

RECHERCHES  
SUR  
L'EMPLOI AGRICOLE  
DES  
RÉSIDUS DE QUELQUES USINES

PAR  
M. EDMOND NIVOIT,  
INGÉNIEUR DES MINES,  
ET  
M. ÉDOUARD LÉTRANGE,  
INGÉNIEUR CIVIL.

---

PARIS  
DUNOD, ÉDITEUR,  
SUCCESSION DE M<sup>r</sup> DALMONT,  
Précédemment Carilian-Gœury et Victor-Dalmont,  
LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,  
Quai des Augustins, 49.

—  
1869







**RECHERCHES**  
**sur**  
**L'EMPLOI AGRICOLE**  
**DES**  
**RÉSIDUS DE QUELQUES USINES**

---

Paris. — Imprimerie de Cussert et C<sup>e</sup>, 26, rue Racine.

RECHERCHES  
SUR  
L'EMPLOI AGRICOLE  
DES  
RÉSIDUS DE QUELQUES USINES

PAR

M. EDMOND NIVOIT,  
INGÉNIEUR DES MINES,

ET

M. ÉDOUARD LÉTRANGE,  
INGÉNIEUR CIVIL.



PARIS

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE V<sup>o</sup> DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor-Dalmont,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, 49.

—  
1869





RECHERCHES  
SUR  
L'EMPLOI AGRICOLE  
DES  
RÉSIDUS DE QUELQUES USINES

---

INTRODUCTION.

En présence des étonnants progrès qu'a accomplis dans ces dernières années, sous l'influence de la chimie, la science agronomique, il serait hors de propos d'insister sur l'utilité des analyses d'engrais. La terre étant une usine à laquelle on livre des matières premières pour en obtenir des produits utiles, il est de toute évidence que l'agriculteur a autant d'intérêt à connaître la composition chimique des engrais dont il se sert qu'en a l'industriel à connaître celle des matières qu'il met en œuvre. Acheter un engrais sans savoir quelles sont les proportions des éléments qui le constituent, c'est agir en aveugle et s'exposer à de graves mécomptes. L'agriculture est entrée dans une voie de progrès qui ne permet plus désormais ces tâtonnements d'une pratique peu éclairée.

Cependant les analyses complètes d'engrais ne sont encore qu'en très-petit nombre. Les chimistes se sont le plus souvent bornés à déterminer l'azote et l'acide phosphorique, les deux éléments les plus rares et les plus chers, et ils ont reculé devant les difficultés ou la longueur du dosage d'autres éléments, tels que les alcalis, la magnésie, etc.

Dans nos travaux du laboratoire départemental de chimie de Mézières, nous avons eu l'occasion d'étudier des sub-

stances de diverses natures employées comme engrais dans le département des Ardennes, et surtout des résidus d'usines. Des renseignements que nous avons recueillis auprès d'agronomes éclairés nous ont mis à même de nous rendre compte du mode d'action de ces matières sur la végétation et de saisir, dans quelques cas, la relation qui existe entre leur composition chimique et les effets produits.

Il nous a paru qu'il ne serait pas sans intérêt de réunir ici, dans un premier mémoire, une partie des résultats auxquels nous ont amenés nos recherches et nos observations. Nous n'avons la prétention de signaler aucun fait nouveau; nous nous contentons de donner des analyses exactes et généralement complètes de quelques matières propres à être appliquées à l'agriculture, et de rapporter des faits bien constatés, en nous abstenant le plus possible de toute considération théorique.

#### I. RÉSIDUS DE LA FABRICATION DE LA COLLE.

La tannerie, qui a une si grande importance dans la ville de Givet, a donné naissance à une industrie qui en utilise les résidus, tels que débris de cuirs et rognures de peaux : c'est la fabrication de la colle-forte. La production annuelle moyenne des six fabriques de colle de Givet peut être évaluée à 450.000 kilogrammes qui représentent une valeur de 740.000 francs.

On prépare aussi à Sedan, avec des débris de matières animales, de la colle-forte qui est destinée à encoller les fils de chaîne avant le tissage; mais cette fabrication, qui n'a pas d'autres débouchés que les manufactures de drap de la localité même, ne donne qu'une faible quantité de produits.

Les procédés de fabrication sont assez simples. Les *colle-matières* (muscles, tendons, rognures de peaux, etc.) sont traitées par l'hydrate de chaux, qui opère le débouillage des parties couvertes de poils, saponifie les corps gras

et rend la gélatine attaquable à l'eau bouillante. Les substances alcalines et acides, qui nuisent à la propriété gélatineuse, sont éliminées par des lavages à grande eau, alternant avec l'aération des colle-matières; enfin celles-ci sont portées dans les chaudières où l'on procède à la fonte en présence de l'eau bouillante.

Ces manipulations laissent comme résidus : 1° des *sels calcaires à acides gras*, qui viennent nager à la partie supérieure des chaudières; 2° des *eaux de lavage*; 3° des matières solides déposées par ces eaux dans les bassins qui servent au lavage; 4° des *marcs de colle* ou *fonds de colle*, recueillis au fond des chaudières.

*Sels calcaires à acides gras.* — Les sels calcaires à acides gras étant toujours imprégnés de gélatine, on les soumet d'abord à la presse et l'on repasse dans les chaudières le liquide obtenu. La matière exprimée est ensuite traitée par l'acide sulfurique qui sature la chaux et met la graisse en liberté. Cette graisse est très-appréciée pour le graissage des machines.

*Eaux de lavage.* — Tous les autres produits que nous venons d'énumérer peuvent être employés comme engrais par l'agriculture. Les eaux de lavage s'utilisent sur place, lorsque la fabrique peut les déverser immédiatement sur les terres voisines. Nous les avons vu appliquer avec grand succès par M. Albéric Parent, à l'irrigation d'une prairie qui autrefois ne rapportait presque rien, et qui, en 1865, année très-sèche, a donné 7.000 kilogrammes de foin par hectare; le sol de cette prairie est argilo-sableux et repose sur le diluvium.

La faible proportion des substances organiques et minérales que contiennent les eaux de lavage, ne légitimerait pas des frais coûteux de transport, si l'on ne les considérait que comme engrais. Il n'en est pas de même des dépôts des eaux de lavage et surtout des marcs de chaudières.

*Boues de lavage et marcs de colle.* — Les boues recueil-

lies dans les bassins de dépôt contiennent, outre une grande quantité de chaux provenant de la préparation des colles-matières, des poils qui s'en sont détachés, les morceaux les plus ténus des rognures de peaux qui ont traversé les grilles des bassins, des matières grasses, etc.

Les marcs sont essentiellement composés de chaux et de matières organiques. Quoiqu'ils aient été soumis à l'action de la presse, au sortir de la chaudière, ils recèlent encore une certaine quantité de colle. Cette observation a son importance, comme on le verra plus loin.

Nous avons soumis à l'analyse un échantillon de boues de lavage, recueilli dans une usine de Givet, et deux échantillons de marcs de chaudières recueillis, le n° 1 à Givet, et le n° 2 à Sedan.

Voici quels sont les résultats que nous avons obtenus :

*Boues de lavage.*

Sur 100 parties humides :	
Perte à la dessiccation à 100 degrés. . . . .	33,10
Azote. . . . .	1,20

Cette proportion d'azote correspond par suite à 1,79 p. 100 du poids des boues supposées sèches.

Sur 100 parties séchées à 100° :	
Perte à la calcination	{ Matière organiques et } 25,00
	{ eau combinée. . . . . }
	{ Acide carbonique. . . . . } 17,89
Sable. . . . .	7,85
Silice soluble dans la potasse. . . . .	3,50
Acide sulfurique. . . . .	0,49
Acide phosphorique. . . . .	traces.
Chlore. . . . .	traces.
Peroxyde de fer et alumine. . . . .	3,22
Chaux. . . . .	41,90
Potasse. . . . .	0,05
Soude. . . . .	0,10
	<hr/>
	100,00

*Marc de colle.*

Sur 100 parties humides :		
	N° 1.	N° 2.
Perte à la dessiccation à 100 degrés.	7,715	12,600
Azote. . . . .	3,121	3,218
Azote de la matière supposée sèche	3,382	3,632
Sur 100 parties séchées à 100 degrés :		
Perte à la cal-	{ Matières organiques et eau combinée. . . 53,50 Acide carbonique. . . 12,26 }	} 76,50
cination		
Sable. . . . .		
Silicie soluble dans la potasse. . . . .	1,49	0,65
Acide sulfurique. . . . .	0,58	0,35
Acide phosphorique. . . . .	2,45	0,83
Chlore. . . . .	0,04	0,05
Peroxyde de fer et alumine. . . . .	1,65	0,55
Chaux . . . . .	20,29	15,14
Magnésie. . . . .	»	traces.
Potasse. . . . .	0,17	fortes traces
Soude. . . . .	0,25	Id.
	100,00	100,00

Le n° 2 est plus riche en matières organiques et par suite en azote que le n° 1 ; cela tient à ce qu'à Sedan la préparation de la colle-forte se fait avec moins de soins qu'à Givet.

*Méthode d'analyse.* — L'analyse de ces produits a été faite de la manière suivante :

On a déterminé l'eau hygrométrique par la dessiccation de 5 grammes de matière à la température de 100 degrés. On n'arrive pas ainsi à un chiffre très-exact, car à 100 degrés les substances organiques de l'engrais sont partiellement décomposées ; mais le but principal de l'opération étant de rapporter à la matière sèche la détermination de l'azote faite sur la matière pesée à l'état humide, on peut considérer le chiffre obtenu comme suffisamment approximatif.

Pour doser l'azote, on a décomposé 1 gramme d'engrais par la chaux sodée, dans un tube de verre, et l'on a reçu les gaz qui se sont dégagés dans de l'acide chlorhydrique étendu. L'ammoniaque formée a été précipitée par le chlorure de platine.

Nous avons calciné sous la moufle du four de coupelle 2 grammes séchés à 100 degrés, jusqu'à décomposition complète du carbonate de chaux; la perte de poids représente l'eau combinée, les matières organiques et l'acide carbonique.

La détermination des principes minéraux a été faite sur l'engrais privé préalablement de ses matières organiques par une calcination au rouge sombre. Nous avons d'abord attaqué 5 grammes par l'acide chlorhydrique étendu, puis évaporé à sec, repris par le même acide, et la dissolution a été étendue d'eau. Dans le résidu insoluble, nous avons séparé la silice gélatineuse du sable à l'aide d'une dissolution faible de potasse caustique chauffée à 80 degrés.

La liqueur, après avoir été soumise à un courant de chlore, a été traitée par l'ammoniaque en excès, puis par l'acide acétique. Nous avons ainsi obtenu un précipité de phosphate de fer et d'alumine que nous avons redissous dans l'acide chlorhydrique après l'avoir calciné et pesé. A cette dissolution, nous avons ajouté de l'acide tartrique en quantité suffisante pour retenir le fer et l'alumine, et nous avons précipité l'acide phosphorique par l'ammoniaque et le sulfate de magnésie à l'état de phosphate ammoniacomagnésien. Pour purifier ce précipité, nous l'avons lavé par décantation, redissous une seconde fois dans l'acide chlorhydrique et reformé de nouveau en ajoutant de l'ammoniaque à la liqueur. La proportion de fer et d'alumine a été obtenue par différence.

La liqueur acétique a été ensuite partagée en deux parties égales. Dans l'une, on a précipité par l'acétate d'urane

l'acide phosphorique restant et qui n'avait pas été précipité à l'état de phosphate de fer et d'alumine. Le phosphate d'urane, qui est très-gélatineux, a été lavé par décantation et l'on a eu soin de faire bouillir l'eau de lavage à chaque décantation ; il a été ensuite séché et calciné sur la lampe à alcool, après avoir été toutefois imprégné de quelques gouttes d'acide azotique qui s'opposent aux influences réductrices des gaz. Ce précipité a pour formule  $2\text{Ur}^2\text{O} \cdot 3\text{PhO}^5$  ; il contient 19,99 p. 100 d'acide phosphorique.

Dans la seconde partie de la liqueur acétique, nous avons dosé la chaux et la magnésie en séparant la première par l'oxalate d'ammoniaque, et, après saturation de l'acide libre par l'ammoniaque, en précipitant la seconde par le phosphate de soude. Nous devons faire observer que le précipité d'oxalate de chaux contient un peu de magnésie, mais comme, d'un autre côté, l'oxalate de chaux n'est pas rigoureusement insoluble dans l'acide acétique, on peut admettre qu'il se fait une sorte de compensation. En tout cas, l'approximation avec laquelle on détermine ainsi ces substances est suffisante, car elles n'ont qu'une importance secondaire dans les engrais dont il s'agit.

Pour faire la détermination de l'acide sulfurique et des alcalis, on a fait une nouvelle attaque par l'acide chlorhydrique sur 10 grammes d'engrais incinéré. On a d'abord séparé l'acide sulfurique à l'aide du chlorure de baryum en très-faible excès ; dans la liqueur filtrée on a ajouté du perchlorure de fer, puis, après évaporation de l'excès d'acide, du carbonate de baryte ; après quelques heures de repos, on a filtré la liqueur et l'on a précipité la chaux et la baryte par le carbonate et l'oxalate d'ammonique. Pour séparer la magnésie et les dernières traces de baryte, on a évaporé à sec dans une capsule de platine et l'on a calciné ; le chlorure de magnésium s'est transformé complètement en carbonate de magnésie que l'on a isolé en reprenant la matière par l'eau bouillante. On a ajouté à la dissolution

quelques gouttes d'acide chlorhydrique, on a évaporé à sec, et l'on a pesé les alcalis à l'état de chlorure.

On a fait la séparation de la potasse et de la soude à l'aide du chlorure de platine.

On a dosé le chlore à l'état de chlorure d'argent dans la liqueur obtenue en faisant agir sur 2 grammes d'engrais de l'eau distillée aiguisée de quelques gouttes d'acide nitrique.

Enfin nous avons déterminé directement l'acide carbonique en attaquant 2 grammes de matière par l'acide chlorhydrique étendu et recevant les produits gazeux dans une dissolution ammoniacale de chlorure de baryum. Du poids du carbonate de baryte, on a déduit celui de l'acide carbonique.

*Production des marcs de colle et leur emploi par l'agriculture.* — Nous devons à M. Albéric Parent, de Givet, fabricant de colle-forte et agriculteur, sur la production et le commerce de ces engrais, d'intéressants renseignements que nous consignons ci-après.

La production annuelle des marcs de colle sortant des presses, c'est-à-dire avec une quantité d'eau interposée qui est à peu près double de celle de l'échantillon n° 1, est environ de 240.000 kilog. pour les six fabriques de Givet. Jusqu'en 1864, tous les marcs de colle ont été employés exclusivement par l'agriculture du pays, qui les payait 4 à 5 francs le mètre cube (600 à 700 kilogr.) En 1864, la totalité de la production a été enlevée par des acheteurs de Bruxelles au prix de 20 fr. les 1.000 kilog. mis en wagon à Givet. En 1865, cet engrais fut moins recherché; une partie seulement fut expédiée sur Bruxelles, Marly près Valenciennes, et Saint-Avold (Moselle). Actuellement, il est presque entièrement consommé sur place, et il se vend 5 francs le mètre cube.

Cette dépréciation d'un engrais aussi riche en matières organiques au moment de sa production, a sa raison d'être dans la putréfaction rapide de ces dernières. La fermenta-



tion fait disparaître la substance azotée pour ne laisser bientôt qu'un résidu appauvri et n'agissant plus guère que par ses éléments minéraux. Desséché, cet engrais se conserverait plusieurs années; il est vrai que l'on perdrait, par l'opération de la dessiccation, une partie de l'azote à l'état d'ammoniaque.

Le principal obstacle que l'on rencontre dans l'emploi des marcs de colle, c'est la difficulté avec laquelle ils se désagrègent. Cela s'explique tout naturellement, car ces matières contiennent toujours une certaine proportion de gélatine interposée qu'une forte compression à la presse hydraulique ne réussit pas à enlever complètement; elles se présentent sous la forme de gâteaux compactes, dont toutes les parties sont solidement agglutinées, et qui, si on les répandait dans cet état sur la terre, ne produiraient aucun résultat et laisseraient perdre tous leurs principes fertilisants sans profit pour les plantes.

M. Henry de Charleville, ancien ingénieur des ponts et chaussées, qui fait un grand usage de cet engrais sur les terres argileuses des environs de Givet, a cherché à vaincre cette difficulté. Dans le principe, il faisait couper les marcs de colle avec des hachoirs, soit mécaniquement, soit à la main; il obtenait ainsi de très-petits morceaux, mais qui étaient encore d'une assimilation difficile. Il est arrivé à de meilleurs résultats par la dessiccation, en ayant soin de laisser se développer préalablement une légère fermentation, afin de décomposer le peu de colle interposée qui s'opposerait à la réduction en poussière.

Le procédé qui paraît le plus convenable consiste à mélanger les fonds de colle avec de la tannée, substance qui se trouve en abondance à Givet et que l'on peut obtenir à très-bas prix. De cette manière, on n'a aucune déperdition des principes fertilisants; l'ammoniaque absorbée par le tan, au fur et à mesure de sa formation, est mise en réserve. La tourbe jouerait le même rôle que la tannée. On pourrait

aussi employer des substances charbonneuses et pulvérisées, telles que des résidus de noirs d'os provenant des fabriques et raffineries de sucre, ou stratifier les marcs avec du fumier. Enfin, quand toutes ces substances font défaut, la terre serait susceptible de les remplacer jusqu'à un certain point, en raison de son pouvoir absorbant.

M. Henry nous a adressé, pour en faire l'analyse, un engrais fabriqué d'après ces principes avec parties égales de marcs de colle et de tannée. Cet engrais, qui avait fermenté, était sous forme pulvérulente et pouvait par conséquent être répandu facilement à la surface de la terre.

Nous l'avons trouvé composé de :

Eau hygrométrique. . . . .	11,25
Matières organiques et eau combinée. . . . .	34,92
Acide carbonique. . . . .	16,33
Cendres calcinées. . . . .	37,50
	<hr/>
	100,00

La proportion d'azote est de 1,70 p. 100, soit 1,91 p. 100 dans l'engrais supposé séché à 100 degrés.

On a cherché s'il existait de l'ammoniaque libre en traitant 5 grammes de cet engrais par la magnésic calcinée et recevant les produits de la décomposition dans de l'acide chlorhydrique étendu. En ajoutant du chlorure de platine dans cette liqueur, on n'a obtenu qu'un très-faible précipité qui correspond à 0,04 p. 100 d'ammoniaque.

M. Albéric Parent prépare un engrais analogue en stratifiant, par couches alternatives, du tan épuisé et des fonds de colle. Une fermentation, accompagnée d'une assez grande chaleur, ne tarde pas à se développer dans la masse ; mais, comme aucune odeur ammoniacale ne se produit, on est en droit de conclure que l'ammoniaque qui se forme est fixée par l'acide tannique. Les proportions moyennes des deux substances sont de 2 parties de tannée pour 1 de fonds de colle.

Nous avons pris un échantillon six semaines environ après la préparation de cet engrais. Comme la composition en est assez hétérogène, nous avons fait donner un coup de bêche sur toute la hauteur du tas, qui était de 2 mètres, nous avons bien mélangé le tout et nous avons prélevé 1 kilogramme de matière.

Nous avons pesé 250 grammes, que nous avons fait sécher à 100 degrés dans une grande capsule de porcelaine, pour chasser la plus grande partie de l'eau hygrométrique, après avoir eu la précaution de répandre sur la matière une dissolution de 1 gramme d'acide oxalique destiné à retenir les produits ammoniacaux.

La matière, partiellement desséchée, a été réduite en poudre fine à l'aide d'une égrugette, et c'est cette poudre qui a été soumise à l'analyse.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Eau hygrométrique. . . . .	23,50
Matières organiques et acide carbonique. . . . .	52,70
Cendres calcinées. . . . .	23,80
	<u>100,00</u>
Azote. . . . .	2,46 p. 100

Cette quantité d'azote correspond à une proportion de 5,22 dans l'engrais privé d'eau hygrométrique.

Si l'on compare la composition des marcs de colle à celle du fumier d'étable, on verra que, sauf l'humus, ils contiennent tous les principes constitutifs de ce dernier. Il ne faut cependant pas en conclure qu'ils remplaceraient complètement le fumier. On a constaté que, quand on les emploie exclusivement sur les céréales, la végétation herbacée se développe très-rapidement au détriment de la graine. On a vu, sous l'influence de ces matières, des blés versés au mois de juin, sans pluie et avant que l'épi fût sorti de la paille. Cet effet, qui peut paraître singulier au premier abord, puisque la graine a besoin pour son développement

de phosphates et que les fonds de colle en contiennent une plus forte proportion que le fumier, s'explique si l'on réfléchit à l'origine de ces phosphates. La chair musculaire et les poils en contiennent un peu; la plus grande partie provient des petits os interposés dans les colles-matières, et par conséquent ils ne sont pas d'une assimilation très-facile et ne produisent d'effet qu'au bout de plusieurs années. La matière organique, au contraire, quand on a laissé se développer une fermentation préalable, agit immédiatement et rapidement.

Les considérations précédentes font voir pourquoi cet engrais est de peu de durée. Il faut avoir la précaution de l'enterrer, afin de retenir l'ammoniaque autant que possible, et ne l'employer qu'avec une extrême modération (tout au plus 500 à 600 kilog. par hectare), en renouvelant fréquemment les doses.

On pourrait peut-être remédier au manque de phosphates immédiatement assimilables, en mélangeant cet engrais avec des nodules de chaux phosphatée finement pulvérisés.

Sur les prairies, les marcs de colle produisent des effets surprenants. M. Henry les emploie à la dose de 4 mètres cubes par hectare.

Les boucs de lavage ne sont recueillies que dans trois ou quatre usines de Givet; dans les autres usines, les eaux se rendent directement à la rivière sans passer par des bassins de dépôt. Elles durcissent à la longue, au point d'être enlevées facilement à la pelle. Quoique bien moins riches que les marcs de colle, elles se payent presque aussi cher (4 francs le mètre cube); elles fournissent ainsi de l'azote à 0<sup>f</sup>,42 le kilogramme, tandis que les marcs, achetés à raison de 5 francs, le donnent à 0<sup>f</sup>,25 (1). Elles procurent à peu près les mêmes résultats; seulement, à cause de

---

(1) Rappelons que le kilogramme d'azote du fumier se paye en moyenne 1<sup>f</sup>,65.

leur moindre richesse, elles doivent être employées en plus forte proportion, et elles ne sont pas susceptibles d'un aussi long transport.

## II. RÉSIDUS DES SUCRERIES.

La fabrication du sucre de betterave se développe rapidement dans le département des Ardennes, et l'on y compte déjà neuf usines importantes dont la plus grande partie se sont élevées dans ces dernières années : deux à Charleville et les autres à Acy-Romance, Eclly, Saint-Germainmont, Vauzelles, Douzy, Attigny et Chatel-Chéhéry.

Nous avons à examiner les résidus que cette industrie peut livrer à l'agriculture. Pour en faire comprendre la nature, nous jetterons d'abord un coup d'œil rapide sur les opérations qui les produisent.

Les betteraves sont arrachées en octobre, époque à laquelle leur richesse en sucre est la plus grande. On en sépare les feuilles, à la naissance de la tige, et l'on abandonne celles-ci sur le terrain à titre d'engrais, ou on les donne comme aliments aux bestiaux, quand on manque de fourrages verts.

Les racines, débarrassées sur place de la plus grande partie de la terre adhérente, subissent encore dans les usines un lavage qui achève de les nettoyer. Les eaux de lavage se rendent dans des bassins où elles déposent une partie des matières qu'elles tiennent en suspension.

La betterave à sucre contient, en moyenne, 10 p. 100 de sucre et 85 p. 100 d'eau ; le surplus est représenté par du ligneux, des matières azotées telles que l'albumine, des acides organiques libres ou combinés à la chaux, la potasse, la soude, du chlorhydrate d'ammoniaque, des phosphates, sulfates, azotates à base terreuse ou alcaline, des chlorures alcalins, des matières colorantes, des matières grasses, etc.

La betterave, réduite en pulpe sous la râpe, puis soumise

à la presse, fournit, en même temps qu'une pulpe épuisée, le jus saccharifère. Ce dernier est soumis à la défécation, qui s'opère par une addition de lait de chaux. La chaux sature les acides libres qui tendraient à transformer le sucre cristallisable en sucre de raisin; elle s'unit à plusieurs corps, entre autres à l'albumine; elle décompose les sels ammoniacaux, et enfin l'excédant se combine au sucre en formant du sucrate de chaux. Le jus est alors traité par un courant d'acide carbonique; le sucrate est décomposé et le sucre devient libre.

Les marcs, ou résidus qui se forment dans les chaudières à défécation, constituent cet engrais connu sous le nom d'*écume de défécation*.

Il y a peu de temps encore, on évitait d'introduire dans le jus une trop grande quantité de chaux; aujourd'hui, au contraire, on en introduit à dessein un fort excès, afin de convertir tout le sucre en sucrate non altérable, que l'on décompose ensuite par l'acide carbonique à deux reprises, et c'est ce traitement nouveau auquel on donne le nom de *traitement par double carbonatation ou par saturation*.

Telle est en grande partie l'origine des différences que l'on peut remarquer dans la composition chimique des écumes dont nous donnons plus loin l'analyse.

Le jus déféqué est amené à l'état de sucre cristallisable après diverses opérations consistant en filtrations sur le noir animal en grain, évaporation et concentration; puis le clairçage à la turbine ou à la toupie en sépare les mélasses.

En laissant de côté les vapeurs ammoniacales qui se dégagent pendant la fabrication et qui ne sont pas recueillies, nous avons à examiner comme résidus: 1° les feuilles; 2° les boues et les eaux de lavage; 3° les pulpes épuisées; 4° les écumes de défécation; 5° les noirs d'os hors de service; 6° les mélasses.

*Feuilles de betteraves.* — Nous avons dit que les feuilles sont abandonnées sur le terrain à titre d'engrais, ou don-

nées comme nourriture aux animaux. Le premier emploi paraît le plus avantageux, et c'est aussi le plus fréquent. La quantité d'azote contenue dans 100 parties de feuilles vertes est de 0.50. En admettant que le produit en feuilles soit le quart du poids des racines et le rendement moyen d'un hectare de 40.000 kilogrammes de betteraves, on obtient 10.000 kilogrammes de feuilles, représentant 50 kilogrammes d'azote, soit les  $\frac{5}{12}$  de la quantité d'azote contenue dans 30.000 kilogrammes de bon fumier de ferme, ce dernier chiffre admis comme étant la fumure moyenne d'un hectare de terre tous les trois ans.

*Boues et eaux de lavage.* — Les boues de lavage sont essentiellement composées de terre et de quelques débris organiques en fermentation, comme des radicules et des queues de racines, des débris parenchymateux de la plante, des matières albuminoïdes coagulées, etc. ; elles dégagent une forte odeur de fumier.

Nous en avons recueilli trois échantillons, en novembre 1867, dans le bassin de dépôt qui reçoit les eaux provenant du débouillage des betteraves, à la sucrerie de Tivoli (Charleville) ; c'est dans ce bassin que se rendent également les eaux qui ont servi au lavage des appareils, des sacs à pulpes, etc. L'échantillon n° 1 a été pris à la tête du bassin, le n° 2 vers le milieu, et le n° 3 près de la sortie.

On a préalablement desséché ces échantillons pour enlever la plus grande partie de l'eau qu'ils contenaient. Le n° 1 et le n° 3 analysés rapidement ont présenté la composition suivante :

Eau. . . . .	1,50	2,50
Matières organiques. . . . .	7,50	12,50
Sable et argile. . . . .	70,00	65,90
Silice soluble dans la potasse. . . . .	4,60	3,46
Oxyde de fer. . . . .	5,20	6,75
Alumine. . . . .	1,40	1,25
Carbonate de chaux. . . . .	9,80	7,64
Id. de magnésie. . . . .	traces	fortes traces
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>
Azote. . . . .	0,235	0,560
Quantité qui correspond, dans la matière supposée séchée à 100 degrés, à une proportion de. . . . .	0,238	0,574

Le n° 2 a été analysé avec plus de soin; la détermination des substances minérales a été faite après incinération des matières organiques. 100 parties séchées à l'air libre contiennent :

Eau. . . . .	8,50
Matières organiques. . . . .	8,70
Parties fixes. . . . .	<u>82,80</u>
	100,00
Azote. . . . .	0,392
Quantité qui correspond, dans la matière supposée séchée à 100 degrés, à une proportion de. . . . .	0,473

Composition du résidu calciné, sur 100 parties :

Charbon. . . . .	1,24
Sable et argile. . . . .	72,90
Silice soluble dans la potasse. . . . .	11,00
Acide sulfurique. . . . .	0,17
Id. phosphorique. . . . .	0,19
Chlore. . . . .	traces
Alumine. . . . .	3,00
Peroxyde de fer. . . . .	9,00
Carbonate de chaux. . . . .	3,21
Id. de magnésie. . . . .	0,13
Porte . . . . .	<u>0,06</u>
	100,00



On remarquera, ce que l'on pouvait d'ailleurs prévoir, que la quantité d'azote contenue dans 100 parties de chacun de ces trois échantillons va en augmentant de l'entrée à la sortie du bassin ; en outre les premiers dépôts sont beaucoup plus sableux que les derniers.

Les eaux, en sortant du bassin, tiennent encore en suspension des matières très-ténues qui ne se sont pas déposées dans le bassin et qui les rendent troubles et noirâtres. Elles ont une odeur repoussante.

Nous avons recueilli 4,75 litres de ces matières liquides immédiatement au sortir du bassin, et, après les avoir additionnées de 1 gramme d'acide oxalique pour retenir l'ammoniaque libre, nous les avons rapprochées par l'évaporation, et nous les avons passées sur un filtre pesé. Nous avons ainsi obtenu un résidu qui, séché à 100 degrés, pesait 3<sup>e</sup>,288, déduction faite du poids de l'acide oxalique ajouté. Un litre de liquide renferme donc 0<sup>e</sup>,57 de matière solide.

Nous avons pris 1 gramme de cette matière, et nous y avons cherché l'azote en la décomposant par la chaux sodée et recevant les gaz dans de l'acide sulfurique titré. Nous avons trouvé 1,01 d'azote pour 100, soit 0<sup>e</sup>,00576 dans un litre.

Le reste de la matière solide a été incinéré, puis attaqué par l'acide chlorhydrique; on a trouvé :

Matières organiques. . . .	0,1574,	soit p. 100	24,10
Substances solubles dans l'a-			
cide chlorhydrique. . . .	0,1574,	id.	24,10
Substances insolubles dans			
l'acide chlorhydrique. . .	0,2952,	id.	51,80
	<u>0,5700,</u>		<u>100,00</u>

La liqueur filtrée avait une teinte jaune sale et était légèrement trouble ; cet effet était dû à la présence d'une faible proportion de matières organiques.

On a cherché l'ammoniaque toute formée qui pouvait rester dans cette liqueur, en l'attaquant par une dissolution faible de potasse et recevant les gaz dans une liqueur sulfurique titrée. On a ainsi trouvé, pour les 5,75 litres, 0<sup>e</sup>,00578 d'ammoniaque, soit 0<sup>e</sup>,001 par litre.

En résumé, on voit que les eaux de lavage, à la sortie du bassin, contiennent par litre :

	grammes.
Matières organiques. . . . .	0,1574
Matières minérales. . . . .	0,4526
Ammoniaque libre. . . . .	0,0010
Azote. . . . .	0,00576

Il résulte de nos analyses que les boues de lavage ne sont pas très-riches et qu'elles ne doivent pas exercer une action bien sensible sur la végétation. Elles sont cependant employées, dans quelques parties du département des Ardennes, par les cultivateurs voisins des sucreries, et elles sont répandues sur le sol ou mêlées au fumier. Leur effet principal doit être d'amender les terres, car la quantité d'azote qu'elles contiennent est trop faible pour qu'elles méritent le nom d'engrais.

Les eaux de lavage sont également d'une valeur médiocre; leur teneur en azote est inférieure à celle de certaines eaux de pluie. Elles ne sont guère propres qu'à l'irrigation de prairies voisines, quand la situation topographique de l'usine s'y prête. Tel est le cas de la sucrerie de Tivoli, qui pourrait envoyer ses eaux de lavage sur les prairies de la vallée de la Meuse.

*Pulpes de betteraves.* — Les pulpes de betteraves sont réservées pour la nourriture des bestiaux. Comme elles contiennent encore un peu de sucre non décomposé ou en voie de décomposition et de l'acide acétique, elles constituent un aliment très-salubre.

La production des pulpes est, au sortir des presses, d'environ 22 p. 100 du poids des betteraves; leur valeur

moyenne comme aliment est de 10 francs les 100 kilog. Elles contiennent, sur 100 parties, 70 d'eau et 0,38 d'azote, ce qui, en calculant l'azote au prix de 1',65 le kilogramme, leur donne une valeur comme engrais de 6',10; il y a donc avantage à réserver les pulpes pour la nourriture des bestiaux.

*Écumes de défécation.* — Les écumes de défécation sont principalement composées de chaux, combinée ou mélangée avec les matières organiques du jus, ou à l'état de carbonate de chaux. Dans ce mélange, la matière azotée se décompose facilement et entraîne la fermentation des diverses matières organiques solides, telles que les petits débris ligneux qui ont été séparés du jus. On les emploie très-avantageusement comme engrais; dans ce but, il faut les diviser par la dessiccation, ou bien en les délayant dans l'eau et les jetant sur la paille, ce qui donne bientôt une espèce de fumier propre à être utilisé de suite; la paille, par ses débris organiques, apporte au sol l'humus qui lui est nécessaire.

Nous avons analysé trois échantillons d'écumes de défécation, en suivant le procédé que nous avons décrit à propos des fonds de colle. Voici les résultats que nous avons obtenus :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
<i>Sur 100 parties humides :</i>			
Perte à la dessiccation à 100 degrés à l'air libre. . . . .	41,00	39,50	31,60
Azote. . . . .	0,62	0,65	0,35
<i>Sur 100 parties sèches :</i>			
Azote. . . . .	1,06	1,04	0,51
Matières organiques et eau combinée. . . . .	31,24	13,86	12,13
Acide carbonique. . . . .	18,88	33,15	35,24
Cendres (par calcination). . . . .	49,88	52,99	52,63
Total. . . . .	100,00	100,00	100,00
<i>Composition des cendres :</i>			
Sable. . . . .	4,08	1,07	0,50
Silice soluble dans la potasse. . . . .	6,17	2,48	2,49
Acide sulfurique. . . . .	0,63	0,37	0,37
Acide phosphorique. . . . .	1,60	1,52	0,85
Chlore. . . . .	0,05	0,06	0,02
Oxyde de fer et alumine. . . . .	3,32	4,31	1,93
Chaux. . . . .	32,34	41,98	45,48
Magnésie. . . . .	0,98	0,59	0,41
Potasse. . . . .	0,07	0,19	0,06
Soude. . . . .	0,23	0,40	0,04
Perte. . . . .	0,41	0,02	0,48
Total. . . . .	49,88	52,99	52,63

N° 1. — Écumes du Petit-Bois (Charleville).

N° 2. — Id. de Tivoli (Charleville).

N° 3. — Id. d'Écly.

Il ressort de ces analyses que les écumes d'Écly, dans l'état où elles ont été analysées, ne contenaient sensiblement pas de chaux libre, tandis que celles de Tivoli en contenaient environ 8 p. 100 et celles du Petit-Bois 13 p. 100. Nous avons déjà indiqué quelle pouvait être la cause principale de ces différences. Mais en même temps il ne faut pas perdre de vue que les écumes recèlent encore une petite quantité de sucre altéré, susceptible de fournir par la fermentation de l'acide carbonique. Suivant donc que les marcs sont analysés à une époque plus ou moins éloignée de leur production, on peut y rencontrer une moindre ou

une plus grande quantité de chaux non carbonatée. Une observation analogue est à faire à l'égard de la proportion d'azote, à cause de l'ammoniaque formée par la fermentation et qui est volatilisée en partie.

Au nombre des éléments qui constituent les écumes de défécation, il s'en trouve une grande partie qui, ayant appartenu à la betterave elle-même, jouent un rôle important dans la culture de cette plante. Mais il ne faut pas croire qu'avec cet engrais seul on puisse rendre au sol tout ce qu'en a extrait la culture de la betterave ; car la plus forte proportion des substances minérales passées du sol aux racines reste dans le jus déféqué, pour entrer, après avoir traversé toute la fabrication, dans la composition des mélasses ; tels sont surtout les alcalis. Les analyses précédentes ne peuvent pas servir pour déterminer d'une manière rigoureuse quelles quantités d'alcalis et d'acide phosphorique ont passé dans les écumes, parce que la chaux employée à la défécation n'a pas été analysée d'abord et qu'elle contenait peut-être une proportion sensible de ces substances.

Les expériences de M. Dutrochet ont prouvé que le sucre dissous dans l'eau est très-nuisible aux plantes. Il convient par suite de n'employer les écumes de défécation qu'après qu'elles ont subi une première fermentation ou catalyse. C'est à ce moment qu'il sera utile de les dessécher pour arrêter la fermentation et conserver l'ammoniaque, à moins que l'on n'ait l'emploi de ces matières sur les champs.

Cet engrais convient à beaucoup de cultures et surtout aux céréales et à la betterave elle-même ; il agit notamment avec avantage dans les terrains argileux et froids qui manquent de calcaire. On le répand uniformément sur la terre, avant l'ensemencement, et on l'enterre à 10 ou 15 centimètres de profondeur. Toutefois, on a remarqué que dans les années sèches, quand les pluies viennent à manquer, ainsi que les sources et filtrations souterraines, il faut l'em-

ployer avec ménagement, sous peine d'être privé de toute récolte ; il arrive alors que les terres *s'effritent* et ne possèdent plus de terreau. Cet effet se produirait également avec un trop grand excès d'écumes de défécation appliquées à des sols très-perméables. Aussi on trouve avantageux de mélanger cet engrais avec des pailles ou des débris ligneux, si le sol est pauvre en matières propres à fournir du terreau.

On traite annuellement dans le département des Ardennes 150 millions de kilogrammes de betteraves. Avec le système de la double saturation, qui est suivi maintenant dans presque toutes les usines, on peut compter sur une production de 50 mètres cubes (pesant 1.200 kilog. environ le mètre cube) d'écumes de défécation par 1.000 tonnes de betteraves traitées, soit en tout 7.500 mètres cubes pesant 9 millions de kilogrammes à l'état humide, ou 6 millions de kilogrammes à l'état sec.

Admettons que la proportion d'azote ne soit que de 0.51, chiffre que nous a donné l'analyse des écumes d'Écly ; on trouvera que la fabrication du sucre de betteraves dans le département des Ardennes livre annuellement à l'agriculture 50.600 kilogrammes d'azote.

Ce chiffre montre que les chaux de défécation ont une très-grande importance agricole. Cette importance augmente encore si l'on tient compte de l'état de facile assimilation sous lequel se trouve l'azote, et si l'on considère toutes les autres substances, telles que l'acide sulfurique, l'acide phosphorique, la chaux, la magnésie, les alcalis, dont l'influence est loin d'être négligeable.

Les propriétés fécondantes des écumes sont d'ailleurs parfaitement connues des cultivateurs qui ont observé depuis longtemps que ces matières agissent avec une remarquable facilité sur la végétation ; malheureusement elles sont souvent appliquées d'un manière vicieuse.

Dans le département des Ardennes, le prix de vente des écumes est de 3 à 5 francs le mètre cube, suivant les loca-

lités, soit en moyenne 4 francs. D'après ce chiffre, le prix du kilogramme d'azote de ces matières est de 0',94, tandis que le kilogramme d'azote du fumier coûte 1',65. De plus, comme ce dernier engrais ne contient que 0.004 d'azote, il suffira d'employer 784 kilogrammes d'écumes de défécation pour remplacer l'azote de 1.000 kilogr. de fumier.

A une fumure de 30.000 kilogrammes de bon fumier de ferme par hectare tous les trois ans, répondra une fumure de 24.000 kilogr. d'écumes, soit 20 mètres cubes.

D'après les renseignements que nous avons recueillis, on emploie généralement dans les Ardennes 30 à 35 mètres cubes pour quatre années, soit pour trois années une moyenne de 24 mètres cubes, chiffre sensiblement d'accord avec le calcul ci-dessus.

Dans l'arrondissement de Valenciennes, les écumes de défécation se vendent beaucoup plus cher que dans le département des Ardennes; le prix en atteint souvent le chiffre élevé de 12',50 le mètre cube.

En Allemagne, on attribue aussi à ces matières une grande valeur agricole. Nous trouvons, dans le *Journal des fabricants de sucre*, 7<sup>e</sup> année, n<sup>o</sup> 49, une analyse d'écume faite par le professeur Wicke, sans indication de provenance. Nous donnons ici les résultats de cette analyse, qui ne s'éloignent pas beaucoup de ceux que nous avons obtenus :

Sur 100 parties humides :

Eau. . . . .	37,24
Azote. . . . .	0,57

Sur 100 parties sèches :

Azote. . . . .	0,59
Matières organiques et eau combinée. . . .	18,60
Acide carbonique. . . . .	26,96
Cendres (par calcination).. . . . .	54,44
	<hr/>
	100,00

## Composition des cendres :

Sable et silice. . . . .	2,64
Acide sulfurique. . . . .	0,43
Id. phosphorique. . . . .	1,10
Oxyde de fer et alumine. . . . .	1,90
Chaux. . . . .	44,85
Magnésie. . . . .	2,52
Potasse. . . . .	0,54
Soude. . . . .	0,46
	<hr/>
	54,44

La quantité de chaux libre, c'est-à-dire non combinée aux acides carbonique, sulfurique et phosphorique, est de 9,02. Une très-faible partie de la chaux est à l'état d'oxalate.

*Noir animal.* — Le noir animal en grain est employé dans la fabrication et le raffinage du sucre, pour la décoloration des sirops. Au bout d'un certain temps, il perd ses propriétés, et, pour les lui rendre en partie, on lui fait subir une préparation qui comprend : 1° un lavage, par lequel on sépare d'abord les matières solubles ou délayables dans l'eau ; 2° une calcination, qui carbonise les substances organiques adhérentes et met les surfaces charbonneuses à découvert ; 3° enfin un blutage énergique, destiné à enlever les matières trop fines pour être employées dans les filtres.

Le noir peut être *révisifé* jusqu'à 20 ou 25 fois, la perte qu'il éprouve chaque fois étant de 4 à 5 p. 100.

Le noir animal ne décolore pas seulement les jus sucrés ; il se charge encore d'une proportion de chaux qu'il enlève au jus et qui varie suivant la période de travail.

Nous avons déterminé la composition de deux échantillons de noir qui proviennent de la sucrerie de Tivoli :



## DE QUELQUES USINES,

25

	N° 1.	N° 2.
Eau. . . . .	1,80	5,50
Charbon. . . . .	2,00	1,10
Sable. . . . .	2,60	5,75
Silice soluble dans la potasse. . . . .	1,60	2,60
Acide carbonique et matières organiques. . . . .	9,50	26,65
Acide phosphorique. . . . .	29,92	19,05
Id. sulfurique. . . . .	0,31	traces
Chlore. . . . .	0,05	traces
Oxyde de fer. . . . .	2,10	2,20
Alumine. . . . .	1,90	1,40
Chaux. . . . .	47,91	37,56
Alcalis. . . . .	0,17	traces
	<u>99,86</u>	<u>99,77</u>
Azote. . . . .	0,59	1,176
N° 1. — Noir animal de blutage.		
N° 2. — Id. de lavage.		

La proportion d'azote est notablement plus élevée dans le noir animal de lavage que dans le noir du blutage. On le comprend sans peine, car ce premier n'a pas été soumis à la calcination, et il est plus riche en matières organiques. Par contre, la proportion de phosphate de chaux est moindre dans cette première espèce de noir.

Voici, en peu de mots, quelle est la méthode d'analyse que nous avons suivie :

Pour déterminer l'eau hygrométrique, nous avons desséché 3 grammes de matière à 100 degrés.

Nous avons dosé les matières organiques et l'acide carbonique en calcinant 3 grammes à l'abri de l'air au rouge vif; en chauffant sous la moufle le résidu de cette calcination, nous avons brûlé le charbon.

L'azote a été dosé par la méthode ordinaire.

Nous avons épuisé 10 grammes de noir par l'eau distillée bouillante, et nous avons divisé la liqueur en trois parties dans chacune desquelles nous avons dosé l'acide sulfurique, le chlore et les alcalis.

Enfin nous avons déterminé les autres substances par la

méthode des sulfates insolubles dans l'alcool décrite dans le *Traité de docimasie* de M. Rivot (tome II, p. 253).

Le noir animal des sucreries est beaucoup moins riche en matières organiques azotées que celui des raffineries; car il n'est pas, comme ce dernier, mêlé de sang de bœuf. Il contient toujours un peu de sucre qui exercerait une action nuisible sur la végétation; aussi il faut avoir soin de le faire fermenter avant de le répandre sur les terres.

La production des résidus de noir est du reste très-faible dans le département des Ardennes; elle peut être évaluée à environ 8 à 900 hectolitres par an, soit 80 à 90.000 kilogrammes. Le prix moyen en est de 7 francs les 100 kilog. Presque toute cette production est expédiée sur Nantes pour être utilisée par les cultivateurs de l'ouest de la France.

Ce n'est pas ici le lieu de décrire le mode d'emploi du noir animal dont les effets remarquables sur les terres froides, humides et argilenses sont universellement reconnus. Au point de vue de la fabrication des engrais, nous dirons seulement que l'on pourrait employer utilement les parties fines du noir animal comme excipient des urines et des engrais liquides, ou pour diviser les écumes de défécation.

*Mélasses.* — L'utilisation des mélasses constitue une industrie spéciale dont nous n'avons pas à nous occuper. On peut les faire servir à la fabrication de l'alcool, et les vinasses donnent ensuite de la potasse. C'est en effet dans les mélasses que se concentre la plus grande partie des alcalis de la betterave. On a vu que les chaux de défécation n'en renferment qu'une assez faible proportion.

### III. RÉSIDUS DU ROUISSAGE ET DU TEILLAGE DU LIN.

Le procédé que l'on emploie le plus fréquemment pour détruire les matières gommeuses et résineuses qui agglu-

tinent les fibres des plantes textiles consiste dans le rouissage à l'eau courante ou à la mare. Cette opération, telle qu'elle se pratique dans les campagnes, est très-dangereuse pour la salubrité publique, et un routoir est un véritable foyer d'émanations putrides; en outre, les matières enlevées par l'eau sont complètement perdues pour l'agriculture.

*Eaux et boues de rouissage.* — Il n'existe dans le département des Ardennes qu'une seule usine où l'on pratique industriellement le rouissage du lin : c'est l'usine d'Attigny. Les eaux impures provenant des routoirs ne sont rendues à leur cours naturel que quand elles ont déposé dans des canaux la plus grande partie des matières solides qu'elles tiennent en suspension.

Nous avons recueilli un litre de cette eau trouble au sortir des routoirs. Par l'évaporation lente, nous avons obtenu un résidu solide pesant 30<sup>gr</sup>,85 qui, par la calcination au rouge sombre, a donné :

Matières organiques et eau combinée. . . . .	15 p. 100
Matières minérales. . . . .	85

Nous avons déterminé l'azote, et nous en avons trouvé 0.802 p. 100 du résidu sec, soit 0<sup>gr</sup>,247 pour un litre.

Les substances minérales ont été attaquées par l'acide chlorhydrique, évaporées à sec et reprises par l'acide. Dans le résidu insoluble, on a séparé la silice gélatineuse par une dissolution faible de potasse chauffée à 80 degrés, puis on a analysé le mélange de sable et d'argile restant, après attaque au carbonate de soude.

Dans la liqueur, on a dosé le peroxyde de fer, l'alumine, la chaux et la magnésie, par les procédés ordinaires. On a séparé l'alumine du fer par une dissolution concentrée de potasse.

Pour déterminer l'acide sulfurique, le chlore et les alcalis, on a suivi le procédé décrit à propos de l'analyse des marcs

de colle. L'acide carbonique a été déterminé directement.

On a constaté l'absence de l'acide phosphorique à l'aide du molybdate d'ammoniaque.

Nous sommes ainsi arrivés à la composition suivante des boues de rouissage :

Charbon. . . . .	2,07
Sable . . . . .	50,44
Silice soluble dans la potasse . . . . .	7,86
Chlore. . . . .	0,14
Acide sulfurique. . . . .	0,94
Acide carbonique. . . . .	10,00
Peroxyde de fer. . . . .	6,76
Alumine. . . . .	9,54
Chaux. . . . .	10,72
Magnésie. . . . .	traces
Potasse. . . . .	0,22
Soude. . . . .	0,40
Perte. . . . .	0,91
	<hr/>
	100,00

La grande quantité d'alumine que l'on remarque dans cette analyse vient sans doute de la terre adhérente aux tiges de lin.

Les eaux de rouissage conviendraient pour l'irrigation des prairies voisines, sur lesquelles elles agiraient surtout par la grande quantité d'azote, facile à assimiler, qu'elles leur apporteraient.

Les boues de dépôt constitueraient aussi un très-bon engrais.

Nous devons dire qu'à Attigny ces matières sont restées jusqu'à présent sans emploi.

*Résidu du teillage du lin.* — Le *teillage* du lin, opération qui a pour but de détacher des fibres la matière ligneuse, ou *chênevotte*, donne lieu à des résidus, que l'on utilise pour le chauffage de la chaudière à vapeur de l'établissement.

Nous avons constaté que ces résidus contiennent :

Eau hygrométrique. . . . .	9,80 p. 100
Cendres. . . . .	3,60
Azote. . . . .	0,26

Nous avons cherché leur pouvoir calorifique en brûlant dans un creuset 1 gramme de matière réduite en poussière fine et intimement mélangée avec 40 grammes de litharge ; nous avons obtenu un culot de plomb pesant 13<sup>gr</sup>,83, ce qui correspond à un pouvoir calorifique de 3179 calories.

A l'aide de ces chiffres, on peut s'assurer qu'il est plus avantageux d'employer les résidus de teillage comme combustible que comme engrais.

En effet, 1.000 kilogrammes de résidus de teillage développent la même quantité de chaleur que 400 kilogr. de houille et représentent par conséquent une valeur de 12 fr. (la houille valant 50 francs la tonne à Attigny). En ne tenant compte que de l'azote et en estimant la valeur à 1<sup>fr</sup>,65 le kilogramme, on verra au contraire que 1.000 kilogrammes de ces matières ne valent pas plus de 4<sup>fr</sup>,29 pour le cultivateur.

*Cendres de lin.* — Les cendres produites par la combustion des résidus de teillage restent d'ailleurs à la disposition de l'agriculture. Nous avons recueilli un échantillon de ces cendres ; mais, avant de les analyser, nous les avons passées au tamis de crin, afin de séparer les cailloux, les débris de briques, les matières ligneuses, etc., qui s'y trouvent mêlés.

L'analyse nous a donné les résultats suivants :

Matières non brûlées et charbon. . . . .	9,75
Sable. . . . .	59,34
Silice soluble dans la potasse. . . . .	7,83
Acide carbonique. . . . .	2,54
Chlore. . . . .	traces
Acide sulfurique. . . . .	0,94
Acide phosphorique. . . . .	traces
Oxyde de fer. . . . .	7,67
Chaux. . . . .	11,28
Magnésie. . . . .	traces
Potasse. . . . .	0,07
Soude. . . . .	0,78
	<hr/>
	100,00

Ces cendres sont mêlées d'une assez grande quantité de sable qui en diminue la valeur ; comme d'ailleurs, elles ne sont pas très-riches en alcalis, et qu'elles ne contiennent que des traces de phosphates, elles ne constituent pas un engrais très-énergique et il faut les employer à hautes doses.

On peut déduire de notre analyse la composition des cendres de tiges de lin, en retranchant le poids du sable et des matières non brûlées. On trouve ainsi les chiffres suivants :

Silice soluble dans la potasse. . . . .	25,34
Acide carbonique. . . . .	7,56
Chlore. . . . .	traces
Acide sulfurique. . . . .	3,04
Acide phosphorique. . . . .	traces
Oxyde de fer. . . . .	24,82
Chaux. . . . .	56,50
Magnésie. . . . .	traces
Potasse. . . . .	0,22
Soude. . . . .	2,52
	<hr/>
	100,00

Les cendres de lin sont donc composées essentiellement de silice, de chaux et d'oxyde de fer ; les autres éléments

n'y entrent que dans de faibles proportions. Ces résultats sont conformes aux lois de la distribution des substances minérales dans les diverses parties d'une plante, lois d'après lesquelles les alcalis et surtout les phosphates n'existent qu'en petite quantité dans les tissus dont la végétation est accomplie.

IV. RÉSIDUS DE BRASSERIES.

La fabrication de la bière donne lieu à trois espèces de résidus : 1° les *touraillons*, radicules qui se détachent de l'orge germée, quand on la dessèche sur les tourailles; 2° les *marcs de drêche*, malt épuisé; 3° les *marcs de houblon*, ou houblon épuisé.

Nous avons recueilli trois échantillons de ces matières dans une brasserie située à Mohon, près Mézières. En suivant le procédé d'analyse que nous avons déjà décrit au sujet des marcs de colle, nous sommes arrivés aux chiffres suivants :

	Touraillons.	Marcs de drêche.
Eau hygrométrique. . . . .	17,30	10,00
Cendres. . . . .	11,88	5,00
Azote de la matière humide. . . . .	4,78	2,54
Id. de la matière sèche. . . . .	<u>5,78</u>	<u>2,82</u>

*Composition des cendres.*

Charbon. . . . .	3,96	1,69
Sable. . . . .	20,10	32,51
Silice soluble dans la potasse. . . . .	12,70	14,10
Acide carbonique. . . . .	0,50	1,00
Acide phosphorique. . . . .	12,40	24,89
Acide sulfurique. . . . .	5,80	0,56
Chlore. . . . .	2,01	1,20
Oxyde de fer. . . . .	7,22	5,51
Manganèse. . . . .	»»»	traces
Chaux . . . . .	13,70	5,00
Magnésie. . . . .	2,52	10,64
Potasse. . . . .	12,42	2,00
Soude. . . . .	6,90	0,61
	<u>100,25</u>	<u>99,71</u>

*Marc de houblon non fermentés.*

Eau hygrométrique . . . . .	70,33
Cendres. . . . .	1,50
Azote de la matière humide. . . . .	0,26
Id. de la matière sèche. . . . .	8,877

*Composition des cendres.*

Charbon. . . . .	1,51
Sable. . . . .	22,85
Silice soluble dans la potasse. . . . .	10,60
Acide carbonique. . . . .	9,20
Acide phosphorique. . . . .	8,72
Acide sulfurique. . . . .	6,02
Chlore. . . . .	1,08
Oxyde de fer et alumine. . . . .	5,47
Oxyde de cuivre. . . . .	0,98
Chaux. . . . .	22,47
Magnésie. . . . .	5,46
Potasse. . . . .	0,79
Soude. . . . .	2,90
	<hr/>
	98,03

Les grains d'orge ayant été épuisés par l'eau bouillante, on comprend que les alcalis ont dû être dissous en grande partie, et qu'il ne s'en trouve plus qu'une proportion relativement faible dans les marcs de drèche. On ne peut donc pas déduire de notre analyse la composition des cendres d'orge.

Le cuivre qui se trouve dans les marcs de houblon provient des chaudières.

Par suite de leur teneur élevée en azote, en phosphate et en alcalis, les touraillons et les marcs de drèche agissent avec une grande énergie sur la végétation. On réserve généralement ces derniers pour l'engraisement des bestiaux, car on trouve plus d'avantage à les employer à cet usage qu'à les porter sur les terres.



Les touraillons produisent surtout d'excellents effets sur les prairies ; dans le département des Ardennes, on les jette à la volée, à la dose de 40 à 50 hectolitres par hectare. On les emploie aussi pour la culture de l'orge et du froment. En raison de leur grand pouvoir absorbant pour les matières liquides, on pourrait les appliquer à la solidification des vidanges ou d'autres engrais liquides.

Les touraillons se vendent bien au-dessous de leur valeur agricole. Les brasseurs les livrent au prix de 0<sup>f</sup>,30 l'hectolitre pesant 15 kilogrammes ; c'est de l'azote à 0<sup>f</sup>,42 le kilogramme.

Quant aux marcs de houblon, ils sont très-inférieurs aux touraillons, et leur mode d'action ne diffère guère de celui des détrit<sup>us</sup> végétaux ordinaires. Le plus souvent, on les laisse sans emploi ; quelquefois on les mélange au fumier, ou on les porte sur les terres après les avoir abandonnés quelque temps à eux-mêmes pour les dessécher ; ils éprouvent alors une fermentation.

#### V. RÉSIDUS DE LA FABRICATION DU GAZ A ÉCLAIRAGE.

Si l'on excepte le coke et le goudron, les produits accessoires de la préparation du gaz de l'éclairage sont le plus souvent considérés comme inutiles et encombrants dans les petites usines du département des Ardennes. C'est à tort ; car, en dehors des usages industriels auxquels ils sont propres, ces produits sont susceptibles de rendre de grands services à l'agriculture.

Ainsi les eaux ammoniacales, après avoir été concentrées à l'aide de la chaleur perdue des foyers, pourraient être envoyées dans les fabriques de produits chimiques où elles serviraient à la préparation des sels ammoniacaux. Dans les usines à gaz, où la production a trop peu d'importance pour donner lieu à cette opération, les eaux ammoniacales, au lieu d'être abandonnées, devraient au moins être utili-

sées comme engrais. Il en est de même des chaux d'épuration, dont l'emploi pour le chaulage des terres et la confection des composts a fourni de bons résultats dans plusieurs contrées.

Nous avons cherché à nous rendre compte de la valeur agricole de ces résidus en les soumettant à l'analyse.

*Chaux d'épuration.* — Un échantillon de chaux d'épuration, recueilli à l'usine à gaz de Charleville, a présenté la composition suivante :

Eau hygrométrique. . . . .	15,70
Eau combinée et matières organiques. . . . .	6,25
Oxyde de fer. . . . .	2,30
Sable quartzeux. . . . .	1,20
Sulfate de chaux. . . . .	1,57
Sulfure de calcium. . . . .	6,70
Carbonate de chaux. . . . .	45,98
Chaux caustique. . . . .	19,60
Carbonate de magnésie. . . . .	2,01
Acide phosphorique. . . . .	traces

---

99,11

Azote : 1,033 p. 100.

Nous n'avons aucune observation particulière à faire sur cette analyse, qui a été exécutée suivant les procédés ordinaires. Nous dirons seulement quelques mots sur le dosage du soufre.

Nous avons supposé que le soufre qui n'était pas à l'état de sulfate se trouvait dans la matière sous forme de sulfure de calcium. Nous avons mêlé 1 gramme de chaux d'épuration avec du carbonate de soude et du nitrate de potasse, et nous avons chauffé le mélange au rouge dans un creuset de platine. Tout le soufre ayant été ainsi transformé en acide sulfurique, celui-ci a été précipité par l'azotate de baryte qui a servi à le doser. Comme nous avions déterminé précédemment le poids du sulfate de chaux, nous avons

obtenu par différence le poids de l'acide sulfurique correspondant au soufre combiné au calcium.

La supposition que nous avons faite n'est pas rigoureusement exacte, car une faible partie du soufre est à l'état de sulfite ou d'hyposulfite; mais la détermination de ces deux composés n'avait pas une grande importance pour le but que nous nous proposons.

Les proportions de sulfure de calcium et de chaux caustique dans les chaux d'épuration doivent nécessairement varier avec l'époque à laquelle on fait l'analyse. Les chiffres que nous donnons se rapportent à une substance qui était sortie depuis huit jours des épurateurs.

Les résultats ci-dessus montrent que les chaux d'épuration ne devraient pas être dédaignées par les cultivateurs, surtout en présence du prix modique (0<sup>f</sup>,20 à 0<sup>f</sup>,40 l'hectolitre) auquel ils pourraient se les procurer. Dans un grand nombre de localités, ces matières seraient même livrées aujourd'hui gratuitement à l'agriculteur par les industriels, qui n'en tirent aucun parti.

Mais il faut avoir soin de ne pas employer la chaux d'épuration immédiatement au sortir des épurateurs, car elle agirait comme un désoxydant énergique et nuirait singulièrement à la végétation. On doit la laisser exposée pendant plusieurs semaines à l'air et à la pluie, et retourner le tas de temps à autre; le sulfure se transforme alors complètement en sulfate de chaux.

L'inobservation de cette précaution et les résultats fâcheux qui en ont été la conséquence sont sans doute cause de la défaveur marquée avec laquelle les cultivateurs ardennais accueillent cette matière. Quand elle est complètement oxydée, elle contient pourtant une proportion notable de sulfate de chaux, élément précieux dans un pays qui ne renferme pas de gisements de gypse, et qui est obligé de l'emprunter à des cendres minérales pyriteuses.

Une des propriétés les plus remarquables et les mieux

constatées par l'expérience, que possèdent les chaux d'épuration, c'est celle de détruire ou d'éloigner les insectes nuisibles, et entre autres les larves de hannetons qui, dans certaines années, produisent des ravages considérables. Cette propriété, due principalement à l'odeur désagréable de ces matières, les rend très-utiles pour la culture des racines auxquelles s'attaquent de préférence les larves.

On s'est assuré que, dans les endroits où la chaux d'épuration est répandue, même après son exposition à l'air, toute végétation de graminées paraît détruite ou du moins suspendue pendant un certain temps ; nous pensons que cet effet est dû à ce que l'azote, qui existe presque entièrement à l'état d'ammoniaque dans l'engrais, se dégage rapidement ; or, d'après M. de Liebig (*Lettres sur l'agriculture moderne*, p. 99), beaucoup de plantes périclent comme atteintes d'un souffle empesté dans une atmosphère qui renferme l'ammoniaque libre au delà de certaines proportions. M. Ville a prouvé qu'il suffit d'une dose de 0,004 de vapeur ammoniacale dans l'air pour faire mourir les plantes (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome XXXV, p. 650).

Il faut donc ajouter aux prescriptions que nous avons indiquées celle d'enfouir cet engrais dans le sol ; l'ammoniaque libre entre alors en combinaison avec la terre, et elle est absorbée par les plantes au fur et à mesure de leurs besoins.

En Belgique, on emploie les chaux d'épuration en mélange avec des cendres de foyer ; elles perdent ainsi en grande partie leur odeur désagréable et sont vendues comme engrais.

Quelques cultivateurs du département de l'Aube les mêlent avec un compost de boues de rues et s'en servent pour fumer leurs vignobles et leurs jardins (*Annales de la Société d'horticulture*).

*Eaux ammoniacales.* — Les eaux ammoniacales ont une

couleur jaunâtre; elles sont chargées d'huiles empyreumatiques qui leur communiquent une odeur pénétrante, et elles présentent une réaction alcaline très-prononcée.

Les usines les produisent à peu près dans la proportion de 6 à 7 litres par hectolitre de houille soumise à la distillation.

Nous avons déterminé la composition de deux échantillons d'eaux ammoniacales, recueillies à deux époques différentes dans les condenseurs de l'usine à gaz de Charleville. Voici quels ont été les résultats obtenus sur un litre :

	N <sup>o</sup> 1. grammes.	N <sup>o</sup> 2. grammes.
Acide carbonique. . . . .	14,288	10,563
Acide sulfhydrique. . . . .	0,854	0 270
Ammoniaque. . . . .	0,450	0,574

On voit que la composition de ces matières est assez variable. On peut cependant admettre qu'en moyenne elles contiennent un demi-gramme d'ammoniaque par litre, chiffre qui s'accorde avec ceux qui ont été trouvés par plusieurs expérimentateurs.

Nous avons dosé l'acide carbonique en décomposant la liqueur par l'acide chlorhydrique étendu et recevant les produits gazeux dans une dissolution ammoniacale de chlorure de baryum. Le précipité obtenu a été transformé en sulfate de baryte et pesé.

Pour doser l'acide sulfhydrique, nous avons suivi deux procédés : 1<sup>o</sup> Nous avons transformé l'acide sulfhydrique en sulfure d'arsenic jaune, à l'aide d'une dissolution chlorhydrique d'acide arsénieux versé goutte à goutte dans la liqueur n<sup>o</sup> 1; nous avons pesé le précipité et nous en avons vérifié la composition. 2<sup>o</sup> Nous avons décomposé le liquide n<sup>o</sup> 2 par l'acide chlorhydrique étendu. L'acide sulfhydrique, conduit dans une dissolution ammoniacale de chlorure de cuivre, a donné un précipité noir de sulfure de cuivre que nous avons dissous dans l'eau régale; le cuivre, précipité

ensuite par le fer après séparation du soufre, puis calciné, a été pesé à l'état d'oxyde noir de cuivre; on en a déduit la proportion d'acide sulfhydrique correspondante.

Enfin, pour doser l'ammoniaque, nous avons d'abord chassé de la liqueur l'acide carbonique et l'acide sulfhydrique, en y ajoutant de l'acide chlorhydrique étendu. Nous avons fait bouillir la liqueur et nous l'avons filtrée; après quoi nous l'avons décomposée par une dissolution de potasse et nous avons reçu les gaz dans de l'acide chlorhydrique étendu. L'ammoniaque a été précipitée à l'état de chlorure double de platine et d'ammonium.

Tout le monde sait que les sels ammoniacaux activent puissamment la végétation, et, à ce titre, les eaux ammoniacales ont une grande importance. Ajoutons que, de même que les chaux d'épuration, elles jouissent de la propriété de détruire les insectes nuisibles.

Au sortir des condenseurs, ces eaux sont trop riches pour être employées immédiatement sur les terres; on doit les étendre de huit à dix fois leur volume d'eau pour éviter l'action trop énergique et corrosive qu'elles ne manqueraient pas d'exercer sur les plantes. Néanmoins, même affaiblies, les eaux ammoniacales produisent toujours des effets rapides et peu durables.

Un emploi plus judicieux des eaux ammoniacales consisterait à les solidifier à l'aide de matières solides douées d'un pouvoir absorbant élevé, telles que les tourillons, la tourbe, la tannée, les débris de laine, etc. On pourrait aussi, comme on le fait pour les urines, absorber tout l'ammoniaque qu'elles contiennent avec du plâtre en poudre ou une solution de sulfate de fer; il suffirait d'ajouter 4 à 5 grammes de sel à 1 hectolitre de liquide. Le mélange des résidus avec des nodules de chaux phosphatée des Ardennes, réduits en poudre, donnerait lieu à un excellent engrais, d'une assimilation facile. On sait en effet que le

phosphate de chaux passe facilement dans les végétaux en présence des sels ammoniacaux.

A défaut d'autre substance, on pourrait employer la terre végétale elle-même pour la fixation des principes ammoniacaux. Mais, au lieu d'une terre quelconque qui apporterait à la masse une grande quantité de matières inertes, il faudrait alors choisir une terre contenant déjà des principes fertilisants, comme les marnes argileuses ou les cendres minérales qui se trouvent en si grande abondance dans le département des Ardennes.

#### VI. DÉCHETS DE LAINE.

L'action de la laine sur la végétation a depuis très-long-temps frappé les observateurs. L'illustre Chaptal, dans son *Traité de chimie appliquée à l'agriculture*, rapporte que les Génois recueillaient avec soin, dans le midi de la France, tout ce qu'ils pouvaient trouver de retailles et de débris de tissus de laine pour les faire pourrir au pied de leurs oliviers. Les Provençaux utilisent également ces résidus pour la culture de la vigne et de l'olivier.

La laine est en effet une des matières organiques les plus riches en azote, car elle ne contient pas moins de 16 à 18 p. 100 de cet élément si important de la nutrition végétale. Son action sur les plantes est très-durable, à cause de la lenteur de sa décomposition.

Quoique les déchets de laine ne soient plus livrés à l'agriculture en aussi grande quantité, depuis que l'industrie a trouvé le moyen d'en tirer parti jusqu'à un certain point, ils constituent encore une source d'engrais d'une notable importance. Pour bien faire comprendre quelles sont la nature et l'origine de ces résidus, il est essentiel que nous disions quelques mots des principales opérations auxquelles est soumise la laine pour être transformée en étoffes.

La laine, telle que la fournit le mouton, est enduite d'une matière grasseuse appelée vulgairement *suint*, dont on ne peut la débarrasser complètement que par une opération chimique. Les proportions de cette matière sont très-variables; ainsi, certaines laines n'en contiennent que 20 p. 100, tandis que d'autres en renferment jusqu'à 80 p. 100; en général, les laines les plus fines sont celles dans lesquelles il y a le plus de suint.

On commence par laver la toison à dos en faisant passer le mouton dans une rivière et lui frottant le corps dans toutes ses parties. On enlève ainsi une grande partie des principes solubles du suint, et, en même temps, les matières étrangères qui peuvent se trouver dans la laine, comme les poussières, les parcelles de fumier, les débris végétaux provenant des champs où les moutons ont séjourné, etc. Cette opération, qui se pratique dans les campagnes, est très-vicieuse, car elle fait perdre des matières douées d'une grande valeur agricole; au lieu de faire passer les moutons dans une rivière, on devrait les laver dans des cuves où l'on recueillerait les substances abandonnées par la laine et qui s'élèvent souvent à plus de la moitié du poids de cette dernière.

La plupart des laines que l'on met en œuvre à Sedan, centre très-important pour la fabrication des draps, ont été lavées à dos. On les dégraisse en les faisant passer dans des bains chauds de savon ou de carbonate de soude. Au fond de la cuve, il se dépose une boue noire et épaisse, riche en matières animales, et qui constitue les *fonds de cuve*. Les eaux qui ont servi au lavage contiennent, avec du savon et du carbonate de soude, des substances grasses et quelques filaments enlevés à la laine. Tantôt, et c'est malheureusement le cas le plus fréquent, elles sont envoyées à la rivière et par suite complètement perdues; tantôt elles sont utilisées comme nous le verrons plus loin.

Les laines non lavées à dos, qu'on appelle *laines en suint*



ou *laines surges*, sont traitées de la même manière; on les mélange généralement avec les laines lavées.

Autrefois on se servait exclusivement à Sedan, pour le dégraissage des laines, d'urine putréfiée qui a la propriété de former avec les substances grasses du suint un savon soluble. Ce procédé, qui n'est plus suivi que dans deux ou trois dégraisseries de Sedan, et qui ne tardera sans doute pas à disparaître, laisse comme résidu un engrais très-riche.

A Rethel, où l'on traite plus de laines surges qu'à Sedan, ces laines sont préalablement lavées à l'eau claire qui dissout, entre autres matières solubles, des sels de potasse dans lesquels domine le carbonate. Il existe à Reims une importante usine où l'on traite les eaux pour la préparation de la potasse, d'après le procédé de MM. Rogelet et Maumenée.

Après le désuintage, la laine contient encore des impuretés qui consistent surtout en poussières. On l'en débarrasse en la soumettant à un battage mécanique qui donne comme résidus des poussières mêlées de filaments courts de laine.

La teinture de la laine, surtout quand elle est faite sur les flocons, fournit des résidus qui, quoique peu abondants, méritent de fixer notre attention. Considérons par exemple la teinture au bleu d'indigo. Pour préparer une cuve d'indigo, on commence par faire dissoudre dans de l'eau des cristaux de soude, puis on y introduit, suivant des proportions déterminées, du son, du pastel et de l'indigo broyé; il se produit bientôt une fermentation que l'on modère par une addition de chaux, ou que l'on active au besoin à l'aide d'un peu de son et de mélasse; par suite des réactions chimiques qui se développent, l'indigo est dissous.

C'est alors que l'on introduit dans la cuve la laine en flocons, en fils ou en pièce, pour la teindre. Il se produit au fond de la cuve un dépôt que l'on enlève tous les dix-huit

mois, et qui se compose des substances introduites dans le bain et de quelques débris de laine.

Dans les filatures et les ateliers de tissage, les déchets sont très-nombreux ; ce sont les *débours*, filaments de laine courte provenant du nettoyage des cardes ; les *corons*, fils qui se cassent aux métiers à filer ou à tisser ; les balayures d'ateliers, etc. Ces déchets sont toujours gras, parce que, pour faciliter le glissement des fibres textiles à la filature, on a préalablement imprégné la laine d'huile d'olive ou d'oléine.

Enfin, toutes les opérations principales qui suivent le tissage, c'est-à-dire le foulage, le lainage, le tondage, donnent des débris de laine très-courts appelés *nopes*. Les résidus de la tonte des draps portent plus particulièrement le nom de *tontisses*.

Ainsi que nous le disions au commencement de cet article, on trouve avantage à traiter industriellement une grande partie des déchets de laine, et l'on est parvenu à en extraire des filaments que l'on peut filer et tisser, et faire ainsi rentrer dans la fabrication des étoffes. Nous dirons en passant que les tontisses servent à la fabrication des papiers de tenture dits *veloutés*.

Il y a à Sedan quelques usines qui traitent des déchets de laine, tels que les débours, les corons, les balayures d'ateliers, les nopes, etc. Ces matières sont d'abord triées à la main sur des grilles au travers desquelles passent les corps étrangers ; puis elles sont soumises au battage, qui sépare les poussières, et, quand cela est nécessaire, au dégraisage qui se fait de la même manière que pour les laines et les *blouses* (\*).

---

(\*) Les *blouses* sont les filaments courts que l'opération du peignage, dans les filatures de laine peignée, sépare des filaments longs ou *cœur* de la laine ; elles ne sont plus propres qu'à être soumises au cardage.

Les eaux de dégraissage sont conduites dans des bassins où on les additionne d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique étendu; il se sépare alors une graisse, mêlée de quelques filaments de laine, qui vient surnager et que l'on sépare avec des cuillers. Cette graisse, après avoir été épurée, entre dans la fabrication du savon. Si l'on extrayait encore, comme cela devrait être, la soude contenue dans l'eau de dégraissage qui a été traitée par l'acide, on se procurerait toutes les matières premières nécessaires à la confection du savon.

*Débris de laine.* — Six échantillons des déchets de laine provenant des usines de Sedan ont donné à l'analyse les résultats suivants :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.
Eau hygrométrique. . . . .	6,50	17,20	6,20	5,10	11,00	13,33
Perte à la calcination (matières organiques, acide carbonique et eau combinée. . . . .)	62,96	73,20	70,20	71,02	75,20	55,13
Cendres calcinées. . . . .	30,55	9,60	23,60	23,88	13,80	31,04
Total. . . . .	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Azote p. 100 de la matière humide. . . . .	3,84	4,34	4,05	3,90	4,13	5,88
Azote p. 100 de la matière sèche. . . . .	4,10	5,24	4,32	4,11	4,64	6,33

Dans les cendres, on s'est contenté de déterminer les matières solubles dans l'acide chlorhydrique et les matières inattaquables par cet acide.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Partie soluble dans l'eau. . . . .	7,69	12,92	7,03	8,74	8,21	7,86
Idem dans l'acide chlorhydrique. . . . .	40,28	37,28	35,34	9,90	35,58	24,10
Résidu insoluble. . . . .	52,03	49,80	57,63	81,36	56,21	68,04
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1. — Ordures de triage.
2. — Dessous de batteries maigres.
3. — Dessous de batteries grasses.
4. — Id.
5. — Ordures de nopes.
6. — Résidus de tondeuses.

La proportion de l'azote contenu dans ces matières ne varie pas dans de très larges limites. Il n'en est pas de même des cendres, dont la composition est naturellement très variable avec la nature des poussières mélangées à la laine. Nous devons faire observer que, dans les parties solubles dans l'eau, est comprise la chaux qui a été réduite à l'état caustique par la calcination.

L'analyse complète des cendres ne présentant pas un très-grand intérêt, puisqu'elles sont surtout composées de sable, d'argile ou autres matières inertes, nous ne l'avons exécutée que sur l'échantillon n° 4. Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Sur 100 parties de déchets à 100°.	Sur 100 parties de cendres.
Sable siliceux. . . . .	20,47	81,36
Acide sulfurique. . . . .	0,43	1,71
Id. phosphorique. . . . .	traces	traces
Chlore. . . . .	0,12	0,48
Peroxyde de fer. . . . .	2,39	9,49
Chaux. . . . .	1,59	6,31
Magnésie. . . . .	traces	traces
Alcalis. . . . .	0,06	0,24
Perte. . . . .	0,10	0,41
	25,16	100,00

La quantité relativement considérable d'acide sulfurique que l'on remarque dans cette analyse provient de l'oxydation, pendant la calcination, d'une partie du soufre qui entre dans la constitution de la laine.

*Dépôt de cuve de teinture.* — Un dépôt de cuve au bleu d'indigo, recueilli dans une teinturerie de Sedan, nous a présenté la composition suivante :

Eau hygrométrique. . . . .	57,78
Perte à la calcination (matières organiques, acide carbonique et eau combinée.) . . . .	17,45
Cendres calcinées. . . . .	<u>24,77</u>
	100,00
Azote de la matière humide. . . . .	0,64
Id. de la matière sèche. . . . .	1,52

En reprenant successivement les cendres par l'eau et l'acide chlorhydrique, on a trouvé :

Parties solubles dans l'eau. . . . .	6,73
Id. dans l'acide chlorhydrique. . . . .	70,10
Résidu insoluble. . . . .	<u>23,17</u>
	100,00

*Fonds de cuve de dégraissage.* — Enfin nous avons analysé deux échantillons de fonds de cuve et les eaux alcalines provenant du dégraissage de la laine.

L'analyse des fonds de cuve a donné les chiffres suivants :

	N° 1.	N° 2.
Eau hygrométrique. . . . .	6,25	39,40
Perte à la calcination (matières organiques, acide carbonique et eau combinée). . . . .	52,00	28,57
Cendres calcinées. . . . .	<u>41,75</u>	<u>32,03</u>
	100,00	100,00
Azote de la matière humide. . . . .	2,74	1,75
Id. de la matière sèche. . . . .	2,92	2,86

*Composition des cendres.*

	N° 1.	N° 2.
Parties solubles dans l'eau. . . . .	4,40	11,30
Id. dans l'acide chlorhydrique. . . . .	26,25	6,74
Résidu insoluble. . . . .	<u>69,35</u>	<u>81,96</u>
	100,00	100,00

Nous avons fait la détermination complète des éléments contenus dans les cendres de l'échantillon n° 2.

	Sur 100 parties de fonds de cuve à 100°	Sur 100 parties de cendres.
Sable siliceux. . . . .	43,32	81,96
Acide sulfurique. . . . .	0,99	1,87
Id. phosphorique. . . . .	traces.	traces.
Chlore. . . . .	0,07	0,13
Oxyde de fer. . . . .	3,00	5,67
Chaux. . . . .	4,62	8,74
Potasse. . . . .	0,05	0,09
Soude. . . . .	0,25	0,47
Perte. . . . .	0,57	1,07
	<hr/> 52,85	<hr/> 100,00

*Eaux de dégraissage.* — Les eaux qui ont servi au dégraissage de la laine sont troubles et ont une couleur blanc sale; elles contiennent en suspension ou en dissolution des matières grasses, des alcalis, des poussières, des débris de laine, etc. On comprend que la composition en est extrêmement variable suivant l'origine de la laine traitée, suivant les proportions de suint et de substances étrangères qu'elle contient, et enfin suivant la proportion de savon ou de carbonate de soude que l'on a introduite dans le bain. Les résultats que donne l'analyse chimique n'ont donc aucun caractère de généralité, et ils ne s'appliquent qu'au cas considéré; toutefois il résulte des expériences que nous avons faites que ces eaux contiennent encore une quantité notable de substances fertilisantes.

Dans une première expérience, nous avons analysé un litre d'eau de dégraissage, recueilli au sortir d'une cuve dans laquelle on avait introduit du savon et du carbonate de soude. Ce volume de liquide, ayant été évaporé lentement, nous a donné un résidu pâteux pesant 47 grammes et présentant la composition suivante :

Eau hygrométrique. . . . .	8,86
Matières organiques. . . . .	31,20
Matières minérales. . . . .	6,94
	<hr/>
	47,00

Ce résidu contenait 1,24 p. 100 d'azote, quantité qui correspond à 0<sup>sr</sup>,61 pour un litre.

Les matières minérales, traitées successivement par l'eau distillée et par l'acide chlorhydrique, ont donné :

Parties solubles dans l'eau. . . . .	4,98
Id. dans l'acide chlorhydrique. . . . .	1,16
Résidu insoluble. . . . .	0,80
	<hr/>
	6,94

Les parties solubles dans l'eau se composent presque exclusivement d'alcalis.

Une seconde expérience se rapporte à une eau provenant d'un bain de dégraissage au carbonate de soude seul. Un litre de ce liquide, évaporé à sec, a donné un résidu de 39<sup>sr</sup>,50 dont voici la composition :

Eau hygrométrique. . . . .	6
Matières organiques. . . . .	32
Matières minérales. . . . .	62
	<hr/>
	100
Azote. . . . .	0,47 p. 100
	grammes.
Soit pour un litre . . . . .	0,18

*Composition des matières minérales.*

Partie soluble dans l'eau. . . . .	8,80
Id. dans l'acide chlorhydrique. . . . .	14,59
Résidu insoluble. . . . .	38,81
	<hr/>
	62,00

¶ Nous dirons de suite que, si l'on excepte l'application

industrielle, dont nous avons parlé précédemment, de ces eaux à l'extraction des graisses, les eaux de dégraissage des laines sont presque toujours perdues. Il serait cependant facile d'en extraire la plus grande partie des principes utiles, soit en les faisant déposer dans des bassins, soit en les épurant par diverses matières solides. C'est une question sur laquelle nous reviendrons.

*Importance des déchets de laine et de leur emploi par l'agriculture.* — Les usines de Sedan traitent environ, chaque année, 260.000 kilogrammes de déchets de toutes sortes, desquels elles retirent à peu près  $\frac{1}{3}$  de laine utilisable par l'industrie. Les dépôts de batteries sont livrés à l'agriculture au prix moyen de 5 francs les 100 kilogr., et les fonds de cuve au prix de 1 franc. Les cultivateurs peuvent encore employer comme engrais les dépôts de cuve de teinture et les résidus de triage. Ces derniers sont souvent mélangés aux fonds de cuve de dégraissage.

Ces engrais sont presque entièrement utilisés sur place, dans les environs de Mézières et de Charleville; de petites quantités ont été exportées en Belgique et même en Algérie. Ils sont surtout appliqués à la culture maraîchère.

La dose à laquelle on emploie les poussières de batterie pour les céréales est d'environ 4.000 kilogrammes par hectare. Ils conviennent surtout aux terres fortes; dans les terres légères, ils produisent un effet trop immédiat. On leur reproche d'aider au développement des insectes nuisibles.

Pour la culture maraîchère, les doses varient suivant les plantes cultivées et l'activité qu'on veut donner à la pousse; toutefois, au Fond-de-Givonne, près Sedan, on ne s'écarte guère des limites de 30 à 50 kilogrammes par are.

Les fonds de cuve agissent avec une plus grande rapidité que les poussières de batterie, ce qui tient sans doute à ce qu'ils sont imprégnés d'alcalis qui en facilitent la décomposition.

Les déchets de laine doivent leur efficacité à leur richesse



en azote et en soufre. Les alcalis y sont en faible proportion, et encore la petite quantité de soude constatée dans les fonds de cuve provient-elle surtout de la lessive de carbonate de soude. Quant à l'acide phosphorique, il n'existe qu'en traces indosables.

Ces matières ne constituent donc pas un engrais complet, et, comme tout engrais incomplet, il ne faut les employer qu'avec modération, sous peine de graves mécomptes. Si on stimule le développement de la végétation à l'aide d'un engrais simplement azoté ou phosphaté, la plante empruntera au sol les autres éléments qui lui sont nécessaires, et on arrivera ainsi à un appauvrissement progressif de la terre.

Quelques cultivateurs mêlent les déchets de laine au fumier et font fermenter ce mélange avant de le porter sur les terres. C'est une bonne méthode, car l'humus manque aux débris laineux, et le fumier de ferme en est toujours amplement pourvu.

C'est ce que les cultivateurs des environs de Reims ont très-bien compris, et, en employant les déchets de laine, concurremment avec le fumier, ils ont obtenu des résultats merveilleux. M. Rohart rapporte (*Guide de la fabrication économique des engrais*, p. 382), que les terrains les plus incultes des communes de Vitry, Berru, Cernay, Pomaine, etc., qui, il y a vingt-cinq ans à peine, ne se révélaient que par une déplorable stérilité, produisent maintenant les plus belles récoltes et donnent les rendements les plus élevés.

Cette transformation est uniquement due aux soins que les paysans ont mis à porter sur leurs terres les balayures des filatures et les déchets des tissus de laine de Reims.

Les déchets de laine de toute nature sont encore une matière précieuse pour la fabrication artificielle des engrais. Les résidus de batteries surtout conviennent parfaitement, à cause de leur état pulvérulent qui leur permet d'absorber une grande quantité de substances liquides.

## VII. RÉSIDUS DE TANNERIES.

*Tannée.* — L'écorce de chêne, lorsqu'on la retire des fosses où s'opère le tannage des cuirs, ne contient plus qu'une quantité d'acide tannique trop faible pour qu'elle puisse encore servir à la préparation des peaux. Elle constitue une matière appelée *tannée*, que l'on ne peut plus utiliser que comme combustible ou comme engrais.

Au sortir des fosses, la tannée contient une forte proportion d'eau qui, ainsi que nous nous en sommes assurés, peut s'élever jusqu'à 80 p. 100. Quand elle a été exposée à l'air, la proportion d'eau est de 20 à 30 p. 100; c'est la quantité qui se trouve généralement dans les *mottes* que l'on confectionne avec le tan épuisé et qui servent au chauffage domestique.

Le pouvoir calorifique de la tannée à 30 p. 100 d'eau est de 2.400; ainsi 1.000 kilogrammes de cette matière développent la même chaleur que 300 kilogrammes de houille; d'où l'on déduit, en admettant que la houille coûte en moyenne 25 francs la tonne, que la valeur de 1.000 kilogrammes de tannée, comme combustible, est de 7<sup>f</sup>,50.

Un grand nombre de chaudières à vapeur, dans le voisinage des tanneries, sont chauffées avec de la tannée; on n'attend même pas toujours que la matière combustible soit sèche, et nous avons vu employer de la tannée à 50 p. 100 d'eau, que l'on introduit dans des trémies en forme de tronc de pyramide, où elle se dessèche avant de venir brûler sur la grille.

Au point de vue agricole, les propriétés de la tannée sont faciles à saisir. Elle est essentiellement composée de matières végétales qui, lorsqu'elles ont été abandonnées

quelque temps à elles-mêmes, fournissent un terreau très-riche en humus soluble. En outre, par suite de son contact prolongé avec des substances animales, la tannée s'est enrichie de principes azotés; ainsi, dans un échantillon que nous avons analysé, nous avons trouvé 1,175 p. 100 d'azote (du poids sec), tandis que l'écorce de chêne n'en contient que 0,70 p. 100.

A la vérité, d'après les recherches de plusieurs agronomes, la présence de l'acide tannique libre dans le sol est loin d'être favorable à la végétation, et cet acide est même dangereux pour les plantes, quand il est en proportion notable. Mais on évitera cet inconvénient, si l'on a soin de ne répandre la tannée sur les terres qu'après une fermentation préalable qui détruit l'acide tannique, ou bien qu'après une saturation de l'acide par la chaux.

On peut encore faire disparaître les principes astringents de la tannée et la transformer en un engrais puissant en l'arrosant avec des engrais liquides riches en ammoniacque. En raison de son grand pouvoir absorbant, elle se prête parfaitement à cette opération.

Nous avons dit que la tannée, à l'état sec, contient 1.175 p. 100 d'azote. Dans son état ordinaire, c'est-à-dire avec une teneur de 30 p. 100 d'eau, elle renferme 0.82 p. 100 d'azote, ce qui lui donne une valeur agricole de 13',53 les 1.000 kilogrammes. Il y a donc un grand avantage à l'employer comme engrais, car sa valeur vénale est presque nulle.

Les autres principes actifs contenus dans la tannée sont les alcalis; mais ils n'ont qu'une importance secondaire, et l'on doit considérer avant tout cette matière comme une source d'humus.

Nous avons soumis à l'analyse les cendres de deux échantillons de tannée; l'un (n° 1) a été recueilli au sortir des fosses et a donné, à l'état sec, 5.39 p. 100 de cendres; l'autre (n° 2) est une motte à brûler, mêlée d'un peu de

sable et de terre, et qui par suite a donné une plus forte proportion de cendres, 9,75 p. 100.

	Cendres de l'échantillon.	
	N <sup>o</sup> 1.	N <sup>o</sup> 2.
Sable et argile. . . . .	5,81	} 17,62
Silice soluble dans la potasse. . . . .	0,92	
Charbon. . . . .	0,16	
Acide carbonique . . . . .	37,41	32,54
Acide sulfurique. . . . .	0,38	1,42
Acide phosphorique. . . . .	»	0,20
Chlore. . . . .	0,26	0,61
Chaux. . . . .	39,44	41,19
Magnésic. . . . .	1,53	2,22
Oxyde de fer et alumine. . . . .	6,22	1,61
Potasse. . . . .	4,70	3,78
Soude. . . . .	2,54	0,71
	<hr/>	<hr/>
	99,17	99,68

La méthode d'analyse est la même que celle qui a été suivie pour l'analyse des marcs de colle.

On remarquera que la tannée ne contient presque pas, ou même pas du tout, d'acide phosphorique. C'est un résultat qui a été signalé par Berthier pour l'écorce de chêne.

D'après M. Liebig, la potasse entre pour une proportion de 6 à 9 p. 100 dans les cendres de l'écorce de chêne. On ne doit pas s'étonner si nous avons trouvé une quantité moindre de potasse dans les cendres de la tannée; car un contact prolongé avec l'eau a dû nécessairement faire disparaître une partie de l'alcali.

*Bourres courtes.* — Les tanneries donnent encore lieu à une autre espèce de résidus; ce sont les *bourres courtes*, ou poils qui son détachés des peaux d'animaux. L'action de ces matières sur la végétation est très-énergique, et elle est tout à fait comparable à celle de la laine. On les emploie surtout pour la culture maraîchère. Dans les environs de Givet, par exemple, un grand nombre de cultivateurs ne plantent pas de pommes de terre sans mettre, au fond

de chaque trou, une petite poignée de poils au-dessous du tubercule.

Comme, pour faciliter l'enlèvement des poils, on a fait passer les peaux dans des *pelains*, ou laits de chaux, il en résulte que les bourres courtes sont généralement mêlées d'une certaine quantité de chaux caustique, qui jouerait un rôle fâcheux au moment de la décomposition des matières animales. On remédie à cet inconvénient en exposant les poils au contact de l'air, pour carbonater complètement la chaux, et les battant ensuite avec des baguettes, pour séparer la plus grande partie du carbonate de chaux.

Un échantillon de bourres courtes, que nous avons analysé, nous a donné :

Eau hygrométrique. . . . .	17,60
Matières organiques. . . . .	78,23
Cendres (par calcination). . . . .	4,17
	<hr/>
	100,00
Azote p. 100. . . . .	12,60
Soit, sur la matière supposée sèche. . . . .	15,29

Les cendres sont composées en grande partie de carbonate de chaux resté adhérent aux poils (4,02). Les cendres proprement dites qu'aurait données la combustion des poils complètement débarrassés de matières étrangères sont donc en très-faible proportion, et c'est pourquoi nous n'avons pas cru utile, au point de vue agronomique, de les soumettre à l'analyse.

Les bourres courtes sont aussi employées par les plafonneurs pour lier la chaux et les mortiers. Elles lieraient aussi bien toute espèce de matières pâteuses, et cette propriété les rend propres à entrer dans la fabrication des engrais industriels.

Les bourres courtes se vendent en moyenne 2<sup>f</sup>,50 les 100 kilogrammes, tandis que leur valeur agricole peut être

estimée à 20<sup>f</sup>,80. A Givet, le prix en est beaucoup plus élevé; lorsqu'elles sont bien nettoyées et bien lavées, elles se vendent jusqu'à 20 francs.

*Rognures de peaux et de cuirs.* — Nous citerons enfin, comme résidus des tanneries, les écharnures ou rognures de peaux et de cuirs. A Givet et à Sedan, on les utilise pour la fabrication de la colle-forte; dans les autres localités du département, on les laisse sans emploi, ou on les porte sur les fumiers ou sur les terres. Ces matières renferment de 8 à 9 p. 100 d'azote.

#### VIII. PAINS DE CRETON.

Les *pains de creton* sont les marcs qui se déposent au fond des chaudières dans lesquelles on fait fondre des graisses de bœufs, de veaux et de moutons. Ce résidu est composé en grande partie des membranes de tissus adipeux auxquelles sont mêlées de petites quantités de sang, de muscles et d'os; il reste toujours imprégné d'une proportion de graisse plus ou moins forte.

D'après MM. Boussingault et Payen, les pains de creton contiennent 11.875 p. 100 d'azote. Deux dosages d'azote que nous avons effectués sur deux échantillons de ces matières, recueillis dans une fonderie de suif de Charleville, nous ont donné, l'un 2.15 p. 100, et l'autre 2.27 p. 100, soit en moyenne 2.20 p. 100 (la matière étant supposée sèche). M. Bénard, d'Amiens, a trouvé de son côté une proportion d'azote de 2.50 p. 100 dans un échantillon de pain de creton.

Cette grande divergence entre ces derniers nombres et celui qui a été donné par MM. Boussingault et Payen, correspond sans doute à une différence notable dans la composition des pains de creton soumis à l'analyse. Ainsi, par exemple, une forte proportion de graisse et d'os, matières

privées d'azote, abaissera la teneur de l'échantillon en azote.

A l'état ordinaire, les pains de creton contiennent 9 p. 100 d'eau interposée et 8.45 de cendres. L'analyse de ces cendres nous a donné les résultats suivants :

Sable . . . . .	8,00
Charbon. . . . .	7,20
Silice soluble dans la potasse. . . . .	1,28
Acide carbonique. . . . .	2,46
Id. sulfurique. . . . .	0,68
Id. phosphorique. . . . .	21,65
Chlore. . . . .	16,18
Oxyde de cuivre. . . . .	0,14
Peroxyde de fer. . . . .	1,50
Chaux. . . . .	19,75
Potasse. . . . .	2,67
Soude. . . . .	17,10
	<hr/>
	98,61

L'oxyde de cuivre provient de la chaudière dans laquelle a été opérée la fonte.

Les pains de creton sont presque exclusivement employés pour l'engraissement des porcs. Quand on veut les faire servir comme engrais, on les divise préalablement en petits fragments que l'on détrempe dans l'eau chaude avant de les porter sur les terres. La dose généralement adoptée est de 800 à 900 kilogrammes par hectare.

#### IX. SCIURE ET CENDRES DE BOIS.

Les effets de la sciure de bois sur la végétation, comme ceux des engrais verts, sont assez prompts. En présence de l'humidité, elle ne tarde pas à entrer en fermentation, et elle est assimilée facilement par les plantes. Elle laisse en outre dans le sol un terreau riche en humus.

La sciure de bois ne contient jamais une forte proportion

d'azote. Dans un échantillon que nous avons analysé, et qui était un mélange de sciure de bois de chêne, de peuplier et de sapin, nous n'avons trouvé que 0.17 p. 100 d'azote à l'état sec; la proportion de cendres a été de 0.87 p. 100.

En traitant un gramme de cette sciure dans son état ordinaire, c'est-à-dire contenant 12 p. 100 d'eau, par la litharge, nous avons obtenu un culot de plomb de 11<sup>sr</sup>,80, ce qui correspond à un pouvoir calorifique de 2712. Si l'on recommence, à l'aide de ces chiffres, le calcul que nous avons fait à propos des débris de teillage du lin (page 527), on verra qu'il y a plus d'avantage à employer la sciure de bois comme combustible que comme engrais. On l'applique d'ailleurs à ce premier usage pour la production de la vapeur qui active les scieries du département des Ardennes.

Nous avons recueilli des cendres produites sur une grille de chaudière à vapeur, dans une scierie de Mohon, par un mélange de résidus de bois de chêne, de peuplier et de sapin, et nous avons trouvé la composition suivante :

Charbon. . . . .	3,20
Sable. . . . .	22,90
Silice soluble dans la potasse. . . . .	19,10
Acide carbonique. . . . .	11,70
Id. phosphorique. . . . .	1,77
Id. sulfurique. . . . .	0,17
Chlore. . . . .	0,41
Oxyde de fer et alumine. . . . .	4,56
Chaux. . . . .	32,00
Magnésie. . . . .	1,18
Potasse. . . . .	1,80
Soude. . . . .	1,24
	<hr/>
	99,83

Les effets des cendres de végétaux sont trop connus pour que nous insistions ici sur ce point.



## X. CENDRES DE HOUILLE.

Nous avons analysé un échantillon de cendres de houille, blanches et assez bien incinérées, recueillies sous la grille d'un *four dormant*, dans l'usine métallurgique de Messempré. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Eau hygrométrique et eau combinée. . . . .	4,65
Argile et sable. . . . .	60,50
Silice soluble dans la potasse . . . . .	4,75
Oxyde de fer et alumine. . . . .	26,75
Carbonate de chaux. . . . .	1,86
Chaux libre. . . . .	0,55
Sulfate de chaux. . . . .	1,00
Chlorures alcalins. . . . .	0,16
Traces de magnésie et de soufre. . . . .	»
	100,22

Ces cendres, mêlées avec de la chaux, sont employées avec grand succès sur les terres fortes et argiluses des environs.

On voit, d'après cette analyse, que les cendres de houille ne renferment que fort peu de matières salines, et qu'elles agissent plutôt comme un amendement que comme un engrais.

L'argile calcinée et le sable qui s'y trouvent en forte proportion les rendent très-propres à diviser les terrains argileux.

Elles paraissent surtout produire de bons effets sur les prairies artificielles et sur les pâturages, à la dose de 40 à 50 hectolitres par hectare. Cette dose doit être renouvelée fréquemment, car on a remarqué dans les Ardennes que l'action ne s'en fait pas sentir très-longtemps.

XI. DES CENDRES MINÉRALES DU DÉPARTEMENT DES ARDENNES ET DE LEUR EMPLOI POUR LA SOLIDIFICATION DES ENGRAIS LIQUIDES.

Les marnes argileuses se rencontrent dans un grand nombre d'étages de la formation géologique du département des Ardennes, mais surtout dans le *lias*, le *fullers-earth*, l'*oxford-clay*, le *calcaire à astartes*, le *kimmeridge-clay*, les *sables verts* et les *terrains tertiaires*.

*Cendres du lias.* — Le *lias* se compose de grès calcaire, de calcaire argileux et sableux, de marne et de sable micacé, dont l'épaisseur totale est de 370 mètres. MM. Sauvage et Buvignier (*Statistique géologique et minéralogique du département des Ardennes*) y distinguent cinq étages : le *calcaire à gryphées arquées*, le *calcaire sableux*, la *marne moyenne à ovoïdes*, le *calcaire ferrugineux*, et la *marne supérieure à posidonies*.

Le troisième étage, dont la puissance est de 70 mètres environ, est constitué par une argile marneuse grise ou noire, souvent onctueuse et d'une grande consistance. On y trouve des cristaux de gypse, des pyrites de fer, des fragments de bois fossile, des lignites et de nombreuses empreintes de fossiles, surtout d'ammonites. Les caractères physiques sont à peu près constants sur toute son épaisseur. Quelquefois cependant l'argile est sableuse et micacée.

La marne supérieure a une épaisseur de plus de 80 mètres; elle possède à peu près les mêmes caractères que la précédente. Cependant, à la base, elle est plus schisteuse et elle est assez tenace pour se laisser diviser en petits feuillets qui se délitent bientôt et tombent en poussière après avoir été exposés à l'air. Elle est aussi plus riche en sulfates et en pyrites que la marne moyenne.

La composition chimique de l'argile marneuse varie nécessairement d'un point à l'autre. La partie inférieure paraît

être en général plus noire et plus riche en principes organiques que la partie supérieure qui, en revanche, est plus chargée de matières sulfureuses.

En dehors du 3<sup>e</sup> et du 5<sup>e</sup> étages du lias, la marne se rencontre encore dans les trois autres, en lits minces intercalés entre les bancs de calcaire ; mais ces lits sont généralement trop peu importants pour donner lieu à une exploitation spéciale, et on ne peut les utiliser que quand on les trouve dans des carrières ouvertes en vue de l'extraction de la pierre calcaire.

Voici quelle est la composition de six échantillons de ces marnes, recueillis en différents points du département :

	1	2	3	4	5	6
Eau hygrométrique. . . . .	2.30	4.05	4.43	5.10	4.20	12.10
Eau combinées et matières bitumineuses. . . . .	2.88	1.50	4.17	9.63	15.10	12.23
Sulfate de chaux. . . . .	1.12	0.73	1.69	0.72	1.18	1.92
Id. de magnésie. . . . .	"	"	0.29	traces	"	"
Id. de fer et d'alumine. . . . .	0.21	"	0.20	0.32	"	"
Carbonate de chaux. . . . .	20.43	13.75	37.65	16.64	11.85	5.10
Id. de magnésie. . . . .	"	"	0.16	1.06	"	"
Peroxyde de fer. . . . .	2.10	"	2.70	4.37	"	"
Alumine. . . . .	2.20	4.66	0.60	0.70	1.60	4.25
Argile et silice. . . . .	66.69	74.19	45.92	60.00	64.27	62.94
Pyrite de fer. . . . .	2.07	1.12	2.18	1.44	1.80	1.46
Acide phosphorique. . . . .	"	"	0.01	0.02	"	traces
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

1. Marne intercalée entre les lits du calcaire à gryphées, exploité pour chaux hydraulique, au Bois-en-Val, près Mézières ;

2. Marne grisâtre du 3<sup>e</sup> étage du lias, exploitée à Signy-le-Petit ;

3. Marne grisâtre du 5<sup>e</sup> étage du lias, exploitée depuis peu à Mouzon ;

4. Marne feuilletée, contenant de nombreuses empreintes de fossiles, surtout d'ammonites et de posidonies, provenant d'une marnière exploitée à Amblimont, sur le bord de la route ;

5. Marne schisteuse de Saint-Aignan, dure à l'air, mais se délitant très-facilement, en présence de l'humidité;

6. Marne exploitée à Fresnois (5<sup>e</sup> étage du lias).

L'azote n'a été cherché que dans l'échantillon n° 4; on en a trouvé 0.181 p. 100.

La marne, avant d'être répandue sur les terres, est souvent calcinée à l'air libre. Il suffit pour cela de la placer sur quelques fagots auxquels on met le feu, et la combustion se propage dans la masse qui brûle d'elle-même, à la faveur des pyrites et des matières organiques qu'elle contient. On obtient ainsi, après une combustion lente, une matière rougeâtre très-légère et très-hygrométrique, dans laquelle la proportion de sulfates a notablement augmenté.

Nous avons soumis à l'analyse un échantillon de marne calcinée d'Amblimont, et nous avons obtenu les résultats suivants :

Eau hygrométrique et combinée. . . . .	3,36
Sulfate de chaux. . . . .	5,06
Id. de magnésie. . . . .	traces
Id. de fer et d'alumine. . . . .	0,50
Carbonate de chaux. . . . .	37,83
Id. de magnésie. . . . .	0,95
Peroxyde de fer. . . . .	5,40
Alumine. . . . .	1,90
Argile et silice. . . . .	44,90
Acide phosphorique. . . . .	0,01
	<hr/>
	99,91

Dans la marne calcinée de Fresnois, nous avons simplement cherché l'acide sulfurique, et nous en avons trouvé 0.58 p. 100, correspondant à 6.12 de sulfate de chaux.

*Méthode d'analyse des cendres minérales.* — Avant d'aller plus loin, nous dirons quelques mots sur le dosage des sulfates, des pyrites et de l'acide phosphorique. Les autres éléments ont été dosés suivant les procédés que nous avons déjà décrits.

Nous avons traité 10 grammes de marne par l'eau bouillante, puis, après filtration, nous avons ajouté à la liqueur quelques gouttes d'acide azotique, et nous l'avons rapprochée par l'évaporation. Les traitements successifs d'une partie de cette liqueur par l'ammoniaque, l'oxalate d'ammoniaque et le phosphate de soude, nous ont donné le fer et l'alumine, la chaux, la magnésie. Dans l'autre partie de la liqueur, nous avons précipité, à l'aide de l'azotate de baryte, l'acide sulfurique combiné à ces bases.

Pour doser les pyrites de fer, on a pris 2 grammes de marne que l'on a attaqués par l'eau régale bouillante et quelques cristaux de chlorate de potasse. Dans la liqueur filtrée, on a précipité l'acide sulfurique, et, en retranchant du poids obtenu celui que l'on a déterminé précédemment, on a conclu le poids de l'acide provenant de l'oxydation des pyrites.

On a cherché l'acide phosphorique à l'aide du molybdate d'ammoniaque. Comme vérification, on a redissous le précipité obtenu dans l'ammoniaque, puis on a précipité l'acide phosphorique à l'aide du sulfate de magnésie.

*Cendres du fullers-earth.* — Le *fullers-earth* n'a qu'une épaisseur de 2 à 3 mètres dans le département des Ardennes; c'est une couche de marne de couleur grise ou bleuâtre, qui repose sur l'*oolithe inférieure*, et dans laquelle on observe souvent en grande abondance des *avicules* et des *ostrea acuminata*. A la demande de M. Henry, nous avons analysé un échantillon de marne provenant de Fagnon, et nous avons trouvé la composition suivante :

Eau hygrométrique. . . . .	5,50
Eau combinée et matières organiques. . . . .	2,85
Sulfate de chaux. . . . .	0,48
Carbonate de chaux. . . . .	25,40
Peroxyde de fer. . . . .	3,46
Alumine. . . . .	9,86
	<hr/>
<i>A reporter.</i> . . . .	45,55

	<i>Report.</i> . . . . .	45,55
Argile et silice. . . . .	s . . . . .	52,75
Pyrite de fer. . . . .		1,70
Acide phosphorique. . . . .		traces
		<hr/> 100,00

*Cendres de l'oxford-clay.* — A la base de l'*oxford-clay*, immédiatement au-dessus des calcaires du *cornbrash*, existe une couche d'argile calcaire grisâtre qui contient des pyrites de fer, du gypse en petits cristaux et du bois fossile. Elle est exploitée pour l'amendement des terres dans plusieurs localités, entre autres à Poix, à Villers-sur-le-Mont, à Terron-les-Vendresse, etc. Un échantillon, recueilli à Terron, a présenté la composition suivante :

Eau hygrométrique. . . . .	4,00
Matières organiques et eau combinée. . . . .	9,50
Sulfate de chaux. . . . .	7,60
Carbonate de chaux. . . . .	0,28
Peroxyde de fer et alumine. . . . .	3,15
Pyrite de fer. . . . .	1,10
Argile et silice. . . . .	74,57
	<hr/> 100,00

On a constaté l'absence de l'acide phosphorique.

*Cendres du calcaire à astartes et du kimmeridge-clay.* — On trouve, dans la partie moyenne du *calcaire à astartes*, des bancs minces de marne noire très-coquilliers (*Ostrea deltoïdea* domine), quelquefois pyriteux. Mais ces couches sont généralement trop minces, et la composition, ainsi que nous nous en sommes assurés par quelques essais rapides, en est trop incertaine pour donner lieu à une exploitation régulière. Elles ne sont d'ailleurs utilisées dans aucune localité du département, à notre connaissance du moins.

La même observation s'applique au *kimmeridge-clay*, dans lequel on observe aussi des lits minces de marnes gris clair, très-calcaires et souvent très-bitumineuses.

*Sables verts.* — Les *sables verts* sont argileux dans certaines parties de la formation et contiennent des pyrites de fer, des cristaux de gypse et de nombreux restes organiques; la chaux ne s'y trouve généralement qu'en traces à peine sensibles; nous ferons observer également que ces matières sont complètement privées d'acide phosphorique, fait d'autant plus remarquable que des nodules de chaux phosphatée existent dans les sables verts.

Voici l'analyse d'un échantillon de sables verts appartenant à la partie supérieure de la formation et recueilli dans les environs de Monthois :

Eau hygrométrique. . . . .	5,00
Eau combinée et matières organiques. . . . .	4,00
Sulfate de chaux. . . . .	2,47
Carbonate de chaux. . . . .	traces.
Oxyde de fer et alumine. . . . .	2,85
Pyrite de fer. . . . .	0,25
Argile et silice. . . . .	85,45
	100,00

*Cendres tertiaires.* — Dans le bois d'Enelle (commune de Balaives-et-Butz) se trouvent, au milieu du terrain jurassique inférieur, près des gîtes de minerais de fer qui ont été exploités autrefois pour les hauts-fourneaux des environs, des argiles brun foncé, bitumineuses et sulfureuses. Ces argiles, qui reposent sur une marne jaune ou rouge, et qui sont recouvertes d'une faible épaisseur de terrain détritique, remplissent des cavités étroites, d'une profondeur variable, distribuées irrégulièrement dans le calcaire blanc.

Elles paraissent appartenir à l'époque tertiaire, et elles se rattacheraient ainsi à la même formation que les *terres noires* ou *cendres* des départements de l'Aisne et de la Marne. C'est une analogie qui se retrouve d'ailleurs dans la composition chimique.

L'analyse que nous avons faite sur un échantillon de ces marnes nous a fourni les résultats suivants :

## 64 SUR L'EMPLOI AGRICOLE DES RÉSIDUS

Eau hygrométrique. . . . .	18,55
Eau combinée et matières organiques. . . . .	12,67
Sulfate de chaux. . . . .	1,54
Id. de magnésie. . . . .	0,15
Id. de fer et d'alumine. . . . .	3,00
Carbonate de chaux. . . . .	1,11
Id. de magnésie. . . . .	0,18
Peroxyde de fer. . . . .	0,69
Argile et silice. . . . .	56,48
Pyrite de fer. . . . .	5,49
Acide phosphorique. . . . .	traces
	<hr/>
	99,84

En traitant cette matière par une dissolution de potasse caustique, nous avons trouvé 9.63 p. 100 d'humus. L'azote est dans la proportion de 0.693 p. 100.

*Emploi des cendres minérales par l'agriculture.* — Les cendres du lias sont employées, dans un grand nombre de localités, pour l'amendement des prairies artificielles, surtout des luzernes, des sainfoins et des trèfles; les luzernes paraissent s'en trouver mieux que les autres légumineuses. On les répand sur les terres à la dose de 30 à 80 hectolitres par hectare, suivant la richesse. Le prix des cendres crues, sur place, est de 1 franc à 1<sup>f</sup>,50 le mètre cube; les cendres calcinées valent de 2 à 3 francs.

D'après les renseignements que nous avons recueillis, ces matières produisent aussi de bons effets sur les terres que l'on prépare pour y planter des pommes de terre, des betteraves, des rutabagas et autres plantes sarclées; elles réussiraient sans doute également sur les terres ensemencées en céréales, mais ce sont des essais qui n'ont pas encore été tentés.

Quelques cultivateurs emploient les marnes du lias à la confection des engrais. Avant d'enlever le fumier des écuries, ils le recouvrent de marne dans la proportion de 1 partie pour 3 parties de fumier, et ils ne le conduisent sur les terres à fumer que trois semaines après cette opération.



Cette pratique nous paraît excellente : les sulfates retiennent les vapeurs ammoniacales qui se perdraient dans l'atmosphère, et en même temps le fumier se trouve enrichi de principes minéraux utiles à l'alimentation des végétaux.

Les marnes argileuses de l'oxford-clay et les sables verts sont employés de la même manière que les sables du lias ; mais, comme elles sont généralement moins pyriteuses et moins sulfatées, les doses doivent en être plus fortes. Dans les environs de Villers-sur-le-Mont, les cendres oxfordiennes ont complètement transformé l'agriculture ; les terres légères et caillouteuses de cette contrée, qui, il y a une quarantaine d'années, se faisaient remarquer par leur stérilité, doivent à l'emploi judicieux de la marne d'être devenues très-propres à la culture. Nous pourrions citer une foule d'autres exemples.

Au point de vue chimique, les principes actifs sont les matières organiques, l'acide phosphorique, les sulfates, les pyrites, la chaux et la magnésie. Nous n'insisterons pas sur le mode d'action de ces principes ; nous dirons seulement que les pyrites augmentent l'échauffement de la terre par leur combustion lente, facilitée par un grand état de division, et réagissent sur les principes calcaires du sol pour produire du sulfate de chaux qui, à l'état naissant, est bien plus énergique que le plâtre. C'est, du reste, ce que confirme l'expérience, car les cendres produisent une action beaucoup plus sensible sur les légumineuses que la quantité de plâtre correspondant aux sulfates contenus dans ces cendres. L'acide sulfurique provenant des pyrites peut encore réagir sur les alcalis des silicates et les faire ainsi passer dans la végétation.

Outre cette action chimique, les cendres exercent encore une action mécanique sur les terrains. Elles divisent le sol qu'elles rendent plus meuble et plus perméable ; par suite de leur porosité, elles retiennent les gaz fertilisants ; elles conservent une partie de la chaleur qui s'est accumulée

pendant le jour, et la distribuent aux racines pendant le refroidissement de la nuit.

Dans la marne calcinée, les matières organiques, l'azote et les pyrites ont disparu, mais la proportion de sulfates a beaucoup augmenté. Il faudra donc, suivant les cas, faire un choix entre la marne crue et la marne calcinée. Ainsi cette dernière conviendra surtout aux terres argileuses dont elle diminuera la compacité. La première devra être employée spécialement sur les terres légères auxquelles elle apportera des matières organiques. Ainsi encore, il vaudra mieux répandre les cendres brutes sur les céréales et les plantes sarclées, cultures épuisantes qui ont besoin de trouver dans le sol de l'humus et de l'azote, et réserver les cendres calcinées pour les légumineuses, plantes améliorantes qui empruntent à l'air la plus grande partie de l'azote qui leur est nécessaire et ne demandent guère au sol que des principes minéraux, et surtout du sulfate de chaux.

Tout ce que nous venons de dire s'applique surtout aux cendres du lias, de l'oxford-clay et des sables verts; les marnes du fullers-earth sont trop pauvres pour être recommandées aux cultivateurs, et elles ne peuvent guère produire sur les terres qu'un effet physique.

Les cendres d'Enelle se distinguent de ces matières par leur forte teneur en matières organiques, en azote et en sulfate de fer. La présence de l'azote à la dose de 0.693 p. 100 en fait un véritable engrais; si l'on suppose que les effets soient proportionnels à la quantité d'azote, ce qui, nous le reconnaissons, n'est pas rigoureusement exact, 58 kilogrammes de cendres agirait aussi énergiquement que 100 kilogrammes de fumier normal. Ajoutons que le kilogramme d'azote de ces cendres ne revient qu'à 0<sup>f</sup>,36 (le prix de l'hectolitre pesant 70 à 80 kilogrammes est de 0<sup>f</sup>,175).

Quant au sulfate de fer, il contribue, avec les pyrites, à la formation du sulfate de chaux; il peut même agir direc-

tement, comme ce dernier, sur les fourrages. Des expériences récentes, dues à M. Gris, ont prouvé qu'il fait périr promptement les mauvaises herbes, les mousses, les lichens, etc., ainsi que les insectes ou autres animaux nuisibles aux jeunes plantes.

On voit, d'après notre analyse, que les cendres sulfureuses sont d'une qualité au moins égale à celles des terres noires de la Picardie, que les cultivateurs du département des Ardennes achètent à des prix très-élevés; elles sont même un peu plus riches en azote. Nous en recommandons vivement l'emploi pour les prés et les prairies artificielles, et même pour les céréales et les plantes sarclées.

Il convient de les enterrer de bonne heure, longtemps avant les semailles, afin que les principes solubles n'agissent pas trop activement, et afin de faciliter la réaction des pyrites sur le calcaire du sol. Quand on les emploie sur une terre ensemencée, il faut éviter avec soin qu'elles s'attachent aux jeunes plantes dont elles corroderaient les feuilles.

Mélangées avec de la chaux, du fumier, des terres et curures de fossés, des cendres de tourbe, etc., elles formeraient d'excellents composts.

En Picardie, on emploie les cendres à la dose de 8 à 10 hectolitres par hectare de prairies, un peu plus pour les pâtures, et la moitié de cette dose pour les cultures de printemps. On évalue la durée de cet engrais-amendant à 4 ou 5 ans. C'est aux agriculteurs à déterminer par l'expérience si ces proportions doivent être modifiées pour les cendres d'Enelle.

Ces cendres pourraient être calcinées comme celles du lias, et elles donneraient une terre rougeâtre, très-riche en sulfates; elles s'enflammeraient d'ailleurs spontanément à l'air. Toutefois, nous ne conseillons pas cette opération qui ferait perdre l'un des principes les plus utiles, l'azote.

Après cette digression sur les propriétés agronomiques

des marnes argileuses, revenons à la question spéciale qui fait l'objet de ce mémoire.

*Emploi des cendres pour la solidification des engrais liquides.* — Les cendres minérales ne possèdent pas seulement, comme d'ailleurs toutes les terres végétales, la propriété précieuse d'absorber et de fixer dans leurs pores la plus grande partie des substances nécessaires à l'alimentation des plantes; les sulfates qui y sont contenus jouissent d'une grande affinité pour l'ammoniaque avec laquelle ils se combinent chimiquement pour former des sulfates doubles.

D'après M. Girardin (*Faits nouveaux de chimie agricole*, page 5), les pyrites joueraient un rôle important et peu connu dans le mode d'action des cendres. En se suroxydant au contact de l'air humide, et dans l'état de division où ils se trouvent, les sulfures auraient le pouvoir de saisir l'azote de l'air et de le transformer en ammoniaque. On trouverait là l'une des causes de l'efficacité de ces matières comme engrais, que ne suffit pas à expliquer complètement la présence des substances minérales.

Le pouvoir que possèdent les cendres minérales de retenir l'ammoniaque toute formée a attiré l'attention de plusieurs chimistes qui ont basé sur cette propriété tout un système de désinfection ou d'épuration d'eaux-vannes, d'eaux d'égout, d'eaux de ruisseaux, etc.

MM. Houzeau et Devedeix, entre autres, ont cherché à appliquer ce procédé à l'épuration des eaux d'égout de la ville de Reims, et nous allons dire quelques mots des essais qu'ils ont tentés.

Ces eaux se composent des eaux ménagères et des eaux industrielles de plusieurs établissements qui se livrent presque tous au travail de la laine. Elles renferment un grand nombre d'éléments divers, en proportions variables; on peut admettre cependant qu'un mètre cube contient les quantités suivantes de matières en suspension ou en dissolution :

Matières organiques. . . . .	2,522
Id. minérales. . . . .	1,461
Total. . . . .	3,783
Ammoniaque formée. . . . .	0,0052
Correspondant à azote. . . . .	0,0042
Azote des matières organiques. . . . .	0,0300
Azote total. . . . .	0,0342

La matière organique étant très-azotée et très-putrescible, l'ammoniaque s'y développe assez rapidement pendant les chaleurs de l'été; ajoutons que les débris de laine, qui forment une partie notable de la matière organique, renferment du soufre qui donne lieu à de l'hydrogène sulfuré; ce gaz peut d'ailleurs provenir encore de la réduction des sulfates par la matière organique. D'après ces détails, on n'aura pas de peine à comprendre que ces eaux soient un foyer d'infection pour la ville de Reims, et que l'on doive se préoccuper de les épurer.

Les cendres pyriteuses dont on s'est servi présentent la composition suivante :

	Tramery.	Voirenaq.
Eau. . . . .	19,50	22,10
Matières organiques. . . . .	0,60	1,42
Sulfate de fer. . . . .	13,78	9,11
Id. d'alumine. . . . .	0,60	1,42
Sulfate de chaux, carbonate de chaux, alumine et oxyde de fer. . . . .	16,35	12,59
Pyrite. . . . .	4,94	0,55
Argile et silice. . . . .	21,60	33,55
	100,00	100,00
Azote p. 100. . . . .	0,42	0,27

Pour 1 mètre cube d'eau-vanne, on a employé en moyenne 2<sup>k</sup>,330 de ces cendres et 0<sup>k</sup>,600 de chaux; et l'on a obtenu 6 kilogrammes de boues.

Les sulfates que contiennent les cendres sont certaine-

ment les plus efficaces ; mais, en outre, les matières organiques consistent surtout en charbon dans un état de division tout à fait favorable à la condensation des gaz putrides et des substances organiques en dissolution dans les eaux-vannes. L'oxyde de fer et l'alumine, mis en liberté par le mélange de leurs sulfates avec la chaux, entraînent le reste des principes organiques avec lesquels ils forment de véritables laques.

Quoi qu'il en soit, ce mélange de cendres et de chaux est très-propre à opérer rapidement la précipitation des substances organiques contenues dans l'eau et à lui rendre une limpidité presque égale à celle de l'eau de source.

D'après les expériences qui ont été faites en grand, l'eau sortant des bassins d'épuration était, à part une légère teinte jaunâtre peu perceptible, aussi claire que l'eau de la rivière en amont de Reims.

L'analyse chimique des eaux épurées a prouvé que la proportion de matières organiques qui reste dans l'eau n'est plus que le quart ou le tiers de la quantité primitive, et on s'est d'ailleurs assuré par des expériences diverses que cette matière se trouve dans des conditions qui la mettent à l'abri de la putréfaction. C'est sans doute à la chaux qu'est due cette particularité. On peut aussi supposer que la matière organique contenue dans l'eau épurée a été enlevée à la cendre, qui la renferme à l'état d'acide humique. Dans certaines cendres en effet, la proportion d'acide humique est assez forte. Ainsi nous avons reconnu qu'elle s'élève à 9.63 p. 100 dans la cendre d'Enelle.

La matière solide que l'on obtient par suite de cette opération constitue un engrais présentant la composition suivante, à l'état sec :

Substances organiques. .	34,80	contenant azote. .	0,52
Id. minérales. . .	65,20	Id. alcalis. .	0,21
		et acide phosphorique.	0,15

Les dépenses résultant du traitement de 1 mètre cube d'eau-vanne par les cendres et la chaux s'élèvent en moyenne à 0',023, ce qui fixe à 3',83 le prix de revient de 1.000 kil. de boues à l'état sec.

Si l'on cherche la valeur agricole de ces boues en prenant pour type le fumier de Bechelbronn, analysé par M. Boussingault, on arrive au chiffre de 20 francs pour 1.000 kilogrammes. On produira donc, par ce procédé, un engrais énergétique dont la valeur agricole sera bien supérieure au prix de vente.

Les expériences qui ont été faites sur le sol crayeux de la Champagne ont donné d'excellents résultats et ont prouvé que les boues provenant de l'épuration des eaux d'égout de la ville de Reims peuvent être employées concurremment avec le fumier de ferme.

Nous n'avons pas fait d'expériences directes sur les cendres minérales du département des Ardennes; mais, d'après les détails que nous venons de donner, il est incontestable que, en raison de leur prix peu élevé et de leur teneur en sulfates et en matières organiques azotées, il y aurait de grands avantages à les appliquer à la fixation des principes fertilisants contenus dans un grand nombre d'engrais liquides laissés généralement sans emploi, tels que les eaux de lavage des fabriques de colle, les eaux de lavage des sucreries, les eaux de rouissage, les eaux ammoniacales des usines à gaz, les eaux de dégraissage de la laine, etc. Les analyses que nous avons faites de ces eaux montrent qu'elles sont généralement beaucoup plus riches en ammoniacque et en azote que les eaux d'égout de Reims, et elles donneraient par suite un engrais solide d'une valeur agricole plus élevée et que l'on pourrait livrer à bas prix à l'agriculture.

Extrait des *Annales des mines*, tome XVI, 1869.

---

Paris. — Imprimerie de Gussier et C<sup>e</sup>, rue Racine, 26.

ON TROUVE A LA MÊME LIBRAIRIE :

**GÉOLOGIE.** — **Revue de géologie, I,** 1861; par M. DELUSS, ingénieur des mines, professeur de géologie à l'École normale, président de la Société géologique, et M. LAUCHEL, ingénieur des mines, vice-secrétaire de la Société géologique. In-8°. 3 fr. 50 c.

— **Revue de Géologie, II,** 1862; par les mêmes (sous presse).

— **Carte géologique du département de la Haute-Marne;** par M. DUHAMEL, ingénieur en chef des mines, publiée par MM. ELIE DE BEAUMONT et de CHANGOURTOIS, professeurs de géologie à l'École des mines en 4 feuilles. 50 fr.

— **Études stratigraphiques sur le département de la Haute-Marne;** faites par MM. ELIE DE BEAUMONT et de CHANGOURTOIS pendant la publication de la carte géologique de M. DUHAMEL. 5 fr.

— **Carte géologique du département de la Nièvre;** dressée par MM. BERTERA, ingénieur des mines, et ERBAY, membre de la Société géologique. 15 fr.

— **Tableaux géologiques des terrains** indiquant leurs divisions et subdivisions, les principaux fossiles qui s'y rapportent et les minerais utiles exploités ou reconnus dans chacun d'eux; par M. DUPONT (Etienne), ingénieur en chef des mines, directeur de l'École des mineurs de Saint-Etienne. In-folio. 5 fr.

**Substances minérales combustibles.** Minerais métalliques, minéraux utiles à l'industrie par M. DAUBRÉE, inspecteur général des mines. In-8°. 5 fr.

**Description des roches de l'écorce terrestre** par MM. GORDIER et d'ORBIGNY. In-8°. 10 fr.

— **Description minéralogique et géologique** du Var et des autres parties de la Provence, avec application de la géologie à l'agriculture, au gisement des sources et des cours d'eau; par M. VILLENEUVE FLAYOSC (le comte H. de), ingénieur en chef, professeur à l'École des mines. etc. 1 fort vol. in-8°, accompagné de 2 pl. coloriées, dont une carte géologique et hydrographique et une feuille de coupe de terrains. 15 fr.

**MINÉRALOGIE.** **Traité complet de minéralogie.** par M. DUBRENOY, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, professeur de minéralogie aux Écoles des ponts et chaussées et des mines, etc. 2<sup>e</sup> édition, revue et beaucoup augmentée. 5 forts volumes, in-8, dont un de pl., avec un grand nombre de figures et planches intercalées dans le texte. 48 fr.

— **Manuel de minéralogie;** par M. DES CLOIZEAUX, maître de conférences à l'École normale supérieure. 2 vol. in-8° et atlas, le tome I seul a paru avec son atlas. 20 fr.

**EXPLOITATION DES MINES.** **Revue** de l'exploitation des mines, I, 1861; par M. CALLON, ingénieur en chef, professeur à l'École des mines. In-8°. 2 fr.

— **Revue de l'exploitation des mines, II,** 1862; par le même. In-8°. 1 fr.

— **Extraction, puits inclinés et couvés employés** dans les mines du Cornwall; par M. MORSENET, ingénieur des mines. In-8°, planch. 5 fr.

— **Préparation mécanique du minerai d'étain,** dans le Cornwall; par le même. In-8°, pl. 5 fr.

— **Traitement du sel** dans le Salzkammergut; par M. KELLER, ingénieur des mines. In-8°, pl. 5 fr.

**MÉTALLURGIE.** LAMPADIUS, professeur à l'Académie des mines de Freiberg, etc.

**Manuel de métallurgie générale,** suivi d'additions par l'auteur; traduit de l'allemand, revu, considérablement augmenté et mis au niveau des connaissances actuelles; par G. A. ARRAULT, ingénieur des mines, ancien élève de l'École des mines de Paris. 2 vol. in-8°, avec planches. 12 fr. 50 c.

**DOGMASSE.** **Cours d'analyse chimique minérale,** professé à l'École des mines; par M. RIVOT, ingénieur en chef des mines. 4 vol. in-8°, pl. 50 fr.

Jusqu'à l'apparition du t. IV, le prix de la souscription sera maintenu à 48 f.

**USINES.** **Legislation appliquée aux établissements industriels;** par M. A. BOURGIGNONAT, ancien avocat au conseil d'Etat. 2 vol. in-8°. 15 fr.

Paris. — Imprimerie de Cussier et C<sup>o</sup>, 26, rue Racine.