

grond, de plantengroei en de laagste luchtlagen bestudeert. Analytische en synthetische studies op dit gebied zijn onmisbaar voor het verbeteren van het rendement van de landbouw in talrijke streken van de wereld.

De Klasse beslist deze studie in de *Mededelingen* te publiceren.*

« Valorisation d'un minerai de fer mixte oxydé-sulfuré »

De H. E. Frenay legt een werk voor aan dit onderwerp gewijd en waarin hij een nieuwe behandeling voorstelt van geoxideerd-gesulfideerd ijzererts, die veel minder duur komt dan de tot op heden toegepaste.

Hij beantwoordt vervolgens een door de H. L. Brison gestelde vraag, waarna de Klasse beslist deze nota in de *Mededelingen* te publiceren (zie blz. 1650).

« Le problème énergétique en Afrique de l'Ouest »

In afwezigheid van de auteur, legt de H. P. Geulette een nota voor van Mgr L. Gillon, correspondent, getiteld als hierboven en die achtereenvolgens het hydroëlectrisch potentieel van West-Afrika onderzoekt, het mogelijk gebruik der energie, de plannen die in uitvoering zijn, de mogelijkheden der onderlinge verbinding van de centrales en, tenslotte, de eventuele bijdrage van elektrische energie uit kernsplitsing op het gebied der plaatselijke voortbrengst en op de wereldmarkt der energie.

De H. P. Geulette beantwoordt een door de H. M. van de Putte gestelde vraag, waarna de Klasse beslist deze nota in de *Mededelingen* te publiceren (zie blz. 1661).

Indienen van handschriften

Zie blz. 1475.

Geheim comité

a) De leden der Klasse, vergaderd in geheim comité, brengen gunstig advies uit over de vraag van de H. E. De Backer die de

* Daar het handschrift niet tijdig toekwam, zal deze tekst later verschijnen.

Backer sollicitant l'application, en ce qui le concerne, de l'article 4 des statuts (Élévation à l'honorariat).

Ils expriment à notre Confrère leur très vive gratitude pour son assiduité à nos séances et forment le vœu de le voir longtemps encore apporter à la Classe sa précieuse collaboration.

b) En vue de l'élection prochaine d'un membre titulaire et de deux associés, ils dressent une liste double pour chaque place vacante.

c) Ils désignent enfin M. *J. Beelaerts* en qualité de vice-directeur de la Classe pour 1965.

La séance est levée à 16 h 05.

toepassing vraagt voor wat hem betreft, van artikel 4 der statuten (Verheffen tot het erelidmaatschap).

Zij danken onze Confrater ten zeerste voor de regelmatigheid waarmee hij onze zittingen bijwoonde en drukken de hoop uit dat hij de Klasse nog lang zijn kostbare medewerking zal verlenen.

b) Met het oog op de aanstaande verkiezing van een titelvoerend lid en twee geassocieerden stellen de leden een dubbele lijst vast voor elke openstaande plaats.

c) Zij duiden tenslotte de *H. J. Beelaerts* aan als vice-directeur der Klasse voor 1965.

De zitting wordt gesloten te 16 h 05.

E. Frenay. — Valorisation d'un minerai de fer mixte oxyde - sulfure

1. *Enoncé précisé du problème traité*

Un des problèmes fondamentaux à résoudre dans les pays en voie de développement est la valorisation de leurs ressources minières, valorisation dont la réalisation est influencée par les possibilités actuelles et futures d'industrialisation du pays.

La présente note traite d'un problème concret de valorisation d'un gisement de minerai de fer comprenant à la fois des sulfures et des oxydes, se trouvant dans une région en voie de développement appartenant à un pays déjà développé, dans lequel existent à la fois une entreprise sidérurgique et une autre fabriquant de l'acide sulfurique, principalement par grillage des pyrites.

L'usine sidérurgique doit être alimentée par des minerais importés et la politique générale du pays intéressé vise à rendre ces importations minimales. Les pyrites grillées pour la fabrication de l'acide sulfurique doivent, à cet effet, constituer un minerai de fer apte à être traité économiquement dans l'usine sidérurgique pour production de fonte.

Le gisement est exploité depuis plusieurs années. A l'origine, la proportion de sulfure de fer était faible et le traitement se limitait à une concentration gravimétrique.

La proportion de sulfures augmentant progressivement, le mode de traitement a évolué et consiste actuellement à réaliser l'obtention finale de deux concentrés collectant l'un des sulfures, l'autre les oxydes de fer.

Le traitement actuel du minerai extrait dont les teneurs en fer et en soufre sont respectivement 47,5 et 11 %, consiste essentiellement à appliquer au minerai broyé à 100 meshes (0,147 mm) deux flottations successives:

La *première* appliquée à l'ensemble du minerai, a comme objectif la flottation des sulfures. Elle est réalisée par conditionnement avec du carbonate sodique et du Na_2S et l'utilisation d'un xanthate supérieur comme collecteur. Elle donne un concentré tenant 45 % Fe et 48 % S.

La *deuxième* appliquée aux rejets de la première flottation, utilise comme collecteur du tall-oil et du fuel-oil (naphta) et donne un concentré tenant environ 63 % Fe et 1 % S.

Les résultats techniques ainsi obtenus sont admirables. Mais leur obtention nécessite l'application de moyens beaucoup trop onéreux pour assurer la rentabilité de l'entreprise. Celle-ci diminuera encore avec l'exploitation des minerais futurs dans lesquels la proportion de sulfures deviendra plus élevée.

La recherche d'un traitement plus économique du minerai futur tenant environ 46 % Fe et 13,5 % S a été entreprise à partir d'un échantillon de 200 kg, représentatif de ce minerai.

La présente note indique les résultats de cette recherche.

2. *Caractéristiques du minerai étudié*

a. *Examen minéralogique*

Décelés en quantités appréciables:

Pyrite-kansite (Fe_9S_8), en quantité moindre que pyrite;

Hématite;

Chlorite;

Autres silicates (Fe, Mg...), en particulier: micas.

Faible proportion de quartz libre.

Non décelés: pyrrhotine-magnétite.

b. *Composition chimique*

Fe/46 S/13,32 SiO_2 /11,80 Al_2O_3 /2,56 Mn/0,10 CaO/0
MgO/2,40

c. *Composition granulométrique de l'échantillon*

Tel qu'il nous est parvenu, l'échantillon est de granulométrie assez hétérogène, les plus gros morceaux étant d'environ 30 mm.

Pour les essais, les grains les plus gros ont été broyés à —10 meshs (1,651 mm).

La granulométrie de l'ensemble soumis à l'examen est donnée ci-après:

- Environ 70 % de passants à 1 mm;
- Environ 40 % de passants à 0,5 mm;
- Environ 25 % de passants à 0,25 mm;
- Environ 10 % de passants à 0,10 mm;
- Environ 5 % de passants 50 microns.

Cet ensemble a été traité tel quel dans les séparations autres que celles requérant la gravimétrie ou la flottation. Pour ces deux derniers modes de séparation, la partie traitée a subi un broyage plus poussé.

3. *Considérations générales sur les possibilités de traitement*

Bien qu'il soit techniquement admirable, le processus actuel de traitement doit être onéreux. Il requiert d'emblée un broyage poussé de la totalité du minerai pour la première flottation et il n'élimine les produits à rejeter (silice et silicates) qu'en fin de processus. Les quantités à broyer et à traiter par flottation, procédé de séparation le plus évolué et le meilleur mais aussi le plus onéreux, sont ainsi maximales.

La possibilité d'un traitement peu onéreux semble — si elle existe — ne pouvoir être trouvée que dans un processus d'ensemble qui, dans son stade initial, éliminerait du circuit la silice et les silicates, même ceux de fer qui, au stade du traitement métallurgique, constituent des stériles parce que l'extraction du fer qu'ils contiennent est beaucoup trop onéreuse.

Plusieurs possibilités réalisant plus ou moins bien ce processus d'ensemble peuvent être envisagées.

Elles ont été étudiées en vue d'essayer de déterminer celle qui, éventuellement, pourrait donner des résultats économiquement valables.

Les résultats de l'étude sont indiqués ci-dessous. Ils sont donnés sous une forme très synthétisée pour les processus ne conduisant pas à un traitement économique.

4. *Essais de divers traitements.*

a. *Séparation magnétique effectuée sur le minerai tel quel.*

Dans des champs magnétiques d'intensités croissantes, le minerai est divisé en fractions dont les teneurs extrêmes sont: 62 % Fe et 1 % S pour la fraction la plus magnétique, et 40 % Fe et 38 % S pour la fraction la moins magnétique qui, malheureusement ne contient qu'une partie des silicates.

La séparation sulfures — oxydes est possible mais la fraction oxydée contient une proportion trop élevée de silicates.

Le processus global demande des champs d'intensités élevées et de nombreux repassages de produits. Il est beaucoup trop onéreux.

b. *Séparation magnétique après grillage*

Le grillage du minerai est facile et conduit à l'obtention d'un produit à 52 % Fe et 0,08 % S mais trop riche en SiO_2 .

La séparation magnétique appliquée au produit grillé fait constater qu'aux très faibles intensités du champ magnétique, une proportion très élevée des silicates de fer se retrouve dans la portion magnétique.

Tel quel le processus ne peut donc pas être appliqué.

Il ne pourrait l'être éventuellement qu'après réduction mitigée du produit grillé. Le processus d'ensemble, dans ce cas, devient trop onéreux.

c. *Traitement par NaOH concentré suivi de séparation magnétique et lixiviation*

Le traitement à 400° du minerai avec l'addition de quantités modérées de NaOH concentré rend attirable à l'aimant 75 % du minerai qui, lixivié, donne un produit à 49 % Fe et 9 % S.

L'insuffisance des résultats fait que ce processus ne peut pas entrer en considération.

d. *Traitement du minerai avec Na_2CO_3 suivi de lixiviation*

Bien que la quantité de carbonate sodique à utiliser soit élevée, ce processus pourrait éventuellement ne pas être trop onéreux s'il pouvait conduire à l'élimination simultanée de la totalité du soufre et de la silice.

La lixiviation à l'eau chaude du produit obtenu après calcination avec Na_2CO_3 donne un résidu à 0,4 % S et 9 % SiO_2 . La quantité de silice enlevée par dissolution du silicate sodique est ainsi beaucoup trop faible pour que ce processus onéreux puisse être pris en considération.

5. Enlèvement de la silice et des silicates par flottation en tête du circuit

Les réactifs finalement adoptés pour cette flottation ont été:
— L'amidon pour la dépression de l'hématite;
— L'acétate de laurylamine pour la collection de la silice et des silicates.

Les flottations ont été faites avec ou sans addition de chlorure de baryum. L'addition de ce réactif n'a pas modifié la nature des produits obtenus mais a permis de réduire un peu la durée de la flottation.

Les premiers concentrés obtenus tiennent 30 % de SiO_2 , mais ne collectent que 50 % de la silice totale du minerai. Les concentrés suivants deviennent de moins en moins riches en silice et de plus en plus riches en sulfures de fer.

L'enlèvement d'une proportion suffisante de silice est donc accompagnée de celui d'une quantité trop importante de sulfures qu'il faudra flotter ultérieurement ainsi d'ailleurs que les sulfures restant dans les « rejets » de la première flottation. Ces rejets, s'ils sont réduits à 10 % du poids du minerai, tiennent encore 7 % SiO_2 avec 62 % Fe et 6,30 % S.

Par ailleurs, les mousses de flottation sont toujours abondantes et peu chargées.

Il n'est donc pas possible d'espérer une solution économique de l'application de ce processus, une partie des silicates étant trop réfractaires à la flottation.

6. Enlèvement de la silice par gravimétrie en tête du circuit

A. Essais préliminaires

Un échantillon de minerai broyé aux dimensions auxquelles avaient été effectuées les flottations (100 mesh) a été traité par classification hydraulique dans un cône.

Les deux produits suivants ont été obtenus.

	Poids	Fe	S	SiO ₂
Sousverse (<i>underflow</i>)	66,50	55,40	14,10	7,23
Surverse (<i>overflow</i>)	33,50	32,80	10,64	20,18

Cette opération simple réalise la collection de 77 % du fer total dans un produit ne collectant que 41,50 % de la silice totale.

Le tablage des deux produits au *superpanner* du type « Haultain » a donné :

	Poids	Fe	S	SiO ₂
Pour l' <i>underflow</i>				
lourd	75	58,4	15,96	1,52
mixte	16	32	4,58	26,92
léger	9	24	6,90	18,64
Pour l' <i>overflow</i>				
lourd	27,8	32,8	15,80	5,30
léger	72,2	26	7,80	24,20

Ces résultats font apparaître la possibilité de collecter la majeure partie du fer dans un produit non siliceux (1,52 % SiO₂). Le traitement de ce produit doit permettre, par une flottation, de séparer les sulfures et les oxydes de fer.

Le mixte de l'*underflow* contient la totalité de la silice libre et une partie des silicates. La proportion de sulfures entraînée dans le « léger » est plus importante que celle entraînée dans le « mixte ».

B. *Traitement de 10 kg au cône — tablage et flottation*

Pour préciser les résultats pouvant être obtenus et notamment pour vérifier le degré de facilité de la flottation des sulfures, 10 kg de minerai ont été traités au cône et séparés en deux fractions: l'*underflow* (lourd) et l'*overflow* (léger).

Chacune de ces deux fractions a été traitée sur des tables à secousses pour donner un concentré, un mixte et un rejet.

La flottation des concentrés venant de l'*underflow* a donné:

- Un concentré sulfuré tenant Fe: 45 - S: 52 - SiO₂: 0,60;
- Un concentré oxydé tenant: Fe: 63 - S: 1,35 - SiO₂: 2,14.

Ces concentrés collectent 77 % du fer du minerai initial.

Les autres produits (mixtes et rejets du tablage de l'*overflow* et tout l'*underflow*) sont, en fait, des produits « mélangés » contenant à la fois trop de SiO₂ et trop de sulfures pour qu'une séparation simple appliquée à ces produits donne des résultats satisfaisants.

Des flottations effectuées sur ces divers produits ont montré qu'il en est bien ainsi: les concentrés sulfurés contiennent 20 % de SiO₂ et les concentrés oxydés 5 % S et 16 % SiO₂.

C. *Discussion des résultats obtenus*

Le résultat global montre que la voie suivie conduit à l'obtention de concentrés sulfurés et oxydés, à la fois suffisamment riches en fer et suffisamment pauvres en SiO₂.

Ce résultat n'est toutefois obtenu que sur une partie du minerai. Pour l'améliorer, la silice devrait, lors des séparations gravimétriques, être enlevée du circuit avec un entraînement moindre des sulfures.

L'examen visuel des opérations effectuées aux tables à secousses a permis de confirmer que la cause principale de l'arrivée de particules riches en fer (surtout sous forme de sulfures) dans la fraction légère devant collecter la silice et les silicates, est l'entraînement d'une proportion trop élevée de particules fines qui se mouillent difficilement.

Le remède à apporter est donc indiqué.

Les séparations gravimétriques doivent être effectuées sur le minerai broyé au degré le moins poussé possible, ce degré étant limité à celui qui est requis pour assurer une libération suffisante des composés siliceux.

C'est le processus qui a été appliqué et dont les résultats, sont indiqués à la rubrique 7 ci-après.

7. *Traitement du minerai par tablage suivi de la flottation des concentrés*

Le minerai, broyé à 35 meshs (0,417 mm) est traité à la table à secousses pour donner un concentré n° 1, un mixte et un rejet. Le mixte est retraité à la table à secousses pour donner un concentré n° 2 et un rejet.

L'ensemble des concentrés 1 et 2 est, après broyage à 48 meshs (0,295 mm), traité pour flottation des sulfures. Le résultat de ce traitement est l'obtention de deux produits: le concentré sulfuré et le concentré oxydé.

Les résultats, explicités au *tableau I* qui donne le *flow sheet* complet du processus, indiquent que la presque totalité des composés de fer intéressants (sulfures et oxydes, à l'exclusion des silicates) est collectée dans des concentrés très peu siliceux.

La répartition du fer, du soufre et de la SiO₂ du minerai dans les trois produits est donnée ci-dessous.

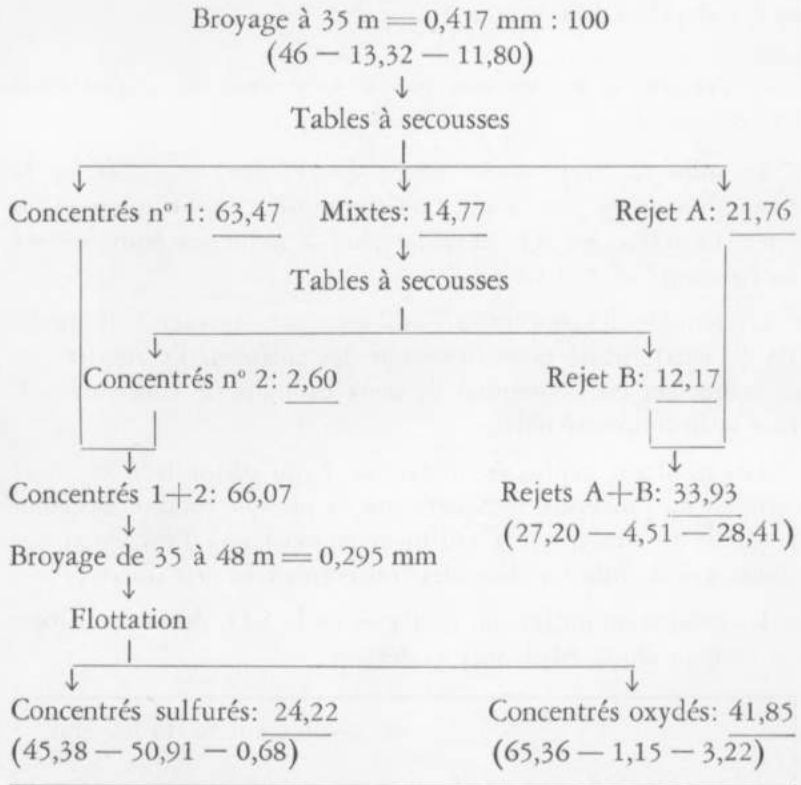
	En % du contenu du minerai.		
	Fe	S	SiO ₂
Rejets	23,48	85,99	0,68
Concentrés sulfurés	56,81	3,34	12,07
Concentrés oxydés	19,71	10,67	86,45

Plus de 80 % du fer contenu dans le minerai sont ainsi collectés dans les deux concentrés de grande qualité.

Et ce résultat est obtenu par des moyens beaucoup moins onéreux que ceux consistant en un broyage plus poussé et deux flot-

tations successives portant l'une sur la totalité du minerai et l'autre sur une fraction dont le poids est 75 % du minerai initial.

Tableau I. — Flow sheet complet du traitement.



Les nombres soulignés indiquent les poids.

Les trois nombres dans les parenthèses indiquent respectivement les teneurs en Fe - S - SiO₂.

8. Résumé et conclusions

Le processus global indiqué au *tableau I* et comportant le traitement du minerai sur des tables à secousses (ou dans des spirales « Humphreys » qui donnent des résultats semblables) suivi de la division du produit désilicié en deux concentrés l'un

oxydé et l'autre sulfuré constitue le moyen le plus économique de valoriser le minerai étudié.

C'est donc le traitement qu'il convient de lui appliquer en tenant compte des remarques ci-après:

a. Le facteur essentiel assurant la qualité et l'économie des résultats est la limitation du broyage avant la séparation gravimétrique. La limite précise qu'il convient de ne pas dépasser doit être déterminée par des essais effectués à plus grande échelle. Il est probable que le broyage à 35 meshs qui a été adopté, est encore un peu trop poussé. S'il en est effectivement ainsi, l'économie du traitement proposé sera encore accrue.

b. A plus grande échelle, les résultats de la flottation seront, comme c'est toujours le cas, un peu meilleurs que ceux obtenus au laboratoire.

Cette flottation peut évidemment être effectuée comme elle l'était par l'entreprise ayant traité le minerai jusqu'à présent: pulpe alcalinisée par Na_2CO_3 et flottation avec Na_2S et un collecteur qui doit être un xhantate supérieur.

Nous avons effectué la flottation autrement en amenant la pulpe au $\text{pH} = 4$ par addition de H_2SO_4 .

Dans ces conditions, la flottation est très sélective. La pyrite flotte en tête suivie de la kansite. L'opération est facilement conduite pour collecter 96 % des sulfures traités dans un concentré très riche (presque pur).

Les mises de réactifs sont, par tonne traitée:

H_2SO_4	2,3 kg
Amylxanthate de K	100 g
Dowfroth	150 g
Huile de pin	25 g

Durée totale de la flottation pour collecter 96 % du S:
14 minutes.

*

* *

Dans tous les pays mais surtout dans les pays d'Outre-Mer en voie de développement, la concentration des minerais, première étape dans le processus de leur valorisation, pose des problèmes analogues à celui traité dans la présente note.

Très souvent, plusieurs moyens de réaliser cette concentration peuvent être envisagés. Il importe, dans tous les cas, de déterminer d'abord et d'appliquer ensuite la réalisation conduisant à l'obtention des résultats les plus économiques.

Une telle réalisation implique que ne soient traités, par les moyens de concentration perfectionnés mais onéreux, que ce qui ne peut pas l'être avec des résultats suffisants par des moyens plus grossiers mais bien moins onéreux tels que la concentration gravimétrique.

Elle implique aussi que ne soit pas gaspillée de l'énergie pour effectuer du surbroyage, toujours inutile et souvent pernicieux.

Il convient donc d'appliquer strictement le vieil adage énonçant qu'en concentration des minerais il faut limiter le broyage et la flottation à ce pour quoi l'application de ces opérations est indispensable.

18 décembre 1964.

L. Gillon. — Le problème énergétique en Afrique de l'Ouest

Un problème essentiel du développement économique des pays neufs est la quantité d'énergie électrique dont ils peuvent disposer, car c'est un facteur très important de ce développement que la puissance électrique dont un pays dispose par habitant ou la consommation électrique annuelle par habitant.

L'Afrique de l'Ouest, très bien lotie par la nature en potentiel énergétique hydraulique, fait face actuellement aux problèmes de sa transformation en énergie électrique, de la distribution de cette énergie et de son utilisation.

Elle rencontre le délicat problème des investissements extérieurs et le problème naissant de la concurrence de l'énergie électrique produite par des centrales nucléaires.

Examinons brièvement quelques aspects de ces problèmes.

1. — *Le potentiel hydraulique de l'Afrique de l'Ouest*

L'Afrique de l'Ouest possède un potentiel hydraulique énorme.

Rien que le fleuve Congo qui, entre Léopoldville et Matadi déverse un minimum de 25 000 m³ par seconde sur 300 mètres de différence de niveau, représente un potentiel de septante-cinq millions de kW, soit un sixième du potentiel hydraulique du monde avec, concentrée à Inga, la possibilité de développer à l'étiage, une puissance de vingt-cinq millions de kW.

Si l'on rappelle que la puissance actuellement installée en Belgique est inférieure à 5 millions de kW et qu'elle est, en France, de vingt-cinq millions de kW, on voit que le seul site d'Inga complètement domestiqué, pourrait fournir toute l'énergie actuellement nécessaire à la France et donc alimenter pour des décennies encore toute l'Afrique de l'Ouest.

Dans son ensemble, l'Afrique de l'Ouest pourrait produire cent cinquante millions de kW, soit 1/3 de l'énergie hydraulique du monde.

Ne citons que les projets de plus de 100 000 kW à l'étude et parfois en voie de réalisation:

Le barrage de Konkouré, en Guinée	1 600 000 kW
Le barrage de la Volta, au Ghana	600 000 kW
Le barrage du Niger, au Nigéria	
Le barrage, au Cameroun	130 000 kW
Le barrage du Kwilu, au Congo-Brazzaville	800 000 kW
Le barrage d'Inga, au Congo-Léopoldville	25 000 000 kW
Les barrages du Katanga, au Congo-Léopoldville	500 000 kW
Le barrage de la Kariba, sur le Zambèze	1 000 000 kW
Le barrage de Kafwe	400 000 kW

La puissance électrique actuellement installée en Afrique du Nord et en Afrique centrale à l'heure actuelle est très faible par rapport aux puissances possibles. Elle est estimée à trois millions de kW, dont la moitié est produite par des centrales hydro-électriques et la moitié par des centrales thermiques.

2. — *Les consommations possibles*

Les principaux consommateurs d'énergie électrique dans ces régions, sont et pourraient être:

- Les industries électro-chimiques des métaux;
- Les industries électro-chimiques des engrais;
- La production de matières de base autres que métaux et engrais;
- Les industries de transformation et les transports;
- Les besoins urbains et ménagers.

1) *Les industries électro-chimiques des métaux*

Cette consommation est de loin la plus importante; en fait, elle seule peut justifier à l'heure actuelle l'installation d'une puissance de plusieurs centaines de milliers de kW.

a) *L'aluminium*: 5 tonnes de bauxite sont transformées en 2 t d'alumine, qui donnent finalement 1 t d'aluminium métallique;

Cette double transformation absorbe de 15 000 à 18 000 kW pour produire 1 tonne d'aluminium métallique, d'après les types de minerai et d'installations. Le coût de cette énergie représente entre 10 et 15 % du prix de vente en gros de l'aluminium.

La France consomme actuellement 300 000 t d'aluminium par an, nécessitant à peu près $4,5 \cdot 10^9$ kW par an et une puissance installée de 10^6 kW.

La consommation mondiale d'aluminium est actuellement de 5 300 000 t. Elle nécessite une puissance installée de 12 millions de kW et consomme annuellement 106 milliards de kWh.

Elle s'accroît de 6 à 8 % par an, demandant donc chaque année un accroissement de puissance installée de l'ordre d'un million de kW.

b) *Le cuivre*: la production d'une tonne de Cu raffiné consomme une énergie électrique très variable d'après les processus utilisés, de l'ordre de 4 000 kWh. L'U.M.H.K. produit annuellement 275 000 t de Cu en consommant une énergie électrique de 1,1 milliard de kWh demandant une puissance installée d'un demi-million de kW.

c) *L'uranium*: la séparation de l'Ur 235 et de l'Ur naturel se fait encore principalement par la diffusion gazeuse d'hexafluorure d'uranium à travers des parois semi-perméables.

Il est difficile de connaître l'énergie électrique nécessaire pour produire un kg d'Ur 235 enrichi par exemple à 90 %, mais les installations d'Oak Ridge, qui ont fonctionné à des intensités variables depuis 1943 et produit quelques centaines de tonnes d'Ur 235 fortement enrichi et qui sont actuellement en chômage partiel, ont utilisé des puissances de 2 à 3 millions de kW.

d) *Les autres métaux*: l'Afrique centrale produit et traite actuellement bien d'autres métaux, tel le cobalt. Les puissances en kW ne sont pas négligeables, mais elles sont d'ordre nettement inférieur à celles utilisées pour l'aluminium et le cuivre.

e) Certains minerais extraits en Afrique tropicale ne sont pas actuellement traités sur place: un important parmi ceux-ci est le minerai de manganèse qui nécessite des installations fort complexes.

Le fer a également un avenir prometteur, mais sa production ne nécessite pas de grandes quantités d'électricité.

2) *Les industries électro-chimiques des engrais*

Cette industrie peut se concevoir soit en transformant des sels naturels, proches d'engrais utilisables (phosphates, etc.), soit en faisant de la synthèse presque complète à partir d'éléments très éloignés des engrais à produire.

L'Afrique a des réserves raisonnables de phosphates et de potasse. L'agriculture africaine ne s'est cependant pas encore mise à utiliser les engrais chimiques en quantité. Le sol de l'Afrique tropicale est cependant extrêmement pauvre en sels minéraux et l'épuisement rapide de sa fertilité n'est que trop manifeste.

Divers facteurs s'opposent à l'utilisation massive d'engrais. Parmi les principaux, citons la difficulté de fixer l'engrais ou sa partie active dans le végétal: la pluie tropicale lave le sol et risque d'entraîner la majeure partie de l'engrais loin de la plante à nourrir.

Signalons aussi le prix prohibitif, à l'heure actuelle, des transports intérieurs en Afrique. Les engrais sont des matières pondéreuses. Le réseau de communications actuel ne peut transporter des masses d'engrais à des prix qui ne grèveraient pas lourdement leur emploi.

Du point de vue de l'utilisation d'énergie électrique, la production d'engrais à partir de minéraux naturels ne consomme pas d'énormes quantités d'électricité.

Pour la production d'engrais synthétiques, par contre, les puissances à mettre en jeu sont plus importantes et l'incidence du coût du kWh est souvent plus décisive.

Dans les plans d'utilisation de l'énergie hydro-électrique, on peut prévoir une place appréciable dans l'avenir pour la production d'engrais synthétiques. Mais cette utilisation est encore entièrement à créer et va à l'encontre de beaucoup de tendances traditionnelles: il est impossible de compter sur cette utilisation pour faire démarrer un grand ensemble hydro-électrique.

3) *La production de matières de base autres que celles citées ci-dessus:*

L'une des plus importantes pour le développement d'un pays est le ciment. Une cimenterie moderne, en Afrique centrale où le charbon est rare, consomme 100 kWh à la tonne de ciment produit.

D'autres produits, tels l'acide sulfurique et l'ammoniaque ne sont actuellement nécessaires en grande quantité en Afrique qu'en conjonction étroite avec l'électrochimie des métaux ou la production d'engrais. Dans certaines régions du Congo, la production de pâte à papier pourra requérir des puissances électriques relativement importantes.

4) *Les industries de transformation et les transports*

Les transports et l'industrie de transformation s'électrifient de plus en plus: ils consomment l'électricité essentiellement sous forme d'énergie motrice et de chauffage (soudure, cuissons, etc.).

Les industries alimentaires, en particulier celles des boissons, connaissent déjà une expansion considérable.

L'investissement financier dans l'industrie de transformation est beaucoup plus grand par kW installé que dans les utilisations électrométallurgiques ou électrochimiques.

La pénurie actuelle de capitaux en Afrique ne permettra de développer l'industrie de transformation qu'à un rythme assez lent et les besoins en énergie électrique de centres d'industries de transformation ne dépasseront pas quelques dizaines de milliers de kW de puissance par centre dans les prochaines décennies, à l'échelle des millions de kW qui pourraient être produits, ceci est peu de chose.

5) *Les consommations domestiques*

L'éclairage et les ustensiles ménagers ne sont pas de gros consommateurs de courant; la cuisinière électrique a un très mauvais facteur d'utilisation et provoque des pointes désagréables.

Par contre, le conditionnement d'air en Afrique tropicale devient une consommation très importante. Même pour les Africains, il est un facteur de rendement indiscutable dans le

travail de bureau ou de laboratoire. Là où il s'est généralisé, il dépasse de loin toutes les autres utilisations domestiques.

Cependant, pour les grandes villes africaines, des puissances domestiques de quelques dizaines de milliers de kW ne seront pas vite dépassées.

3. — *Réalisation des centrales de production*

1) Il est évidemment utopique de vouloir produire des kWh sans avoir de clients pour les utiliser.

Pour démarrer un projet de centrale hydro-électrique, il faut un minimum de consommation certaine.

Une difficulté surgit du fait qu'en général le prix de l'énergie produite est élevé tant que les puissances installées sont faibles par rapport à la puissance maximum d'un site; ainsi, pour Inga, le kWh peut être produit à:

0,30 FB pour une puissance de l'ordre de	300 000 kW;
0,20 FB pour une puissance de l'ordre de	600 000 kW;
0,13 FB pour une puissance de l'ordre de	2 000 000 kW;

et à un prix inférieur à 0,10 FB pour une puissance supérieure à 4 000 000 kW.

Or, au départ, il faudrait offrir du courant à très bon marché pour attirer le client mais, tant que la clientèle n'est pas fort développée, le courant est relativement cher.

2) Les investissements relatifs aux tranches d'énergie requise par les besoins urbains et ménagers et les industries de transformation peuvent en général être couverts par de l'auto-financement ou des emprunts près de la B.I.R.D. ou d'autres organismes semblables. Ces tranches couvrent de quelques dizaines de MW à une ou deux centaines de MW pour les différents projets envisagés.

Le développement de ces tranches est parfois important dans le démarrage d'un projet moyen, car il apporte une clientèle prête à payer un prix nettement plus élevé que le prix moyen de production. Encore faut-il que ce prix soit bas par rapport à l'énergie thermo-électrique et pousse à la consommation.

En matière de distribution urbaine, il faut éviter que des distributeurs autonomes, peu liés à la production, ne continuent une ancienne politique de vendre peu à prix élevé plutôt que de vendre beaucoup à bas prix. Ce vice très grave se retrouve encore actuellement chez certains distributeurs ayant débuté en énergie thermo-électrique et ne s'étant pas adaptés adéquatement à la distribution d'énergie hydro-électrique.

3) Il est très difficile aux jeunes pays d'Afrique centrale d'auto-financer les investissements nécessaires à la production et pratiquement impossible de financer ceux nécessaires à la consommation de grandes puissances hydro-électriques de l'ordre de plusieurs centaines et *a fortiori* de milliers de MW.

L'aide des pays développés et des grosses sociétés internationales est indispensable.

4) Des projets de l'ordre de 300 000 à 600 000 kW sont actuellement réalisés ou en voie de réalisation en Rhodésie du Nord, au Katanga, au Ghana.

Dans ces réalisations, de 50 000 à 100 000 kW iront à l'utilisation urbaine et à l'industrie de transformation. Le reste sera employé par l'industrie électro-métallurgique.

5) Les projets dépassant les 1 000 MW demanderont actuellement un énorme apport de capital étranger ne pouvant pas être fourni par la B.I.R.D. ou l'aide de gouvernements étrangers, mais demandant des investissements à long terme de sociétés, tels les consortiums internationaux d'aluminium. La stabilité politique de tels investissements influence grandement sur les décisions que doivent prendre, en la matière, ces consortiums internationaux.

Pour de tels projets qui comportent nécessairement une tranche importante d'utilisation en électro-métallurgie, il est souhaitable qu'une bonne partie du minerai à traiter soit originaire de la région même où sera produite et utilisée l'énergie hydro-électrique.

S'il s'agit uniquement de traiter du minerai étranger, l'insécurité des situations politiques rend les investissements des plus aléatoires.

4. — *L'interconnexion des centrales*

Certains projets, comme ceux d'Inga et du Kwilu, ne sont distants que de quelques centaines de km. Leur interconnexion

serait, en principe, hautement économique, car les investissements à faire pour utiliser l'énergie électrique sont, en général, plus importants que ceux nécessaires pour la produire, et ces premiers investissements sont pratiquement proportionnels à la puissance utilisée, tandis que le coût unitaire du courant produit, au contraire, diminue fortement lorsque la puissance produite augmente.

Il y a donc un avantage économique à concentrer la production, alors qu'il est possible d'en déconcentrer l'utilisation. Ceci pourrait même idéalement s'étendre à un réseau de distribution unifié de la Guinée à Léopoldville, avec l'injection de grosses sources d'énergie réalisée au fur et à mesure du développement de la consommation.

La standardisation de la fréquence en 50 cycles dans toute l'Afrique de l'Ouest à l'exception du Libéria (60 cycles) et une certaine standardisation des tensions rend la chose techniquement très possible, mais les fluctuations politiques empêchent actuellement une telle réalisation: des fermetures de frontières, hélas encore trop fréquentes, entraîneraient des coupures de courant que les consommateurs ne pourraient admettre. Il faut cependant songer, dès à présent, à cette interconnexion des réseaux et la préparer comme élément important du progrès énergétique de l'Afrique de l'Ouest.

Le transport vers l'Europe de l'énergie électrique produite en Afrique de l'Ouest n'est actuellement pas réalisable: l'Europe serait heureuse d'acheter une telle énergie, mais seuls des progrès énormes dans le transport à très longue distance, joints à la stabilité politique adéquate, pourraient faire songer à cette utilisation du potentiel hydro-électrique de l'Afrique. Les câbles à courant continu à très haute tension et peut-être ultérieurement les supraconducteurs à basse température apporteront-ils une solution technique au problème de la distance?

Il est cependant probable qu'à ce moment l'énergie nucléaire aura fourni une importante contribution à l'alimentation énergétique de l'Europe.

5. — *L'énergie nucléaire*

1) *Utilisation locale*

Pour l'Afrique de l'Ouest, à l'heure actuelle, les besoins locaux en centrales nucléaires sont extrêmement limités.

Seules de petites centrales de l'ordre de 10 à 30 MW pourraient être envisagées à certains endroits trop éloignés des sites hydro-électriques pour le transport de telle puissance.

Deux endroits ont été cités: le Tchad et Coquilhatville où un réacteur pourrait, en dehors des besoins urbains et régionaux, fournir l'énergie électrique et la vapeur nécessaires à des usines de pâte à papier. Cette consommation conjointe d'électricité et de vapeur à basse pression améliorerait le rendement du réacteur. Mais, à l'heure actuelle, il n'y a pas encore de réacteur « pratiquement » rentable dans ces faibles puissances et, si des réacteurs du type « Vulcain » sont prometteurs pour de telles applications, ils doivent encore être éprouvés techniquement et économiquement.

Les pays en développement ne peuvent en aucun cas en supporter les frais de mise au point.

En dehors des sites exceptionnels, aucune concurrence locale n'est possible dans les prochaines années entre l'énergie électrique d'origine nucléaire et celle d'origine hydraulique.

2) *Concurrence internationale*

Sur le marché mondial de l'énergie et, en particulier, de l'énergie utilisée en électro-métallurgie, la concurrence de l'énergie électrique d'origine nucléaire au détriment de l'énergie hydro-électrique va très rapidement se faire sentir.

Examinons le cas très important de l'aluminium.

A. Nous avons déjà signalé que la production d'aluminium métallique nécessitait actuellement une puissance installée de 12 millions de kW et s'accroissait de 6 à 8 % par an, représentant, annuellement, des besoins nouveaux de l'ordre de 1 million de kW.

B. Le coût des transports maritimes du minerai ou du métal produit n'est que faiblement influencé par les distances maritimes: les frais de rupture de charge et de transport terrestre sont plus importants que la longueur des routes océaniques. Il est donc « techniquement » possible de prendre du minerai en Amérique du Sud, de le transformer en métal sur la côte de l'Afrique et de l'introduire ensuite aux Etats-Unis d'Amérique ou en Europe. Il y a quelques années encore, un site comme Inga apparaissait pouvoir jouer un rôle privilégié dans un tel processus de transformation.

C. La centrale nucléaire a pour elle l'énorme avantage de pouvoir être localisée là où on le désire, tandis que le site hydro-électrique ne peut fournir de courant qu'à quelques centaines de km de sa localisation naturelle.

D. L'ordre de grandeur de 500 à 1 000 MW représente le domaine où l'énergie électrique d'origine nucléaire peut être fournie de façon certaine à 0,20 FB le kWh.

Cet ordre de grandeur des puissances de centrales est celui qui intéresse actuellement les producteurs d'aluminium puisqu'il correspond à leur accroissement annuel de production.

E. Le prix de 0,20 FB le kWh d'origine atomique ne vaut que pour les importantes centrales de 500 à 1 000 MW et en prenant comme prix de Ur 235 celui que demande actuellement la commission d'énergie atomique américaine.

Il résulte des confrontations internationales de la troisième conférence de Genève sur l'utilisation pacifique de l'énergie atomique que ce prix peut être considéré comme réaliste pour autant que les Etats-Unis soient prêts à fournir durant 10 ou 20 ans l'uranium 235 à un prix analogue à leur prix actuel.

La France estime que si l'Europe devait produire elle-même son Ur enrichi, celui-ci coûterait au moins 30 % plus cher que celui qui est actuellement fourni par le gouvernement des Etats-Unis. En tenant compte des stocks actuels d'Ur 235 que les Américains sont prêts à vendre pour des utilisations pacifiques, il est vraisemblable qu'ils seront prêts à garantir leur prix pour les prochaines années.

F. Les sites hydro-électriques africains peuvent, dans ce même ordre de grandeur, offrir de l'énergie à 0,15 - 0,10 FB le kWh mais pour cela requièrent une stabilité d'investissement (en Afrique de 20 à 30 ans).

G. Les producteurs d'aluminium ont donc le choix entre investir dans des pays d'Europe ou d'Amérique du Nord et utiliser de l'énergie électrique d'origine nucléaire à 0,20 FB le kWh ou investir en Afrique de l'Ouest et pouvoir disposer d'énergie électrique d'origine hydraulique à 0,15 ou 0,10 FB le kWh.

On réalisera qu'à l'heure actuelle ce choix représente un handicap au développement de certains grands projets hydro-électriques.

Léopoldville, le 1^{er} décembre 1964.

TABLE DES MATIERES — INHOUDSTAFEL

Séances des Classes	Zittingen der Klassen
Sciences morales et politiques. — <i>Morele en Politieke Wetenschappen</i>	
23.11.1964	1 172; 1 173
14.12.1964	1 470; 1 471
Sciences naturelles et médicales. — <i>Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen</i>	
24.11.1964	1 570; 1 571
15.12.1964	1 600; 1 601
Sciences techniques. — <i>Technische Wetenschappen</i>	
27.11.1964	1 610; 1 611
18.12.1964	1 644; 1 645
African ecology and human evolution	1 600; 1 601
Agenda 1965	1 182; 1 183
Benoemingen: Cfr Nominations	
Bibliografisch tijdschrift der K.A.O.W.	1 181; 1 463
Bienvenue (F. Van Langenhove)	1 172
Colloque (XIIIe) sur les protides des liquides biologiques	1 602
Colloquium (XIIIe) over de protiden der biologische vloeistoffen	1 603
Communications et notes	
BOUHARMONT, P. - POCHE, P.: Contribution à l'étude de l'action du gamétocide sélectif FW 450 sur la fertilité mâle et femelle de <i>Gossypium hirsutum</i>	1 602; 1 603; 1 606-1 609
BOVEROULLE, M.-Th.: Cfr PATTYN, S.-R.	
CHARLIER, J.: Le régime du Lualaba entre Kindu et Stanleyville	1 612; 1 613; 1 624-1 643
DE BACKER, S.: Quelques problèmes d'hydrométéorologie concernant le sol et la végétation	1 644; 1 645
DUCHESNE, A.: Bibliographie générale des tentatives de colonisation et d'expansion belges sous Léopold I	1 178; 1 179; 1 495-1 534

- FABRI, J.: Auguste T'Kint, commissaire spécial de la Compagnie belge de colonisation 1 178; 1 179; 1 357-1 391
- FRANK, Z. - STANCIOFF, S.: Bibliographie sur l'histoire de l'Afrique, de sources principalement soviétiques (3^e série, 1963) 1 176; 1 117; 1 192-1 237
- FRENAY, E.: Valorisation d'un minerai de fer mixte oxydé-sulfuré 1 646; 1 647; 1 650-1 660
- GATTI, F.: Cfr PATTYN, S.-R.
- GILLE, B.: Les Belges et la vie économique française à l'époque du Roi Léopold I 1 178; 1 179
- GILLON, L.: Le problème énergétique en Afrique de l'Ouest 1 646; 1 647; 1 661-1 670
- GREINDL, L.: Les possibilités de la Belgique de Léopold I comme puissance coloniale 1 178; 1 179; 1 338-1 356
- GRÉVISSE, F.; Présentation de l'étude de W.B. Norton : « A Belgian Socialist critic of colonialism: L. Bertrand » 1 174; 1 175; 1 186-1 191
- GUILLAUME, P.: Technique belge et mines françaises au XIX^e siècle 1 178; 1 179; 1 485-1 494
- JACOBS, E.-A.: Le premier voyage du futur Léopold II en Orient 1 178; 1 179
- JADIN, L.; Les sœurs de Notre-Dame et de Sainte-Marie de Namur en Amérique 1 178; 1 179
- KURGAN-VAN HENTENRYK, G.: Aspects de l'émigration belge 1 178; 1 179; 1 306-1 337
- LAURENT, P.-H.: Commerce, colonies and claims: King Leopold I and Belgian-American Statecraft 1 178; 1 179; 1 275-1 291
- LECONTE, J.-R.: Enrôlements clandestins de Belges dans l'armée argentine 1 178; 1 179; 1 535-1 568
- LENTACKER, F.: Les charbons belges sur le marché français au cours du XIX^e siècle 1 180; 1 181; 1 392-1 431
- LORETTE, J.; Problèmes de politique étrangère sous Léopold I. A propos d'éventuelles participations belges à la guerre de Crimée 1 180; 1 181
- MASSINON, R.: L'entreprise du Rio Nunez 1 180; 1 181
- PATTYN, S.-R. & coll.: Etude des souches de *Mycobacterium ulcerans* isolées au Congo 1 572; 1 573; 1 576-1 599
- PAUWEN, L.: Etude statistique du coefficient d'écoulement d'un bassin hydrographique 1 612; 1 613; 1 616-1 623
- POCHET, P.: Cfr BOUHARMONT, P.
- RAË, M.: La constitution de la République démocratique du Congo et la *lex loci delicti commissi* 1 472; 1 473; 1 476-1 484

SCHWEMMER, O.W.: Belgium and the Nicaraguan canal project	1180; 1181
STANCIOFF, S.: Cfr FRANK, Z.	
STENGERS, J.: L'anticolonialisme des économistes libéraux au XIX ^e siècle	1 174; 1 175
STORME, M.: Abbé A. Helsen en zijn plan tot oprichting van een Belgisch seminarie voor de buitenlandse missiën	1 180; 1 181; 1 432-1 461
VAN BULCK, G.: Ce que l'on connaît de l'Afrique au moment de la découverte de l'embouchure du fleuve Congo (2 ^e partie)	1 472; 1 473
VANDEPITTE, J.: Cfr PATTYN, S.-R.	
VAN GRIEKEN, E. & M.: Un témoignage sur l'histoire de la Compagnie de colonisation	1 180; 1 181
VAN HECKEN, J.-L.: Betrekkingen van België tot China onder Leopold I	1 180; 1 181; 1 238-1 274
WELLENS-DE DONDER, L.: Le premier consul belge à Sydney: E.-H. Wyvekens	1 180; 1 181; 1 292-1 305
Congres (Ile Internationaal) der Afrikanisten	1 183
Congrès (Ile) international des Africanistes	1 182
Décès: J.QUETS	1 610
Démission: P. KIPFER	1 614
Erelidmaatschap	
BURSSENS, A.	1 172; 1 173
DE BACKER, E.	1 646; 1 647
DUBOIS, A.	1 602; 1 603
DU TRIEU DE TERDONCK, R.	1 172; 1 173
HAUMAN, L.	1 172; 1 173
Evénements au Congo	1 470; 1 570; 1 610; 1 644
Gebeurtenissen in Congo	1 471; 1 571; 1 611; 1 645
Hommage à M. F. CAMPUS	1 612
Honorariat: Cfr Eerelidmaatschap	
Hulde aan de H. F. CAMPUS	1 613
Indienen van handschriften	1 467; 1 475
Mededelingen en nota's: Cfr Communications et notes	

Mémoires (Présentation de):

BOVY, L.: Contribution à la recherche sur la nature du mouvement syndical ouest-africain	1 472; 1 473
FONTAINE, C.: Contribution à l'étude géologique de la région de Nyongwe	1 572; 1 573
NORTON, W.B.: A Belgian Socialist critic of colonialism: L. Bertrand	1 174; 1 175; 1 186-1 191
ROEYKENS, A.: La politique religieuse de l'E.I.C. Documents. I. Léopold II, le St-Siège et les missions catholiques	1 176; 1 177
Nieuws over Confrater (V. Devaux)	1 471
Nominations	
VANDER ELST, N	1 174; 1 175
VAN LANGENHOVE, F.	1 174; 1 175
VAN RIEL, J.	1 174; 1 175
WALRAET, M.	1 174; 1 175
Nouvelles d'un Confrère (V. Devaux)	1 470
Ontslag: P. KIPFER	1 615
Overlijden: J. QUETS	1 611
Présentations des manuscrits	1 466; 1 474
Prijs Haïlé Sélassié	1 183
Prix Haïlé Sélassié	1 182
Revue bibliographique de l'ARSOM	1 180; 1 462
Verhandelingen (Voorlegging van): Cfr Mémoires (Présentation de)	
Vice-directeurs 1965	
J. BEELAERTS	1 648; 1 649
J. LEPERSONNE	1 604; 1 605
E. VAN DER STRAETEN	1 474; 1 475
Welkomstgroet (F. Van Langenhove)	1 173

ACHEVÉ D'IMPRIMER LE 24 MARS 1965
PAR L'IMPRIMERIE SNOECK-DUCAJU & FILS

S.A.

GAND - BRUXELLES