤ Gants anti-brulures chimiques.</li> <li>➤ Casque, ou bouchons anti-bruit.</li> <li>➤ Présence et opérations signalées.</li> <li>➤ S'assurer de sa position face aux projections de suspension.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Flacons de 2L numérotés.</li> <li>➤ Canne &amp; godet de prélèvement.</li> <li>➤ Entonnoir.</li> <li>➤ Eprouvette taillée à 1L.</li> <li>➤ Lance à eau.</li> </ul>
Analyser les échantillons	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En versant le contenu du flacon de 2L dans un bécher de 5L.</li> <li>➤ En décollant le fond du flacon de 2L avec l'eau chaude.</li> <li>➤ En faisant passer la suspension du bécher de 5L au travers du tamis.</li> <li>➤ En décollant le fond du bécher avec l'eau chaude.</li> <li>➤ En faisant passer le plus de particules possible à travers le tamis.</li> <li>➤ En plaçant le tamis dans l'étuve pendant au moins 3 heures.</li> <li>➤ En répétant ces opérations pour chaque échantillon.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bleu de travail complet, ou blouse de laboratoire.</li> <li>➤ Lunettes hublot.</li> <li>➤ Gants anti-brulures chimiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bêchers de 5L.</li> <li>➤ Tamis (mailles à 315 µm).</li> <li>➤ Etuve disponible.</li> <li>➤ Robinet d'eau distillée chaude disponible.</li> </ul>
Récupérer et traiter les résultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En récupérant le tamis dans l'étuve.</li> <li>➤ En le plaçant dans une assiette pour ne pas perdre de matière.</li> <li>➤ En pesant le tout sur la balance.</li> <li>➤ En soustrayant la masse de l'assiette et celle du tamis propre (obtenu avant les toutes premières analyses).</li> <li>➤ En notant le résultat sur un carnet prévu à cet effet.</li> <li>➤ En nettoyant le tamis sous l'eau (à l'envers) à l'aide d'un pinceau.</li> <li>➤ En répétant ces opérations pour chaque échantillon.</li> <li>➤ En plaçant tous les résultats dans le fichier Excel prévu à cet effet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bleu de travail complet, ou blouse de laboratoire.</li> <li>➤ Lunettes hublot.</li> <li>➤ Gants anti-brulures thermiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Balance disponible.</li> <li>➤ Carnet de résultats.</li> <li>➤ Pinceau.</li> <li>➤ Robinet et évier disponibles.</li> <li>➤ Ordinateur disponible.</li> </ul>

## V. Check-list avant départ.

Matériel	Cocher lorsque le matériel est prêt
Bleu de travail	
Casque	
Lunettes hublot	
Chaussures de sécurité	
Gants chimiques	
Visière de protection	
Canne à prélèvements	
Eprouvette de 1L	
Entonnoir	
Récipients numérotés	

# Manuel d'utilisation du RP- mètre

Utilisateur quotidien



Version 2, Octobre 2008.  
Gabriel TURZO



<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Prélèvement.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Equipement complet.....</b>	<b>2</b>
a) Equipement obligatoire.....	2
b) Gants chimiques.....	2
c) Bouteille(s) isotherme(s) de 1 Litre.....	2
<b>2. Avertissement à la salle de contrôle.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Prélèvement.....</b>	<b>3</b>
<b>II. Préparation de l'échantillon.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Préparation des flacons.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Centrifugation.....</b>	<b>4</b>
<b>III. Analyse.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Mise en place de l'analyse.....</b>	<b>5</b>
a) Solution de lavage.....	5
b) Echantillon témoin.....	5
c) Echantillon à analyser.....	5
<b>2. Résultats.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Erreurs possibles.....</b>	<b>6</b>
a) Bouton poussoir d'arrêt d'urgence.....	6
b) Gluconate.....	6
c) Erreur de calibration.....	7

d) Manque d'acide.....	7
e) Eau déminéralisée.....	7

#### **IV. Résumé des opérations.....8**

<i>1. Prélever en toute sécurité.....</i>	<i>8</i>
<i>2. Centrifuger les suspensions. ....</i>	<i>8</i>
<i>3. Vérifier les différents bidons. ....</i>	<i>9</i>
<i>4. Passer éventuellement un lavage. ....</i>	<i>9</i>
<i>5. Passer un témoin une fois par jour.....</i>	<i>9</i>
<i>6. Passer l'échantillon.....</i>	<i>10</i>
<i>7. Récupérer les résultats.....</i>	<i>10</i>

## **Introduction.**

Ce manuel a pour but de guider les opérateurs chargés d'utiliser le RP-mètre. Il ne se substitue pas à une formation complète, mais vient en complément.

Il sert à se remémorer certains gestes ou certaines opérations qui peuvent être oubliés au fil du temps.

Il s'organise en trois parties :

- le prélèvement, phase primordiale,
- la préparation de l'échantillon, indispensable pour avoir de bons résultats,
- l'analyse, essentielle pour connaître les résultats.

## I. Prélèvement.

### 1. *Equipement de travail et de protection individuelle.*

#### a) Equipement obligatoire.

Les prélèvements se faisant à l'intérieur de l'usine, il est nécessaire de porter son équipement obligatoire : un casque de sécurité, un casque anti-bruit, un bleu de travail complet, des lunettes de type hublot.

Cet équipement est primordial pour garantir sa sécurité personnelle.

#### b) Gants chimiques.

En complément de l'équipement obligatoire, il est nécessaire de porter des gants de sécurité anti-brûlures chimiques pendant toute la durée de l'opération de prélèvement. Ils permettent de protéger les mains en cas de contact avec les liqueurs sodiques, ou les suspensions chargées en soude.



Photographie 1 : Gants chimiques

#### c) Bouteille(s) isotherme(s) de 1 Litre.

Pour récolter la solution à analyser, l'utilisation de récipients adaptés est nécessaire.

Point important : l'échantillon doit rester à la même température jusqu'à sa centrifugation. Le choix a donc été fait pour des bouteilles isothermes dites « thermos ». Elles permettront également d'éviter un risque de brûlure (sécurité) lors des transports, en ayant toujours une paroi extérieure à température acceptable.



Photographie 2 : Bouteilles isothermes

### 2. *Avertissement à la salle de contrôle.*

Il faut toujours veiller à faire son travail en toute sécurité. Il en est de même pour les prélèvements. Dans ce type d'activité, il est important de constater que les lieux de prélèvement sont souvent dans des endroits dangereux, difficilement accessibles.

Il est conseillé, avant d'aller chercher un échantillon dans l'usine, de prévenir les opérateurs en salle de contrôle pour les informer de sa présence sur le terrain. S'ils ne voient pas le préleveur revenir



Photographie 3 : Salle de contrôle de l'attaque

après un certain temps, l'alerte pourra être donnée plus rapidement. Il faut signaler les lieux des prélèvements, ainsi que le temps nécessaire estimé pour réaliser la tournée.

### ***3. Prélèvement.***

Lors du prélèvement, laver deux fois l'intérieur de la bouteille isotherme avec la solution à prélever, puis la remplir et refermer en s'assurant que le bouchon de la bouteille est bien serré (pour ne pas contaminer la solution).

Répéter l'opération pour chaque échantillon à prélever. Laver l'extérieur des bouteilles avec la lance à eau la plus proche.

## II. Préparation de l'échantillon.

### 1. Préparation des flacons.

Avant de pouvoir procéder à l'analyse, il peut être nécessaire de préparer les échantillons. S'il s'agit d'une liqueur, elle pourra être analysée sans aucune préparation. S'il s'agit d'une suspension, il faudra la centrifuger.

Cette opération consiste à transvaser le contenu des bouteilles isothermes dans des flacons à fond conique pour permettre la centrifugation. Ces tubes se préparent par paires, afin d'équilibrer la centrifugeuse.

Verser environ 60 mL de suspension dans chacun des deux flacons pour obtenir un échantillon analysable.

### 2. Centrifugation.

Cette opération consiste à placer les tubes contenant de la suspension, les uns en face des autres dans la centrifugeuse.

Il faut que la centrifugeuse soit équilibrée, c'est-à-dire qu'il est IMPERATIF qu'il y ait toujours un tube en face d'un autre, donc toujours un nombre pair de tubes dans le rotor.

Fermer et visser le capot du rotor (il est inutile de forcer démesurément). Fermer le capot principal avant de lancer la centrifugeuse (bouton vert) en ayant sélectionné le programme « 1 ».



**Photographie 4 :**  
**Centrifugeuse**

NB : le programme « 1 » est sélectionné par défaut lors de l'allumage de la centrifugeuse.

### III. Analyse.

#### 1. Mise en place de l'analyse.

L'appareil ayant besoin d'une certaine maintenance pour garantir sa précision, il est nécessaire d'effectuer quelques vérifications (très rapides) avant de lancer une analyse.

##### a) Solution de lavage.

Si l'analyse d'un échantillon est lancée alors qu'un lavage était à effectuer, le logiciel affichera un message demandant de remplacer l'échantillon par une solution de lavage. Placer cette solution avant de cliquer sur « continuer ». Si la solution de lavage n'est pas placée, l'échantillon sera analysé, mais aucun résultat ne sera exploitable. Il est donc important de respecter cette règle.

Il est impératif de nettoyer l'appareil si celui-ci n'a pas servi depuis 8 heures. L'heure de la dernière analyse est consultable dans le panneau « database ». Si 8 heures séparent la dernière analyse de celle à effectuer, il est impératif de passer une solution de lavage. Elle se compose de liqueur d'attaque diluée dans de l'eau.

Pour effectuer l'opération de nettoyage, verser cette solution dans un flacon, et le placer dans l'alimentation de l'appareil. Comme pour un échantillon classique, choisir le type d'analyse, ici « lavage », et cliquer sur « start ».

Une fois ce lavage terminé, le logiciel informe l'utilisateur qu'il peut replacer l'échantillon dans l'alimentation pour procéder à son analyse.



Photographie 5 :  
Solution de lavage

##### b) Echantillon témoin.

Pour garantir la justesse des résultats de l'appareil, il est impératif d'analyser une fois par jour un échantillon témoin (échantillon dont on connaît les valeurs du caustique, de l'alumine, et du RP). Par exemple, tous les matins, placer un tube d'échantillon témoin dans l'alimentation. Choisir ensuite le type d'échantillon « témoin » dans le logiciel, puis cliquer sur « start ». Une fois l'analyse terminée, les résultats sont consultables dans l'onglet « database ». Comparer avec la carte de contrôle de l'appareil (vérifier uniquement le caustique, l'alumine, et le RP). S'ils sont dans l'intervalle de tolérance, l'appareil est utilisable pendant toute la journée. En revanche, si les valeurs sont hors tolérance, prévenir le technicien en charge de la maintenance de la machine.



Photographie 6 :  
Flacon de témoin

##### c) Analyse des échantillons.

Lorsque les étapes précédentes sont effectuées (lavage et témoin) les analyses d'échantillons deviennent possibles.

Placer l'échantillon (liqueur, ou clair de centrifugation) dans l'alimentation de l'appareil, et choisir son type sur une liste déroulante, créée pour faciliter les opérations. Une fois le type d'échantillon choisi, cliquer sur « start ». L'analyse terminée, le bouton « start » redevient vert. Les résultats peuvent être consultés dans l'onglet « database ».

## **2. Résultats.**

En cliquant sur « database », on peut consulter les lavages effectués (qui ne donnent aucun résultat numérique), ainsi que tous les échantillons passés (y compris les témoins).

Chaque échantillon est placé sur une ligne, et les résultats numériques sont classés en colonnes, dans l'ordre suivant :

- Alumine ( $Al_2O_3$ ).
- Caustique ( $Na_2O$ ).
- RP (RP).
- Soude carbonatée (Cbt).
- Pourcentage de soude carbonatée (%Cbt).
- Soude totale ( $Na_2O_{total}$ ).

## **3. Pannes et Erreurs possibles.**

### **a) Bouton poussoir d'arrêt d'urgence.**

Si une analyse ne démarre pas, vérifier que le bouton d'arrêt d'urgence n'est pas enclenché. Dans l'affirmative, un message d'erreur a dû s'afficher. Pour supprimer ce phénomène, il suffit d'appuyer à nouveau sur ce même bouton afin de retirer la sécurité.

L'analyse peut maintenant être lancée.



**Photographie 7 : Bouton d'arrêt d'urgence**

### **b) Gluconate.**

Pour réaliser les dosages, l'appareil a besoin d'une substance nommée « gluconate de soude ». La quantité préparée pour la semaine sera de 2 Litres, avec 1 Litre supplémentaire de secours.

Une analyse consomme 40 mL de gluconate, ce qui donne une autonomie d'environ 50 analyses, et 25 en réserve. Il paraît peu probable qu'il y ait un manque de gluconate, mais il est nécessaire de s'assurer, avant chaque analyse, que le flacon n'est pas vide.

Important : En cas de pénurie de gluconate, prévenir le technicien de maintenance de l'appareil afin qu'il vienne réalimenter les flacons.



**Photographie 8 : Flacon de gluconate**

### **c) Erreur de calibration.**

Toutes les 24h, l'appareil se calibre automatiquement. Si l'opération se passe bien, il n'y a aucun problème, et l'analyse se fait normalement. L'opération est totalement transparente pour l'utilisateur.

En revanche, si celle-ci ne se déroule pas dans des conditions optimales, l'appareil le signale par un message d'erreur, demandant de changer les solutions tampons. Si ce message apparaît, prévenir le technicien de maintenance afin qu'il les remplace au plus tôt.

### **d) Manque d'acide.**

Pour effectuer sa mesure, l'appareil utilise de l'acide. Celui-ci est contenu dans un flacon de 1 Litre. Avant d'effectuer une analyse, vérifier le niveau du flacon. Si celui-ci est bas, prévenir le technicien chargé de la maintenance de l'appareil afin qu'il procède au changement de flacon.



**Photographie 9 : Bouteille d'acide**

### **e) Eau déminéralisée.**

Pour mener à bien son analyse, le Métrohm a besoin d'eau déminéralisée. Vérifier avant chaque analyse que le bidon n'est pas vide. Appeler le technicien en charge de la maintenance de l'appareil si tel est le cas.



**Photographie 10 : Bidons d'eau déminéralisée**

## IV. Résumé des opérations

### 1. *Prélever en toute sécurité.*



Etape 1 : Prévenir la salle de contrôle de son départ pour le prélèvement, et l'effectuer en toute sécurité

### 2. *Centrifuger les suspensions.*



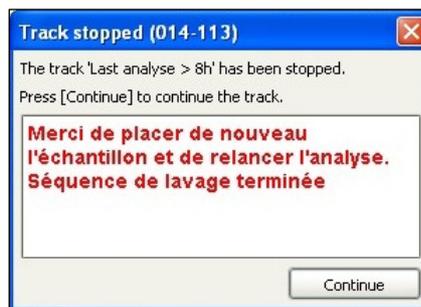
Etape 2 : Centrifuger les suspensions en équilibrant les charges

### 3. Vérifier les différents bidons.



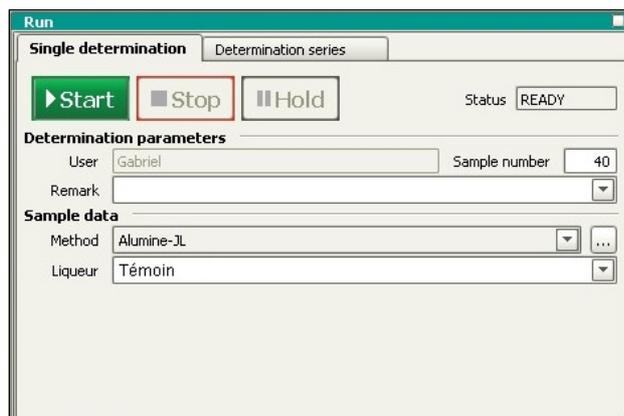
Etape 3 : Vérifier les flacons d'acide, de gluconate, et d'eau déminéralisée

### 4. Passer éventuellement un lavage.



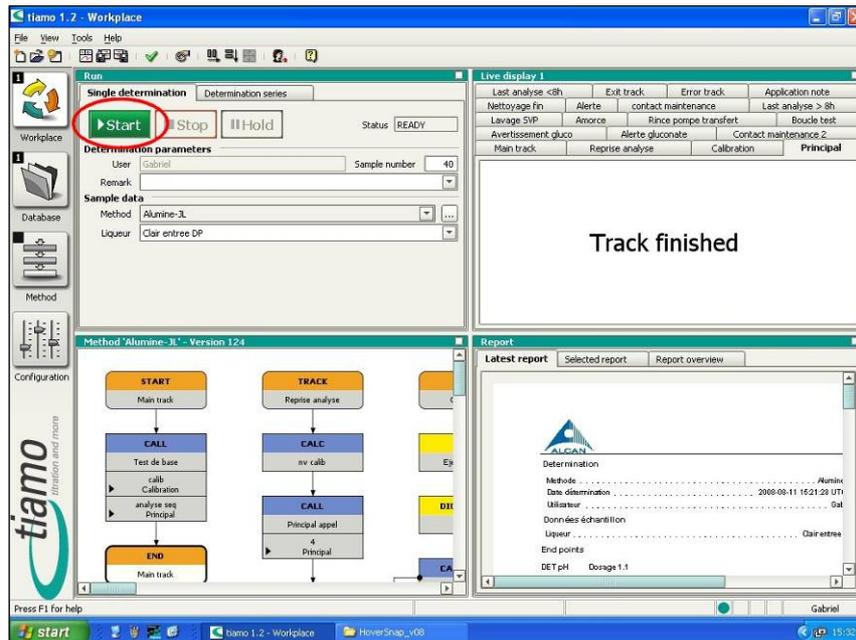
Etape 4 : Un lavage de l'appareil sera nécessaire si la dernière analyse date de plus de 8 heures

### 5. Passer un témoin une fois par jour.



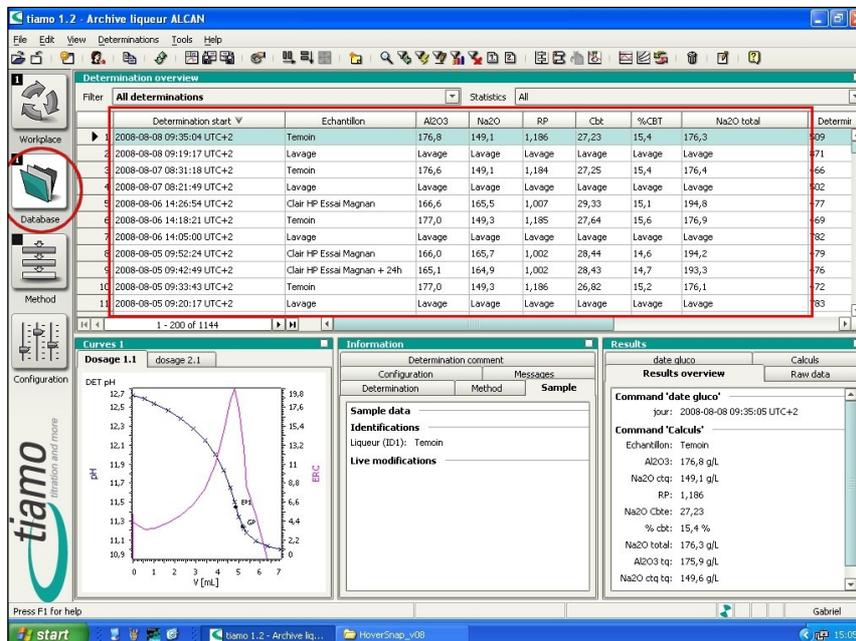
Etape 5 : Un témoin doit être mesuré par l'appareil une fois par jour (s'il y a des analyses)

## 6. Passer l'échantillon.



Etape 6 : Passer l'échantillon souhaité

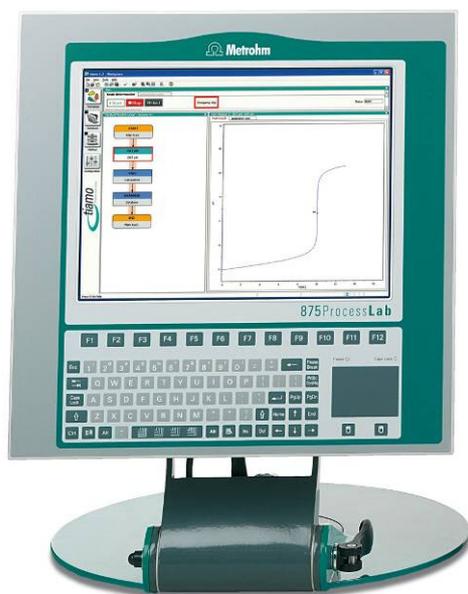
## 7. Récupérer les résultats.



Etape 7 : Aller dans l'onglet "database" pour récupérer les résultats souhaités

# Manuel d'entretien et de contrôle du RP-mètre

Technicien chargé de la maintenance



Version 2, Octobre 2008.  
Gabriel Turzo.



# Sommaire

Introduction.....	1
I. Vérifications sur l'appareil.....	2
1. <i>Graissage des éléments tournants.</i> .....	2
a) Démontage des pompes.....	2
b) Graissage.....	2
c) Remontage des pompes.....	2
2. <i>Cartes de contrôle.</i> .....	3
a) Alumine. ....	3
b) Caustique.....	3
c) R.P. (Rapport Pondéral).....	3
d) Action correctrice. ....	4
3. <i>Contrôle de l'électrode de mesure.</i> .....	4
4. <i>Contrôle de la centrifugeuse.</i> .....	4
II. Vérifications des substances nécessaires. ....	5
1. <i>Gluconate.</i> .....	5
a) Préparation préliminaire.....	5
b) Finalisation. ....	5
2. <i>Acide.</i> .....	5
3. <i>Eau déminéralisée.</i> .....	6
4. <i>Tampons pH.</i> .....	6
5. <i>Témoin</i> .....	6
Conclusion .....	7
Résumé des opérations.....	8

## **Introduction.**

Ce manuel a pour but de guider les techniciens chargés de vérifier le bon fonctionnement du RP-mètre.

Il ne se substitue pas à une formation complète, mais vient en complément. Il servira à se remémorer certains gestes ou certaines opérations qui peuvent être oubliés au fil du temps.

Ce manuel ne décrira que les opérations de maintenance hebdomadaires. Pour apprendre à se servir de l'appareil, il est nécessaire de lire la « version pour l'utilisateur quotidien ».

## I. Vérifications sur l'appareil.

Afin de garantir des résultats exacts, il est impératif que la machine soit bien contrôlée, et suivie dans le temps. Pour que cette tâche soit bien exécutée, tout un dispositif a été mis au point.

L'appareil ayant des parties mobiles, il faut les vérifier, afin de s'assurer qu'elles ne sont pas détériorées, puis les graisser.

Il faut ensuite vérifier les dérives éventuelles de mesure sur les différentes cartes de contrôle mises en place, et mettre en œuvre une action correctrice, si nécessaire.

Enfin, un contrôle des différents produits indispensables aux analyses sera réalisé.

### 1. Graissage des éléments tournants.

#### a) Démontage des pompes.

Pour démonter une pompe, il suffit de dévisser à la main les deux vis en diagonale. Si elles sont dures, utiliser un tournevis, sans jamais forcer, pour éviter de les briser.



Photographie 1 :  
démontage d'une pompe

#### b) Graissage.

Ne graisser les pompes que si celles-ci en ont besoin. Si les rotors des pompes et leurs tuyaux sont secs, passer une pellicule de graisse dessus, avec les doigts, en ayant auparavant enfilé un gant fin en latex.



Photographie 2 : Pompe  
démontée, à graisser

#### c) Remontage des pompes.

Pour remonter une pompe, procéder de manière inverse au démontage :

- mettre le tuyau dans l'encadrement de la pompe,
- placer le rotor au centre de celle-ci,
- replacer le cache par-dessus,
- fermer l'ensemble à l'aide des deux vis à main.

Il est inutile de forcer démesurément (problème de démontage ultérieur, et risque de détérioration).



Photographie 3 : Pompe  
en cours de remontage

## 2. Cartes de contrôle.

La vérification des cartes de contrôle permettra de voir si l'appareil est dans une phase de dérive. Une solution a été mise en place pour palier aux éventuels problèmes.

### a) Alumine.

Cette carte de contrôle représente les différentes mesures de la concentration en alumine du témoin (préparé en laboratoire), durant la semaine écoulée. On y retrouve sa valeur référence, ainsi que les trois zones de tolérance autorisée pour nos mesures.

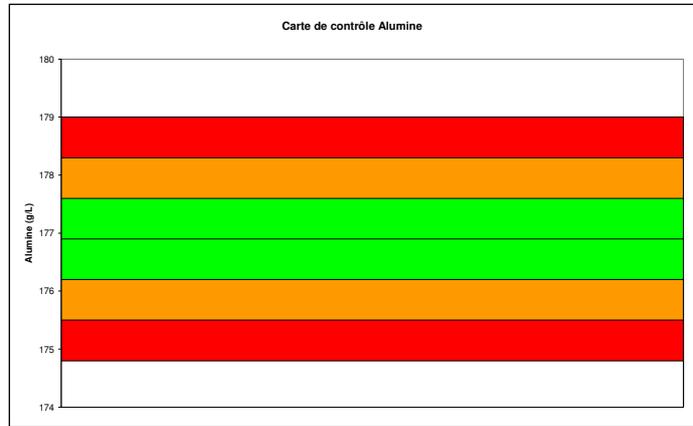


Figure 1 : Carte de contrôle de l'alumine

### b) Caustique.

Même remarque que pour la carte de contrôle de l'alumine. Les dérives de ce paramètre y sont facilement observables.



Figure 2 : Carte de contrôle du caustique

### c) R.P. (Rapport Pondéral).

Il est possible, même en ayant un caustique et une concentration en alumine dans les normes, que le RP soit hors normes. C'est pour cette raison que cette carte de contrôle a été créée.

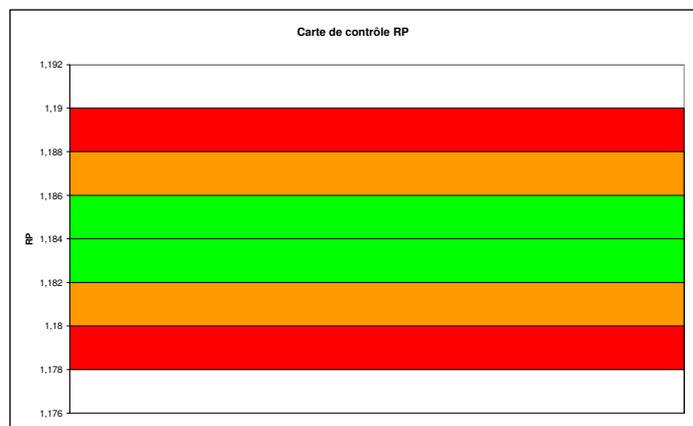


Figure 3 : Carte de contrôle du RP

#### **d) Action correctrice.**

Si un de ces paramètres tendait à sortir des domaines de tolérance, un opérateur doit prévenir le technicien chargé de maintenance durant la semaine d'analyse.

Cependant, il est possible, avec une carte de contrôle, de prédire le sens d'évolution et les éventuels excès de dérive de l'appareil. Si une dérive trop importante apparaît, cela est certainement dû à une légère variation du volume de la boucle de prélèvement. Pour recalibrer ce volume, opérer de la manière suivante :

- remplir un tube échantillon d'une solution de soude de concentration 1 mole par Litre,
- la placer dans l'alimentation de l'appareil,
- sélectionner sur celui-ci la méthode « calcul volume de boucle »,
- presser la touche « Start » pour lancer le calcul.

L'appareil va effectuer un dosage pour recalculer le volume de la boucle d'échantillonnage, et enregistrer automatiquement ce résultat dans ses données.

Après avoir fait cette démarche, repasser un échantillon témoin pour voir si tout est rentré dans l'ordre. Si ce n'est pas le cas, contacter le laboratoire d'analyses pour connaître la marche à suivre, ainsi que les procédures de détection de pannes approfondies.

### **3. Contrôle de l'électrode de mesure.**

Pour faire son analyse, l'appareil mesure le pH de la solution au cours du temps. Pour cela, il utilise une électrode pH, qui nécessite un composé chimique : le chlorure de potassium (KCl).

Il n'est pas obligatoire de faire le plein de l'électrode toutes les semaines, mais seulement lorsque son niveau est bas. Pour effectuer ce remplissage, prendre une seringue, la remplir avec du KCl, puis injecter le contenu à l'intérieur de l'électrode par l'orifice prévu à cet effet.



**Photographie 4 :**  
**Electrode de mesure,**  
**avec son orifice de**  
**remplissage**

### **4. Contrôle de la centrifugeuse.**

Pour réaliser les analyses de suspensions, les opérateurs auront recours à la centrifugation. Il faudra en vérifier le bon fonctionnement, ainsi que son état d'entretien général.

Pour cela, il faut inspecter toutes les faces de celle-ci, et la faire tourner avec deux flacons remplis d'eau. Cela permet de détecter d'éventuelles pannes (bruits inhabituels), et ainsi d'agir avant que l'appareil ne se détériore trop.

Un cahier de suivi permet de conserver toutes les opérations effectuées sur cet appareil. Il est conservé en dessous.



**Photographie 5 :**  
**Centrifugeuse**

## II. Vérification des substances nécessaires.

### 1. *Gluconate.*

La substance que nous utilisons est une solution dissoute à 400 g/L de gluconate de soude, qui se présente conditionné en bidons de poudre blanche.

Il faudra en préparer 3 Litres par semaine : deux en utilisation quotidienne, et un en secours, au cas où il y aurait beaucoup d'analyses à effectuer.

#### a) Préparation préliminaire.

Peser 1200 grammes de poudre dans un bécher de 3 Litres, puis compléter jusqu'à ce volume avec de l'eau ultra pure. Placer le bécher sur un agitateur, puis y mettre un barreau magnétique. Le fond de la solution étant très épais et filandreux au début, agiter à l'aide d'une tige en métal le temps que le barreau métallique se mette à tourner.

Laisser l'agitation faire son œuvre durant environ 3 heures. Il n'est pas nécessaire de surveiller la solution durant tout ce temps, mais seulement de la couvrir afin d'éviter toute pollution.

#### b) Finalisation.

Le solide dissout, il faut finaliser la solution. Pour ce faire, la placer sur un agitateur proche du RP-mètre, puis y plonger l'électrode de pH secondaire (conservée dans du KCL). Sélectionner ensuite sur l'ordinateur la méthode « contrôle pH gluconate » afin de l'activer. Se munir d'un flacon de soude (NaOH) à 0.1 mole par Litre équipé d'un compte goutte, puis verser jusqu'à atteindre un pH de 9 dans la solution de gluconate. Il est nécessaire, entre chaque goutte, d'attendre la stabilisation de la mesure (environ 5 à 7 secondes). Il n'est pas nécessaire d'obtenir précisément un pH de 9, il faut juste qu'il se situe aux environs de 9.

### 2. *Acide.*

Les mesures du MétrohM se faisant par pH-métrie, l'appareil à besoin d'acide.

Celui que nous utilisons est de l'acide chlorhydrique à 0.5 mole par Litre. Il faut veiller à en avoir suffisamment pour toutes les analyses de la semaine. Le technicien pourra être appelé par un opérateur en cours de semaine si le stock restant lors de son dernier passage n'est pas suffisant.



Photographie 6 :  
Flacon d'acide

### 3. Eau déminéralisée.

Pour réaliser les analyses, et effectuer les lavages, l'appareil a besoin d'eau déminéralisée. Deux bidons sont placés à proximité. Si un déminéralisateur d'eau est installé, il suffira de les remplir. Si aucune installation n'a été prévue, il faudra se rendre au laboratoire pour remplir ces bidons d'eau ultra pure.

Il est possible, si beaucoup d'analyses sont effectuées dans la semaine, qu'un opérateur appelle afin de remplir les bidons avant le jour de contrôle et d'entretien.



Photographie 7 : Eau déminéralisée

### 4. Tampons pH.

L'appareil, afin de garantir des résultats optimaux, va se calibrer une fois par jour. Pour cela, il est nécessaire de disposer de deux flacons de solutions tampons pH. L'un d'entre eux contient la solution tampon 4, de couleur rouge, l'autre contient le tampon 7, de couleur verte.

Il n'est pas obligatoire de changer ces solutions à chaque visite, mais il faut s'attendre à le faire, si un opérateur appelle en cours de semaine. En effet, si l'appareil ne parvient pas à se calibrer, il renverra sur l'écran de ce dernier un message d'erreur lui demandant de changer les solutions tampons. Vider simplement les deux flacons puis les remplir à moitié avec les bouteilles de réserve suffira à la maintenance de ces substances (ne pas intervertir les flacons).



Photographie 8 : Flacons de tampons pH

### 5. Témoin

Afin de s'assurer de la justesse de l'appareil, l'opérateur qui l'utilisera quotidiennement passera une solution témoin. Cette manœuvre permet d'établir les trois cartes de contrôle que nous avons vues précédemment. Lors de sa visite hebdomadaire, le technicien devra s'assurer qu'il y a suffisamment de solution témoin pour une semaine. Si ce n'est pas le cas, se rendre au laboratoire d'analyses pour en récupérer.



Photographie 9 : Flacon de témoin

## Conclusion

Ce manuel a pour but d'expliquer les différentes étapes de l'entretien du RP-mètre Métrohm.

Il a été rédigé pour éclairer le technicien chargé de sa maintenance, afin de simplifier son intervention. Il faut toujours garder en tête que cet appareil est fragile, et qu'il nécessite un entretien régulier et très minutieux pour garantir la qualité de ses résultats.

Au cours des différentes visites hebdomadaires, il sera important de vérifier tous les éléments, même ceux qui sont les moins exposés à la panne (agitateurs, dosinos...).

## Résumé des opérations à effectuer.

- Vérification des éléments de l'appareil (pompes, électrode, agitateur, ...).
- Vérification de la centrifugeuse (mise en route pour contrôle).
- Vérification de la quantité restante dans les flacons (acide, eau ultra pure, témoin, ...).
- Préparation du gluconate de soude.
- Vérification des cartes de contrôle (caustique, alumine, et R.P., avec correction de la dérive si nécessaire).

## **Rapports d'activité du RP-mètre**

**Ces rapports indiquent les actions effectuées sur le RP-mètre, avec leurs causes, leurs résultats, ainsi que leurs conséquences.**

**Ceux-ci sont classés par ordre chronologique.**

**Ils ne rassemblent que les mesures qui ont été utilisées pour conduire le procédé.**

## Rapport d'activité du RP-mètre

**Ce rapport indique les actions effectuées sur le RP-mètre, avec leurs causes, leurs résultats, ainsi que leurs conséquences.**

### Date de l'action.

Jeudi 21 Août 2008 à 15h00.

### Description de la mesure.

Mesure du caustique de l'entrée DP, demandée par Catherine Guillaumont, pour chercher une éventuelle source de dilution induite par la valeur trouvée par le laboratoire le Mercredi 20 Août 2008 : 149.5 g/L.

### Résultats.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
187.7	159.6	1.176		

### Conséquences.

- La soude neuve n'a pas été montée.
- Le caustique est resté dans la plage de conduite.
- Les risques de précipitation d'oxalate ont été évités (2000 tonnes).

## Rapport d'activité du RP-mètre

**Ce rapport indique les actions effectuées sur le RP-mètre, avec leurs causes, leurs résultats, ainsi que leurs conséquences.**

### Date de l'action.

Vendredi 22 Août 2008 à 14h00.

### Description de la mesure.

Mesure du caustique de l'entrée DP, pour chercher la cause d'une éventuelle dérive des valeurs obtenues par le laboratoire. Prélèvement de deux échantillons identiques de ce flux, et récupération des résultats du laboratoire, identiques à ceux du Métrohm.

### Résultats.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
184.6	157.4	1.173	28.32	15.2

### Conséquences.

Confirmation des résultats.  
Confiance retrouvée dans les analyses.

# Rapport d'activité du RP-mètre

**Ce rapport indique les actions effectuées sur le RP-mètre, avec leurs causes, leurs résultats, ainsi que leurs conséquences.**

## Date de l'action.

Mardi 26 Août 2008 à 11h30.

## Description des mesures.

Mesure du caustique de l'entrée DP, à la demande de Catherine Guillaumont, pour comparer aux valeurs trouvées par le laboratoire le matin même : 150.0 g/L.

Mesure du caustique du clair du laveur 412 pour comparer aux valeurs trouvées par le laboratoire le matin même : 58.5 g/L.

Mesure du caustique du clair du laveur 422 pour comparer aux valeurs trouvées par le laboratoire le matin même au laveur 412 (possible inversion des résultats).

## Résultats pour l'entrée DP.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
181.8	160.2	1.134	27.91	14.8

## Résultats pour le 412.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
82.4	90.8	0.908	15.00	14.2

## Résultats pour le 422.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
49.2	59.1	0.832	10.46	15

## Conséquences

Entrée DP : risques de précipitation d'oxalates évité (2000 tonnes).

412 et 422 : Rappel à l'échantillonneur des lieux de prises d'échantillons.

## Rapport d'activité du RP-mètre

**Ce rapport indique les actions effectuées sur le RP-mètre, avec leurs causes, leurs résultats, ainsi que leurs conséquences.**

### Date de l'action.

Mardi 28 Août 2008 à 08h00.

### Description de la mesure.

Mesure du caustique de l'entrée DP, à la demande de Mr Pierre Gaétani, pour chercher une éventuelle dilution entre les bacs 8 et 12.

### Résultats pour le bac 8.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
188.7	166.4	1.134	28.96	14.8

### Résultats pour le bac 12.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
184.8	163.7	1.128	28.33	14.8

### Conséquences.

Evite une perte inutile de temps à chercher une source de dilution.

# Rapport d'activité du RP-mètre

**Ce rapport indique les actions effectuées sur le RP-mètre, avec leurs causes, leurs résultats, ainsi que leurs conséquences.**

## Date de l'action.

Lundi 1<sup>er</sup> Septembre 2008 à 09h05.

## Description de la mesure.

Mesure du caustique et du RP de la liqueur d'attaque, à la demande de Mr José Gondolo, pour confirmer ou non les valeurs du RP-mètre en ligne, qui semblaient fausses.

(Valeurs du RP-mètre en ligne : RP = 0,736 et caustique = 164,5 g/L).

## Résultats.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
119,7	166,7	0,718	28,77	15,2

## Conséquences.

Confirmation RP élevé, mais moins que la valeur en ligne : ajustement du rapport de charge de l'attaque.

Evitement d'une sursaturation de l'attaque BP.

La valeur du Métrohm reste explicable, contrairement à la valeur en ligne : un problème sur le procédé aurait été à identifier.

# Rapport d'activité du RP-mètre

**Ce rapport indique les actions effectuées sur le RP-mètre, avec leurs causes, leurs résultats, ainsi que leurs conséquences.**

## Date de l'action.

Mercredi 10 Septembre 2008 à 11h30.

## Description de la mesure.

Mesure du caustique de l'entrée DP, demandée par Catherine Guillaumont, pour trancher entre la valeur trouvée par le laboratoire : 159 g/L, et celle calculée à partir de la densité : 156 g/L.

## Résultats.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
177,5	158	1,125	28,47	15,3

## Conséquences.

Conduite à la densité ajustée.

Pas de soucis sur le caustique entrée DP pour la semaine.

Pas de risque de perdre en qualité.

Production optimisée (une centaine de tonnes).

## Rapport d'activité du RP-mètre

**Ce rapport indique les actions effectuées sur le RP-mètre, avec leurs causes, leurs résultats, ainsi que leurs conséquences.**

### Date de l'action.

Vendredi 12 Septembre 2008 à 15h30.

### Description des mesures.

Mesure du RP, demandée par Mr Laurent Guillaumont, de la ligne 3, la ligne 4, ainsi que du RPHP<sub>calculé</sub> => sortie Série 5, pour comparer aux valeurs trouvées ou calculées à partir du RP-mètre en ligne, respectivement : 0,955 – 1,205 – 1,098.

### Résultats pour la ligne 3.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
151,1	163,1	0,927	28,43	14,8

### Résultats pour la ligne 4.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
183,1	154,7	1,184	28,43	14,8

### Résultats pour le RPHP<sub>calculé</sub>.

Aluminate de soude (en g/L)	Caustique (en g/L)	RP	Soude carbonatée (en g/L)	Pourcentage de soude carbonatée
197,4	186,9	1,056	32,88	15

### Conséquences.

Ecart de RP de 0,02 à 0,03 confirmé.  
Valeur cible pour le week-end adaptée (gain de 200 tonnes).