

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

COLLABORATEURS

Section du Biologiste

MM.	MM.	MM.
Arloing (S.).	Féré.	Magnan.
Arsonval (d').	Fernbach (A.).	Marfan.
Auvard.	Feulard.	Marie (A.).
Ballet (Gilbert).	Florand.	Martin (A.-J.).
Bar.	Filhol (H.).	Mayrier.
Barré (G.).	Foex.	Mégnin (P.).
Barthélemy.	François-Franck (Ch)	Merklen.
Baudouin (M.).	Galippe.	Meunier (Stanislas).
Bazy.	Gamaleia.	Meunier (Victor).
Beauregard (H.).	Gariel.	Meyer (Dr).
Bérard (L.).	Gautier (Armand).	Monod.
Bergé.	Gérard-Marchant.	Moussous.
Bergonié.	Gilbert.	Napias.
Bérillon.	Girard (Aimé).	Nocard.
Berne (G.).	Girard (A.-Ch.).	Olivier (Ad.).
Berthault.	Girod (P.).	Olivier (L.).
Blanc (Louis).	Gley.	Ollier.
Blanchard (R.).	Gombault.	Patouillard.
Bodin (E.).	Grancher.	Peraire.
Bonnaire.	Guerne (J. de).	Perrier (Edm.).
Brault.	Hallion.	Peyrot.
Brissaud.	Hanot.	Polin.
Broca.	Hartmann (H.).	Pouchet (G.).
Brocq.	Henneguy.	Pozzi.
Brun.	Hénocque.	Prillieux.
Brun (H. de).	Houdaille.	Quénu.
Budin.	Jacquet (Lucien).	Ravaz.
Caster.	Jollroy.	Reclus.
Catrin.	Kayser.	Retterer.
Cazal (du).	Kœhler.	Roché (G.).
Chantemesse.	Labit.	Roger (H.).
Charrin.	Lamy.	Ruault.
Charvet.	Landouzy.	Séglas.
Chatin (J.).	Langlois (P.).	Segond.
Cornevin.	Lannelongue.	Sérieux.
Courtet.	Lapersonne (de).	Spillmann.
Critzman.	Larbalétrier.	Straus.
Crouzat.	Laulanié.	Talamon.
Cuénot (L.).	Lavarenne (de).	Testut (Léo).
Dallemagne.	Laveran.	Tissier (Dr).
Dastre.	Lavergne (Dr).	Thélohan.
Dehérain.	Layet.	Thoulet (J.).
Delorme.	Le Dantec.	Trousseau.
Demmler.	Le Dentu.	Trousseau.
Demelin.	Legrain.	Vallon.
Denucé.	Legroux.	Viala.
Dubois (Raphaël).	Legry.	Viault.
Durand-Fardel.	Lermoyez (M.).	Weill-Mantou (J.).
Duval (Mathias).	Lesage.	Weiss (G.).
Ehlers.	Letulle.	Wurtz.
Étard.	L'Hôte.	
Faisans.	Loir (Ad.).	

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE - MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

LARBALÉTRIER — Les résidus industriels, I

1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; F. Lafargue, ancien
élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général,
169, boulevard Malesherbes, Paris.*

N° 172 B

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LES RÉSIDUS INDUSTRIELS EMPLOYÉS COMME ENGRAIS

INDUSTRIES MINÉRALES & ANIMALES

PAR

ALB. LARBALÉTRIER

Professeur de Chimie et Technologie agricoles
à l'École d'Agriculture du Pas-de-Calais

PARIS

MASSON ET C ^{ie} , ÉDITEURS,	GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE	IMPRIMEURS-ÉDITEURS
Boulevard Saint-Germain, 120	Quai des Grands-Augustins, 55

(Tous droits réservés)

DU MÊME AUTEUR
ET DANS LA MÊME COLLECTION

- I. Les Tourteaux de graines oléagineuses
comme aliments et engrais.**
- II. Les Résidus industriels employés
comme engrais : Industries minérales et
animales.**
- III. Les Résidus industriels employés
comme engrais : Industries végétales.**

INTRODUCTION

S'il est vrai que le plus grand nombre des industries manufacturières demandent leurs matières premières à l'agriculture, il est non moins vrai, que la plupart de ces industries, laissent des déchets, des résidus, qui font avantageusement retour à la terre. Mais, tandis que les matières premières et les produits fabriqués sont, d'une manière générale, largement étudiés dans les ouvrages technologiques, par contre, les résidus de fabrication sont bien moins connus; c'est ce que montre le peu d'étendue de l'index bibliographique placé à la fin de ce volume.

Cette lacune, nous avons essayé de la combler, en publiant cet essai de statique agricole, dans lequel nous nous sommes efforcé de faire ressortir la solidarité qui existe entre la production industrielle et la production agricole.

Les produits agricoles exportés de l'exploitation renferment des quantités variables, mais

toujours relativement élevées d'azote, d'acide phosphorique, de potasse et de chaux, qu'il faut restituer au sol, si on veut empêcher son appauvrissement. Or, beaucoup de résidus industriels renferment ces éléments de la fertilité en abondance et il est juste qu'ils fassent retour à la terre, d'autant plus, que la plupart constituant pour l'industrie des matières souvent encombrantes, peuvent être acquis à un prix relativement plus faible, à valeur fertilisante égale, que les engrais chimiques proprement dits. Aussi importe-t-il que l'agriculteur et l'industriel soient fixés sur la nature de ces résidus, dont beaucoup ne sont pas suffisamment appréciés. C'est l'éternelle question des « engrais perdus » que nous avons voulu faire revivre sous une autre forme. Or, le problème de la fertilisation du sol, est un de ceux qui prédomine dans l'économie rurale. La terre n'est pas inépuisable, loin de là ; plus on lui demande (et aujourd'hui on lui demande beaucoup), et plus elle s'appauvrit ; aussi le fumier de ferme qui constituait naguère le seul engrais dont disposait la culture, ce fumier, dont nous ne voulons pas médire, ne peut cependant plus suffire pour maintenir la fertilité des terres d'une exploitation, encore bien moins pour augmenter celle-ci. Il est de toute nécessité de faire venir du dehors les principes fertilisants qui sont enlevés par les

récoltes, mais il importe aussi, de se procurer ceux-ci au plus bas prix possible; tout le problème de la production économique est là.

Au point de vue de l'alimentation du bétail, qui est, en somme, un des côtés de la restitution, les résidus industriels sont assez bien connus, et, il y a peu de temps encore, un maître éminent, M. Ch. Cornevin, professeur à l'École vétérinaire de Lyon, dans un ouvrage magistral ⁽¹⁾ a jeté un jour tout nouveau sur cette importante question; mais, au point de vue de la fertilisation directe, il n'existe, à notre connaissance, aucun ouvrage spécial sur la matière. C'est pourquoi nous avons cru utile de réunir et de condenser le peu qui a été fait sur ce sujet, en y ajoutant quelques-unes de nos observations et recherches personnelles. Toutefois, ce n'est pas une synthèse générale que nous présentons aujourd'hui, c'est un résumé, une marche à suivre, un *aide-mémoire*, en un mot; c'est un sommaire, ou plutôt un canevas, pour ceux qui voudront approfondir cet intéressant sujet.

Quoique trop peu connus et appréciés, les résidus industriels, susceptibles d'être utilisés comme matières fertilisantes, sont cependant très nombreux et très variés, aussi avons-nous

(1) CH. CORNEVIN. — *Des Résidus industriels dans l'alimentation du bétail*. — 1 vol. Firmin-Didot et Cie. Paris, 1892.

dù nous borner aux plus importants. Pour éviter toute confusion, nous avons groupé ces matières suivant leur origine, établissant ainsi trois grandes divisions :

1° Résidus provenant des industries mettant en œuvre des *matières minérales*.

2° Résidus provenant des industries utilisant des matières d'*origine animale*.

3° Résidus fournis par les usines qui emploient des matières premières d'*origine végétale*.

Les deux premiers groupes font l'objet du présent volume.

En raison même de la diversité des procédés mis en œuvres par les industries dénommées en tête des chapitres de ce livre, il ne nous a pas été possible de suivre une marche uniforme dans l'étude des résidus.

Nous avons dû nous plier aux nécessités du sujet, et surtout nous avons été contraint de borner la nomenclature aux résidus seulement. Nous avons supposé connues les matières premières dont ils dérivent, tant en ce qui concerne leur obtention qu'en ce qui a trait à leur composition chimique (1). Ce n'est que tout à fait exceptionnellement, et quand la clarté du sujet l'a rendu absolument indispensable, que nous

(1) Dr G. PENNETIER. — *Leçons sur les matières premières organiques*. 1 vol. Masson, Paris, 1881.

avons brièvement résumé les notions relatives aux éléments dont dérivent les résidus, par exemple pour les scories de déphosphoration ou encore pour les déchets d'équarrissage (viande et sang desséchés), etc., pour les autres, nous avons été forcé, pour ne pas trop nous étendre, de renvoyer aux ouvrages spéciaux.

Tel qu'il est, et malgré ses imperfections, nous espérons que ce petit livre trouvera bon accueil auprès de tous ceux que les questions agricoles et industrielles intéressent. Sa seule prétention est d'appeler l'attention sur un sujet trop négligé, à notre avis. Si, en outre, cet aide-mémoire parvenait à faire éclore de nouvelles recherches sur l'utilisation des résidus industriels comme engrais, notre but serait en partie atteint.

PREMIÈRE PARTIE

INDUSTRIES MINÉRALES

CHAPITRE PREMIER

GAZ D'ÉCLAIRAGE

1. Importance des résidus. — Il n'est pas d'industrie qui laisse autant de déchets utilisables que celle du gaz de houille. Nous ne pouvons parler ici de tous ces produits dont quelques-uns ont même plus d'importance que le gaz d'éclairage lui-même, mais nous devons mentionner le coke, employé comme combustible, le charbon de cornues, les goudrons, dont on retire une foule de produits divers, dont les principaux sont la benzine, le phénol, la naphthaline et les innombrables couleurs dérivées de l'aniline. En outre, les usines à gaz fournissent des résidus utilisables par l'agriculture, parmi lesquels nous mentionnerons surtout les eaux ammoniacales qu'on peut employer directement dans certains cas, ou bien qui servent à la fabri-

cation du sulfate d'ammoniaque, le plus riche de tous les engrais chimiques azotés, et la chaux des épurateurs.

2. Chaux d'épuration. — En général, les chaux d'épuration du gaz ne sont pas employées, cependant on a proposé de les utiliser dans la fabrication des mortiers destinés à cimenter des murs extérieurs, mais, comme le fait remarquer Payen, l'odeur qu'exhalent longtemps ces chaux empêche d'en faire usage dans les constructions rapprochées des habitations.

Ces chaux d'épuration renferment une certaine proportion de gaz sulfhydrique et de matières goudronneuses. En outre, au sortir des appareils, elles contiennent toujours de 30 à 40 % d'eau.

Les composés sulfureux qu'elles renferment ne tardent pas à se décomposer à l'air libre, autrement dit, le sulfure de calcium se transforme en sulfite, puis en sulfate de chaux.

Vœlcker a donné l'analyse suivante d'une chaux à gaz qui peut servir d'indication pour d'autres chaux de même provenance :

Eau combinée et matière organique.	7,24
Oxyde de fer et alumine.	2,49
Sulfate de chaux	4,64
Sulfite de chaux.	15,19
Carbonate de chaux	49,40
Chaux caustique.	18,23
Magnésie et alcalis.	2,53
Matière siliceuse insoluble.	0,28
	100,00

Cette analyse indique la présence d'une forte quantité de sulfate de chaux qui se décompose facilement, même par l'acide carbonique, en mettant en liberté de l'acide sulfureux nuisible à la végétation. Il y a donc lieu, comme le recommande Vœlcker (1), de ne pas se presser d'employer une pareille chaux comme amendement; le mieux serait de la mélanger avec des déchets animaux ou végétaux à l'état de compost, que l'on conserve cinq ou six mois en tas avant de répandre sur le sol.

La précaution indiquée plus haut est d'autant plus sérieuse que ces chaux sont presque toujours imprégnées de cyanure et de sulfo-cyanure, dont l'influence sur la végétation est absolument néfaste, même à dose très faible. Or, par une exposition à l'air de plusieurs mois, ces produits s'éliminent.

MM. Muntz et Girard signalent un autre mode d'emploi de ces déchets, que nous devons faire connaître :

Quelquefois les usines épuisent par l'eau les chaux d'épuration et en enlèvent les sels solubles qu'on utilise pour la fabrication des sels ammoniacaux et du bleu de Prusse; une tonne peut servir à fabriquer jusqu'à 15 kilogrammes de bleu de Prusse et 15 à 20 kilogrammes d'ammoniaque. Cet épuisement enlève

(1) A. RONNA. — *Travaux et expériences du Dr Vœlcker*, t. I.

les produits les plus vénéneux, et, après une exposition à l'air, la chaux d'épuration lavée peut être utilisée sans inconvénient, soit dans les composts, soit à la manière de la chaux ou de la marne, soit en couverture sur les légumineuses, comme le plâtre. A ce moment, il ne reste plus qu'un mélange de carbonate et de sulfate de chaux, se présentant à un état pulvérulent, avantageux au point de vue de la répartition dans le sol et de l'efficacité comme engrais.

Mais, ainsi que le font remarquer les auteurs cités, c'est seulement lorsqu'on peut obtenir ces produits, vendus à pied d'œuvre, à très bas prix, qu'on doit les employer en substitution de la chaux.

3. Eaux ammoniacales. — Les eaux ammoniacales ou de condensation du gaz servent de matières premières dans la fabrication des sels ammoniacaux en général et du sulfate d'ammoniaque en particulier. Cependant, elles peuvent aussi être employées directement.

Ces produits, à leur sortie des usines, contiennent de 8 à 12 kilogrammes d'azote par mètre cube. On ne doit les employer en irrigation qu'après les avoir étendues d'environ dix fois leur volume d'eau, surtout sur les prairies.

Sur les terres nues, les eaux de condensation peuvent être utilisées pures, mais alors il faut s'y prendre de bonne heure, et l'épandage, qui peut être fait à l'aide d'un tonneau distributeur,

doit être terminé au moins six semaines avant les semailles ; l'alcalinité fortement prononcée de ces produits motive cette manière de faire.

Un procédé d'utilisation plus rationnelle, consiste à saturer de ces eaux, des matières absorbantes, telles que feuilles-mortes, sciures, cendres, etc., on obtient ainsi un excellent compost, auquel on peut encore ajouter des phosphates pour en augmenter la valeur fertilisante.

En tous cas, il ne faut pas oublier que la teneur des eaux de condensation du gaz en principes utiles est trop faible pour permettre des frais de transport élevés ; ce n'est que lorsque l'usine est à proximité des terres sur lesquelles on veut les répandre qu'on peut s'en procurer.

Mais ces eaux ammoniacales sont, paraît-il, plus que des engrais, elles posséderaient des propriétés insecticides très marquées sur lesquelles nous voulons appeler l'attention.

4. Les eaux de condensation comme insecticide fertilisant. — D'après M. Willot, elles détruiraient non seulement les vers blancs, les vers gris et les vers jaunes, mais encore et surtout les nématodes de la betterave.

Plusieurs communications à ce sujet ont été faites en 1894 et 1895 à la Société nationale d'Agriculture ; ne pouvant les analyser toutes, nous reproduisons ici une note publiée sur ce

procédé par M. E. Lefebvre, fabricant de sucre à Curgies (Nord), chez qui la méthode de M. Willot a été expérimentée dès 1891.

« Nous avons, dit-il, une terre rendue tout à fait impropre à la culture de la betterave, tellement elle était envahie par les nématodes. En 1888, nous avons encore emblavé cette terre de betteraves. La levée fut très belle, mais les betteraves ne tardèrent pas à se ressentir des attaques de ces funestes helminthes. Bref, la récolte fut nulle.

« En 1891, M. Willot, dont nous suivions avec intérêt les travaux qui devaient le mettre sur la piste de sa découverte, vint nous proposer de tenter une expérience au moyen des eaux ammoniacales du gaz. Nous nous sommes rendus à ces bonnes raisons et nous avons traité notre terre suivant ses instructions.

« L'opération réussit parfaitement et dépassa de beaucoup nos espérances. Pendant toute la végétation, la partie traitée fut toujours parfaitement distincte de l'autre. Elle était comme coupée au cordeau. Nous avons alors constaté un poids de 37 000 kilogrammes à l'hectare de bonnes betteraves, avec une richesse saccharine de 13 à 14 %, alors que sur la partie voisine, non traitée, la récolte était absolument nulle. Nous ferons remarquer que le rendement de 37 000 kilogrammes à l'hectare était, pour l'année 1891,

tout à fait extraordinaire. Les bonnes terres ne donnaient en moyenne que 25 à 30 000 kilogrammes.

« Nous avons considéré dès lors cette expérience comme tout à fait concluante. Pour nous, le fameux helminthe, qui cause tant de ravages, était menacé dans son existence, si l'on employait le mode de traitement préconisé par M. Willot.

« Restait à en trouver l'application, la limite exacte, le point juste et suffisant pour donner des résultats...

« Le mal est plus grand qu'on ne le pense ; et, ce qui le rend plus redoutable, c'est qu'il est ignoré de la plupart des cultivateurs et des fabricants. La terre est fatiguée, dit-on, et l'on ne cherche pas davantage. Il suffit cependant d'y regarder de près ; de tirer une plante et on la voit couverte d'une multitude de points blancs, qui vont donner naissance à plusieurs générations successives.

« Un autre point important que nous avons constaté depuis l'expérience de 1891, c'est que les récoltes qui se sont succédées depuis, se sont ressenties des effets du traitement, et ont dépassé de beaucoup celles de la partie non traitée.

« Ainsi, en même temps qu'on nous donnait un remède efficace, on nous gratifiait encore d'un

engrais précieux, qui nous permet d'avoir des récoltes de froment, d'orge, d'avoine, tout à fait splendides, sans engrais aucun, et malgré les années de sécheresse ».

Donc, deux faits seraient acquis, d'après M. Ed. Lefebvre : la destruction des nématodes par les eaux ammoniacales du gaz et l'efficacité de ces eaux comme engrais.

Mais, d'un autre côté, quoique d'autres attestations soient venues depuis confirmer la précédente en ce qui concerne l'action de ces résidus sur les nématodes, d'un autre côté, disons-nous, leur efficacité est loin d'être aussi évidente en ce qui concerne les larves d'insectes ⁽¹⁾.

Nous ne savons ce qu'elles ont donné contre les vers blancs (larves du *Melolontha vulgaris*) et le ver jaune (*Elatér segetum*), mais les essais que nous avons tentés pour la destruction de la

(1) Nous devons à la vérité de faire connaître que, d'après des expériences beaucoup plus récentes, effectuées par M. L. Gaillot, directeur de la station agronomique de l'Aisne, ce savant, opérant dans de grandes cases en maçonnerie et suivant les prescriptions de l'inventeur, a conclu à l'inefficacité absolue des eaux de condensation des usines à gaz et des crûds d'ammoniaque, pour la destruction des nématodes. D'après ces expériences, qui ont été faites dans différentes terres (franche, argileuse, calcaire et sableuse), ces eaux, même employées à des doses relativement élevées, se sont montrées très fertilisantes, mais nullement nématocides.

chenille, de la noctuelle des moissons (*Agrostis*) ont été tout à fait négatifs.

Ce qui revient toujours à dire que, dans l'état actuel de la question, aucun insecticide, applicable en grande culture, ne doit être généralisé.

5. Crüd d'ammoniaque. — Ne quittons pas les eaux d'épuration des usines à gaz sans signaler une autre matière fertilisante dont on a beaucoup parlé dans la presse agricole, dans ces derniers temps; nous voulons parler du *crüd d'ammoniaque*, au sujet duquel M. Launay, professeur d'Agriculture de l'Aisne, a fait plusieurs communications importantes.

Cet engrais a une coloration d'un brun bleuâtre, d'aspect terreux; ce n'est plus un produit naturel, mais un résidu d'épuration des eaux ammoniacales par les matières ferrugineuses.

Il contient, sous forme d'ammoniaque et de cyanure, une notable proportion d'azote, qui peut s'élever jusqu'à 12 $\frac{0}{100}$, mais qui varie d'ailleurs avec les usures qui livrent ce nouveau produit.

Le cours du crüd d'ammoniaque est actuellement très bas, comparativement à la teneur en azote et à la valeur de ce dernier. Certains marchés ne dépassent pas le prix de 0^{fr},60 à 0^{fr},70 le kilogramme d'azote, alors que, dans le sulfate d'ammoniaque, le kilogramme d'azote revient à 1^{fr},40 au moins.

Le crüd est employé par les agriculteurs de certaines régions de la France septentrionale ; mais on doit en faire usage avec beaucoup de prudence, car, étant très fertilisant, la végétation foliacée, sous son influence, prend des proportions parfois exagérées, souvent au détriment de la production du grain et avec des chances de verse de la récolte.

D'un autre côté, les cyanures que le crüd contient en assez forte proportion, détruisent toute végétation pendant les premiers temps de son emploi, et parfois plusieurs mois après. Il serait donc imprudent pour l'agriculteur de faire une culture immédiatement après l'épandage. Un intervalle de deux ou trois mois entre l'incorporation de l'engrais et le semis est absolument nécessaire.

Mais, par contre, il ne manque pas de terrains en France infestés de chiendent et d'autres mauvaises herbes tenaces, où le crüd pourrait produire de bons résultats. Ces herbes adventices seraient détruites en même temps que le terrain serait fertilisé pour longtemps. Il va sans dire alors, qu'il faudrait faire pendant une saison, le sacrifice de la récolte. Il faut environ 1 500 à 2 000 kilogrammes de crüd pour nettoyer la terre, et l'on pourrait, au printemps suivant, faire une culture fourragère, car les céréales risqueraient de verser.

Il est à souhaiter qu'on tente des essais dans ce sens, car les mauvaises herbes font le désespoir des cultivateurs, en raison de leur nature envahissante et de la difficulté presque insurmontable où on se trouve de les détruire économiquement.

Ce serait un beau résultat pratique, presque un rêve, que de voir les eaux d'épuration du gaz nous débarrasser à la fois des insectes et des nématodes par leur emploi direct, et des mauvaises herbes sous forme de crûd d'ammoniaque!

6. Sulfate d'ammoniaque. — La plus grande partie des eaux de condensation des usines à gaz sert à la fabrication des sels ammoniacaux et particulièrement à celle du sulfate d'ammoniaque, qui est le plus riche de tous les engrais chimiques azotés.

Cependant, tout le sulfate d'ammoniaque consommé par la culture ne provient pas des eaux de condensation, une partie est obtenue par le traitement des *eaux vannes* provenant de la fabrication des poudrettes. Ces eaux, très fortement chargées d'ammoniaque, sont distillées en général par le procédé de M. Figuera.

Pour les produits des usines à gaz, le sulfate est obtenu le plus souvent par les appareils Mallet. C'est ce système, légèrement modifié, qui fonctionne à la Compagnie Parisienne du gaz,

qui produit d'énormes quantités de sulfate d'ammoniaque.

Nous ne pouvons entrer ici dans les détails techniques que comportent le traitement des eaux ammoniacales, nous ferons simplement remarquer que, dans ces opérations, le sel est obtenu par le lavage du gaz d'éclairage au moyen de l'éclairage sulfurique étendu, et aussi par l'absorption, au moyen de ce même acide, des eaux ammoniacales provenant de la rectification des eaux goudronneuses. « Un traitement ultérieur permet de retirer le sel à l'état solide et purifié; ordinairement, les eaux de condensation sont soumises en chaudière à une distillation qui laisse partir les sels ammoniacaux volatils pour donner le sulfate beaucoup plus fixe ⁽¹⁾ ».

Le sulfate d'ammoniaque se présente en cris-

(1) Dans le *Précis de Chimie Industrielle* de Payen, revu par C. Vincent, cet auteur fait remarquer qu'en raison de l'importance toujours croissante des sels ammoniacaux, il est probable qu'on sera conduit à recueillir l'ammoniaque produite dans un certain nombre de fabrications, et qu'on laisse perdre encore aujourd'hui; on pourrait citer notamment la fabrication du coke métallurgique (certaines forges du Centre et du Midi ont déjà disposé leurs appareils pour recueillir l'ammoniaque et les goudrons), la défécation des jus de betteraves (une sucrerie traitant annuellement 10 millions de kilogrammes de betteraves pourrait produire 42 000 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque), la préparation de la soude caustique, la fabrication du salin de betteraves, etc.

taux isomorphes avec ceux du sulfate de potasse, c'est-à-dire sous forme de prismes à six pans, terminés par des pyramides à six faces.

Lorsqu'il est chimiquement pur, ces cristaux sont anhydres, de couleur blanche et transparente, ils présentent alors la composition suivante pour 100 :

Acide sulfurique	60,62
Eau	13,63
Ammoniaque.	25,75 (1)

Mais c'est là une composition théorique, car, dans le commerce, ce sel est toujours plus ou moins mélangé d'impuretés qui lui donnent une coloration grise, brunâtre, bleuâtre ou même rougeâtre, et abaissent son taux d'azote à 20 ou 21 tout au plus (2).

Le sulfate d'ammoniaque a une saveur piquante, il est efflorescent et soluble dans l'eau. Il fond à 140° et se décompose vers 200° en donnant du bisulfate et de l'ammoniaque.

C'est le plus important de tous les sels ammoniacaux, et sa production s'élève pour l'Europe entière à plus de 180 000 tonnes annuellement.

7. Emploi agricole du sulfate d'ammoniaque. — Le sulfate d'ammoniaque est d'un

(1) Il renferme alors 21,75 % d'azote.

(2) Pour l'analyse chimique de cet engrais, voyez *Analyse des Engrais*, par L. L'Hôte, 1 vol. Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.

usage moins courant comme source d'azote que le nitrate de soude, ce qui provient probablement de son prix légèrement plus élevé (actuellement 23,50 à 20,21 d'azote, contre 18,75 pour le nitrate de soude à 16 % d'azote); mais il faut bien remarquer aussi que le sulfate d'ammoniaque renferme une proportion beaucoup plus grande d'éléments utiles et qu'en outre, par son emploi, on est beaucoup moins exposé aux déperditions qui se produisent dans le sol quand on fait usage du nitrate de soude, qui est très facilement entraîné dans les profondeurs du sous-sol sous l'action des eaux de pluie, tandis que la terre arable, au contraire, retient plus facilement l'ammoniaque.

On applique cet engrais en automne, à la dose de 100 à 150 kilogrammes par hectare, qu'il ne faut pas dépasser pour les céréales, surtout dans les années humides, crainte de voir verser la récolte.

Quoique le sulfate d'ammoniaque puisse être employé en couverture, on l'enfouit le plus souvent par un fort coup de herse ou d'extirpateur.

Vœlcker ayant essayé l'action de divers engrais en couverture sur le froment, à la ferme du collège de Cirencester, en a obtenu d'excellents résultats, il en a été de même sur l'orge; sur ces deux plantes, le sulfate d'ammoniaque a donné des rendements à peu près semblables à ceux du

nitrate de soude essayé comparativement, mais les produits étaient plus denses et de meilleure qualité avec le sel ammoniacal. Sur l'avoine, l'azote ammoniacal s'est montré supérieur à l'azote nitrique; il en a été de même dans les expériences faites par Heiden, en Allemagne.

Par contre, dans les terres calcaires d'Eure-et-Loir, M. Garola n'a pas retiré du sulfate d'ammoniaque, sur l'avoine, les mêmes résultats; là le nitrate de soude s'est montré de beaucoup supérieur.

Il convient d'ailleurs de faire remarquer que le sulfate d'ammoniaque ne doit pas être employé sur les sols très calcaires ou sur les terrains fraîchement chaulés, car le carbonate de chaux ou la chaux déplacent l'ammoniaque, qui se volatilise en pure perte, tandis qu'il se forme du plâtre qui est loin d'avoir la même valeur fertilisante.

Mais, d'un autre côté, la présence de l'humus dans le sol fixe l'ammoniaque et ne le restitue qu'à mesure des besoins de la végétation, c'est ce qui explique les bons résultats du sulfate d'ammoniaque dans les terres riches en humus et peu calcaires.

D'autre part, M. Dehérain a montré par des expériences très précises que le sulfate d'ammoniaque réussit beaucoup mieux dans les terres fortes que dans les terres légères, surtout si les doses employées sont considérables; dans les

terrains de cette nature le sulfate d'ammoniaque se transforme bien plus facilement en nitrate. Voici d'ailleurs comment s'exprime M. P. P. Dehérain à cet égard (1) :

L'activité de la nitrification décroît avec la quantité de sulfate d'ammoniaque introduite.

— Nitrification de doses variables de sulfate d'ammoniaque dans 100 grammes d'une terre de jardin renfermant 32 % d'eau :

Azote ammoniacal introduit	Acide azotique dosé après 31 jours
0gr,000	0gr,013
0, 020	0, 075
0, 040	0, 070
0, 060	0, 060
0, 080	0, 042

Ainsi des doses énormes de sulfate d'ammoniaque peuvent encore se nitrifier dans un sol humide, mais elles se nitrifient moins bien que des doses moindres, et on conçoit dès lors que la terre forte, qui conserve l'humidité, qui absorbe l'azote ammoniacal, de façon que des dissolutions très étendues seules y circulent, constituent un milieu de culture bien plus favorable au ferment nitrique que les terres légères et que, par suite, il faille éviter de donner à ces dernières des sels ammoniacaux.

(1) P. P. DEHÉRAIN. — *Traité de Chimie Agricole*, p. 657.

M. Ad. Bobierre, directeur de la station agromique de Nantes, a formulé, à la suite de nombreuses expériences, l'opinion suivante sur l'action du sulfate d'ammoniaque à la dose de 150 à 250 kilogrammes à l'hectare, soit qu'on l'emploie à l'automne, soit qu'on s'en serve au printemps pour des prairies ou des plantes d'hiver qui avaient beaucoup souffert :

« Dans les terrains granitiques et schisteux, le sulfate d'ammoniaque doit être considéré comme un engrais auxiliaire des principes minéraux, et notamment de l'acide phosphorique et de la chaux combinée, introduits dans nos cultures. On sait que, dans ces terrains, la potasse est assez abondamment répartie par la nature.

« Quelquefois le sulfate d'ammoniaque utilisé au printemps et en couverture peut rendre à la végétation des froments qui auraient souffert une vigueur extrêmement favorable. A son aide, j'ai vu une récolte sur laquelle on ne comptait que médiocrement, malgré l'emploi de bon noir animal, être littéralement sauvée ».

Comme d'ailleurs pour tous les engrais salins, le sulfate d'ammoniaque donne, ainsi qu'on peut le voir, des résultats tout à fait différents suivant la nature des terres où on l'emploie.

C'est surtout en ce qui concerne la culture de la betterave à sucre que les différences sont marquées. C'est ainsi que M. Ladureau a obtenu

d'excellents résultats par l'emploi du superphosphate et du sulfate d'ammoniaque ; le résultat produit par l'adjonction du sulfate d'ammoniaque est extrêmement net. Ce sol azoté a élevé la récolte de 11 000 kilogrammes sur la parcelle qui n'avait reçu que du superphosphate et de 23 000 kilogrammes sur la parcelle sans engrais. Voici d'ailleurs les rendements :

Nature des engrais	Rendement en poids	Sucres produits à l'hectare
Sans engrais	32 400 ^{kg}	3 292 ^{kg}
Phosphate des Ardennes . .	33 800	3 596
Phosphate de Bourgogne . .	33 400	3 610
Superphosphate	44 700	4 559
Superphosphate et sulfate d'ammoniaque	55 400	5 246

M. Ladureau n'a pas comparé le sulfate d'ammoniaque au nitrate de soude, ce qui est à regretter, mais d'autres agronomes ont fait cette comparaison dans la culture de la betterave à sucre et la question a été assez bien résumée par MM. Müntz et Girard ⁽¹⁾ qui s'expriment ainsi à ce sujet :

Le nitrate de soude paraît mieux convenir au développement des plantes-racines que le sulfate d'ammo-

(1) MÜNTZ ET GIRARD. — *Les Engrais*, t. II, p. 302.

niaque, tout au moins en ce qui a trait au poids de la récolte. Pour les betteraves à sucre en particulier, il est généralement admis qu'on obtient des rendements plus élevés avec le nitrate de soude qu'avec le sulfate d'ammoniaque, mais qu'ordinairement la richesse saccharine de la betterave se trouve être en sens inverse, ainsi que le montrent les chiffres suivants, empruntés à M. Dehérain, à M. Joulie et à MM. Lawes et Gilbert, donnant le taux de sucre par 100 kilogrammes :

Auteurs	Sans engrais	Nitrate de soude	Sulfate d'ammoniaque
Lawes et Gilbert.	12 ^{kg} ,07	11 ^{kg} ,00	11 ^{kg} ,12
" "	13, 36	11, 35	12, 62
Dehérain . . .	16, 24	13, 37	15, 30
Joulie	13, 58	12, 97	14, 98

D'autres observateurs pensent que la différence entre le taux de sucre contenu dans la betterave, suivant qu'elle a été fumée au sulfate d'ammoniaque ou au nitrate de soude, n'est pas aussi considérable que les chiffres précédents le montrent; cependant le fait de la supériorité, comme richesse saccharine, de la betterave qui a reçu des sels ammoniacaux, nous paraît aussi nettement établi que la production plus élevée sous l'influence du nitrate de soude. Ce dernier sel, en outre, produit dans la betterave une plus grande accumulation de sels mélassigènes, qui ont une influence défavorable sur l'extraction du sucre.

Sur les prairies naturelles, le sulfate donne la plupart du temps, lorsqu'il est appliqué dans

des terres qui lui sont favorables, des rendements supérieurs au nitrate de soude. C'est ce qui résulte de nombreuses expériences faites par MM. Schattenmann, Marez, Huzard, Kuhlmann, Isidore Pierre et Lucet. Dans une série d'essais faits par ces deux agronomes dans les prés de Louvigny, près de Caen, ils obtinrent, sous l'influence de doses de sulfate variant depuis 25 jusqu'à 125 kilogrammes par hectare, des excédants de récolte variant de 20 à 35 %.

Ici l'effet fut certain, mais non proportionnel à la dose de sulfate et sa durée ne se prolongea pas au-delà d'un an.

8. Précautions à prendre dans l'achat du sulfate d'ammoniaque. — Comme tous les autres engrais chimiques, le sulfate d'ammoniaque, quoique constituant un résidu de fabrication, n'est pas à l'abri des fraudes et des falsifications. Il faut donc, lors de l'achat de ce sel, demander une garantie écrite du titre en principes fertilisants et avoir recours à une analyse effectuée par un chimiste sérieux.

Assez souvent le sulfate d'ammoniaque est additionné de sulfate de soude ou sel de Glauber. Mais M. A. Petermann, directeur de la station agricole de Gembloux (Belgique), a signalé une autre fraude vraiment inouïe ⁽¹⁾ que nous ne

⁽¹⁾ *Bulletin de la Station expérimentale agricole de l'État à Gembloux*, n° 13 (février 1876).

pouvons résister au désir de présenter à nos lecteurs, en laissant la parole à cet éminent chimiste :

Un cultivateur industriel de Péruwelz nous a adressé un échantillon de sulfate d'ammoniaque, avec prière d'en fixer le titre en azote. Il ne portait aucune autre indication que la marque n° 2, il se présentait, en réalité, sous l'aspect de sulfate d'ammoniaque noir, à petits cristaux et humide. Sa réaction fortement acide nous décida à en faire un examen plus approfondi avant de passer au dosage de l'azote.

Quelle ne fut pas notre surprise lorsque nous constatâmes que le prétendu sulfate d'ammoniaque était tout bonnement du *protosulfate de fer* (vitriol vert) moulu, ne renfermant que 0,30 % d'azote.

Nous croyions d'abord qu'il s'agissait d'une erreur : il nous répugnait d'admettre une fraude d'une pareille gravité : sur notre demande à l'expéditeur de nous donner des détails sur le marché et de nous communiquer le nom du vendeur, nous reçâmes la réponse suivante :

« L'échantillon que je vous ai envoyé m'a été remis par un voyageur français. Je lui ai dit qu'avant de traiter avec lui j'aimerais de connaître la richesse de son sulfate d'ammoniaque et que, pour cela, je m'adresserais à vous.

« J'aime à croire que je ne le reverrai plus. Je me félicite donc de ne pas avoir traité tout de suite avec cet individu et vous remercie du renseignement que vous m'avez donné à ce sujet ».

En effet, le vendeur s'est bien gardé de revenir et il a ainsi échappé à la justice. Cette tentative de fraude

est d'une gravité exceptionnelle, non seulement parce qu'on a offert une marchandise ne contenant que des traces insignifiantes d'azote, au lieu d'en renfermer 20 à 21 % (titre du bon sulfate d'ammoniaque), mais surtout parce que le sulfate de fer est une matière extrêmement nuisible à la végétation. Le cultivateur qui l'aurait employé en couverture, pour céréales d'hiver par exemple, aurait sans aucun doute détruit sa récolte et celui qui l'aurait mélangé avec d'autres engrais auxiliaires aurait préparé un engrais nuisible.

Le sulfate d'ammoniaque, cet engrais azoté par excellence, à cause de son prix élevé, est très exposé à toutes sortes de falsifications. Les mélanges avec du sable, du chlorure de sodium et du sulfate de magnésium ont été constatés; il nous a même été remis plusieurs échantillons qui renfermaient des quantités notables d'acide sulfurique libre, adhérent aux cristaux de sulfate d'ammoniaque. C'est ainsi que nous avons reçu un échantillon offrant la composition suivante :

Sulfate d'ammoniaque (1).	80,90 %
Acide sulfurique libre.	15,83 "
Eau et sable	<u>3,27</u> "
	100,00 "

L'emploi de pareils produits au moment du semis ou, plus tard, en couverture présente naturellement le plus grand danger, à cause de leurs propriétés corrosives.

9. Sulfate d'ammoniaque d'origine anglaise. — Le sulfate d'ammoniaque d'origine

(1) Azote ammoniacal 17,16 %.

anglaise (et c'est de beaucoup le plus abondant sur le marché) se présente souvent avec une couleur brun rougeâtre qui doit attirer l'attention. Elle est due à la présence de sulfocyanure de potassium, — crüd d'ammoniaque, — rhodan ammonium — qui, même à faible dose, constitue un toxique très violent pour les végétaux. 10 à 12 kilogrammes de cyanure à l'hectare suffisent pour amener une stérilisation complète.

Il faut donc s'abstenir de faire usage de sulfate d'ammoniaque présentant une pareille couleur, ou bien, lorsqu'on dispose de pareils produits, il est indispensable de les laisser pendant plusieurs semaines exposés à l'air libre, en ayant soin de remuer la masse de temps à autre; on parviendra ainsi à volatiliser en partie le sulfocyanure et on évitera de graves mécomptes qu'on ne manquerait pas, n'étant pas prévenu, d'imputer au sulfate d'ammoniaque lui-même.

CHAPITRE II

—

INDUSTRIE DE L'ALUN

10. Fabrication. — Sous le nom d'*aluns*, on désigne des sels doubles résultant de la combinaison de l'acide sulfurique avec de l'alumine et une base alcaline, qui peut être la potasse, la soude, l'ammoniaque, etc., de là les noms d'aluns ammoniacal, sodique ou potassique. Ce dernier est de beaucoup le plus répandu, c'est l'alun ordinaire.

Ce produit industriel très important, cristallise en octaèdres réguliers, il est transparent, incolore ou légèrement blanchâtre; sa densité est égale à 1,710, il a une saveur acide, astringente et sa réaction est acide. Les cristaux d'alun sont légèrement efflorescents; ils sont peu solubles dans l'eau froide, mais solubles dans l'eau chaude.

Lorsqu'il est pur, l'alun présente la composition suivante :

Potasse	10,82
Alumine	9,94
Acide sulfurique	33,77
Eau.	45,47
	<hr/>
	100,00

Mais la plupart des aluns commerciaux renferment des proportions variables de sulfate de fer, dont on cherche le plus possible à les débarrasser.

La fabrication de l'alun peut être réalisée de toute pièce, ou bien on l'extrait de certaines substances minérales, qui en renferment d'assez grandes quantités. Il y a d'ailleurs trois méthodes industrielles bien distinctes pour l'obtention de ce produit :

1° Fabrication au moyen de l'alunite (1),

(1) L'alunite est un sulfate d'alumine naturel qu'on trouve en Hongrie, en France, au Mont-Dore et surtout en Italie, à la Tolfa, près de Civitta-Vecchia. Ce minéral, dont la densité est 2,7, est amorphe, rougeâtre ou jaunâtre. Un échantillon provenant de la Tolfa, analysé par Vauquelin, a donné la composition suivante :

Acide sulfurique	25,0
Alumine	43,9
Potasse	3,1
Eau.	4,0
Silice	24,0

c'est l'alun de Roche ou de Rome, encore appelé, quoique à tort, *alun natif*.

2° Fabrication au moyen des argiles (roches alumineuses) et l'acide sulfurique (fabrication de toutes pièces).

3° Fabrication au moyen de schistes alumineux et pyriteux.

Ce dernier procédé est le plus important au point de vue spécial qui nous occupe, car il fournit outre l'alun, du sulfate de fer qui est employé comme engrais depuis quelques années et des cendres rouges ou cendres lessivées, dites cendres pyriteuses qui servent également dans la fertilisation.

I. CENDRES PYRITEUSES

11. Composition. — Les centres pyriteuses qu'on trouve dans de nombreuses localités, en France, en Picardie, dans l'Oise, les Ardennes, l'Aisne, etc., en Belgique, en Hollande et en Angleterre, sont des schistes formés d'un mélange de silicates d'alumine analogue aux argiles, de matières charbonneuses et bitumineuses et de pyrites de fer.

Dans le département de l'Aisne où ces matières sont très abondantes, on les trouve dans

l'étage sparnacien à la base de l'argile plastique. A Chailvet, près de Laon, où nous les avons particulièrement étudiées, les *cendres noires* présentent la disposition suivante : Immédiatement au-dessous de la couche végétale, on trouve un lit de sable quartzeux renfermant des grès très tendres, son épaisseur varie de 30 centimètres et 1^m,40.

Au-dessous un gravier coquilles renfermant des *ostrea belloracina*, des *cerithium variabilis* et des *melania inquinata*, cette couche a en moyenne 1^m,20 d'épaisseur. Au-dessous, une couche à peu près de même puissance, formée de glaise grise, puis les *cendres pyriteuses noires*, formant un lit de 2 mètres à 2^m,15 ; elles reposent sur une glaise bleuâtre, exploitée pour la briqueterie. Cette couche, qui mesure 5 à 6 mètres d'élévation, renferme elle-même quelques veines de cendres pyriteuses.

Comme on le voit, il y a environ 4 ou 5 mètres de *découverte* à enlever pour mettre ces cendres à jour, cependant, sur d'autres points, elles sont presque à fleur de terre.

Nous devons faire remarquer que, grâce aux pyrites qu'elles renferment, les cendres s'échauffent spontanément à l'air, dégagent énormément de chaleur et s'enflamment même quelquefois.

Un échantillon de cendres noires recueilli à Chailvet, dans le gisement précédemment décrit, nous a donné la composition suivante :

Sulfure de fer	17,2
Sulfate d'alumine	3,8
Sulfate de fer	8,4
Matières organiques	39,6
(contenant : azote)	(0,5)
Argile	10,0
Silice	8,9
Carbonate de chaux	3,1
Sulfate de chaux	1,0
Matières non dosées et pertes	8,0
	<hr/>
	100,0

12. Utilisation directe. — Si nous insistons quelque peu sur ces cendres noires, c'est que, dans plusieurs localités, on les utilise directement comme engrais, sans les faire servir à la fabrication de l'alun et du sulfate de fer. Ces cendres de Picardie, neuves, étaient beaucoup plus employées, il y a une trentaine d'années, qu'elles ne le sont aujourd'hui. Cependant une réaction semble se produire depuis peu en faveur de ces matières fertilisantes, et beaucoup de cultivateurs les utilisent à raison de 10 à 12 hectolitres par hectare, surtout sur les prairies artificielles et les pâturages. On ne les applique que quinze ou dix-huit mois, parfois même deux ans, après leur extraction des cen-

drières, après les avoir laissées exposées à l'air en gros tas, où elles s'échauffent et subissent une combustion lente, parfois vive, qui transforme le sulfure de fer en sulfate.

Ces cendres neuves sont connues sous le nom de *cendres noires*, en raison de leur coloration foncée.

13. Cendres lessivées ou cendres rouges. — Dans l'extraction de l'alun et de la couperose verte, on commence par griller les pyrites et cette oxydation qui se prolonge au-delà d'une année, dégage surtout de l'acide carbonique et du gaz sulfureux ; puis on soumet les produits grillés à des lavages successifs et parfois même à des filiations, si la matière est grenue. Ces lavages se font dans de grands bacs en maçonnerie ou *lessivoirs*, où on ajoute de l'acide sulfurique et aussi des vieux débris de ferrailles, afin de concentrer la solution. Les eaux, ainsi traitées, marquent environ 30° B, on les évapore en partie pour les amener à 38° B, puis on les fait arriver dans les *crystallisoirs*, vastes bassins en plomb, où elles restent environ trente jours.

Le sulfate de fer, qui, dans ce cas, peut être considéré comme un produit accessoire ou résidu, cristallise au fond et les eaux surnageantes, ne renfermant plus que de l'alumine avec quelques impuretés, sont soumises au *bre-*

vétage, c'est-à-dire qu'on les traite par une quantité convenable de sulfate de potasse ou d'ammoniaque pour transformer le sulfate d'alumine en alun.

Les cendres lavées, qui restent dans les lessiviers, sont livrées à l'agriculture; on les désigne sous le nom de *cendres rouges* ou lessivées, et elles se vendent en moyenne 80 centimes à 1 franc les 100 kilogrammes sur place. Leur valeur fertilisante, cela se conçoit, est beaucoup moindre que celle des cendres vierges, qui se vendent de 7 à 8 francs.

Les cendres rouges lessivées présentent en moyenne la composition suivante :

- Eau	30,0
.. Matières organiques	30,7
.. Sulfate de chaux	2,8
.. Sulfate de fer	1,6
.. Sulfate d'alumine.	1,6
.. Sulfure de fer	4,1
.. Sesquioxyde de fer	3,0
.. Silice	28,8
	<hr/>
	100,0

Dans plusieurs usines, on extrait simplement le sulfate d'alumine des cendres pyriteuses pour le transformer en alun et on laisse les sels ferrugineux.

On obtient alors des cendres dites *couperoses cristallisées*, un de ces produits provenant de

l'Oise, analysé par M. Laze, a donné la composition suivante :

Sulfate ferreux	46,93
Sulfate ferrique	0,32
Sulfate d'alumine	0,32
Eau d'interposition.	2,85
Matières insolubles (gangue et sulfure de fer)	47,43
Sulfate de chaux et non dosé . . .	2,47
	<hr/>
	100,00

Ces cendres cristallisées sont très employées pour prairies, avoine, pommes de terre et betteraves dans les terrains argileux et surtout calcaires.

On les répand en automne principalement, à raison de 3 000 à 5 000 kilogrammes par hectare.

II. SULFATE DE FER

14. Préparation. — Nous avons vu plus haut (§ 13), comment on obtient le sulfate de fer ou couperose verte, encore appelé vitriol vert, en concentrant les solutions de sulfate d'alumine des pyrites et en les épurant par le refroidissement, qui fait cristalliser le sulfate de fer. Le produit ainsi obtenu est toujours plus ou moins souillé d'alun.

A Paris et à Honfleur, on obtient du sulfate de fer beaucoup plus pur par un autre procédé, qui consiste à traiter les vieilles ferrailles, rognure et tournure de fer, par l'acide sulfurique à 15° B., provenant de l'épuration des huiles de colza.

15. Composition des couperoses commerciales. — Nous donnons ci-après en un tableau, la composition des diverses couperoses vertes commerciales,

Le prix des sulfates de fer qui, il y a une vingtaine d'années encore, oscillait entre 8 et 15 francs les 100 kilogrammes, suivant la provenance, a beaucoup baissé aujourd'hui. Ceux employés en agriculture se vendent maintenant de 5 à 6 francs les 100 kilogrammes.

Voici maintenant les applications principales des couperoses vertes : *teinture en noir, brun ou gris*, des fils, tissus, cuirs, etc., par la réaction spéciale du tanin contenu dans la noix de Galle, l'écorce de chêne, les copeaux de bois de châtaignier, le cachou et diverses substances tinctoriales; *fabrication de l'encre* par des réactions semblables; *dissolution de l'indigo de cuve* par une désoxydation du principe colorant; *fabrication du bleu de Prusse* en faisant agir le sulfate de fer sur le prussiate de potasse; *préparation de l'acétate de fer* par double décomposition (acétate de plomb par le sulfate de fer); *confection des poteries rouges*; *fabrica-*

Provenances	Aspect extérieur	Composition							
		Eau	Acide en excès	Sulfates de				Alun	
				Protoxyde de fer	Sesquioxyde de fer		Cuivre		Manganèse
					soluble	insoluble			
Paris . . .	Petits cristaux brun foncé entremêlés de cristaux clairs	47,5	3,4	47,9	0,8	0,3	0	0,1	0
Houffleur .	Cristaux vert clair, avec fragments plus foncés .	48,7	1,5	49,5	0,2	0,1	0	0,0	0
Noyon . . .	Cristaux vert clair, en- tremêlés d'un grand nombre de fragments plus foncés	48,40	0	46,80	1,11	0,19	0,99	0	2,51
Forges . . .	Gros cristaux vert éme- raude, assez foncés . . .	48,60	0	48,00	1,90	0,95	0,35	0	2,20

tion de l'acide sulfurique fumant ; désinfection des matières fécales contenant du sulfhydrate d'ammoniaque, que le sulfate de fer transforme en sulfate d'ammoniaque, sulfure de fer et eaux, tous trois inodores ; enfin, le sulfate de fer est employé en *arrosage sur les plantes chlorosées*, à la dose de 4 grammes par litre d'eau sur le sol et 1 gramme pour asperger les feuilles.

16. Emploi du sulfate de fer en agriculture. — Le rôle du sulfate de fer dans la fertilisation n'est pas encore bien élucidé, et il règne même assez de controverses à ce sujet parmi les agronomes. On ne peut pas attribuer à cette substance, dit le *Journal de l'Agriculture*, une action fertilisante directe, mais il paraît démontré désormais que, dans certaines circonstances, elle exerce dans le sol un rôle réducteur qui met en plus grande proportion, à la disposition des plantes, les éléments dont elles ont besoin, notamment dans les phosphates. Dans quelles circonstances ce rôle s'exerce-t-il ? Il est encore impossible de les déterminer avec précision. En tous cas, il paraît résulter des expériences pratiquées, que le sulfate de fer exerce surtout cette action dans les terrains calcaires. Quant aux doses de sulfate de fer à appliquer, elles devront varier suivant la nature du sol et suivant le but cherché.

En Angleterre, M. Griffiths a conseillé de ne

pas dépasser la dose de 65 kilogrammes par hectare; en France, dans les expériences faites par M. Fischer, en 1887, sur du blé et de l'avoine, avec 250 kilogrammes de sulfate de fer mélangé à 1 500 kilogrammes de plâtre, en terrain argilo-siliceux, on a obtenu une augmentation de 22 à 25 % dans le rendement par rapport à celui des carrés témoins qui n'avaient rien reçu. Dans un jardin d'Anizy (Aisne), l'emploi de 1 500 kilogrammes par hectare de sulfate de fer sur des pois, a donné des résultats magnifiques. La comparaison de ces faits montre qu'il y a encore beaucoup de points obscurs à élucider dans cette importante question ».

Dans le département de l'Aisne, nous avons vu employer le sulfate de fer dans maints endroits, notamment à Leuze, à Quennemont près Hargicourt, à Jouy, surtout sur les prairies naturelles et artificielles, à la dose de 200 à 400 kilogrammes par hectare. A Chaillevoi, des essais faits à la dose de 300 kilogrammes par hectare, sur les blés ont donné une augmentation de rendement de 12 %.

Dans les expériences faites à l'école d'Agriculture du Pas-de-Calais en 1895, en collaboration avec notre collègue M. Malpeaux (1), le

(1) A. LARBALÉTRIER et L. MALPEAUX. — *Note sur l'action des engrais magnésiens et du sulfate de fer.* Annales agronomiques, n° de janvier 1896.

sulfate de fer essayé sur les pommes de terre n'a pas donné de résultats en ce qui concerne les rendements, pour ce qui a trait au taux de fécule, son action a été manifestement défavorable, car nous avons obtenu :

N° 1 (témoin)	15,40 % de fécule
N° 2 (sulfate de fer)	10,00 "

sur la variété Richter's Imperator.

Dans d'autres essais effectués sur la betterave à sucre, le sulfate de fer a quelque peu augmenté le rendement en poids, mais son action a surtout été marquée sur la richesse saccharine. En effet, nous avons obtenu :

Rendement en poids	Densité du jus	Richesse saccharine
N° 1 (témoin) . . . 26 100.	7,1	13,7
N° 2 (sulfate de fer) 30 100.	7,8	15,2

Ce résultat avait déjà été obtenu en 1888, mais d'une manière moins accentuée, par M. Marguerite-Delacharlonny à Chailvet (Aisne) (1).

17. Rôle du sulfate de fer dans la fixation de l'azote atmosphérique. — S'il nous fallait même résumer les innombrables expériences

(1) MARGUERITE-DELACHARLONNY. — *Effets du sulfate de fer sur les betteraves*, t. I. Journal de l'Agriculture, 1889.

et les non moins multiples théories et discussions auxquelles a donné lieu le rôle agricole du sulfate de fer, le présent volume n'y suffirait pas. Cependant, nous devons mentionner l'opinion émise dans ces derniers temps par M. Bernard, directeur de la Station agronomique de Cluny, d'après lequel le sulfate de fer a pour effet de déterminer une fixation d'azote dans le sol, fixation qui, on le sait, a été considérée, dans ces dernières années, comme fonction de ferments spéciaux se développant sur les racines des plantes légumineuses.

Discutant les conclusions du professeur de Cluny, M. Quantin, directeur de la Station agronomique d'Orléans, s'exprime en ces termes :

Si l'expérience vient confirmer l'interprétation de M. Bernard, les conséquences pratiques seront des plus importantes. La fixation d'azote sera, en effet, proportionnelle à la quantité de sulfate de fer mise en œuvre, et l'on sera ainsi conduit à employer des quantités aussi considérables qu'il sera possible de le faire sans nuire à la végétation. C'est entre une récolte et les semailles qui la suivent qu'il conviendra d'appliquer de préférence le sulfate de fer; la terre ne porte, en effet, dans cet intervalle, que des plantes parasites, et les doses considérables de sulfate de fer, dont on pourra faire usage sans inconvénient, auront pour premier effet de les détruire; d'autre part, l'aération résultant des façons qui précèdent les se-

mailles, assurera une peroxydation du sulfate de fer suffisante pour parer aux inconvénients d'une accumulation exagérée de ce sel, surtout si, dans les terres plus calcaires, un chaulage vient préalablement activer la décomposition du sulfate.

Une autre conclusion importante serait que les terres riches en peroxyde de fer seront les plus aptes à fixer l'azote lorsqu'on le placera dans des conditions telles que la réduction du peroxyde de fer qu'elles renferment puisse se produire suivie ultérieurement d'une réoxydation; la mise en prairies de semblables terres pendant plusieurs années et le défonçage consécutif par des labours profonds seraient donc, dans l'hypothèse où nous nous plaçons, un moyen d'accroître la teneur du sol en azote. On voit qu'il y aurait là un vaste champ ouvert aux recherches.

En résumé, augmentation de la proportion d'acide phosphorique assimilable contenue dans le sol, et fixation de l'acide atmosphérique, tels seraient, en dehors de ses propriétés antiparasitaires, les avantages du sulfate de fer. Nous souhaitons que l'expérience vienne justifier l'opinion émise par M. Bernard.

18. Emploi du sulfate de fer pour la destruction des mousses dans les prairies et de la cuscute. — Parmi les mauvaises herbes qui croissent dans les prairies, il n'en est peut-être pas de plus dangereuses que les mousses. Or, on possède dans le sulfate de fer un excellent moyen pour les faire disparaître.

La quantité à employer dans ce but varie entre 300 et 400 kilogrammes par hectare; on choisit entre ces limites, suivant que la mousse est plus ou moins abondante.

On emploie, soit le sulfate de fer en poudre qu'on répand à la pelle, aussi uniformément que possible, soit une solution dans l'eau, ou plutôt dans le purin dilué, qu'on répand en arrosages. La meilleure saison pour effectuer ce traitement, sous l'influence duquel l'herbe devient plus vigoureuse, c'est le printemps.

La couperose verte est encore très avantageusement employée pour détruire la cuscute dans les luzernières, où cette plante parasite, envahissante au premier chef, produit parfois des dégâts considérables. C'est M. Ponsard qui a proposé ce moyen, qui est très efficace, à la condition toutefois qu'il soit appliqué avec discernement. Voici d'ailleurs la manière de procéder, de laquelle on ne devra pas s'écarter sous peine d'échec.

On commence par faucher et ramasser avec soin la luzerne et les filaments de cuscutes sur les places envahies; tous les débris seront transportés au dehors du champ à l'aide de sacs, afin que nulle parcelle de cuscute ne tombe sur la prairie artificielle. Cela fait, on arrosera les parties bien nettoyées avec une solution de 6 à 8 kilogrammes de sulfate de fer par hectolitre

d'eau ou de purin. A cet effet, on se servira d'un arrosoir à pomme, afin que le liquide tombe sur le sol sous forme de pluie fine. On agira, cela va sans dire, sur une surface un peu plus grande que celle qui aura été fauchée. D'ailleurs, on peut se rendre compte de l'action de la solution ferrique sur la cuscute. Elle sera assez concentrée, si un filament de la plante parasite, naturellement rosée, qu'on y plongera pendant une seconde, prend, après une ou deux heures, une coloration brune ou noirâtre qui indique bien qu'il a perdu sa vitalité.

CHAPITRE III

ACIÉRIES

19. Obtention de l'acier. — On sait que l'acier est un composé de fer et de carbone, plus carburé que le fer, moins toutefois que la fonte; il contient, en outre, une petite proportion de silicium. La quantité de carbone contenu dans l'acier, et pour ainsi dire combinée avec lui, oscille entre 0,60 % (acier doux) et 1,9 % (acier fusible). Dans le fer, le carbone ne dépasse guère 0,25 %, tandis que, dans la fonte, il y en a de 3,5 à 5 %.

Dans les fontes, le carbone se trouve à deux états : à l'état combiné et à l'état libre; la *fonte blanche* ne contient presque que du carbone combiné, la *fonte grise*, au contraire, qui est parfaitement fluide et propre au moulage, contrairement à la précédente, contient beaucoup de carbone libre.

Pour montrer l'existence du carbone à ces

deux états, on attaque les fontes par l'acide chlorhydrique. Le fer se dissout; le carbone libre se dépose en paillette de graphite; le carbone combiné, qui se trouve à l'état naissant, s'unit à l'hydrogène et donne des hydrocarbures (L. Serres).

Il y a trois méthodes d'obtention de l'acier :

1° Fabrication par addition de carbone au fer malléable, on a ainsi l'acier dit *naturel*.

2° Fabrication par la carburation du fer forgé, qui donne l'acier de *cémentation*.

3° Fabrication par l'affinage incomplet de la fonte, produisant l'acier de *forge*.

20. Déphosphoration des fontes. — Il est de toute évidence, que dans la fabrication de l'acier par ce dernier procédé, c'est-à-dire au moyen de la fonte, la composition chimique du produit dépendra de la composition des fontes servant à l'obtenir. Or, la fonte, outre le carbone, renferme toujours des corps étrangers qu'on trouve dans les minerais; parmi ceux-ci, il faut mentionner le *silicium* (1 à 9 %), il se transforme en silice pendant l'affinage; puis le *soufre*, généralement peu abondant, faisant même souvent complètement défaut; vient ensuite le *manganèse*, dans la proportion de 1 à 2 % dont la présence est considérée comme très favorable, enfin le *phosphore*, qui, dans certaines

fontes, dépasse la proportion de 2 % et qui jusqu'ici avait le grave inconvénient de donner des aciers cassants à froid. Il fallait donc trouver un procédé de fabrication de l'acier par affinage de la fonte éliminant le phosphore.

C'est ce qui a été réalisé, non seulement dans le convertisseur Bessemer, mais dans les fours, Martin, Siemens, dans lesquels on peut traiter aujourd'hui, grâce à une méthode particulière, les fontes les plus phosphoreuses. Non seulement l'acier produit est exempt de phosphore, mais les scories, résidus de cette opération, renferment une grande quantité de ce corps sous forme d'acide phosphorique unie à la chaux, c'est-à-dire dans un état utilisable par l'agriculture.

L'importance de cette découverte est telle, tant au point de vue sidérurgique qu'au point de vue agricole, que nous ne saurions résister au désir de l'étudier, tout au moins très sommairement.

21. Procédé Thomas et Gilchrist. — La solution du problème, dit M. Lodin, ingénieur en chef des mines, fut donnée en 1878, par MM. Thomas et Gilchrist, par application des principes posés par MM. Sainte-Clarie-Deville et Gruner (1).

(1) CH. LABOULAYE. — *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, t. 1.

Ce problème se trouvait ramené à celui de la fabrication de revêtements inattaquables à haute température par des scories très basiques.

Pour obtenir, avec de la chaux, de la dolomie ou de la magnésie, des revêtements suffisamment compacts et ne se fendillant pas à très haute température, il faut prendre des matières premières légèrement impures, c'est-à-dire contenant un peu de silice, d'alumine et d'oxyde de fer, qui donnent des silicates, aluminates ou ferrites extrêmement basiques, fort peu fusibles, mais pouvant néanmoins se fritter un peu. La dolomie a, sur la chaux, l'avantage de se fritter plus facilement et de moins se déliter ensuite. On cuit ces matières à une température voisine de celle à laquelle devra être soumis le revêtement à construire, de manière à les fritter sensiblement et à épuiser la contraction qui tend à se produire. On broie la matière frittée, puis on l'agglomère au moyen d'un élément qui lui apporte une plasticité suffisante, on moule, en briques ou sur place, la pâte obtenue, et on cuit enfin à une température suffisante.

Les revêtements en chaux, dolomie ou magnésie sont de beaucoup les plus répandus.

L'emploi de revêtements basiques rendait la déphosphoration possible en principe, mais il restait à en régler les détails pratiques. Au début, on eut à lutter contre de nombreuses difficultés tenant, d'une part, au peu de fluidité des scories très calcaires, et aux positions qui

en résultaient, d'autre part, à la rapidité avec laquelle se détruisaient les revêtements basiques.

On s'est borné à employer, comme unique addition, de la chaux bien cuite exempte d'humidité et, comme matière première, des fontes pauvres en silicium, à l'inverse de ce qui se passe dans l'opération acide, mais suffisamment chargées de phosphore et de manganèse, dites aujourd'hui fontes Thomas. Ces fontes tiennent au maximum 1 % de silicium, au minimum 1,5 % à 2 % de manganèse, 1,5 à 2 % de phosphore et souvent davantage ; elles sont produites en allure chaude, bien qu'elles aient la cassure blanche rayonnée.

Dans cette opération, le phosphore contenu dans les fontes Thomas se substitue donc, pour ainsi dire, au silicium dont on a dû abaisser la proportion pour augmenter la basicité des scories. Le manganèse sert surtout à assurer l'élimination du soufre au haut fourneau et à donner à la scorie du convertisseur une fluidité qui évite les projections violentes signalées fréquemment au début du procédé basique.

22. Scories de déphosphoration. — Par le procédé Thomas-Gilchrist, l'acier étant débarrassé du phosphore, il va de soi que celui-ci doit se retrouver dans les scories. Or, celles-ci sortent des appareils à l'état de fusion complète, ayant subi une température de près de 2 000°,

elles se figent lentement à l'air et prennent l'aspect de matières terreuses, en fragments plus ou moins grossiers, durs, présentant, d'endroits en endroits, à l'intérieur de la masse, des sortes de géodes garnies de cristaux transparents.

Pendant longtemps, ces scories ont formé autour des usines des accumulations encombrantes en raison de leur volume. Le seul emploi qu'on leur destinait au début, était l'empierrement des routes.

C'est en Allemagne que l'emploi des scories de déphosphoration, comme matière fertilisante, a pris naissance et ce n'est qu'à partir de 1886 qu'on a commencé non pas à les employer mais à s'en occuper en France, grâce à M. Grandeau, qui, par ses écrits et ses expériences multiples, a appelé l'attention des cultivateurs sur ces résidus.

Aujourd'hui les scories sont devenues un élément de fertilisation précieux pour l'agriculture et une large source de profits pour les aciéries. Ces scories, désignées en Allemagne sous le nom de *phosphate Thomas*, sont formées de chaux et de magnésic, de silice, d'oxyde de fer et de manganèse, de silice et d'acide phosphorique; leur composition quantitative est d'ailleurs fort variable. Les chiffres suivants, fournis par M. Grandeau, donneront une idée des écarts extrêmes que présentent les scories dans leur composition,

d'après la nature des fontes et le mode de préparation de la garniture des appareils métallurgiques, où s'effectue la déphosphoration :

Acide phosphorique.	8	à 24 ‰
Chaux	34	// 55
Magnésie.	3	// 20
Silice	7	// 15
Protoxyde de manganèse . .	4	// 6
" de fer	12	// 22
Soufre.	0,2	// 0,6
Alumine	1	// 12

Ce sont donc surtout, et avant tout, des engrais phosphatés et calciques. Mais on sait que la valeur d'un engrais phosphaté est surtout déterminé par l'état de combinaison dans lequel l'acide phosphorique se trouve avec la chaux. A ce point de vue, les scories méritent une étude particulière, car la forme du phosphate de chaux y est essentiellement différente de celle des phosphates naturels, des os (§ 43), du noir animal (§ 53), des superphosphates (§ 56) ou des phosphates précipités (§ 57).

23. Acide phosphorique des scories. — Tandis que les phosphates minéraux ou les phosphates d'os renferment l'acide phosphorique uni à trois équivalents de chaux, dans les scories, il est associé à quatre équivalents de cette base.

Les cristaux transparents jaunâtres qu'on trouve dans les géodes sont exclusivement cons-

titués par ce phosphate tétracalcique pur; c'est ce qui résulte des analyses de H. Albert, Petermann et Otto.

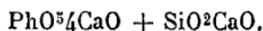
Ces cristaux ont, en effet, la composition suivante :

Composition des cristaux	Trouvée	Théorique
Acide phosphorique.	38,75	38,8
Chaux.	61,30	61,2
Phosphate tétracalcique . . .	100,05	100,0

Il résulte en outre des recherches de M. Grandeau, que :

Ce phosphate réduit en poudre fine et soumis pendant vingt-quatre heures à l'action d'un courant d'acide carbonique n'augmente pas de poids; il ne renferme donc pas de chaux libre. Très rapidement soluble dans le citrate d'ammoniaque acide (à 1,5 % d'acide citrique libre), il l'est beaucoup moins et bien plus lentement, dans le citrate ammoniacal alcalin.

Ce phosphate particulier semble, en outre, combiné dans les scories à un équivalent de silicate de chaux; la formule qui représenterait la composition de ce sel double serait :



Dans son mémoire de 1887, Otto a montré que la masse des scories présente la composition des cristaux. Il a déterminé la composition d'une

scorie et le groupement probable des éléments qui la constituent. Voici le résultat de ces observations :

Analyse de la scorie :

Acide phosphorique	19,02
Chaux	49,90
Magnésie	3,40
Oxyde de manganèse.	5,24
Alumine	1,10
Protoxyde de fer	5,14
Peroxyde de fer	8,06
Silice	8,20
Soufre.	0,60
	<hr/>
	100,66

D'après la composition trouvée aux cristaux, Otto représente la constitution de la scorie analysée de la manière suivante :

Composition centésimale :

Phosphate tétracalcique	49,02
Silicate de chaux	15,85
Chaux libre	11,00
Sulfure de calcium	1,35
Oxyde de manganèse.	5,24
Protoxyde de fer	8,06
Sesquioxyde de fer	5,14
Magnésie	3,40
Alumine	1,10
	<hr/>
	100,66

La masse des scories de déphosphoration est donc fournie par un mélange de phosphate et de silicate de chaux, qui diffère essentiellement des phosphates minéraux naturels, tant par sa constitution que par sa manière de se comporter vis-à-vis de certains réactifs.

24. Importance de la production des scories. — On se fait assez difficilement une idée de la masse énorme de scories de déphosphoration produite par les aciéries de l'Europe qui emploient le procédé Thomas.

C'est l'Allemagne et la Belgique qui viennent en tête, avec une production de plus de 800 000 tonnes par an ; puis les aciéries anglaises qui produisent environ 180 000 tonnes de ces résidus, et enfin les usines françaises, avec une moyenne de 150 000 tonnes.

C'est donc environ un million de tonnes de ces matières fertilisantes que l'industrie métallurgique met tous les ans à la disposition de l'agriculture, résidu de la fabrication de plus de 4 millions et demi de tonnes d'acier d'excellente qualité.

En admettant, ce qui est bien près de la vérité, que l'emploi de 1 000 kilogrammes de scories suffit en moyenne à la fumure *phosphatée* d'un hectare, et que l'acide phosphorique apporté sous cette forme fait sentir ses effets pendant cinq ans environ, cela fait une fumure de 200 kilogrammes par hectare et par an et, de ce fait, la masse des scories produites peut apporter la fertilité à cinq millions d'hectares par an. C'est dire que cette production est insuffisante et qu'elle laisse encore un champ très vaste à l'emploi des autres engrais phosphatés.

Il y a tout lieu d'espérer que la production des scories ira sans cesse en augmentant, car les brevets pris par MM. Thomas et Gilchrist sont tombés dans le domaine public.

Mais, ce qui serait surtout à désirer, c'est que la France cessât d'exporter la plus grande partie des scories qu'elle produit. C'est l'acide phosphorique du sol national, c'est-à-dire un de ses agents les plus précieux de fertilité qui s'en va à l'étranger.

Or, par une assez singulière anomalie, nous importons par contre près de 100 000 000 kilogrammes de superphosphates dont le prix est beaucoup plus élevé.

25. État physique des scories. — La valeur agricole des scories ne dépend pas seulement de leur teneur en acide phosphorique, il est aussi influencé par le degré de finesse auquel les a amenées le broyage, surtout pour les scories riches en silice, c'est-à-dire pour la grande majorité de ces produits.

Il y a quelques années encore on employait les scories phosphoreuses délitées à l'air, se présentant en fragments de la grosseur d'une noix, d'une noisette ou d'une lentille, et il faut bien avouer que, sous cet état, on n'en a pas toujours obtenu les résultats qu'on était en droit d'en attendre.

Aujourd'hui la pratique a clairement dé-

montré que l'emploi des scories brutes délitées à l'air, est beaucoup moins avantageux que l'emploi des scories broyées et passées dans un tamis fin.

Plus elles sont fines, fait remarquer à cet égard M. P. Genay, mieux elles valent. L'expérience a fait justice des prétentions des théoriciens qui, *a priori*, préconisaient l'emploi des scories en morceaux, prétendant que le délitement se ferait naturellement, sous l'influence des agents atmosphériques.

Or, ajoute le savant président de la société d'agriculture de Lunéville, j'ai encore depuis six ans de ces morceaux gros comme le poing et plus, qui ne présentent aucune désagrégation.

Ce qu'il faut exiger, ce sont des scories moulues, réduites à l'état de poudre, ou plutôt de farine impalpable. Les expériences si précises faites par M. Wagner, à la station agronomique de Darmstadt, ont mis en relief, de la façon la plus nette, l'influence de la finesse de la poudre, surtout sur le rendement de la première récolte.

Dans les achats de scories, ce degré de finesse est une condition d'acceptation ou de refus au même titre que la richesse en acide phosphorique.

Mais comment préciser le degré de finesse ?

Rien n'est plus simple, répond M. E. Saillard :

A l'aide d'un tamis à mailles très petites, on sépare facilement les parties fines des parties grossières et on calcule non moins facilement la proportion des unes et autres.

Dans le laboratoire, on fait souvent usage du tamis dont les mailles ont 0^{mm},17 de côté, et on admet que les bonnes scories laissent passer au moins 75 % de leur poids dans les parties fines.

Il est donc à recommander d'exiger ce degré de finesse dans les contrats d'achat et de ne pas accepter livraison de la marchandise, s'il n'est pas réalisé.

26. Appropriation des scories aux différentes terres. — Les sources auxquelles l'agriculture peut puiser l'acide phosphorique sont assez nombreuses. Indépendamment des scories, le cultivateur peut choisir parmi les phosphates naturels (nodules ou roches) les superphosphates, phosphates précipités, thermophosphates, noir d'os (§ 55), poudre d'os (§ 50), etc. Auquel de ces engrais donnera-t-il la préférence ?

Bien des expériences ont été faites pour élucider cet intéressant problème agricole, nous en relaterons seulement quelques-unes :

Dans des essais faits en pots par M. Wagner à la station agronomique de Darmstadt, 3 grammes

d'acide phosphorique ont déterminé un surcroît de rendement :

Sous forme de	En sol limoneux pauvre en humus	En sol de prairie riche en humus
Superphosphate. . .	369 gr. d'avoine	366 gr. d'avoine
Phosphate Thomas. . (fine mouture)	339 //	360 //
Phosphate belge. . . (fine mouture)	6 //	12 //
Farine d'os hachés à la vapeur.	57 //	153 //

Ces chiffres établissent clairement qu'en ce qui concerne la farine d'os notamment, il n'est pas indifférent que le sol soit riche ou pauvre en humus.

Le phosphate Thomas, au contraire, se dissout beaucoup plus facilement, même en sol limoneux, il ne tarde pas à agir et c'est à peine s'il a eu besoin de subir l'influence dissolvante de l'humus pour exercer à peu près la même action qu'une dose égale d'acide phosphorique de superphosphate, dans les conditions favorables qu'offraient les expériences.

L'absorption d'acide phosphorique est-elle urgente ; y a-t-il nécessité relativement pressante, que l'engrais phosphaté agisse promptement là où le sol n'offre pas encore un excédent suffisant

de cet élément fertilisant; alors on recourra au superphosphate. Au contraire, dans d'autres cas où la rapidité d'action de l'acide phosphorique n'est *nullement* aussi nécessaire, on se servira avantageusement de l'acide phosphorique du phosphate Thomas qui se dissout plus lentement et qui coûte notablement moins cher (D^r P. Wagner).

D'après M. P. Genay, les scories de déphosphoration conviennent généralement à tous les sols, même sur ceux qui sont calcaires, à la condition toutefois, pour ces derniers, qu'ils ne contiennent pas plus de 5 % de carbonate de chaux.

Pour les terres calcaires c'est au superphosphate qu'il faut avoir recours. Pour les terres non calcaires, il convient d'utiliser de préférence les scories de déphosphoration enterrées à l'automne, ou le phosphate de chaux précipité enterré au printemps. Les scories conviennent surtout aux terres argileuses et chargées de matières organiques, et le phosphate précipité aux terres légères, qu'elles soient riches ou non en matières organiques (H. Joulie).

En terres silico-argileuses, M. Andouart, dans la Loire-Inférieure, a également obtenu d'excellents résultats avec les scories, employées comparativement avec des phosphates naturels et des superphosphates.

Enfin, M. Grandeau semble avoir résumé cette question de l'appropriation au sol, dans les lignes suivantes :

Le phosphate des scories étant directement utilisable par la végétation sans que l'eau, les oxydes métalliques du sol, etc., aient à intervenir pour le rendre assimilable, son efficacité est assurée dans toutes les terres qui ont besoin d'acide phosphorique. Il y a cependant des sols où elle sera plus manifeste que dans d'autres : ce sont les sols siliceux et les sols argileux pauvres en calcaire. Les scories, outre la combinaison phosphatée qui en fait la valeur dans tous les sols, renferment d'importantes quantités de chaux dans une partie à l'état libre. Il s'ensuit que les terres dépourvues de chaux, si répandues en France, à l'action de l'acide phosphorique viendra s'ajouter celle de la chaux, en partie libre, des scories. On aura donc pratiqué un chaulage véritable par l'introduction de quantités un peu élevées de scories, celles-ci apportant au sol 45 à 50 % de leur poids de chaux dont un quart environ à l'état libre.

27. Appropriations aux plantes. — Nous venons de voir à quelles terres les scories seront le plus avantageusement appliquées, il nous faut voir, maintenant, si elles conviennent indistinctement à toutes les cultures. Ici, nous n'avons pas besoin d'entrer dans de bien longs développements. Les scories étant appropriées au sol et la plante cultivée étant elle-même appropriée à la

nature de cette terre, il est de toute évidence que la réussite est au bout, et qu'il n'y a plus à considérer que les exigences relatives des diverses plantes pour l'élément *acide phosphorique*.

C'est surtout sur les prairies naturelles que les effets des scories sont remarquables, lorsqu'on les emploie sans adjonction d'autres matières fertilisantes ayant pour but d'apporter au sol de l'azote et de la potasse.

On verra plus loin (§ 30) quelles sont les proportions de scories qu'il faut appliquer aux différentes cultures; pour l'instant nous mentionnerons seulement quelques expériences.

Voici les rendements en paille et grains rapportés à l'hectare, fournis par chacune des parcelles (1) :

Numéros des parcelles	Engrais	Paille en quintaux	Grains en quintaux
1	Nitrate seul.	15,00	3,20
2	Nitrate et superphosphate . .	14,71	9,50
3	// phosphate des Ardennes.	33,71	15,00
4	// thermo-phosphate . . .	39,75	21,30
5	// scories métallurgiques .	31,25	20,00

(1) Les scories et les thermo-phosphates (phosphates naturels chauffés à 1500 ou 1800°) ont donné dans ces essais, des résultats presque semblables.

D'abord, celles effectuées en 1887 par M. Grandeau, sur l'avoine, où les scories métallurgiques ont été essayées comparativement avec les phosphates des Ardennes, le thermo-phosphate, et les superphosphates.

Chacune des parcelles, d'une contenance de 25 ares, a reçu 150 kilogrammes d'acide phosphorique par hectare sous une de ces formes, et 31 kilogrammes d'azote, soit 250 kilogrammes de nitrate de soude par hectare.

D'autre part, M. Andouard a comparé, dans le champ d'expériences de Nantes, l'action des scories comparativement à d'autres engrais phosphatés, sur le blé de pays, le blé Victoria, l'avoine noire et les prairies naturelles. La terre ayant reçu le même poids d'azote assimilable a fourni à l'hectare, en 1889 :

Cultures	Nature des produits	Scories de déphosphoration Quintaux métriques	Phosphates fossiles — Quintaux métriques	Superphosphates — Quintaux métriques	Différences en faveur des scories Quintaux métriques
Blé du pays . .	Grain	21,8	19,4	//	2,4
	Paille	45,2	40,6	//	4,6
Avoine noire. .	Grain	22,8	18,6	//	4,2
	Paille	40,5	36,4	//	4,6
Prairies naturelles.	Foin	45,5	42,5	//	3,0
	//	55,5	50,1	//	5,4
Blé Victoria . .	Grain	24,0	//	20,4	3,6
	Paille	44,5	//	46,6	— 2,1

M. P. P. Dehérain, rendant compte de ces expériences, ajoute :

« Les scories de déphosphoration se sont donc montrées supérieures aux phosphates fossiles et même, quand on les a mises en comparaison avec les superphosphates, elles ont donné plus de grain, mais un peu moins de paille. On conçoit, d'après les résultats précédents, que les scories de déphosphoration soient considérées comme un engrais phosphaté des plus efficaces ».

28. Doses et mode d'emploi des scories.

— La quantité de scories métallurgiques à employer dépend beaucoup moins de la plante qu'on se propose de cultiver que de la nature du sol. Des doses oscillant entre 800 et 1 000 kilogrammes de scories en poudre fine, pour une période de trois ans, conviennent généralement.

Mais il ne faut pas oublier que les scories ne doivent jamais être considérées comme un engrais complet, il faut presque toujours leur adjoindre de l'azote et parfois même de la potasse, l'analyse du sol donnant, à ce sujet, les meilleurs renseignements. Mais, comme la plupart de nos terres sont insuffisamment pourvues d'acide phosphorique, elles complètent très bien la fumure au fumier de ferme.

Le rendement en paille est légèrement supérieur, en général, mais comme les scories em-

pèchent la verse, elles augmentent sensiblement, de ce fait, le rendement en grain.

D'une manière générale, l'agriculteur doit se pénétrer de cette idée que, pour avoir un bon résultat, il faut que la scorie soit enterrée au niveau du germe qu'elle doit nourrir, plutôt un peu plus haut que trop bas.

M. le D^r Stulzer, directeur de la station agromomique de Bonn, conseille d'adjoindre à la fumure aux scories, de la potasse (et de la magnésie) sous forme de kainite, et de l'azote, sous forme de nitrate de soude ou de sulfate d'ammoniaque (§ 6). Nous donnons ci-après, dans le tableau, les doses qu'il indique, pour les différentes cultures rapportées à l'hectare.

M. Grandeau a donné des chiffres qui ne s'écartent pas sensiblement des précédents et qui s'appliquent peut-être mieux à la majorité des terres françaises.

Les quantités d'engrais à employer dans une culture, dit le savant professeur, dépendent de deux données : 1^o la fertilité du sol, résultant de sa richesse propre en principes nutritifs ou des fumures antérieures ; 2^o les exigences de la plante que l'on veut cultiver.

C'est au cultivateur qui a étudié son sol, qui en connaît la fertilité approchée, à approprier aux cas spéciaux que présente son exploitation, les règles générales que l'on soumet à ses vérifications.

Cultures	Scories — Kilogrammes	Kainite — Kilogrammes	Nitrate de soude ou sulfate d'ammoniaque K, nitrate ou Kgr. sulfate
Blés.	800	400	400 ou 300
Pommes de terre.	400	"	300
Betteraves à sucre, carottes, etc.	900	"	400
Betteraves fourragères.	700	"	600
Légumineuses : pois, fèves, luzerne, trèfle.	700	500	
Prairies naturelles	600 à 800	500 à 600	
Plantes oléagineuses : pavot, colza, navette	1 200	600	500 ou 400
Plantes textiles : lin, chanvre	400 à 700	200 à 300	200 à 250 ou 150 à 200
Tabac (<i>sulfate de potasse</i>).	400	éviter pour le tabac	130 à 160 ou 100 à 120
Houblon (par 1 000 rames)	100	75	25
Arbres fruitiers (par arbre)	1	2	0,5
Vignes (par 1 000 cep)s	100	60	15

Pour les céréales, et en particulier pour l'avoine, l'orge et le maïs, on peut considérer comme bonne fumure moyenne les quantités suivantes :

Azote : 32 kilogrammes, soit 200 kilogrammes de nitrate de soude.

Acide phosphorique : 80 kilogrammes, soit 500 kilogrammes de scories.

Potasse : 50 kilogrammes, soit 100 kilogrammes de chlorure de potassium.

Ces quantités, pour un hectare, peuvent représenter une dépense de 100 francs au maximum.

Pour les pommes de terre. — 200 à 225 kilogrammes de nitrate de soude, 30 à 50 kilogrammes d'acide phosphorique (c'est-à-dire 200 à 300 kilogrammes de scories) 50 à 100 kilogrammes de potasse.

Pour les betteraves. — 300 à 400 kilog. de nitrate de soude, 60 à 80 kilog. d'acide phosphorique (c'est à-dire 400 à 500 kilog. de scories), et 100 à 125 kilogrammes de potasse.

Turneps, navets. — 300 à 400 kilogrammes de nitrate de soude, 50 à 70 kilogrammes d'acide phosphorique (c'est-à-dire 300 à 500 kilogrammes de scories), et 80 à 100 kilogrammes de potasse.

Le tout par hectare.

29 Épandage des scories. — L'époque à laquelle il faut incorporer les scories au sol et la

manière de les distribuer n'est pas non plus indifférente. M. Knab, répétiteur de métallurgie à l'École Centrale, a particulièrement étudié ce côté si pratique de la question. Voici ses principales conclusions :

Il faudra épandre, aussi régulièrement que possible, les scories à la surface du sol, trois semaines ou un mois avant le labour, qui précèdera les semailles. Un hersage énergique, si le temps le permet, favorisera la diffusion de la scorie, qui ne doit pas être enterrée à la charrue.

Bien qu'il soit de beaucoup préférable de répandre les scories dans les champs avant la semaille, on peut remédier à l'insuffisance de la fumure en répandant à l'automne, à la volée, sur les blés, des scories en poudre fine. Les pluies d'hiver ou de printemps les entraînent à la faible profondeur où se développent les racines.

Toutefois ce que M. Knab ne dit pas, mais que la pratique a bien mis en évidence, c'est qu'il ne faut jamais semer les scories en couverture au printemps sur les céréales, parce qu'elles favorisent le développement des mauvaises herbes qui sont à la surface du sol.

L'opération de l'épandage est de la plus haute importance, au point de vue de l'utilisation pour la plante des matières nutritives, qu'on introduit dans le sol.

L'épandage à la main, à la volée, n'est pas à recommander ; le semoir à engrais ou la pelle, à son défaut, sont préférables.

La meilleure pratique consiste à semer l'engrais au semoir, après l'avoir mélangé, à la pelle, à quatre ou cinq fois au moins son volume de terre fine.

En général, dit M. Knab ⁽¹⁾, il vaut mieux mélanger préalablement ensemble les divers engrais, en ajoutant au mélange une certaine proportion de terre fine. Dans la pratique, il est très commode d'ajouter aux engrais une quantité de terre fine, telle que le mélange total représente toujours le même poids à semer par hectare.

Enfin, il importe bien de savoir que, si l'on emploie à la fois des scories et du sulfate d'ammoniaque, il ne faut jamais mêler ces deux matières, car l'ammoniaque se dégagerait immédiatement. Ces deux engrais ne devront pas être répandus simultanément. A part cette exception, tous les autres engrais peuvent et doivent, de préférence, être mélangés.

A ces considérations nous devons ajouter que pour les prairies naturelles, les scories doivent être semées depuis octobre jusqu'à fin février au plus tard.

Si on n'a pas de semoir et qu'on soit obligé de semer à la main, il est préférable de choisir le

(1) LE COSMOS. — *Revue des Sciences*, n° du 31 janvier 1891.

moment où il y a un peu de neige, on fait ainsi un mélange plus régulier, car la neige, en fondant, sert de véhicule aux scories et les entraîne dans le sol à la profondeur voulue.

30. Falsifications et achat des scories métallurgiques. — Nous avons vu qu'il fallait accorder la préférence aux scories finement moulues (§ 25) et, d'autre part, à celles qui contenaient la plus grande quantité d'acide phosphorique.

À égalité de finesse et de teneur en acide phosphorique total, les scories exercent une action fertilisante d'autant plus marquée, qu'elles renferment plus de tétraphosphate de chaux, qui est soluble dans le réactif de Wagner, c'est-à-dire dans le citrate acide d'ammoniaque (1).

Mais ce n'est pas tout.

Les scories n'ont pas échappé à la falsification. Non pas qu'on y ajoute des matières étrangères dans les aciéries, la chose ne serait guère possible, ainsi que nous l'avons vu (§ 23), mais il n'en est plus de même chez les intermédiaires, aussi n'est-il pas rare, depuis quelques années,

(1) On prépare le réactif de Wagner en dissolvant 150 grammes d'acide citrique pur dans 350 centimètres cubes d'eau distillée. La solution ayant été neutralisée avec de l'ammoniaque, on ajoute 10 grammes d'acide citrique et on additionne avec de l'eau, en quantité suffisante pour faire un litre.

de rencontrer des scories additionnées de phosphates naturels ou de phosphates d'alumine, beaucoup moins chers, qui sont ensuite colorés en noir par l'adjonction de charbon très finement pulvérisé, pour rendre la constatation de la fraude impossible à la simple vue.

Mais, ce que l'œil ne peut voir, le réactif de Wagner le met en évidence. Il faut donc exiger la teneur en acide phosphorique total et en acide phosphorique soluble dans le citrate acide d'ammoniaque. Or, les bons produits accusent un coefficient de solubilité d'au moins 75 à 80 % de l'acide phosphorique total.

Le réactif de Wagner donne donc les indications les plus utiles, car il dissout le phosphate tétracalcique des scories, tandis que le phosphate tricalcique des phosphates naturels, ou même bicalcique des phosphates précipités n'y est que très faiblement soluble. Mais, et c'est là un point important que M. Hoyermann a encore tout récemment mis en évidence, la solubilité dans le citrate acide n'est pas une mesure de l'assimilabilité du phosphate par les végétaux ; il ne faut pas demander à ce réactif plus qu'il ne peut donner. Cet auteur pense que la richesse en chaux caustique des scories influe sensiblement sur leur désagrégation, une forte teneur en silice, diminuant, au contraire, la rapidité de leur action sur la végétation.

Conclusion : Ce n'est donc pas le dosage d'un ou de deux éléments chimiques qui peut renseigner sur la valeur agricole réelle d'une scorie, c'est l'analyse complète, portant sur tous les éléments constitutifs.

31. Superphosphates et phosphates précipités obtenus avec les scories. — L'acide phosphorique des scories n'étant pas soluble dans l'eau, on a essayé de traiter ces résidus par l'acide sulfurique, dans le but de les transformer en superphosphates d'une nature particulière appelés *superphosphate de fer* ou *scories dissoutes*. Ce traitement, loin d'être utile, est même franchement nuisible, car il convertit en sulfate ferreux (souvent nuisible à la végétation) l'oxyde de fer contenu en si grande quantité dans les scories.

Ces scories donnent donc des résultats qui ne sont nullement en rapport avec leur prix, qui se trouve augmenté du fait du traitement qu'elles ont subi.

On a aussi fabriqué avec les scories des phosphates précipités (§ 57). C'est surtout en Angleterre et en Allemagne qu'on s'est occupé de cette transformation par le procédé Scheibler, qui consiste à griller d'abord la scorie au rouge vif, à la traiter ensuite par la vapeur d'eau, puis par l'acide chlorhydrique. Par l'adjonction d'un lait de chaux, on obtient ainsi le phosphate précipité.

Voici la composition composée d'une scorie d'origine anglaise et du phosphate précipité ainsi obtenu :

Composition	Scorie	Scorie précipitée
Chaux	41,54	29,91
Magnésie.	6,13	0,63
Alumine	2,60	1,89
Protoxyde de fer.	14,66	traces
Peroxyde de fer	8,64	3,62
Protoxyde de manganèse	3,81	0,56
Silice	7,70	7,53
Acide phosphorique.	14,32	30,89
Acide sulfurique.	0,31	5,13
Soufre.	0,23	"
Acide carbonique.	"	0,28
Eau combinée.	"	11,68
Eau libre.	"	7,06

Or, il a été démontré, notamment par le D^r Stulzer, puis par le professeur Fleischer, directeur de la station agronomique de Brême, que le traitement par l'acide chlorhydrique ne fait qu'augmenter inutilement le prix des scories.

DEUXIÈME PARTIE

INDUSTRIES ANIMALES

CHAPITRE IV

LAINES ET LAINAGES

32. Matières premières, produits et résidus. — La fabrication du fil, des tissus et du drap de laine, donne naissance à une foule de résidus utilisables par l'agriculture, soit directement, soit après avoir subi certaines préparations que nous allons décrire sommairement.

Mais, au préalable, nous devons jeter un coup d'œil sur la matière première, c'est-à-dire sur la laine, dont l'importance agricole et industrielle est très considérable.

La laine est une substance filamenteuse, qui constitue la plus grande partie de la toison de quelques espèces animales, notamment des bêtes

ovines. Elle diffère des poils, en ce qu'elle est plus fine, plus douce, plus flexible et qu'elle présente une tendance naturelle à friser.

L'ensemble de la laine qui couvre un mouton, c'est-à-dire, la *toison*, pèse de 1^{kg},500 à 3^{kg},800, mais là-dessus il y a, indépendamment de la laine proprement dite, du *suint*, c'est-à-dire la matière grasse qui imprègne la laine, de l'eau, et la *jarre*, nom sous lequel on désigne des poils courts et raides qui sont impropres au tissage. Ces poils jarreux se trouvent surtout aux fesses, à l'encolure et à la queue; cependant, dans les races de moutons perfectionnées on est arrivé à faire disparaître presque complètement ces jarres.

La France produit annuellement environ 380 000 quintaux de laine, mais nos manufactures en utilisent 1 900 000 quintaux; l'excédent nous est fourni par la République Argentine, l'Australie, le Cap, etc.

L'industrie de la laine emploie certains termes techniques que nous aurons parfois à employer et au sujet desquels M. le D^r Pannetier donne les définitions suivantes ,

La laine est dite *surgé* ou *suint* lorsqu'elle est à l'état naturel, sans lavage préalable et, par conséquent, recouverte de son enduit gras dont la proportion est de 20 % dans les laines ordinaires et peut s'élever beaucoup plus dans les laines extrafines.

Lavée à froid ou à *dos*, elle a subi après la tonte ou sur le dos de l'animal un simple lavage à l'eau froide ou tiède, qui lui enlève un quart ou un tiers des corps étrangers.

Lavée à *chaud*, elle a subi ce qu'on appelle le lavage marchand, et a été débarrassée par l'eau chaude de la moitié ou des deux tiers de ces matières étrangères. Enfin, lavée à *fond*, elle a été entièrement dégraissée par les alcalis avant d'être passée à l'eau simple.

La toison des agneaux n'est pas, ordinairement, soumise à ces lavages et se vend en suint.

Les laines fines mérinos ou métisses-mérinos éprouvent, au lavage à fond, un déchet de 66 à 70 % ; ce qui fait varier leur rendement net en blanc de 30 à 34 %, tandis que les laines communes donnent un rendement de 30 à 42 % de leur poids en suint.

Nous n'avons pas à parler ici des caractères et propriétés des différentes laines, mais il nous faut dire quelques mots de sa composition chimique.

La laine brute a une composition assez complexe. Outre l'eau et le suint, dont il subsiste encore une assez forte proportion après le lavage à *dos*, on trouve une substance particulière propre à la laine, la *kératine*, riche en azote et en soufre.

Étant très hygrométrique, la laine contient de 5 à 8 % de son poids d'eau. Elle est riche

en azote, 15 à 17 %, aussi les déchets constituent-ils des engrais concentrés. La laine renferme de 1,5 à 2,25 % de cendres ou matières minérales.

D'après M. Chevreul, la laine brute de mérinos, séchée à 110°, renferme en poids % :

Laine proprement dite	312
Matières terreuses qui se déposent dans l'eau de lavage.	261
Suint de laine, soluble dans l'eau froide.	327
Graisses particulières (stéarérine et oléérine).	86
Matières terreuses fixées par les graines	14
	<hr/> 1 000

Les déchets de fabrication employés en agriculture sont assez nombreux.

33. Emploi agricole des résidus. — Les principaux sont :

- Les tontisses ;
 - Les poussières de laine ;
 - Les boues de lavage ;
 - Les chiffons de laine ;
 - Le tourteau de suint, etc., etc.
- L'emploi des déchets de laine a depuis longtemps attiré l'attention ; voici notamment ce qu'en dit Chaptal (1) :

(1) CHAPTAL. — *Chimie appliquée à l'agriculture.*

« Un des phénomènes de végétation qui m'ont le plus étonné dans ma vie, c'est la fertilité d'un champ des environs de Montpellier, qui appartenait à un fabricant de couvertures de laine.

« Le propriétaire y faisait apporter, chaque année, les balayures de ses ateliers, et les récoltes en blé et fourrages que j'ai vu produire à cette terre étaient vraiment prodigieuses ».

« Pendant longtemps, poursuit l'illustre chimiste, les Génois recueillaient avec soin, dans le midi de la France, tout ce qu'ils pouvaient trouver de retailles et de débris de laine, pour les faire pourrir aux pieds de leurs oliviers ».

Beaucoup d'agronomes, dans ces dernières années, se sont occupé de l'emploi agricole des déchets de l'industrie lainière, toutefois le travail le plus complet sur ce sujet important a été publié par M. Petermann ⁽¹⁾ auquel nous ferons de fréquents emprunts.

34. Déchets de laine. — Sous le nom de déchets, on désigne les débris provenant des toisons après peignage; ceux-ci, on le comprend sans peine, sont très riches en poils jarreux, leur teneur en azote varie entre 2 et 6 %₀. M. Petermann a donné la composition de treize échan-

(1) *Bull. de la station agr. exp. de l'État à Gembloux* (Belgique).

tillons de ces produits. Nous en donnons ci-dessous le tableau :

ÉCHANTILLONS DE DÉCHETS DE LAINE ANALYSÉS
PAR M. PETERMANN

Numéros	Eau 0/0	Matières organiques 0/0	Matières minérales 0/0	Azote 0/0	Acide phosphorique 0/0	Observations
1	10,29	79,78	9,93	2,88	0,44	Très riches en graines
2	13,99	75,85	10,16	3,99	0,33	
3	13,63	75,81	10,56	3,64	0,43	
4	6,76	83,70	9,54	2,14	"	Très riche en graines et en paille.
5	"	"	"	2,59	0,35	Très impurs.
6	"	"	"	6,67	"	Très purs, presque pas de graines et de paille.
7	"	"	"	3,32	"	
8	"	"	"	3,01	"	Très impurs.
9	"	"	"	5,76	"	Purs.
10	"	"	"	3,25	"	Assez purs.
11	"	"	"	2,96	"	Très riches en graines et paille.
12	"	"	"	5,38	"	Assez purs.
13	"	"	"	4,33	"	Assez purs.

D'autre part, le Dr Vœlcker a donné une analyse beaucoup plus complète d'un de ces engrais, surtout employé en Angleterre dans la culture des navets.

Voici cette analyse :

Eau	21,26
Matière organique soluble et sels ammoniacaux (1).	10,52
Matière organique insoluble . . .	5,28
Biphosphate de chaux (2)	1,41
Sulfate de chaux hydraté	33,41
Phosphates insolubles	12,63
Carbonate de chaux	"
Sels alcalins	15,26
Matières siliceuses insolubles. . .	10,23
	<hr/>
	100,00

Ces débris de laine sont des engrais à décomposition lente, M. Petermann s'exprime ainsi en ce qui concerne leur emploi :

A la dose de 2 000 à 2 500 kilogrammes par hectare, surtout enfouis avant l'hiver, les déchets de laine produisent d'excellents résultats, qui se font encore ressentir pendant la seconde et même pendant la troisième année de leur emploi. Mais le cultivateur ne doit pas oublier que les déchets de laine constituent un engrais exclusivement azoté, car la quantité de matières minérales qu'ils renferment est insignifiante et même les échantillons riches en graines atteignent à peine un titre de 0,5 % d'acide phosphorique. Ces graines, parmi lesquelles on rencontre surtout le *Medicago maculata* (luzerne maculée), le *Medicago ciliaris* (luzerne ciliée) et le *Carduus tenuiflorus* (chardon), ne renferment elles-mêmes pas plus de 1,0

(1) Contenant 2,96 d'azote, soit 2,63 d'ammoniaque.

(2) Correspondant à 2,21 de phosphate tribasique.

à 1,5 % d'acide phosphorique; elles ne peuvent donc pas augmenter d'une manière sensible la richesse des déchets de laine en acide phosphorique, même lorsqu'elles s'y trouvent en quantité considérable.

Ajoutons ici que l'abondance des graines de luzerne dans les laines de Buenos-Ayres et d'Australie a fait naître une nouvelle fraude dans le commerce des graines, laquelle consiste à mélanger aux graines de trèfle, les graines de luzerne que l'on sépare de déchets de laine. Ces graines sont plus grosses, plus allongées et plus aplaties que celles du trèfle et sont faussement appelées dans le commerce *luzerne du Chili*; elles produisent une petite plante maigre, qui n'est qu'annuelle. Ces graines sont aussi fréquemment employées à la falsification des tourteaux alimentaires (1).

35. Tontisses de laine. — On donne le nom de tontisse à la laine enlevée par la tondeuse sur la surface d'une étoffe tissée.

Ces tontisses sont en général plus riches en azote, elles en contiennent de 4 à 6 %.

La décomposition de ces produits dans le sol est encore beaucoup plus lente que celle des dé-

(1) M. FOUQUET recommande de semer ces graines pour produire des engrais verts. Comme quelques échantillons que nous avons examinés possédaient un pouvoir germinatif très faible, nous engageons les cultivateurs qui voudraient suivre cet excellent conseil à semer au moins le triple de la quantité qu'ils emploient habituellement pour le trèfle.

chets précédemment examinés, aussi les tontisses sont-elles employées de préférence sur les cultures arbustives, vigne, olivier, houblon, etc.

Le plus souvent les fabriques d'engrais achètent ces débris et les traitent par la vapeur d'eau sous pression, ce qui transforme une partie de l'azote organique en azote ammoniacal et rend le produit plus rapidement assimilable.

Deux de ces tontisses ainsi traitées par la vapeur d'eau ont donné la composition suivante, en ce qui concerne l'azote.

Composition azotique	Azote organique	Azote ammoniacal
1 ^o	8,52 %	0,74 %
2 ^o	5,29	0,15

36. Poussières de laine. — Par le battage des laines, on obtient des poussières très fines, qui, mélangées aux balayures, contiennent de 2 à 5 % d'azote. En Angleterre, ces engrais, connus sous le nom de *shoddy*, y sont employés pour le blé et le houblon.

En France, on les désigne plus spécialement sous le nom de *poudrette de laine*. Elle se présente sous forme d'une poudre de couleur brune et constitue également un engrais à décomposition lente.

D'après Wolff, cette poudrette contient en moyenne :

Azote	5,2
Acide phosphorique	1,3
Potasse	0,3

On y trouve aussi une certaine proportion de matières grasses. Une analyse plus complète effectuée à la station agricole de Gembloux a donné :

Eau	8,59	
Matières organiques	75,82	
Matières minérales .	7,45	renfermant
		$\left\{ \begin{array}{l} 0,67 \text{ de po-} \\ \text{tasse.} \\ 0,85 \text{ d'acide} \\ \text{phosphori-} \\ \text{que.} \end{array} \right.$
Insoluble dans l'acide chlorhydrique (sable, etc).	<u>8,14</u>	
	100,00	
Azote organique . .	3,00	

37. Boues de lavage. — Lorsqu'on effectue le lavage des laines dans le but d'en extraire le suint, dont il est parlé plus loin (§ 39), il se dépose des débris et matières étrangères, impurétés diverses qui se déposent sous forme de boues contenant une certaine quantité de débris de laine. Ces dépôts sont employés comme engrais.

M. Petermann a analysé un échantillon provenant de Verviers, il y a trouvé :

Eau	48,50 %	
Matières organiques	12,16	
Matières minérales .	39,34 renfermant	{ 0,28 de potasse. 0,12 d'acide phosphorique.
	—	
	100,00	
Azote organique . . .	0,49 %	

Cette analyse montre que ces boues renferment une certaine dose, quoique faible, de principes utiles à la végétation, et qu'on aurait tort de les laisser perdre.

Cependant, il ne faudrait pas s'exagérer la valeur agricole de ces résidus, M. Petermann appelle d'ailleurs l'attention des cultivateurs sur ce sujet :

Pour nous rendre approximativement compte de la valeur de ce dépôt, calculons les matières fertilisantes qu'il renferme au prix auquel nous les achetons dans les engrais commerciaux :

0 ^{kg} ,40 d'azote organique . .	à p. 1,50 = 0 ^r ,74
0, 12 d'acide phosphorique .	à p. 0,50 = 0, 06
0, 12 de potasse.	à p. 0,40 = 0, 11
	—
	0 ^r ,91

Les 1 000 kilogrammes de ces boues auraient donc une valeur théorique de 9^r,10. Lorsqu'il s'agit d'exa-

miner s'il est avantageux pour le cultivateur d'acheter de semblables produits, comme, par exemple, les boues de lavoir, de laine, de betterave, les curures des étangs et des fossés, des balayures de rues, etc., en général tous les produits qui, sous un grand volume, renferment une faible dose de matières fertilisantes, la question principale est celle des frais de transport. Souvent le prix de revient du kilogramme d'azote, d'acide phosphorique ou de potasse est, à cause des frais de transport et de maniement, plus élevé dans les engrais que nous venons d'indiquer que dans les engrais concentrés du commerce; dans ce cas l'achat de ces déchets serait irrationnel.

Pour l'industriel, cependant, il y a souvent des raisons de force majeure qui l'obligent à s'en débarrasser.

38. Eaux d'épillage. — Les mêmes considérations s'appliquent au liquide qui a servi à l'épillage chimique de la laine. Pour débarrasser la laine ou les étoffes déjà fabriquées des différents impuretés végétales, surtout des débris de paille, des enveloppes de graines, etc., on les trempe dans un bain d'acide sulfurique étendu, marquant ordinairement 5° Baumé, et on les fait passer à travers une étuve chauffée à 100°C.

« A ce sujet, dit M. Petermann, nous avons constaté un fait intéressant : des graines de *Medicago maculata*, extraites d'étoffes ayant subi ce traitement, avaient conservé leur pouvoir germi-

natif, malgré l'action combinée de l'acide et de la chaleur.

Un échantillon du liquide ayant servi à l'épauillage chimique de la laine nous a été adressé par une fabrique de la province de Flandre occidentale; ce liquide était trouble, d'une couleur jaune et d'une réaction acide. Le liquide, y compris les matières en suspension, a donné la composition suivante :

Par hectolitre :

0^{kg},052 d'azote nitrique.

0^{kg},092 d'azote organique.

0^{kg},043 d'acide phosphorique dissous par l'acide sulfurique.

0^{kg},857 de potasse sous forme de sulfate de potasse.

La valeur théorique de ce liquide est de 0^{fr},65 l'hectolitre.

Quant à son emploi comme engrais, nous devons faire les mêmes réserves que pour les dépôts des eaux de lavage des laines. Dans les endroits très proches de l'usine, il peut être employé avantageusement; mais alors il ne faut pas perdre de vue que ce liquide renferme de l'acide sulfurique libre; on ne doit donc en faire usage qu'avec beaucoup de prudence. Il faut, par exemple, n'utiliser ces résidus qu'après y avoir ajouté du phosphate de chaux, des phosphorites ou des os, en rapport avec la

quantité d'acide sulfurique libre qu'ils contiennent.

Mais ce liquide convient tout particulièrement pour l'arrosage des tas de composts renfermant, soit des matières dont on veut accélérer la dissolution, soit des matières organiques dont on veut fixer l'ammoniaque qui pourrait se dégager pendant la fermentation.

39. Suint de laine. — Le suint des toisons, enlevé par lavage mécanique, constitue à la fois une matière première, en ce sens que, traité industriellement, on peut en extraire une notable quantité de potasse, et un résidu de fabrication utilisable par l'agriculture.

Le suint comprend non seulement les matières sécrétées par la peau du mouton, mais des substances étrangères provenant de l'extérieur; telles que poussières, excréments, etc. Sur 100 parties de suint, il y a environ 60 de matières organiques, et 40 de matières minérales.

M. Chevreul a montré que la matière organique est surtout formée de matières grasses : stéarine, alacérine, cholestérine, acide suintique, etc.

Comme le font remarquer MM. Payen et Vincent, l'extraction de la potasse de suint ne peut être effectuée que dans les centres de l'industrie lainière. Le cultivateur ne devra pas oublier que la potasse du suint est enlevée au

sol par les plantes qui ont servi de nourriture aux moutons, et songer à la lui restituer sous une forme quelconque. A ce point de vue, le suint de la laine importée des pays étrangers, offre un intérêt économique particulier.

L'extraction de la potasse de suint a perdu de son importance depuis le développement de l'industrie des sels de Stassfurt; néanmoins, elle a sa raison d'être dans les centres de l'industrie de la laine, où elle peut fournir des quantités considérables de potasse très pure ne contenant que peu de soude.

Là où les eaux de suint ne servent pas à l'extraction de la potasse, ces eaux peuvent être utilisées directement comme engrais, et l'urine putréfiée que l'on fait habituellement intervenir pour faciliter le désuintage ajoute encore aux qualités fertilisantes des eaux de lavoirs à laine. « J'ai vu, dit Chaptal, un marchand de laine de Montpellier qui avait établi son lavoir au milieu d'un champ dont il avait transformé une grande partie en jardin; il n'employait pas d'autre eau pour arroser ses légumes que celles de ses lavages; tout le monde allait admirer la beauté de ses productions (1) ».

Ces eaux de suint pourraient être employées avantageusement en irrigations dans les loca-

(1) CHAPTAL. — t. I, p. 133.

lités voisines des fabriques; on pourrait aussi s'en servir pour arroser les fumiers et les composts. On a calculé que le suint provenant de toutes les laines récoltées en France, est capable de servir d'engrais à 150 000 hectares de terre (J. Girardin et A. Du Breuil).

40. Chiffons de laine. — Quoique les chiffons de laine ramassés par les chiffonniers et triés dans des magasins spéciaux, ne constituent pas, à vrai, dire des résidus *industriels*, nous croyons indispensable d'en dire quelques mots, car ils constituent une matière fertilisante précieuse à plus d'un titre.

Les chiffons de laine ont une composition assez variable, car il n'est pas rare que le tissu laineux soit plus ou moins mélangé d'autres (stéarérine et élaérine), de la cholestérine et de l'acide suintique ⁽¹⁾,

Les matières minérales du suint contiennent surtout des sels de potasse, carbonate, sulfate, chlorure, etc., et une faible proportion de chaux, d'acide phosphorique et de fer.

Le suint est employé à divers usages.

Dans certaines circonstances, dit M. E. Bouant, on le calcine en vase clos pour en retirer des gaz d'éclairage. Plus souvent, on le soumet

(1) Acide organique azoté encore imparfaitement connu.

à un traitement ayant pour but d'en extraire, soit le carbonate, qui forme plus de 86 % de son poids, soit du prussiate de potasse, ou les deux sels à la fois.

L'extraction du carbonate de potasse est extrêmement simple. On soumet les laines à un lavage méthodique à froid, dans une quantité d'eau aussi petite que possible, de façon à avoir une dissolution très concentrée de carbonate de potasse, renfermant une partie des matières organiques. Cette dissolution est évaporée à sec, puis calcinée pour décomposer la matière grasse. En reprenant par l'eau, le charbon reste et on a une dissolution de carbonate de potasse presque pur, qu'on évapore. La potasse de suint est beaucoup plus pure que toutes les potasses commerciales (1).

Les eaux de lavage de 1 000 kilogrammes de laine donnent 75 kilogrammes de potasse de suint.

D'après Girardin, « s'il était possible à nos fabricants de laver à l'eau simple, les toisons de tous les moutons de France, ils jetteraient dans le commerce 12 millions environ de kilogrammes de potasse pure, de sorte que nous trouve-

(1) Une potasse de suint provenant de la potasserie de Rœux (Pas-de-Calais), nous a donné à l'analyse 77 % de carbonate de potasse. A. L.

rions sur notre sol toute la potasse nécessaire à nos besoins ; et si cette potasse était convertie en salpêtre, on obtiendrait annuellement 17 millions et demi de kilogrammes de ce sel ».

C'est à MM. Maumené et Rogelet que l'industrie française est redevable de la méthode d'extraction de la potasse du suint, exposée sommairement plus haut. C'est en s'inspirant des recherches de Chevreul que ces savants sont arrivés à cette découverte en 1860. Cette méthode est appliquée dans les centres de l'infibres de coton, de lin ou de chanvre, qui ne renferment pas d'azote. Il est d'ailleurs facile de distinguer ces mélanges ⁽¹⁾. En général, la teneur en azote de ces délais varie entre 14 et 18 lorsqu'ils sont purs, c'est-à-dire provenant surtout des lisières ; ils contiennent en outre 10 à 15 % d'eau, mais la fraude peut leur en faire absorber beaucoup plus.

En admettant 10 % d'azote et 0,60 de phosphates, M. Bénard, d'Amiens, estime que, puisqu'on consomme, en France, annuellement, près de 43 millions de kilogrammes de drap, les chiffons qui en proviennent, représentent 43 000 000 kilogrammes d'azote, équivalent à 107 500 000 kilogrammes de fumier de ferme,

(1) LECOMTE. — *Les textiles végétaux*. Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire de M. Léauté. Masson et Gauthier-Villars, éditeurs.

pouvant suffire à la fumure de 10 750 hectares de terre.

L'Angleterre importe beaucoup de chiffons de laine du continent et de la Sicile pour la fumure des houblons.

En France, on utilise surtout ces débris dans la culture de la vigne, de l'olivier et aussi de l'oranger et du mûrier.

Les chiffons employés comme engrais se présentent sous forme de loques ou haillons, qu'il faut d'abord diviser en lanière avant de les incorporer, afin de hâter leur décomposition et d'avoir une répartition régulière et uniforme. Cette division se fait soit à l'aide d'une lame de faux implantée sur un billot sous un angle de 45° ; soit à l'aide d'un couteau hachoir posé sur un tonneau.

Mais, comme le font très justement observer MM. Girardin et Du Breuil, la division des chiffons et leur maniement, surtout lorsque ce sont de vieux chiffons sales, ne sont pas toujours exempts d'inconvénients, car la gale fut introduite, à la colonie de Mettray, parmi les enfants qui en avaient été chargés. Il serait donc utile et prudent de passer ces chiffons à l'eau bouillante, ou, mieux encore, de les exposer à une fumigation d'acide sulfureux avant de les employer.

M. Goubin, de Grenelle, a proposé de rendre

les chiffons de laine plus faciles à répandre en les imprégnant d'une solution faible de soude caustique, puis les desséchant ensuite complètement. L'alcali ayant désagrégé les filaments du tissu, on peut broyer les chiffons desséchés, et tamiser au blutoir la poudre qui en provient. En 1850, M. Goubin livrait son engrais au prix de 20 francs les 100 kilogrammes. Or, 200 kilogrammes suffisaient, disait-on, pour un hectare.

Un autre inconvénient contre lequel il est prudent de prendre quelques précautions, lorsqu'on emmagasine une quantité un peu considérable de chiffons, c'est qu'ils peuvent s'enflammer spontanément. La matière grasse dont ils sont imprégnés absorbe l'oxygène de l'air; il en résulte un dégagement de chaleur qui active encore davantage l'action de l'oxygène, et, si la masse est un peu volumineuse, la température s'élève assez pour déterminer l'inflammation.

Dans quelques localités, les chiffons, coupés menus, sont ou répandus sous les pieds des moutons, ou jetés dans la mare au fumier.

41. — Il ne faut pas oublier que les chiffons de laine sont des engrais à décomposition lente, leur action dans la terre dure de cinq à sept et même huit années; elle se prolonge beaucoup plus longtemps dans les terres fortes que dans les terres siliceuses et surtout calcaires.

Tandis qu'en France on applique généralement ces déchets à une dose de 2 500 et même 3 000 kilogrammes à l'hectare, en Angleterre, où les chiffons de laine sont d'un usage beaucoup plus répandu, on ne porte guère la dose au-delà de 1 500 kilogrammes.

Quand les chiffons ne sont pas employés au pied des plantes arbustives, lorsque, par exemple, on les applique sur les pommes de terre, on les enterre le plus souvent à la charrue, comme le fumier. Il va sans dire que l'incorporation doit se faire en automne.

D'après M. Joigneaux, les chiffons conviennent aussi aux colzas, navettes, choux, navets, et, en général, à toutes les crucifères; mais pour ces plantes à croissance rapide et de courte durée, cet agronome recommande de ne pas les répandre secs sur le sol, juste au moment des semailles; il conseille de les enterrer au commencement du mois d'août pour les semailles d'automne et au mois d'octobre pour les semailles du printemps. Dans l'intervalle, les chiffons s'humectent, fermentent, commencent à pourrir, et quand vient l'heure de semer, les graines profitent tout de suite de l'engrais.

Dans le cas où l'on voudrait se dispenser d'enfouir les chiffons à l'avance, il suffirait de les jeter dans un trou, lit par lit, de saupoudrer chaque lit avec quelques poignées de cendres de bois, de tourbe ou de

houille, et de répandre sur le tout de l'eau chaude ou tiède. Au bout de cinq ou six semaines, l'engrais sera bon à employer et il agira aussitôt.

Une seule fois, il nous est arrivé d'envelopper à demi nos plantes de pommes de terre avec des loques sèches, et la récolte fut fort belle. Mais, à ce propos, vous voudrez bien noter en passant, qu'avec les pommes de terre, la levée n'est pas aussi prompte qu'avec les céréales, et que la décomposition des loques a le temps nécessaire pour se produire.

En Belgique, on se sert des chiffons de laine, principalement pour la culture des arbres fruitiers et des pommes de terre...

Selon nous, les chiffons sont applicables à tous les terrains légers des contrées brumeuses, pluvieuses ou rapprochées de la mer, tandis que sous les climats doux et secs, ils conviennent tout particulièrement aux argiles. Il va sans dire qu'accidentellement, par une année humide, ils produiraient des effets plus remarquables, dans les pays méridionaux même, sur les terres légères que sur les terres fortes, mais l'exception n'est pas la règle.

N'oublions pas de faire observer que le succès des chiffons comme engrais dépend beaucoup de la manière de les employer. Pour réussir, il convient de déterminer dans les chiffons un commencement de fermentation, et, à cet effet, le moyen le plus simple consiste à les mettre tremper pendant huit ou quinze jours dans l'eau de fumier. Quand on néglige cette précaution, il arrive souvent que l'effet de l'engrais se produit trop tardivement et que la récolte à laquelle on les destine n'en profite pas.

C'est d'ailleurs ce que faisait Mathieu de Dombasle à Roville, qui employait avec grand succès les chiffons de laine sur ses houblons. Il les mêlait aux fumiers quelques mois à l'avance et avec quatre ou cinq voitures de fumier et 1 200 à 1 500 kilogrammes de chiffons, il formait un compost suffisant pour fumer un hectare.

CHAPITRE V

TABLETTERIE ET INDUSTRIE DES OS

42. Emplois des os. — Les os provenant des animaux de boucherie ou d'équarrissage font l'objet d'un commerce très important. Ils constituent la matière première de plusieurs industries et fournissent en outre des résidus utilisés sous diverses formes par l'agriculture.

Les principaux usages des os sont les suivants :

Fabrication du phosphore.

Tabletterie, fabrication des boutons et des couteaux.

Fabrication du noir animal.

Fabrication de la gélatine, etc.

Non seulement nous n'exportons pas d'os à l'étranger, mais encore nous en recevons des quantités considérables de la Russie, de l'Espagne, de l'Italie, de l'Algérie et de l'Amérique du Sud.

43. Constitution chimique des os. —

Une expérience chimique, qu'on réalise dans tous les cours de chimie, permet de se rendre compte de la composition du tissu osseux.

Elle consiste, d'une part, à faire digérer pendant quelques jours un os long dans de l'acide chlorhydrique très étendu d'eau. Toute la matière minérale se dissout, tombe au fond du vase et constitue le *phosphate précipité* que l'agriculture emploie comme engrais. Il reste une substance organique, molle, flexible, conservant la forme de l'os, c'est l'*osséine* et la matière grasse de l'os.

Cette expérience, facile à réaliser, démontre que les os sont formés de matières organiques et de matières minérales, par parties sensiblement égales.

Un autre essai, non moins simple, consiste à chauffer les os, ou plutôt à les calciner au rouge, en présence de l'air.

La matière organique se décompose et se volatilise et il ne reste, dans la capsule de platine où on a fait l'expérience, que des *cendres*, c'est-à-dire la matière minérale de l'os.

Si on chauffe à une température moins élevée et à l'abri du contact de l'air, au lieu d'obtenir des cendres, on a du *charbon d'os* ou noir animal.

On peut donc dire que les os se rapprochent

sensiblement de la composition suivante, indiquée par Berzélius :

Substance organique	{	réductible par la coction	1,317
		insoluble	1,13
Substance minérale	{	phosphate de chaux	51,04
		carbonate de chaux	11,30
		fluat de chaux	2,00
		phosphate de magnésie	1,16
		soude et chlorhydrate de soude	1,20
			100,00

Le chimiste anglais Way donne la composition suivante :

Eau, graisse, gélatine	48
Phosphate de chaux et de magnésie	46
Carbonate de chaux	4
Sels alcalins	2
	100

44. — Toutefois, la composition des os est très variable, non seulement avec les espèces animales, mais encore pour une même espèce avec l'âge, la nourriture, et aussi avec les parties du squelette considérées.

Bibra donne la composition moyenne suivante comparée chez le bœuf, le cheval et le mouton :

Les diverses parties d'un même animal diffèrent également beaucoup. C'est ainsi qu'en considérant les os humains, on trouve dans le

fémur, l'humérus et le tibia, de 57 à 58 % de phosphate de chaux, et 1,6 à 1,7 de phosphate de magnésie, tandis que dans les vertèbres et le sternum, la proportion de phosphates notablement moindre, oscille entre 42,5 et 44,3 pour le phosphate de chaux et 1,1 à 1,4 pour le phosphate de magnésie (1).

45. — En ce qui concerne les différences de composition inhérentes à l'âge et au régime, voici ce que dit M. le Dr Sacc :

Les os sont d'autant plus pauvres en substance organique qu'ils sont plus âgés ; aussi deviennent-ils de plus en plus durs ; mous et cartilagineux dans les jeunes animaux, ils deviennent presque aussi solides et aussi résistants que des pierres chez les adultes. Les cendres des cartilages sont formées essentiellement de carbonate solide et surtout de phosphate calcique. Ils sont le point de départ des os, qu'ils forment à mesure qu'ils s'incrument des sels calciques que leur apporte le sang, et qui s'y déposent en quantité beaucoup plus grande dans les os compacts, où on en trouve 69 %,

(1) Il pourra peut-être paraître étrange que dans un ouvrage sur les Résidus industriels employés comme engrais, nous donnions les os humains comme exemple ; cependant le fait n'a rien d'anormal, étant donné qu'en Angleterre où les os sont très employés, on a tiré rien qu'en 1822, de l'Allemagne, plus de 30 millions de kilogrammes d'ossements recueillis en grande partie sur les champs de bataille des dernières guerres du Premier Empire.

Composition des os		Cheval
Matières organiques	Cartilage	27,99
	Graisse	3,11
Matières minérales	Phosphate de chaux	54,37
	Carbonate de chaux	12,00
	Phosphate de magnésie	1,83
	Sels solubles	0,70
		100,00
Composition des os		Bœuf
Matières organiques	Cartilage	29,09
	Graisse	1,91
Matières minérales	Phosphate de chaux	54,07
	Carbonate de chaux	12,71
	Phosphate de magnésie	1,42
	Sels solubles	0,80
		100,00
Composition des os		Mouton
Matières organiques	Cartilage	29,68
	Graisse	0,70
Matières minérales	Phosphate de chaux	55,94
	Carbonate de chaux	12,18
	Phosphate de magnésie	1,00
	Sels solubles	0,50
		100,00

que dans les os spongieux, où il n'y en a souvent que 60 %.

Le rapport du poids des os à celui de l'animal vivant change avec l'espèce et même quelquefois avec l'individu, ce qui arrive toujours quand il est bien en chair, parce que, durant l'engraissement, la masse des parties molles s'accroît sans que le poids du squelette augmente.

Chez les bêtes maigres, on peut admettre que le poids du squelette est à celui de l'animal vivant, comme 1 est à 10 pour le bœuf ;

1 est à 5 pour le mouton ;

1 est à 10 pour les oiseaux d'eau et les lapins ;

1 est à 8 pour les poules.

Le mouton est donc de tous les animaux domestiques celui qui, à poids égal, produit le plus d'os, tandis que le bœuf, le lapin et les oiseaux d'eau en fournissent le moins, et qu'ils produisent, par conséquent, aussi plus de viande.

46. Emploi des os frais. — Dans certaines circonstances, les os sont utilisés à l'état *vert*, directement, sans qu'ils aient été au préalable travaillés par l'industrie. Sous cet état, même après broyage, pour rendre l'incorporation plus facile, l'emploi des os est peu avantageux à cause des grandes quantités de graisse qu'ils renferment, qui non seulement sont perdues, mais encore nuisent à l'action fertilisante des éléments azotés et phosphatés du tissu osseux.

L'influence fâcheuse des matières grasses con-

sidérées comme obstacle à la décomposition des os, a été démontrée à diverses reprises. Des os secs, qui avaient été exposés à l'influence de l'air pendant plusieurs mois, présentaient une masse peu active comme engrais, et dans les pores de laquelle la graisse avait intimement pénétré le tissu et enveloppé les sels calcaires. Ces os, mis en terre, n'avaient perdu, au bout de quatre années, que 8 centièmes de leur poids, tandis que des os récents, privés par l'eau bouillante de la plus grande quantité de leur graisse, perdaient de 20 à 30 centièmes. Ces chiffres démontrent la différence d'action des deux engrais. La perte signifie solubilité, et solubilité veut dire fécondité (A. Bobierre).

L'extraction de la graisse des os augmente donc l'effet de ceux-ci sur le sol. Il en est de même de la fermentation qui s'accomplit dans la matière organique ou osséine, qui la désagrège sensiblement.

47. Os concassés ou pulvérisés. — Les débris d'os provenant des fabriques de boutons, de tabletterie et de coutellerie, après concassage et pulvérisation suivant le dégraissage, constituent un engrais très apprécié.

Les moulins à pulvériser les os sont très nombreux en Angleterre.

Dans un rapport adressé à M. Dumas sur quelques industries agricoles de l'Angleterre,

M. Payen a donné, en 1850, quelques détails intéressants sur les modifications qu'éprouvent les os dans cette contrée, où il n'est pas rare de voir un fermier en consommer pour 15 ou 20 000 francs par an.

M. Bobierre, dans l'analyse qu'il donne de ce rapport, nous apprend que les os peuvent être broyés : 1° par des *bocards*, espèces de pilons munis inférieurement de marteaux en fonte; 2° par des meules verticales en fonte ou en granit, du poids de 2 000 à 3 000 kilogrammes; 3° enfin par des machines à cylindres en fonte dure, armés de dents, qui tournent en sens contraire avec des vitesses différentes.

La machine écossaise d'Anderson, construite sur ce principe, peut broyer par heure environ 1 500 kilogrammes d'os bruts.

Voici comment on opère dans la fabrique de M. Hunter; le récit de cette opération est emprunté au rapport de M. Payen :

« Les os sont apportés dans une trémie, au fond de laquelle se trouvent deux cylindres dont l'un est formé de sept grands disques de 25 centimètres de diamètre, épais, dentelés, séparés les uns des autres par des disques de 15 centimètres de diamètre.

L'autre cylindre présente six grands disques séparés de même par des disques d'un diamètre plus petit, de telle manière que les grands

disques de l'un des cylindres pénètrent dans les intervalles compris entre les grands disques de l'autre.

Les os engagés ainsi dans des *porte-à-faux* se brisent assez facilement. Si les os sont frais, on les jette dans une chaudière chauffée par la vapeur et à demi-pleine d'eau à 100°.

La matière grasse liquéfiée s'échappe des cellules qui la renferment et vient surnager, tandis que les os tombent au fond.

On peut retirer ainsi environ 5 % de graisse que l'on emploie dans l'usine même à la fabrication du savon.

Les fragments d'os obtenus sont mêlés avec d'autres os *secs*, brisés de la même manière, et on les réduit en plus petits fragments en les faisant passer entre des cylindres plus rapprochés. On sépare ensuite, à l'aide d'un blutoir cylindrique en tôle de fer percée, les plus gros morceaux pour les broyer de nouveau.

Chez M. Hunter, une machine de huit chevaux suffit au broyage de 7 500 kilogrammes d'os par jour, et une partie de la force de cette machine est utilisée pour d'autres opérations ».

En France, les os pulvérisés sont principalement employés dans le Puy-de-Dôme, aux environs de Thiers où ces déchets sont produits en grande abondance dans les fabriques de couteaux.

Ici, nous ne saurions mieux faire que de laisser la parole à M. Baudel-Lafarge, qui s'est occupé de cette question dans un mémoire sur l'agriculture du Puy-de-Dôme :

L'emploi des os pulvérisés est un des traits caractéristiques de l'agriculture d'une petite partie du département ayant Thiers pour centre. Cette pratique y est d'une très grande ancienneté; aucune tradition ne vient aider à déterminer l'époque où elle s'est établie; mais il est permis de penser qu'elle a eu pour cause première la fabrique de coutellerie fort ancienne dans cette ville. On peut croire que les résultats du sciage des os qui servaient alors, comme aujourd'hui, pour faire des manches de couteaux, ont d'abord été reconnus propres à servir pour engrais, et ont dû donner l'idée de pulvériser, pour le même usage, les os ou portions d'os que les couteliers ne pouvaient utiliser.

Quoiqu'il en soit, les cantons de Thiers, Châteldon, Saint-Remy, Courpier et Leroux, sont à peu près les seules localités où l'on fume les terres et les prés avec cet engrais.

Les observations des agriculteurs les ont portés à reconnaître entre les os des différences assez grandes pour en motiver aussi dans les prix et dans les quantités nécessaires pour obtenir un même degré de fumure. Ainsi, ils accordent une préférence marquée aux têtes des os longs détachés et rejetés par les scieurs de manches et qu'ils appellent *coulaques*...

Plusieurs usines existent pour la réduction des os

en poudre; elles forment des annexes à des moulins fariniers dont cette fabrication n'entrave pas la marche. Leur outillage est des plus simples.

Les doses usitées varient de 450 à 850 kilogrammes par hectare, tant pour les champs que pour les prés. Leur action ne dure pas au-delà de deux ans sur les terres en culture; elle est de trois, quatre et même cinq années sur les prés. Elle se produit en terrain argileux comme en terrain siliceux.

48. Poudre d'os. — Indépendamment des os pulvérisés dont il vient d'être question, on trouve encore dans le commerce de la poudre d'os, dont on se sert surtout en Angleterre pour la culture des racines et des prairies.

ANALYSE DE DIVERSES POUDRES D'OS (D^r VÆLCKER)

Composition	Poudres fines		Mélangées
	1	2	
Eau	10,58	9,01	6,86
Matière organique (*) . .	30,61	30,29	13,14
Phosphate tribasique de chaux et de magnésie . .	"	"	68,17
Phosphate de chaux . . .	51,67	51,15	"
Carbonate de chaux. . . .	6,63	8,01	6,79
Sels alcalins	0,58		
Matière siliceuse insoluble	0,53	1,54	3,42
	100,00	100,00	100,00
(*) Contenant azote. . . .	3,71	3,54	1,83
Égal à ammoniaque	4,50	4,29	2,22

Quand cet engrais est pur, il renferme de 45 à 50 % de phosphate de chaux et 4 à 5 % d'ammoniaque.

En raison du prix élevé de ces engrais, ils sont assez souvent frelatés. Vœlcker a analysé plusieurs échantillons assez instructifs à cet égard que nous reproduisons ci-dessous.

Les farines n° 1 et 2 sont préparées avec des os purs, mais le n° 3 vendu comme pur, avec un grain grossi, n'est qu'un mélange à partie égale de farine d'os et de cendres d'os.

M. Petermann indique, pour les poudres d'os de Belgique, la composition chimique normale suivante :

Moyenne	2,86	} % d'azote organique.
Minimum	1,34	
Maximum	4,23	
Moyenne	24,04	} % d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique.
Minimum	19,35	
Maximum	27,58	

Comme on le voit, les produits belges sont un peu moins riches que ceux provenant d'Angleterre.

Il est prudent d'acheter la poudre d'os peu de temps avant de l'employer, car sa conservation offre des difficultés.

En effet, sous l'influence de l'humidité la fermentation s'y déclare et il y a, de ce fait, une notable perte d'ammoniaque.

Il nous a été donné d'analyser deux poudres d'os dont l'une avait été conservée pendant deux mois dans une cave humide. Voici les résultats obtenus :

Composition	Poudre d'os	
	fraîche et pure	vieille et altérée
Eau.	8,13	14,90
Matière organique	28,10	23,10
Azote	3,50	2,20
Acide phosphorique. . . .	20,0	26,00
Chaux.	30,0	32,00

49. Os dégelatinés. — Les poudres d'os dégraissées qui viennent d'être étudiées, sont, ainsi qu'on a pu le voir, des engrais azotés et phosphatés, il n'en est pas de même des résidus obtenus dans les fabriques de gélatine dont la teneur en azote est tout à fait négligeable tandis que leur richesse en acide phosphorique est de beaucoup supérieure.

On sait que la gélatine ou colle d'os sert à la clarification des boissons alcooliques, à la fabrication des pains à cacheter, des papiers glacés, ainsi qu'à la confection des capsules pharmaceutiques et des gelées alimentaires.

La gélatine n'est, en somme, au point de vue

chimique, qu'une modification de l'osseiné provoquée par l'action de la chaleur et de l'eau.

Les matières premières employées dans les fabriques de gélatine sont : les cornellons ou os qui garnissent l'intérieur des cornes (chevilles osseuses), les têtes de mouton, de cheval, etc., provenant des boucheries, les déchets de fabrication de boutons d'os, etc.

Il y a quelques années encore, la gélatine était obtenue exclusivement par le traitement des os au moyen des acides, aujourd'hui on préfère la fabrication par la vapeur, qui, bien que découverte par Papin, n'est devenue réellement industrielle qu'après les travaux de d'Arcet qui modifia et perfectionna la marmite de Papin.

Le dégelatinage, comme le font remarquer MM. Müntz et Girard, consiste à chauffer les os dégraissés dans des autoclaves à une pression de deux à trois atmosphères. Les os sont introduits, au moyen de vastes paniers cylindriques en fonte, dans des cuves fermant hermétiquement, dans lesquelles arrive la vapeur sous pression; l'osseiné est transformée en gélatine qui entre en dissolution.

Les os, à la sortie de l'autoclave, sont blancs; ils ont acquis une grande friabilité qui permet de les réduire en poussière très fine. La pulvérisation se fait au moyen de meules verticales en fonte et la poudre est passée au blutoir. Il se

fait un commerce très important de ces poudres ou farines d'os dégelatinés.

Leur composition est très uniforme; elle se tient dans les limites suivantes, toujours d'après MM. Müntz et Girard :

Eau	6 à 12	‰
Sable	1 à 3	„
Phosphate de chaux.	60 à 70	„
Carbonate de chaux.	3 à 6	„
Azote	0,9 à 1,8	„

Les poudres d'os dégelatinés du commerce sont, ordinairement vendues en France sur garantie de 60-65 ‰ de phosphate, correspondant à 27,5 et 29,8 d'acide phosphorique; l'azote qui y est contenu en quantité sensible (1 à 1,5 ‰) n'entre pas ordinairement dans le calcul.

Les différences de composition tiennent plutôt aux variations dans la teneur en eau et en matières inertes, qu'à la composition même des os. Ainsi nous citerons, d'après Bobierre, un produit non adultéré ayant la composition suivante :

Eau	15,70
Résidu siliceux	14,50
Phosphate de chaux	42,40
Carbonate de chaux	13,30
Matières organiques	14,10 avec 1,26 d'azote

Les poudres d'os dégelatinés sont souvent fraudées par des matières qui leur ressemblent, telles que des poussières tamisées de plâtre et de calcaire; l'analyse chimique met à l'abri de ces fraudes. Mais l'une d'elles est plus difficile à constater, c'est celle qui consiste à

introduire dans la poudre d'os un phosphate naturel qui n'abaisse pas sensiblement le titre en acide phosphorique, et ne modifie pas la couleur, tels sont les phosphates arénacés de la Somme ou les phosphatés de Cocérés, etc. On substitue ainsi un produit peu assimilable à un engrais qui l'est beaucoup.

50. Cendres d'os. — Les cendres d'os proviennent de la calcination des os de ruminants qu'on trouve en si grande abondance dans les pampas de l'Amérique du Sud.

On les obtient aussi en utilisant les brèches osseuses ou ossifères provenant d'animaux fossiles.

C'est l'Amérique qui exporte en Angleterre la plus grande quantité de cendres d'os employées directement comme engrais ou comme matière de mélange avec les phosphates minéraux pour la fabrication des superphosphates.

La composition chimique de ces produits présente d'assez notables différences.

Ce sont des produits spongieux, friables, ne renfermant presque pas d'azote, mais contenant de notables proportions de phosphate de chaux, de phosphate de fer et de silice. Vœlcker a analysé un grand nombre de ces cendres du commerce, nous ne reproduisons que les deux analyses suivantes qui sont tout à fait caractéristiques et de nature à fixer les idées sur la valeur agricole de ces engrais.

Notons d'ailleurs que ces cendres d'os sont très

peu employées en France, tout au moins en application directe.

Composition	I	II	III
Eau	9,91	15,34	6,34
Matière organique	1,75	2,03	3,38
Acide phosphorique (*)	33,89	32,52	34,95
Chaux (*)	39,53	37,84	44,35
Chaux non combinée avec l'acide phosphorique	4,07	1,92	„
Sable	8,32	6,51	8,43
Magnésie	0,99	1,48	1,12
Acide carbonique	0,78	0,84	1,43
Acide sulfurique	„	0,37	
Oxyde de fer et alumine	„	0,21	
Alcali	„	0,84	
	100,00	100,00	100,00
(*) Formant ensemble : phosphate de chaux	73,42	70,46	75,72

51. Poudre d'ivoire. — L'ivoire, c'est-à-dire la substance osseuse qui constitue les dents ou défenses d'éléphants, est utilisé dans les arts pour la fabrication de plaques, de statuettes et de billes de billard.

L'ivoire, en raison de sa dureté, présente une très grande résistance aux outils, mais, grâce à la machine de Thomas Alessandri, ce travail est devenu relativement facile.

Le sciage de ces matières premières donne une

poudre qui présente en moyenne la composition suivante :

Eau	13,12
Matières organiques	26,12
Phosphate de chaux et de magnésie	53,74
Carbonate de chaux	5,39
Silice	0,78
Sels alcalins	0,85
Azote	3,28

Ce résidu est utilisé comme engrais dans les endroits voisins des fabriques. Comme on peut le voir, il a beaucoup d'analogie avec la poudre d'os provenant des fabriques de boutons.

Il est d'ailleurs à remarquer que c'est un engrais peu répandu, peu connu et peu employé, car les objets en ivoire deviennent de plus en plus rares en raison de la disparition des éléphants. Le plus généralement, l'ivoire véritable est remplacé par le *corozo*, ou ivoire végétal, tiré des graines du *phythelephas* à gros fruits (*Phythelephas macrocarpa*), petit palmier de l'Amérique méridionale, qui arrivent en quantités considérables en Belgique et en Angleterre (1).

(1) Il est facile de distinguer l'ivoire véritable de l'ivoire de corozo en employant le procédé préconisé par M. Pasquier.

L'acide sulfurique concentré produit, au contact de l'ivoire végétal, au bout de dix à quinze minutes, une coloration rose qu'un simple lavage à l'eau fait disparaître, tandis qu'il n'y a aucune coloration avec l'ivoire véritable.

CHAPITRE VI

ENGRAIS COMMERCIAUX OBTENUS AVEC LES OS

52. Division. — Les résidus provenant des usines utilisant les os comme matières premières, outre leurs emplois plus ou moins directs, examinés dans le chapitre précédent, servent en outre à préparer des engrais commerciaux qui ont une grande importance. Ces engrais résultent en général d'un traitement industriel spécial.

Parmi ces engrais, les plus importants sont :

1° Le noir animal.

2° Les phosphates précipités.

3° Les superphosphates d'os que nous allons examiner successivement.

53. Noir animal. — Nous avons vu (§ 45) quel était le principe de l'obtention de cette matière. Notons toutefois que le noir d'os est trop précieux pour être directement utilisé comme engrais. Il est employé pour décolorer les sirops dans les raffineries et c'est seulement après de nombreuses revivifications, et quand la plus grande

partie du charbon a été incinérée, qu'il est vendu aux fabricants d'engrais.

On sait que le noir animal, lorsqu'il a été traversé par une certaine quantité de sirops ou de jus, perd ses propriétés décolorantes et absorbantes, il est alors revivifié, c'est-à-dire débarrassé des matières qu'il a absorbées. Cette revivification comporte un certain nombre de traitements industriels, dans le détail desquels nous ne pouvons entrer ici, notons seulement que la dernière opération comporte une calcination dans des fours spéciaux. Le four de M. Brison est le plus souvent employé dans ce but ; la calcination y est effectuée dans des tubes en terre réfractaire et son refroidissement dans des tubes en fonte. Par des dispositifs particuliers ce four opère méthodiquement le séchage, la calcination et le refroidissement du noir.

Cependant, toutes les raffineries ne procèdent pas à la revivification, et il n'y a guère que les *noirs grains* qui sont soumis à cette transformation. D'ailleurs, il arrive un moment où les pores du noir sont obstrués, ils sont alors utilisés comme engrais.

On trouve dans le commerce plusieurs sortes de noirs, résidu des raffineries :

- 1° Le noir gros grain ;
- 2° Le noir grain ;
- 3° Le noir fin.

Le noir gros grain est en fragments irréguliers dont la grosseur peut aller jusqu'à celle d'un pois ; il ne contient que très peu de matières organiques, comme tous ceux qui n'ont servi qu'à la décoloration.

Il est bien rarement employé en nature comme engrais ; il est, par contre, très convenable pour être mélangé avec des matières fécales, après avoir été broyé.

M. Isidore Pierre, professeur de Chimie agricole à la Faculté des Sciences de Caen, reprenant les travaux faits sur le noir animal quelques années auparavant par MM. Moride et Bobière, a particulièrement étudié ces diverses sortes de noirs, au point de vue de leurs propriétés agricoles et industrielles. Voici ce qu'il en dit (1) :

Les noirs gros grain ont une couleur terne, sauf quelques fragments dont la surface, décolorée par le contact de l'air, affecte une nuance grisâtre. Ils laissent apercevoir à l'œil nu la contexture des os qui les ont fournis. Ils sont le plus habituellement de provenance russe. On les revivifie souvent plusieurs fois dans le nord de la France, et les poussières provenant de ces revivifications sont mélangées à des noirs fins, ou vendues sous le nom de *noirs de Russie*, en raison de leur analogie de composition avec ces derniers, sous le rapport de la richesse en phosphate de chaux.

Les *noirs grain* sont analogues par leur texture aux

(1) IS. PIERRE. — *Chimie agricole*, t. II, p. 306.

noirs gros grain, mais plus finement broyés; ceux qui sont employés en agriculture sont toujours assez secs, rugueux comme du sable et très noirs.

Ils sont fréquemment falsifiés avec du charbon de bois, souvent ils sont revivifiés pour servir de nouveau... Comme les noirs gros grain, ils ont une densité considérable, 95 à 100 kilogrammes l'hectolitre.

Leur prix est néanmoins peu élevé, parce qu'ils ont besoin de subir des opérations chimiques ou mécaniques avant d'être avantageusement utilisés en agriculture.

Tantôt ils sont mélangés de noir en poudre, tantôt ils en sont entièrement exempts.

La fraude s'opère plus fréquemment sur les noirs menus et s'exerce au moyen du charbon de bois, de scories de forge, de matières alumineuses mélangées de calcaire, etc.

Depuis quelques années, la nature de ces noirs provenant du nord de la France tend à se modifier sensiblement sous l'influence de la grande quantité de chaux employée pour la défécation (1) et des nombreuses revivifications de ces noirs; leur proportion de carbonate de chaux s'élève quelquefois de 8 ou 9 à 17 0/0, et le phosphate ne s'y trouve plus que dans la proportion de 55 0/0.

(1) A l'heure présente, la production des noirs d'os du nord de la France a beaucoup diminué, par suite de la suppression de cette substance dans la fabrication du sucre. En effet, la plupart des sucreries ont remplacé la filtration au noir animal par l'emploi de la filtration sur les toiles Puvrez, ce qui simplifie beaucoup la fabrication et la rend plus économique.

Les noirs fins proviennent de la clarification des sirops de sucre ; ils se chargent, pendant cette opération, de la partie albumineuse du sang. La boue de noir, qu'on obtient après la clarification, est lavée à l'eau chauffée par un courant de vapeur, pour lui enlever le sirop qu'elle retient, puis on la jette sur un filtre, et, si elle n'a plus qu'une saveur sucrée insignifiante, on la soumet à la presse.

Malgré les lavages les plus énergiques, il reste toujours un peu de sucre. Leur composition varie suivant le nombre des opérations auxquelles ils ont servi.

Les noirs anglais, expédiés pour la plupart de Londres, sont d'un brun rougeâtre ; ils pèsent de 80 à 85 kilogrammes l'hectolitre ; ils ont fréquemment une odeur très prononcée de matières fécales et une consistance terreuse ; ils ne contiennent, le plus souvent, que la moitié ou le tiers de leur poids de noir de raffinerie, et sont mélangés de résidus de brasseries, de féculeries, de matières fécales. M. Bobière y a trouvé 40 % de phosphate de chaux et 2,5 d'azote % ; ils peuvent d'ailleurs être actifs comme engrais, mais ne peuvent être considérés comme des noirs purs de raffinerie, et ne remplissent pas tout à fait le même but.

Ceux de Nantes, de Bordeaux, de Paris et d'Orléans, noirs bleuâtres, contiennent de 46 à 65 % de phosphate de chaux et 1,8 à 3,5 d'azote ; ceux de Marseille, moins fins, sont plus riches en

phosphates et vont à 65 ou 72 % ; ils renferment 1,3 à 1,6 % d'azote et sont d'ailleurs assez souvent falsifiés avec des lignites réduites en poudre.

Nous donnons, dans le tableau ci-dessous, la composition moyenne des noirs de raffineries, qui sont aujourd'hui de beaucoup les plus employés. Ils renferment une proportion d'azote notablement supérieure à celle des noirs de sucreries.

Noirs "e raffineries	Azote %	Charbon et matières organiques	Sels solubles dans l'eau	Silice
Noir neuf avant la clarification	11,2	0,113	0,017	0,045
Noir ayant servi une fois	28,3	0,320	0,015	0,045
Noir ayant servi deux fois	35,9	0,422	0,014	0,052
Noirs de raffineries	Alumine et oxyde de fer	Phosphate de chaux	Carbonate de chaux	Magnésie et pertes
Noir neuf avant la clarification	0,010	0,722	0,053	0,040
Noir ayant servi une fois	0,014	0,537	0,049	0,020
Noir ayant servi deux fois	0,010	0,469	0,033	0,009

54. Falsifications du noir animal. — Comme on l'a vu dans les pages qui précèdent, le noir animal, qu'il provienne des sucreries ou des raffineries, et quoique constituant un résidu de fabrication, est exposé à de nombreuses falsifications; on y ajoute souvent de la tourbe, du charbon de bois, des lignites et même de la terre.

En 1878, M. Petermann a signalé une nouvelle fraude, qui s'effectue assez souvent sur les noirs de provenance belge, et qui, en raison de son caractère spécial, mérite d'être signalée.

Elle consiste dans l'adjonction de résidus de la lévigation des vinasses calcinées, provenant de la distillation des mélasses de betteraves et qui sont employées à la fabrication des sels de potasse. Ce produit présente l'aspect du noir animal; c'est une matière pulvérulente d'un beau noir, ordinairement assez humide, que l'on offre à la culture comme noir animal ou que l'on emploie pour falsifier celui-ci.

Il est vrai que ces résidus peuvent être employés comme engrais, car ils renferment de 1 à 1,50 % d'acide phosphorique et quelquefois jusqu'à 3 % de potasse, mais les assimiler à du noir animal constitue une fraude évidente.

Il est encore à considérer, suivant la juste remarque de M. Petermann, que les résidus du traitement des vinasses de betteraves renferment

souvent des cyanures et des sulfures qui se forment pendant la calcination, or, les uns et les autres sont nuisibles à la végétation. « C'est pour cette raison qu'il est nécessaire, avant d'employer ces résidus, de les exposer à l'air, soit en les laissant en tas que l'on recoupera deux ou trois fois, soit en les répandant avant l'hiver sur les terres destinées à recevoir des emblavures du printemps ».

La sophistication du noir animal avec les résidus des mélasses de betteraves lèse donc les intérêts du cultivateur, non seulement au point de vue du titre en acide phosphorique de l'engrais qu'il achète, mais en ce qu'elle l'expose aussi à employer une matière qui peut devenir nuisible à la végétation.

55. Action fertilisante du noir animal. —

Il n'est peut-être aucun résidu industriel qui ait rendu autant de service à la culture et qui ait plus contribué à l'amélioration des terres que le noir animal.

C'est à cette excellente matière fertilisante qu'on doit la transformation de la plus grande partie des terres de la Bretagne.

Il y a une cinquantaine d'années à peine que le noir des raffineries a été employé sur les terres granitiques de la Bretagne auxquelles il a apporté l'acide phosphorique qui leur manquait. Voici comment P. Joigneaux, dans son style

imaginé, relate cette intéressante découverte : « M. Ferdinand Favre, de Nantes, eut un jour l'occasion de remarquer que les parties de son jardin, très rapprochées de ces résidus de raffineries, offraient une végétation plus riche, plus luxuriante que les autres parties. Il se dit alors que les résidus en question pourraient bien être un engrais, qu'il n'y aurait rien d'étonnant à cela, puisque c'était un mélange d'os, de chaux, de défécation, de sang et d'impuretés enlevées au sirop par la clarification. Il en fit l'essai sur une terre, il l'enfouit à titre d'engrais, s'en trouva bien, en parla et en fit parler. Les spéculateurs se chargèrent du reste et y trouvèrent leur compte, en même temps que l'agriculture y trouva le sien ».

C'est surtout sur les défrichements que le noir animal a donné et donne de magnifiques résultats.

Sur les terrains argileux, siliceux ou granitiques où les phosphates font défaut, le noir animal réussit admirablement; non seulement sur les prairies, mais sur les céréales, les colzas, etc. C'est lui surtout qui a contribué à transformer bon nombre de terres à sarrasin en bonnes terres à blé; c'est grâce à lui aussi que bon nombre de terres de Bretagne, qui n'avaient jusqu'alors pu produire que de l'ajonc, ont pu êtreensemencées en trèfle.

On applique généralement 5 hectolitres de noir par hectare sur les terres fortes et 4 sur les terres légères. Le plus souvent il est répandu en même temps ou après la semence, mais alors il est mélangé avec de la terre et passé à la claiè pour rendre la répartition plus facile.

« On sait l'ère nouvelle que l'emploi des phosphates osseux, dit M. Lecouteux, et notamment à l'état de noir animal, a ouverte pour le défrichement des landes dans l'ouest et le centre de la France ».

Quoique le noir animal soit encore aujourd'hui très estimé, on l'a en partie remplacé par les phosphates fossiles et par les scories de déphosphoration (§ 24) dont le prix est beaucoup moins élevé.

56. Superphosphate d'os. — On sait ce qu'est un superphosphate! Un phosphate naturel, ou plutôt un phosphate de chaux tribasique traité par l'acide sulfurique, dans le but de transformer le phosphate tribasique insoluble en phosphate monobasique soluble. Or, il existe deux sortes de superphosphates :

- 1° Les superphosphates minéraux.
- 2° Les superphosphates d'os.

Ces derniers, qui ont toujours une valeur plus élevée, ont eux-mêmes trois origines :

Les uns proviennent du traitement des os bruts dont on a retiré la graisse et dans lesquels la

matière azotée est très abondante; on les désigne le plus souvent sous le nom de *superphosphates azotés* ou d'*os dissous*.

Les autres, beaucoup moins riches en azote, proviennent du traitement par l'acide sulfurique des os dégelatinés (§ 49).

Enfin, quelquefois aussi les noirs d'os sont transformés en superphosphates et leur composition se rapproche beaucoup de celle des superphosphates d'os dégelatinés; ils sont plus riches en azote mais moins riches en acide phosphorique.

Quoique MM. Müntz et Girard ne croient pas que la fabrication des superphosphates d'os réponde à un véritable besoin (¹), il faut cependant reconnaître que ces engrais jouissent d'une certaine faveur près des agriculteurs, qui les estiment en général beaucoup plus que les superphosphates minéraux, aussi, par cela même croyons-nous utile d'en dire quelques mots.

(¹) « Les os sous divers états, disent MM. Müntz et Girard, sont par eux-mêmes très assimilables, lorsqu'ils sont réduits à un degré de finesse suffisant; l'action de l'acide sulfurique augmente, il est vrai, leur aptitude à être assimilés, mais dans une proportion qui ne paraît pas en rapport avec le sacrifice qu'exige cette transformation; il vaut mieux, à notre avis, employer directement les produits d'os broyés, dans lesquels l'acide phosphorique est moins cher. L'industrie des superphosphates d'os ne nous semble donc pas devoir être encouragée ».

Dans la préparation de ces engrais, si on emploie des os frais contenant encore de la graisse, on les fait débouillir pour en extraire la matière grasse ; puis, encore humide, on les concasse en esquilles dans des moulins à deux paires de cylindres superposés, formés de disques à cannelures anguleuses.

Si on emploie des os secs comme matière première, on les laisse immerger dans l'eau pendant douze ou vingt-quatre heures, puis on les réduit en esquilles de la même manière. Après quoi, on les traite par l'acide sulfurique à 50 ou 52° Baumé.

Voici, d'après Vœlcker, l'analyse comparative de deux superphosphates provenant d'os ou de coprolithes :

Compositions	Superphosphates	
	d'os	le coprolithe (minéral)
Eau	11,72	10,10
Matière organique	14,72	2,53
Biphosphate de chaux soluble. (Phosphate neutre)	16,71 (26,07)	15,53 (24,23)
Phosphate insoluble.	16,26	6,95
Sulfate de chaux anhydre.	33,80	58,71
Sels alcalins et silice	6,79	6,18
Ammoniaque	1,52	//

Des expériences culturales faites par le savant

professeur de la Société Royale d'Agriculture d'Angleterre, montrent que les superphosphates d'os ont une action souvent supérieure à celle des superphosphates minéraux; c'est ce que montrent les résultats suivants, obtenus sur la culture des navets de Suède à la ferme du collège de Cirencester, où cependant le superphosphate d'os seul a été mis en comparaison du superphosphate minéral additionné de guano du Pérou, et seul.

Engrais appliqués			Rendement à l'hectare	Augmentation de rendement	Coût de l'augmentation par tonnes
Nature des engrais	Poids à l'hectare	Prix à l'hectare			
	kg	fr.	kg	kg	fr.
Témoin (sans engrais)	//	//	13 056	//	//
Superphosphate minéral . . .	1 250	125	29 125	16 169	7,80
Superphosphate minéral . . .	750	125	32 155	19 099	6,57
Guano	250				
Superphosphate d'os	830	125	34 164	21 108	5,90

La préférence que les agriculteurs accordent aux superphosphates d'os est donc en partie justifiée. D'ailleurs, dans le commerce des engrais, les produits d'os, à dosage égal d'acide

phosphorique, se vendent toujours de 60 à 80 centimes plus cher aux 100 kilogrammes.

Certains industriels n'ont pas hésité à tirer profit de ce fait, même par la fraude. Voici comment ils procèdent :

Au moment du traitement par l'acide, ils mélangent à la poudre d'os une proportion qui peut aller de 10 à 25 % de phosphate minéral, ou bien ils ajoutent la même proportion ou à peu près, de phosphate minéral après l'obtention de l'engrais d'os. Ce mélange constitue une fraude réprimée par la loi. Si les fraudeurs ont échappé jusqu'à ce jour, c'est que les chimistes ne pouvaient établir d'une façon suffisante la preuve de la falsification. En effet, quand elle est faite h bilement, avec des phosphates naturels spécialement choisis à cet effet, elle est fort difficile à déceler et la plupart des chimistes, ne pouvant mettre en évidence des caractères suffisamment nets, hésitent à se prononcer. Le commerce, peu scrupuleux, n'ignore pas cette difficulté et il en profite.

57. Phosphates précipités. — La fabrication de la gélatine avec les os et l'acide chlorhydrique (§ 43) fournit une certaine quantité de phosphate bicalcique ou phosphate précipité, que l'on obtient en versant un lait de chaux dans la dissolution provenant du traitement des os par cet acide.

Cependant, la plus grande partie des phosphates

précipités livrés aujourd'hui à la culture est obtenu directement par le traitement des phosphates naturels, des coprolithes, du noir animal (§ 53) et même des scories de déphosphoration (§ 24). Ces dernières sont surtout utilisées en Angleterre et en Allemagne.

Les phosphates précipités contiennent, en réalité, un mélange des deux phosphates bicalcique et tricalcique, et le talent du fabricant est de produire le plus possible du premier. Aujourd'hui, comme le fait remarquer M. A. Favier, on prépare couramment des phosphates précipités qui contiennent 96 % de phosphate bicalcique, par des tours de main que les usines tiennent plus ou moins secrets.

Il est à remarquer que les phosphates précipités ne renferment pas, comme les superphosphates, du plâtre ou sulfate de chaux produit par l'acide sulfurique employé pour la fabrication.

Suivant M. P. P. Dehérain, ces phosphates précipités présentent la même solubilité dans le citrate que les superphosphates et peuvent être employés avec grand avantage sur les terres qui, ne renfermant pas de calcaire, ne pourraient pas sans inconvénients recevoir de superphosphates.

Employés à la même dose que les superphosphates, en ce qui concerne l'acide phosphorique soluble, dans les sols moyens et de bonne qualité, les phosphates précipités réussissent en gé-

néral de la même manière; c'est ce qui résulte de nombreuses expériences faites sur diverses plantes par MM. Grandeau, Petermann, Garola, Wagner, Jamieson, Mærker, etc. Ce dernier auteur a publié les résultats obtenus dans ce sens par l'Association centrale des Agriculteurs de Saxe; ils sont résumés dans ce tableau :

Plantes observées	I		
	Sans fumure	Super-phosphate	Phosphate précipité
	kilog.	Kilog.	Kilog.
Orge	2,026	2,478	2,503
Avoine	1,844	2,456	2,443
Pois et féveroles } grains.	2,528	2,501	2,547
Pommes de terre . . .	9,915	12,836	12,301
Betteraves fourragères .	30,039	42,399	39,137
Betteraves à sucre . . .	41,125	42,710	42,600

Plantes observées	II		
	Sans fumure	Super-phosphate	Phosphate précipité
	Kilog.	Kilog.	Kilog.
Orge	2,498	2,823	2,600
Avoine	1,206	1,412	1,684
Pois et féveroles } grains.	1,206	1,498	1,458
Pommes de terre. . . .	14,240	17,159	16,988
Betteraves fourragères .	"	42,710	41,500
Betteraves à sucre . . .	"	"	"

CHAPITRE VII

SANG ET VIANDE

58. Importance. — Le sang provenant des tueries et des abattoirs des grandes villes constitue un résidu précieux servant à préparer, après traitement industriel, un engrais très fertilisant. Il en est de même des débris de viande obtenus dans les clos d'équarrissage.

1. SANG

59. Nature et composition. — Au point de vue physique, le sang des animaux vertébrés supérieurs (mammifères et oiseaux) est formé de deux parties :

1^o Le sérum, liquide très aqueux, jaunâtre, plus ou moins foncé, qui constitue à peu près les neuf dixièmes de la masse du sang.

2^o Les globules, qui colorent le sang en rouge.
L'ensemble de ces deux composants constitue

la masse du sang. La densité de ce liquide varie entre 1,045 et 1,075. Sa réaction est toujours alcaline; sa saveur légèrement salée; il a une odeur propre, peu prononcée mais fade et différenciant suivant les espèces animales.

La séparation du sérum (1) et des globules peut se faire rapidement par simple filtration, car le sang se coagule facilement. Mais on peut effectuer cette séparation en tirant le sang d'un animal dans un vase à moitié rempli d'une solution concentrée de sulfate de soude et en laissant reposer; les globules se déposent au fond du vase avec la fibrine et au-dessus on trouve le sérum.

La composition du sérum est très complexe. On y trouve : 1° des substances albuminoïdes (albuminate de soude, etc.); 2° des matières azotées telles que l'urée, la créatine, etc.; 3° des substances non azotées (graisse, glucose, acides organiques, etc.); 4° de la lécithine; 5° un pigment particulier qui colore le sérum, et des traces d'oxyhémoglobine; 6° un ferment saccharifiant analogue de la phytaline; 7° des sels minéraux (chlorures, phosphates, bicarbonates,

(1) Dans le sang frais, le sérum forme une des parties constituantes du Plasma, l'autre étant tournée par le fibrinogène dissout dans celui-ci. Dans le sang coagulé, les globules et la fibrine coagulée forment le caillot et le sérum constitue la partie claire.

sulfates de soude et de chaux, etc.); 8° de l'eau (environ 900 ‰); 9° des gaz, formés sur tout d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique, dont la proportion relative varie suivant que l'on considère le sang rouge ou artériel ou le sang noir ou veineux.

La moyenne des analyses de sang de divers animaux, effectuées par plusieurs chimistes, donne ‰ :

Eau	725 à 850
Matière organique	275 à 150, renfermant ‰ :
Carbone	527
Hydrogène	60
Azote	189
Oxygène	224

En ce qui concerne les matières minérales du sang, il y a de très notables différences suivant les divers animaux.

Voici, d'après M. Nasse, quelques chiffres à ce sujet :

Pour le sang de poule.	8,6
" " veau	8,2
" " pore	8,0
" " homme	8,0
" " chat	7,9
" " chèvre	7,9
" " brebis	7,9
" " cheval	7,8
" " oie.	7,4
" " chien.	7,3
" " bœuf.	7,0
" " lapin.	6,0

Les sangs les plus riches en phosphates sont ceux de porc, d'oie, de veau et de poule.

Les plus riches en chlorure, sont ceux de poule, de chat, de chèvre et de brebis.

Chez l'homme adulte, la quantité de sang renfermée dans tout le corps est un peu supérieure à 5 litres.

Comme le fait observer le D^r Sacc, le sang pèse un cinquième ou sixième du poids total du corps des animaux supérieurs, et un peu moins chez leurs femelles, qui sont aussi plus faibles que les mâles ; ce rapport est de :

1	:	19,0	pour le cheval.
1	:	27,0	// bœuf.
1	:	4,5	// chien.
1	:	5,0	// mouton maigre.
1	:	10,0	// mouton bien en chair.
1	:	30,0	// mouton gras.
1	:	21,0	// vieilles vaches laitières.

Ces chiffres prouvent que le sang est plus abondant chez les bêtes maigres que dans celles qui sont grasses, et chez les animaux de petite taille que dans ceux de grande taille ; ce fait est si vrai, que tandis qu'un petit bœuf gras de 400 kilogrammes donne 18 kilogrammes de sang, un gros bœuf de 800 kilogrammes n'en produit que 25 kilogrammes.

60. Emploi direct du sang. — Les cultivateurs qui sont voisins des abattoirs ou des tueries et qui peuvent ainsi se procurer du sang frais,

feront bien d'en faire l'acquisition, car il renferme environ 2,95 % d'azote et 1,63 d'acide phosphorique. M. Boussingault conseille d'en employer une dose de 3 000 à 4 000 litres pour la fumure d'un hectare.

Voici, d'après MM. Girardin et Du Breuil, la meilleure manière d'utiliser le sang frais :

On fait dessécher au four, immédiatement après la cuisson du pain, de la terre exempte de mottes et de graviers, ou de la tourbe fine que l'on remue fréquemment avec un bâton ; il en faut environ quatre ou cinq fois plus qu'on n'a de sang liquide. On tire sur le devant du four cette terre chaude, et on l'arrose en la retournant à la pelle avec le sang ; on renfourne de nouveau le mélange, et on l'agite avec un bâton, jusqu'à ce que la dessiccation soit complète. On introduit alors ce compost dans de vieux tonneaux ou des caisses, que l'on garde à couvert dans un endroit sec jusqu'au moment de s'en servir. Pour doser ce compost, on se rappellera que 2 857 kilogrammes de sang liquide donnent 750 kilogrammes de sang sec, quantité qui, d'après Payen, suffit à la fumure d'un hectare.

A la ferme de la Saulsaie, on a employé pendant plusieurs années le sang des abattoirs de Lyon. Ce sang, à son arrivée, était reçu sur de la terre sortie brûlante d'un four à reverbère que chauffaient les racines provenant des détrichements. On broyait et mélangeait le tout avec soin.

Cette poudre, avant d'être mise en tas, était saupoudrée de plâtre et de poussier de charbon de bois pour

fixer les gaz ammoniacaux produits par la décomposition du sang.

C'était là un excellent engrais, très maniable, qu'on employait à la dose de 30 hectolitres, soit en automne, avec les semailles des vesces d'hiver succédant à du ray-grass, soit au printemps, en couverture sur le froment ou en l'enfouissant avec les semences de mars.

Un des bons cultivateurs de l'arrondissement de Dieppe, M. H. Sanson, d'Offranville, emploie depuis vingt-cinq ans le sang liquide des abattoirs en arrosage sur ses herbages et sur d'autres récoltes. Il consomme, en moyenne, 144 hectolitres de cet engrais, soit en poids 15 120 kilogrammes. Il en obtient des résultats magnifiques. C'est l'abattoir de Dieppe qui l'approvisionne....

Tous les quinze jours en hiver, toutes les semaines en été, M. Sanson enlève le sang de l'abattoir pour l'employer au fur et à mesure des besoins, c'est-à-dire chaque fois que les animaux quittent une portion de pâturage. Il fertilise ainsi, dans le cours de l'année, 15 hectares d'herbages qui produisent six à sept récoltes.

Avant que M. Sanson eût eu l'heureuse idée d'utiliser dans sa ferme le sang provenant de l'abattoir de Dieppe, ce liquide était jeté à la mer.

Il est encore, à l'heure actuelle, beaucoup de villes et même de grandes villes pour lesquelles le sang des abattoirs, produit en très grande abondance, constitue un résidu encombrant, qu'on fait absorber dans des puisards ou qu'on écoule dans les rivières, c'est là un fait très

regrettable, car en supposant même qu'il ne puisse être utilisé directement, on peut le transformer, ainsi que nous allons le voir, en un engrais sec, pulvérulent, excessivement actif, qui a une grande valeur commerciale.

61. Sang desséché. — A l'état frais, le sang liquide est non seulement difficile à transporter, mais sa conservation présente beaucoup de difficultés, car il se corrompt très facilement.

Aussi a-t-on cherché dans la dessiccation un moyen de le conserver et de le répandre plus facilement. On obtient aussi un engrais pulvérulent brun ou noirâtre, dégageant une odeur forte et désagréable et dosant en moyenne 12 % d'azote (plus exactement de 8 à 13); on y trouve en outre de 10 à 15 % d'eau, de 0,5 à 1,5 % d'acide phosphorique et des quantités un peu plus faibles de potasse.

C'est donc le type de l'engrais concentré par excellence, dont la richesse, tout au moins en ce qui concerne l'azote, est bien supérieure aux meilleurs tourteaux.

Il existe, aux environs des grandes villes et surtout dans la banlieue parisienne, de nombreuses fabriques de sang desséché utilisant surtout le sang des abattoirs et aussi quelquefois celui des établissements d'équarrissage.

A la Villette, où on abat annuellement environ 240 000 bêtes bovines, on produit de ce fait

4 800 000 kilogrammes de sang, représentant près de 150 000 kilogrammes d'azote.

Les moutons, au nombre de 1 150 000, produisent 3 000 000 de kilogrammes de sang, soit plus de 92 000 kilogrammes d'azote. Nous ne parlons pas des porcs, dont le sang est utilisé dans l'alimentation pour la confection des bou dins.

Il existe plusieurs méthodes pour fabriquer le sang desséché, cependant, les procédés suivis généralement consistent, d'après MM. Müntz et Girard, à réunir, sous la forme d'un coagulum insoluble, la matière azotée du sang, en laissant écouler la partie aqueuse. Dans ce but, on se sert souvent de cuves à double fond dans lesquelles on a introduit le sang, en faisant entrer un jet de vapeur et en agitant vivement.

Par suite de l'élévation de température, l'albumine se coagule en masses floconneuses, et il se sépare un liquide aqueux, légèrement coloré en rouge. A ce moment on arrête l'arrivée de la vapeur et on laisse écouler, à travers le double fond formé d'une claie, le liquide aqueux qui ne retient plus que quelques millièmes d'azote. Le coagulum égoutté est placé dans des étuves et ensuite réduit en poudre plus ou moins fine dans un concasseur ou dans un moulin. Cette pulvérisation se fait facilement à cause de la friabilité de la matière sèche. On obtient, de cette

manière, 20 kilogrammes de matière desséchée pour 100 kilogrammes de sang frais. Quelquefois, pour activer la coagulation du sang, on y ajoute un peu d'acide sulfurique concentré.

Le produit ainsi obtenu est expédié dans des sacs ou dans des tonneaux. Il faut reconnaître toutefois que le sang desséché, fabriqué de cette manière, n'est pas d'une conservation indéfinie; au bout de quelques mois, il se couvre assez fréquemment de moisissures. Cependant, nous sommes parvenu à éviter cet inconvénient en ajoutant au produit commercial un mélange à parties égales d'acide salicylique et d'acide phénique cristallisable, dans la proportion de 1 %. Nous conservons ainsi, depuis plus de six ans, dans un grand bocal du sang desséché qui ne présente pas trace d'altération, tandis que le même produit, non traité, conservé dans les mêmes conditions, s'est couvert de moisissures six mois après l'achat.

Il y a quelques années, M. Jouanne a imaginé un autre procédé pour traiter à froid le sang provenant des abattoirs. Il consiste à le mélanger avec 12 à 15 % d'un produit spécial, auquel l'inventeur a donné le nom de poudre sanitaire, à cause de ses propriétés antiputrides et désinfectante (produit renfermant probablement d'assez fortes proportions de sulfate de

fer). Mélangé avec cette substance qui est pulvé-
rulente, le sang se dessèche assez facilement,
soit à l'éluve, soit à l'air libre, après quoi il est
broyé dans des moulins à meule verticale.

L'engrais ainsi obtenu est d'ordinaire un peu
plus riche en azote que le précédent, soit une
différence en plus de 1 à 2 % (1).

« La manipulation du sang produisant des
dégagements d'odeurs fétides, l'administration
impose aujourd'hui aux fabricants des grandes
villes l'emploi du sulfate de peroxyde de fer, qui
est obtenu en mélangeant du sulfate de fer, de
l'acide sulfurique et du nitrate de soude. La
coagulation est très rapide; la masse ferme et
élastique peut se comprimer, et la dessiccation se
fait alors sans dégagement de mauvaises odeurs.
Le sulfate de fer employé en nature donnerait
une pâte molle de laquelle ne se sépare pas
l'eau » (Müntz et Girard).

Le sang desséché est vendu ordinairement
d'après sa teneur en azote; on ne tient jamais
compte des petites quantités d'acide phospho-
rique et de potasse qui y sont contenues.

(1) Dans le procédé Péplowsky, le sang est coagulé
avec 0,33 de son poids de chaux. Une autre méthode,
due à Bonnet, consiste à opérer la coagulation avec le
perchlorure acide de manganèse, résidu presque sans
valeur provenant de la préparation du chlore. Ces
modes de traitement sont à peu près abandonnés
aujourd'hui.

62. Emploi du sang desséché comme engrais. — Le sang desséché est employé à la dose de 100 à 200 kilogrammes par hectare, au printemps, de préférence avant les pluies. Son action est très rapide, car l'azote qu'il renferme se nitrifie assez facilement sous l'influence des conditions favorables à ce phénomène.

M. Petermann a fait, à la station agricole de Gembloux, des essais très intéressants sur l'emploi de ces engrais. Voici ses conclusions :

« Le sang desséché du commerce est d'une qualité satisfaisante, non seulement au point de vue de sa richesse en principes fertilisants, mais encore en ce qui concerne l'état physique sous lequel il se présente; sec, friable, pulvérulent, le sang desséché se prête facilement à l'emballage, au transport et à toutes les manipulations qu'exige son emploi agricole, telles que l'épandage à la main ou à la machine ».

L'auteur précédemment cité, pour arriver à une appréciation exacte de la valeur fertilisante du sang desséché, a entrepris des essais dans lesquels il a comparé ce produit à un engrais d'un effet parfaitement connu, il a choisi le nitrate de soude.

Il l'a également expérimenté dans deux espèces de terres, de composition et de propriétés physiques différentes. Il serait trop long d'entrer ici dans les détails de ces intéressantes expériences,

mais nous devons tout au moins énoncer les conclusions de ces remarquables études, dont la culture pratique peut tirer le grand parti.

Le sang desséché, employé seul ou mélangé avec des phosphates ou des sels de potasse, en terre sablo-argileuse en bon état de fertilité et dans du sable presque stérile, a plus que doublé la valeur de la récolte de froment. Employé comparativement avec des déchets de cuir (§§ 73 et 74) et le nitrate de soude, le sang a dépassé de beaucoup les premiers ; il est resté en arrière sur le nitrate de soude dans le sable, mais dans la terre sablo-argileuse, l'azote du sang n'a différé de l'azote nitrique que d'une manière à peine appréciable.

L'effet du sang desséché ne se fait guère sentir que pendant une seule année. De plus, comme c'est un engrais, surtout et presque exclusivement azoté, on fera bien, principalement lorsqu'on le substitue au fumier de ferme, de l'associer à des engrais phosphatés dans les proportions voulues.

63. Remarque. — Dans ces dernières années, on a cru voir, dans l'extension de l'utilisation agricole du sang desséché, un danger pour la propagation du *charbon* ou pustule maligne. Si ces craintes sont en partie fondées en ce qui concerne l'application directe comme engrais du sang frais ou des déchets de cadavres (§ 65) d'ani-

maux morts, du sang de rate, autant elles nous paraissent peu fondées pour ce qui a trait au sang desséché du commerce, qui, lors de sa préparation, et quel que soit d'ailleurs le procédé employé, est traité par un désinfectant des plus énergique, le protosulfate de fer (§ 14), mais qui, en outre, est soumis, la plupart du temps, à l'action d'une température très élevée, qui détruit tous les germes morbides.

Pour faire admettre le danger de la propagation du charbon par cette matière fertilisante, il faudrait d'abord démontrer, dans le sang desséché du commerce, la présence de la bactériodie vivante charbonneuse, ayant résisté à toutes les manipulations que la fabrication industrielle de cet engrais comporte. Il ne suffit pas, en effet, de recueillir des cas où l'on a constaté des affections charbonneuses après l'application d'engrais industriels, attendu que celles-ci peuvent être produites, ainsi qu'il résulte des recherches de M. Pasteur, par des causes toutes autres.

II. CHAIR MUSCULAIRE

64. Composition. — D'après M. Lefour, inspecteur général de l'Agriculture, le corps d'un animal (cheval, bœuf ou mouton) contient en moyenne, à l'état d'entretien (ni gras ni maigre), sur cent parties, 75 à 80 d'eau, 20 à

25 de matière solide. Sous un autre rapport, il renferme également % : viande et os, 55 à 60 ; viscères vides, 15 à 20 ; sang, 5 à 6 ; peau, 5 à 6 ; graisse, 4 à 5 ; vidange, 7 à 8. Les 55 % de viande peuvent se diviser en : os, 12 à 15 ; chair, 40 à 48.

Enfin, la composition chimique de la viande et des issues d'un animal, les os exceptés, est environ % de matières riches : oxygène, 45 à 55 ; hydrogène, 5 à 8 ; azote, 3 à 4 ; cendres, 4 à 5. Les 4 à 5 de cendres renferment environ 2 de phosphate et 3 de matières terreuses.

Les chairs musculaires constituent donc un engrais très précieux qu'on aurait tort de laisser perdre et que, d'ailleurs, les cultivateurs intelligents utilisent dans certaines régions en dépeçant les animaux qui meurent dans les fermes.

La chair des chevaux provenant des clos d'équarrissage et aussi celle des nombreux chiens errants qui sont sacrifiés journellement dans certaines grandes villes, est principalement utilisée dans la fabrication des engrais dits de viande.

Voici, d'après MM. Boussingault et Payen, la composition moyenne de la chair de cheval des clos d'équarrissage :

A l'état frais, azote	3,5 %
Séchée à l'air :	
Eau	8,5
Azote	13,04
Acide phosphorique	0,24

65. Utilisation directe. — Dans certains cantons de la Belgique, on a une manière toute spéciale d'utiliser les animaux hors de service que Schwerz nous a fait connaître de la manière suivante :

« Dès que tout espoir est perdu de rétablir un cheval ou un autre animal malade, on le conduit sur un champ ; là, on lui ouvre les veines et on lui fait répandre son sang en marchant jusqu'à ce qu'il tombe ; les chairs, à l'exception de la peau, sont coupées en petit morceaux, répandues et couvertes de terre. L'animal tué ou crevé, si l'on n'a pu prévenir sa mort naturelle, est placé le plus tôt possible dans une fosse peu profonde, saupoudrée d'une quantité suffisante de chaux, et recouvert de la terre fournie par l'excavation, de manière à former un monticule. Lorsqu'on a employé la chaux vive en assez forte proportion, la décomposition est assez complètement opérée en une quinzaine de jours. On ouvre alors la fosse, on recueille les débris de l'animal en mettant de côté les os, et l'on mêle ces débris avec la meilleure terre dont on puisse disposer, dans les proportions de cinq à six fois le poids des matières animales. On laisse reposer ce mélange un mois environ, et, avant de s'en servir, on le bêche pour le bien combiner. On répand ce compost sur le champ dès que celui-ci a reçu son dernier labour et l'on

« passe la herse pour l'incorporer à la surface du sol, immédiatement avant ou après avoir répandu la semence. Il est également très bon répandu sur les jeunes pousses du printemps ».

66. Procédé Aimé Girard. — En 1883, M. Aimé Girard, professeur de chimie industrielle au Conservatoire des Arts et Métiers, a fait connaître un nouveau procédé d'utilisation des cadavres des animaux morts de maladies contagieuses, rendant leur manipulation dangereuse. Il consiste à dissoudre complètement les cadavres en les immergeant à froid, au besoin sans dépeçage, dans l'acide sulfurique marquant 60° Baumé ; puis à utiliser l'acide ainsi obtenu, renfermant la matière organique dissoute, pour la fabrication des superphosphates (§ 58). On obtient ainsi des superphosphates azotés plus riches encore que les superphosphates d'os dont nous avons parlé précédemment.

Par cette méthode, un mouton, plongé dans l'acide sulfurique disparaît entièrement en l'espace de vingt-quatre à quarante-huit heures : chair, sang, viscères, os, même la laine, tout se dissout. On ne retrouve plus aucun corps solide, à l'exception des cornes, des onglons et des dents qui ne sont dissout qu'au bout de quelques jours. Le liquide prend une coloration brun foncé, dégage une odeur forte ; à la surface nage

la graisse qui peut être utilisée dans la fabrication des savons ou des bougies.

La quantité de matière animale que l'acide peut dissoudre est assez considérable; elle atteint et peut même dépasser les deux tiers du poids de l'acide employé. Il y a donc là un procédé d'utilisation des cadavres d'animaux morts de maladies contagieuses que l'on peut mettre en pratique, tant dans les clos d'équarrissage que dans les grandes exploitations agricoles où l'on procède à la fabrication des superphosphates.

M. Henri Sagnier, qui a longuement décrit cette méthode, fait remarquer ce qui suit :

La proportion d'acide et de phosphates nécessaires pour l'opération se déduit des résultats suivants des expériences de M. A. Girard : avec 2 hectolitres d'acide sulfurique pesant 321 kilogrammes, on a dissous, en dix jours, neuf moutons pesant ensemble 204 kilogrammes. Après avoir enlevé la graisse, il restait 500 kilogrammes de liquide. En traitant, avec cette quantité d'acide, à peu près le même poids de phosphates minéraux naturels, on a obtenu 940 kilogrammes de superphosphates, dans la fabrication desquels les choses se sont passées exactement comme si l'acide sulfurique n'avait pas dissous les matières animales. Le superphosphate obtenu renferme une certaine proportion d'azote; quant à sa teneur en acide phosphorique, elle dépend de la richesse initiale des phosphates minéraux qu'on a employés.

67. Viande desséchée. — Sous le nom de viande desséchée ou d'engrais de viande, le commerce livre une matière fertilisante, obtenue industriellement avec les cadavres et les résidus provenant des clos d'équarrissage et des abattoirs.

Pour fabriquer cet engrais, la viande, étant découpée en morceaux du poids de 1 à 2 kilogrammes, est placée dans des chaudières à double fond chauffées à la vapeur, où on la laisse cuire pendant douze heures environ. Bientôt, sous l'influence de cette ébullition prolongée, la masse se sépare en trois couches bien distinctes : à la surface, les matières grasses, qui sont recueillies et vendues aux fabriques de savons ; au-dessous, un liquide aqueux, enfin, à la partie inférieure, la viande et les os qu'on fait égoutter ; puis, après l'avoir imbibée ou non d'acide sulfurique étendu, on dessèche dans de grandes tourailles et on pulvérise sous de puissantes meules.

L'engrais ainsi obtenu se présente sous forme d'une poudre brunâtre dosant de 5 à 10 % d'azote, 1 à 3 % d'acide phosphorique et 0,5 à 0,8 de potasse.

Comme on le voit, la viande desséchée, a à peu de chose près, la même composition que le sang. Il faut remarquer toutefois qu'elle est d'une assimilation un peu plus lente et qu'elle demande à être enfouie de meilleure heure.

On emploie la chair desséchée à raison de 300 ou 400^{kg} par hectare. Mais, très souvent aussi, la viande desséchée est employée dans la fabrication des engrais composés du commerce.

La poudre de viande, seule ou associée à des engrais phosphatés, est très employée dans certaines régions, en Allemagne et en Belgique surtout⁽¹⁾.

En 1879, M. Dehérain a essayé, à l'École nationale d'Agriculture de Grignon, l'action de l'engrais de viande provenant d'une usine de Saint-Denis. Voici le résumé de ces expériences : sur les pommes de terre, l'effet a été négatif ; sur le maïs-fourrage, l'engrais de viande a donné de moins bons résultats que le fumier de ferme.

(1) Plusieurs échantillons de poudres de viande, analysés par M. Pagnoul, directeur de la station agronomique d'Arras, ont donné les résultats suivants ; ils montrent combien la composition de ces produits est variable.

Composition	I	II	III
Eau	12,04	13,00	9,58
Matières azotées.	70,41	29,75	27,56
Matières hydro-carbonées	0,00	37,59	49,86
Cellulose	0,90	3,40	1,60
Matières grasses.	15,22	8,36	5,76
Matières organiques diverses	//	4,98	3,90
Acide phosphorique	0,52	1,09	0,69
Matières minérales diverses.	0,88	1,83	1,05
	100,00	100,00	100,00

Sur l'avoine, au contraire, la chair musculaire a mieux réussi.

« Au reste, fait remarquer notre savant maître, ce n'est pas pendant l'année où il a été distribué, que l'engrais de viande a produit le maximum d'effet ; en 1880 le maïs-fourrage sans engrais donnait 38 400 kilogrammes de fourrage vert, tandis qu'on en obtenait 47 300 et 46 000 sur les parcelles qui avaient reçu les déchets de viande l'année précédente.

« Les parcelles qui avaient reçu, en 1879, les engrais de viande pour pommes de terre furent emblavées en blé à l'automne, elles fournirent 34 quintaux de grain et 44 quintaux de paille, tandis que la parcelle qui, en 1879, était restée sans engrais ne donnait que 23 quintaux de grain et 37 quintaux de paille.

« Cette culture de blé fut encore maintenue sur ces mêmes parcelles en 1881, car elle avait précisément été disposée pour suivre les effets des résidus laissés par les fumures précédentes. Or, les parcelles fumées à l'engrais de viande en 1879, restées sans addition depuis, donnèrent 23 quintaux de grain contre 16,4 fournis par la parcelle sans engrais en 1879. L'effet de l'engrais de viande se poursuit donc pendant plusieurs années ».

68. Tourteaux de viande. — Nous ne saurions quitter l'engrais-viande, sans mentionner

en passant les tourteaux de matières animales, provenant des débris d'abattoir et d'équarrissage dégraissés que M. Rohart avait propagé avec succès il y a quelques années.

Dans cet engrais, beaucoup plus rapidement assimilable, la chair musculaire, mélangée de petits fragments d'os, était associée à de la sciure de bois. M. Bobierre a résumé, dans le tableau ci-dessous, la composition de quelques échantillons de cette matière fertilisante :

Composition	Analyses de MM.			
	Barral	Bénard	Bobierre	Malagrati
Matières organiques azotées et humidité normale	92,92	90,00	88,31	91,25
Acide phosphorique. .	2,27	2,76	1,18	2,28
Chaux	2,30	2,34	1,71	3,02
Silice et argile. . . .	1,48	2,36	3,90	1,69
Oxyde de fer et alumine.	0,12	0,13	0,09	0,15
Potasse, soude, magnésie et acide carbonique. .	0,91	2,41	4,81	1,61
	100,00	100,00	100,00	100,00
Azote totale % de matière normale. . . .	6,06	4,98	4,26	5,00

La moyenne donne donc 5,075 % d'azote et 4,74 de phosphate; quoique moins riches en azote

que les poudres de viande fabriquées actuellement, ces tourteaux agissaient plus rapidement.

Leurs résultats, suivant la remarque de M. Bobierre, sont excellents, mais il convient de les employer avec discernement, c'est-à-dire de les diviser et de ne pas les soumettre au contact de la chaux ou à l'action trop prolongée de l'humidité, la fermentation pouvant provoquer le dégagement d'une portion notable de leur azote à l'état ammoniacal.

69. Résidus de viande de Fray Bentos.

— Tout le monde connaît l'extrait de viande Liebig, dont l'usage est actuellement si répandu. On l'obtient, dit M. Petermann, en faisant digérer dans de l'eau chauffée à 60° centigrades, de la viande parfaitement dépouillée d'os et finement hachée, et en évaporant le bouillon jusqu'à ce qu'il ait acquis une résistance sirupeuse. Le résidu de cet extrait n'avait été, jusqu'ici, qu'imparfaitement utilisé. On le brûlait ou on le jetait à la rivière. Maintenant on le fait sécher et réduire en poudre et on l'emploie avec avantage à l'engraissement du porc. Une autre partie de ce résidu est mélangée aux os et aux issues des animaux qui ont servi à la fabrication de l'extrait de viande. C'est le mélange de ces matières, séché et réduit en poudre, qu'on offre aux cultivateurs sous le nom de résidu de viande de Fray-Bentos (Amérique du Sud).

Composition des résidus de viande de Fray-Bentos :

Eau	9,46
Matières organiques	46,54 ⁽¹⁾
Chaux	20,60
Potasse	0,47
Soude	0,60
Oxyde de fer	0,70
Acide sulfurique	0,17
Acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique	16,88
Magnésie et chlore	1,55
Sable	3,03
	100,00

Dans le but de rendre l'acide phosphorique de cet engrais immédiatement soluble dans l'eau, on le traite maintenant, à Anvers, par l'acide sulfurique. Le produit obtenu se vend sous le nom d' « engrais animal dissous de Fray-Bentos ».

Composition	I	II
Eau	7,78	10,30
Matières organiques	53,81	45,01
Acide phosphorique soluble dans l'eau	11,86	11,49
Acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique	1,01	2,33
Potasse	0,78	1,78
Chaux, soude, acide sulfurique, ma- gnésie, chlore	24,76	28,46
	100,00	100,00

(1) Azote organique 5,36 %.

70. Guano animal. — Sous ce nom, on emploie beaucoup, en Angleterre, des engrais de viande, ayant beaucoup d'analogie avec les précédents et qui arrivent de l'Amérique du Sud et de l'Australie. Le D^r Vœlcker a analysé quelques-uns de ces produits dont la composition est d'ailleurs assez variable.

Le n^o 1 importé de la Nouvelle-Orléans est plus connu sous le nom d'azotane ; le n^o 2, importé d'Australie, est un mélange d'os dissous, de sang et de chair desséchée :

Composition	I	II
Eau	11,26	18,20
Matière organique (1)	80,31	41,78
Acide phosphorique (2)	"	15,01
Phosphate de chaux	3,09	"
Chaux	"	18,52
Carbonate et sulfate de chaux	4,65	"
Sels alcalins		0,90
Matières siliceuses insolubles	0,69	5,59
	100,00	100,00
(1) Contenant azote	11,34	3,85
Égal à ammoniacque	13,77	4,67
(2) Égal à phosphate de chaux tribasique	"	32,75

CHAPITRE VIII

AUTRES RÉSIDUS PROVENANT DES MATIÈRES ANIMALES •

71. Généralités. — Indépendamment des os, de la laine, du sang et de la viande, les animaux, ou plutôt les industries qui travaillent les matières animales, fournissent d'autres débris que l'agriculture utilise avec grand profit. Parmi ces produits, nous appellerons surtout l'attention sur les déchets de cuir, de boyauderie, de cornes et sabots, ainsi que les résidus provenant des fonderies de suif.

72. Engrais de cuir. — Nous n'insisterons pas longuement sur l'importance de l'industrie des cuirs ⁽¹⁾, contentons-nous de faire remarquer que si nous exportons très peu de peaux brutes, par contre, nous envoyons à l'étranger beaucoup

(1) FERDINAND JEAN. — *L'Industrie des peaux et des cuirs*. Encyclopédie des Aide-Mémoire de M. Léauté, Masson et Gauthier-Villars, éditeurs.

de cuirs et de peaux travaillées. D'autre part, nous importons une grande quantité de peaux brutes servant de matière première; en 1893, le chiffre de ces importations s'est élevé à 12 697 000 kilogrammes représentant une valeur de plus de 55 865 500 francs. C'est dire qu'il nous reste une certaine quantité de débris ou déchets de cuir que l'agriculture trouve à utiliser avec avantage comme matières fertilisantes.

Ces résidus sont nombreux et variés, cependant les plus importants sont :

- 1° Les déchets de peaux;
- 2° les poussières de cuir;
- 3° les déchets de cuir.

Les premiers sont des résidus de peaux fraîches qui proviennent de l'équarrissage de la peau, à laquelle on enlève les flancs, les pieds, les oreilles et même quelquefois la tête. Ces résidus de peaux fraîches sont désignés sous le nom de *colles*. Ils sont souvent achetés par les fabricants de gélatine, qui en extraient cette substance par l'ébullition.

Ce qui reste, c'est-à-dire ce qui n'a pas été dissous par l'eau bouillante, constitue les marcs de colle, qui sont des engrais pulvérulents secs contenant de 2 à 5 % d'azote et 1 à 1,5 d'acide phosphorique.

Les *poussières de cuir* sont obtenues en amin-

cissant et égalisant les peaux au moyen de racloirs tranchants. Ces engrais, qui se présentent sous forme d'une poudre blanche ou grise, contiennent de 2 à 3 % d'azote ; ils sont relativement peu employés. Il n'en est pas de même des déchets de cuir, dont nous allons dire quelques mots.

73. Déchets de cuir ou rognures. — Ce sont les résidus de cuirs neufs ou vieux qu'on trouve chez les bourreliers, cordonniers, mégisiers, selliers, etc.

Le tannage dans ces produits a diminué leur richesse en azote, qui n'est plus à comparer à celle de la viande ou du sang, par exemple. De plus, leur extrême dureté les rend d'une décomposition très difficile dans le sol. Comme ils renferment de 6 à 9 % d'azote, on les enterre parfois au pied des arbres fruitiers, en les mélangeant avec de la chaux pour hâter leur décomposition.

74. Cuir désagrégé. — Pour rendre les rognures de cuir d'un emploi plus facile et surtout pour les rendre plus facilement assimilables, on les réduit industriellement en poudre après les avoir traitées par la vapeur sous pression ou par torréfaction.

M. Petermann a fait une étude très intéressante de cet engrais, nous allons résumer ici le mémoire qu'il a publié à ce sujet dans le *Bulle-*

tin de la station agricole expérimentale de l'État, à Gembloux (1).

L'état physique du cuir moulu ne laisse ordinairement rien à désirer. On est arrivé à le réduire en poudre d'une finesse extrême et, conséquemment, à augmenter considérablement la surface d'attaque qu'il présente à l'action de l'eau, de l'oxygène, etc. D'autre part, il est facile de se convaincre que le traitement auquel on soumet le vieux cuir lui enlève une forte partie de l'acide tannique absorbé par la peau lors du tannage. On doit cependant se demander si la quantité qui reste, et qui est encore très appréciable par les réactifs chimiques ordinaires, ne protège pas pour longtemps le cuir contre l'action des agents dissolvants du sol.

La décomposition du cuir, qui donne lieu à la formation d'ammoniaque, est, en effet, plus lente que celle d'autres matières d'origine animale : c'est ainsi que, dans les expériences de M. Morgen (Station agricole de Halle), 34, 56 % seulement de l'azote total du cuir, contre 61, 62 % de l'azote de la poudre de cornes (§ 80) étaient devenus solubles après une digestion de ces engrais dans l'eau pendant 131 jours.

Les essais entrepris sur l'action de cet engrais sont peu nombreux. Indépendamment de ceux

(1) N° 23 de février 1881.

de M. Ladureau, sur la betterave à sucre où cette substance ne s'est pas montrée avantageuse au point de vue économique, nous ne connaissons guère que ceux de M. Petermann précédemment cité, qui a expérimenté le cuir moulu dans une serre, sur l'avoine, au jardin, sur la féverole, et au champ, sur la betterave à sucre.

Le cuir moulu employé dans ces trois essais était du cuir désagrégé par la vapeur d'eau sous pression, puis séché et broyé ; il avait la composition suivante (1) :

Eau	11,89
Matières organiques (2)	71,34
" minérales solubles dans	
l'acide (3)	7,63
Matières minérales insolubles dans	
l'acide	9,14
	<hr/>
	100,00

(1) Nous ajouterons à titre de renseignement, que certains cuirs du commerce renferment une faible partie de leur matière azotée sous une forme soluble dans l'eau, sans qu'elle soit cependant déjà parvenue à l'état d'ammoniaque. C'est ainsi que l'on constate une proportion plus forte d'azote lorsqu'on épuise par l'eau le cuir moulu et que l'on dose l'azote dans la matière sèche obtenue par évaporation de l'extrait aqueux, que lorsqu'on dose l'ammoniaque directement dans le cuir moulu en le distillant avec de la magnésie.

(2) 7,51 d'azote total, dont 0,43 d'azote ammoniacal.

(3) 0,61 d'acide phosphorique anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique.

M. Petermann a essayé le cuir moulu comparativement au sang desséché (§ 62), au nitrate de soude, au phosphate précipité (§ 31) et à divers autres engrais. Le suivre ici dans le détail de ses intéressantes expériences serait dépasser le cadre qui nous est assigné. Nous nous contenterons de donner ici la conclusion de ses études :

En terre sablo-argileuse en bon état de fertilité, le cuir moulu a été, dans l'année même où il a été appliqué (1880), sans effet sur féveroles, mais il a produit sur avoine et sur betteraves à sucre une faible augmentation de récolte, sans nuire à la qualité des dernières. L'effet utile produit par le cuir sur l'avoine a été bien plus faible que celui exercé dans les mêmes conditions par le sang desséché, et pour betteraves l'azote du cuir a été de beaucoup inférieur à celui du nitrate de soude.

Quoi qu'il en soit, nous n'entendons pas, après une seule année d'expériences peu favorables au cuir moulu, déconseiller son emploi : nous engageons seulement les cultivateurs qui se servent de cette matière fertilisante à établir quelques essais comparatifs, afin de s'assurer si, dans les conditions spéciales où ils opèrent, l'emploi du cuir est réellement avantageux.

75. Déchets de boyauderies. — Les intestins des bœufs, des vaches, des chevaux et des moutons sont traités dans des usines spéciales dans le but de la fabrication de certaines petites courroies de transmission, de grosses cordes

filées et de cordes, dites cordes à boyaux pour les instruments de musique. Les intestins de porcs sont employés principalement pour la charcuterie.

Toutes ces industries utilisent d'énormes quantités d'eau de lavage et produisent beaucoup de résidus. Les uns et les autres étant très facilement altérables, les boyauderies sont rangées, par l'administration, dans la catégorie des industries incommodes, insalubres ou dangereuses et comme telles, soumises à certains règlements. Aujourd'hui, la plupart des opérations que doivent subir les intestins, telles que vidage, raclage et lavage, se font mécaniquement, il en est de même du refendage.

Les boyaux servent aussi de matière première dans la fabrication des fleurs artificielles, ils sont alors amenés à l'état soyeux par des traitements particuliers.

Enfin, à l'industrie de la boyauderie se rattache encore la fabrication de la *baudruche* qui est obtenue avec la membrane péritoniale qui recouvre le cœcum du bœuf. Le lavage et le grattage des boyaux donnent un résidu semi-liquide, utilisable par l'agriculture.

Un de ces produits, analysé par MM. Muntz et Girard, a donné la composition suivante :

Eau	89,00 %
Matières minérales.	0,83
Azote.	1,51

Ces eaux congelées et désinfectées par l'acide sulfurique forment un engrais très facilement assimilable.

Comme on le voit, les résidus des boyauderies sont des engrais peu riches et surtout très aqueux ; il ne peuvent être utilisés par la culture que lorsque les champs, où on les applique en irrigation, sont à proximité des usines, car les frais de transport, même à une faible distance, grèveraient beaucoup ces résidus et rendraient leur emploi très dispendieux.

L'industrie des boyaux, nous l'avons déjà dit, est très insalubre, elle produit des émanations fort désagréables qui contribuent, pour une large part, à ce qu'on est convenu d'appeler les « odeurs de Paris ».

Cependant, il serait facile de supprimer cette source de mauvaises odeurs. Il suffirait pour cela d'imposer à ces usines, et du même coup aux fabriques de sang (§ 61) et de viande deséchés (§ 67) l'emploi du procédé que le Conseil d'Hygiène a recommandé dans sa séance du 28 octobre 1892. Chaque usine serait tenue d'avoir, dans le local destiné à recevoir les débris fermentescibles, un récipient non métallique contenant une solution de chlorure de zinc à 2 ‰. Tous les débris devraient être immergés dans ce liquide.

La solution de chlorure de zinc à 2 ‰ n'est

ni caustique, ni toxique ; elle est d'un prix insignifiant.

76. Râpures de cornes, sabots et matières cornées. — Ces dépouilles trouvent également leur emploi dans la fabrication des engrais, soit directement, soit qu'on emploie telles que les résidus des industries utilisant ces substances comme matières premières, fabriques de boutons, de peignes, etc., etc.

Il ne faudrait pas croire que ces produits soient négligeables, ils donnent lieu à un commerce important qu'on est loin de soupçonner en général. Il est d'ailleurs à remarquer que nous en importons une assez grande quantité, comme le montre le tableau suivant qui met en regard les importations et les exportations de cornes pendant les années 1891, 1892 et 1893.

Comme on le voit, tandis que nous importons beaucoup de matières premières nous exportons, par contre, beaucoup de ces produits manufacturés. Les déchets restent donc chez nous et contribuent à enrichir le sol de la France en principes fertilisants.

Les produits cornés, réduits en fragments ou en râpures, peuvent être utilisés de deux manières :

- 1° à l'état brut ;
- 2° à l'état de désagrégation soit par la vapeur, soit par la torréfaction.

77 Utilisation à l'état brut. — Ces produits sont très riches en matières utiles ; on y trouve communément de 10 à 15 et même 17 % d'azote et des quantités variables de phosphates.

Analysées par Johnston, les cornes ont donné :

Matières organiques	35,84
Carbonate de chaux	7,71
Phosphate de chaux et de magnésie	46,14
Eau	10,31
	<hr/>
	100,00

Or, peu de matières fertilisantes livrent l'azote à aussi bas prix que ces substances cornées, car on vend ces déchets sur les marchés de Paris et de Lille de 15 à 20 francs les 100 kilogrammes.

L'utilisation directe de ces résidus a été remarquablement bien exposée dans *Le livre de la ferme*; de P. Joigneaux, auquel nous avons fait de nombreux emprunts dans les lignes qui suivent :

Un cultivateur qui en serait réduit à compter sur les cornes de vaches ou de bœufs et sur les sabots de chevaux, serait fort à plaindre : mais un cultivateur qui les aurait sous la main et ne s'en servirait pas, serait fort à blâmer. Rappelons-nous que si les fumiers de bouchers, de maréchaux-ferrants, de fabricants de peignes ou de boutons en corne jouissent d'une bonne réputation, c'est parce qu'il y a du sang dans les premiers, des rognures de sabots dans les seconds,

des déchets ou de la râpures de corne et d'os dans les troisièmes.

La corne et les sabots ont le double mérite d'agir énergiquement sur les végétaux et de durer longtemps.

« Vous voudrez bien, à ce propos, dit Joigneaux, ne pas confondre l'énergie d'action qui n'exclut pas la durée avec la rapidité d'action qui l'exclut toujours.

Un engrais d'une décomposition rapide, ou facile à dissoudre, se livre aux plantes aussitôt que la sève commence à circuler et s'use promptement, tandis qu'un engrais d'une décomposition lente, comme la râpures de corne et les débris de sabots, ne produit fortement son effet et ne se livre généreusement que sous l'influence d'une température chaude et humide. Du moment que l'influence baisse, l'effet se ralentit. Un engrais facilement décomposable et très soluble s'use, pour ainsi dire, à toutes les températures, indépendamment de la marche de la végétation, pourvu qu'il pleuve; tandis que les déchets de corne et de sabots résistent aux températures basses, aux froids et aux pluies, et ne s'usent réellement que lorsque les circonstances atmosphériques favorisent le développement des plantes.

Ils donnent beaucoup quand la végétation est active et exigeante; ils ne donnent rien ou pres-

que rien quand la sève circule lentement. Voilà, en deux mots, l'explication de leur énergie en temps utile et de leur longue durée. Cette explication ne vient pas de nous; elle est de Bos ».

Cet agronome attachait aux onglons de cochons et aux sabots de chevaux une importance que nous croyons très exagérée.

« J'ai vu, dit-il, quatre onglons d'un porc mis, pendant l'hiver, contre les racines d'un pêcher mourant, suffire pour le rétablir mieux qu'une brouettée de terreau placée sur celle de son voisin qui était dans le même cas...

« Les vigneron de la Bourgogne, ajoute-t-il, ont remarqué qu'un seul ongle de cochon augmentait la vigueur et la production d'un cep de vigne pendant cinq à six ans. Lorsqu'on veut employer la corne à l'engrais des terres à blés, à des prairies, il suffit qu'elle soit réduite en parcelles très petites, et pour cela, il faut préférer, à raison de l'économie, la râpures des fabricants de peignes ou les copeaux des tabletiers, et les répandre au milieu de l'hiver. Les effets sont prodigieux sur les prairies naturelles ».

Ajoutons que les râpures de cornes et de sabots doivent être appliquées en hiver, ou mieux en automne, à la dose de 600 à 800 kilogrammes par hectare.

78. Cornes désagrégées. — Les traitements chimiques qu'on fait subir aux matières cornées,

ont pour but de les rendre plus facilement assimilables, c'est-à-dire de hâter la nitrification de l'azote organique qu'ils contiennent.

Par la torréfaction, notamment, on modifie beaucoup la nature physique et on arrive à obtenir une poudre presque impalpable. Elle s'effectue en chauffant la corne dans des chaudières, en les agitant sans cesse, ou bien, dans des cylindres tournants. Sous cette influence, la matière se déshydrate, augmente de volume et devient spongieuse. Il faut éviter toutefois de chauffer jusqu'à la carbonisation, ce qui amènerait des pertes d'azote.

Ainsi transformée, les matières cornées sont pulvérisées dans des moulins spéciaux.

Le traitement par la vapeur surchauffée s'effectue dans des autoclaves où la matière est maintenue pendant dix ou douze heures. On obtient alors une matière gélatineuse qu'on dessèche dans des étuves et qu'on pulvérise ensuite.

L'engrais ainsi obtenu se présente sous forme d'une poudre d'un gris jaunâtre dosant de 12 à 14 % d'azote.

Ces poudres sont en général d'un prix assez élevé et leur emploi, eu égard à la quantité d'azote qu'elles renferment, est, en général, moins économique que celui des produits bruts. Par contre, elles produisent des effets immédiats beaucoup

plus marqués, mais, d'autre part, leur action se prolonge beaucoup moins longtemps.

79. Crins et plumes — Ces résidus ont une certaine analogie de composition avec les matières cornées. Les fabriques de plumes servant à la parure emploient surtout les plumes d'autruche, de paon, d'oiseau de Paradis, de lophophore, d'ibis, de perroquet, de marlin-pêcheur et d'une foule d'autres oiseaux exotiques. Malgré leurs belles nuances, qui en font surtout la valeur, ces plumes doivent subir quelques préparations. D'ailleurs, les plumes servent aussi à fabriquer un genre spécial d'étoffes, dans lesquelles la plume ne paraît que par effet de trame, tandis que la chaîne, toujours imperceptible, est le plus souvent en taffetas.

Les débris et résidus provenant de ces industries plumassières renferment une grande quantité d'azote, 15 à 18 %. Il en est de même de ceux provenant des fabriques de literie.

Ces déchets sont très employés en Italie pour la culture du chanvre.

On les utilise encore assez souvent dans la culture des céréales. Ces engrais sont appliqués à la dose de 30 à 35 hectolitres par hectare. Mais en raison de leur légèreté et de la facilité avec laquelle le vent les emporte, l'épandage n'est pas toujours facile et il faut les mélanger à des matières terreuses lourdes.

Ce sont aussi des engrais à décomposition lente.

A notre connaissance, on ne leur fait pas subir de traitements industriels.

Les poils et les cuirs provenant de la fabrication des brosses et des objets de literie, à l'état pur, renferment de 14 à 16 % d'azote, mais les déchets livrés à l'agriculture sont toujours plus ou moins mélangés de poussières qui en abaissent le titre à 6 ou 8 %.

Ce sont également des engrais à décomposition lente, aussi la meilleure manière de les utiliser consiste-t-elle à les stratifier avec les composts auxquels on incorpore une petite quantité de chaux.

Les crins sont produits, comme déchets, en très grande abondance dans certaines localités et on aurait tort de les laisser perdre.

Il en est de même des poils de chèvre, de cheameau, de vache, de blaireau, de lièvre, de lapin, etc., servant dans la fabrication de divers tissus.

80. — La découverte des propriétés fertilisantes des débris de crins ne date que d'une cinquantaine d'années. Voici comment elle est racontée par Pepin, l'habile horticulteur :

« En 1846, dit-il, plusieurs cultivateurs de la banlieue de Paris amenant des pommes de terre dans une féculerie de la capitale, remarquèrent, dans la cour d'un établissement d'épuration de

crin, voisin de la féculerie, des tas de poussières mélangés de menu cuir, ayant au plus de 2 à 3 centimètres de long ; ils proposèrent au propriétaire de l'en débarrasser. Ce dernier ne demandait pas mieux, ils enlevèrent immédiatement ces résidus, qui furent répandus aussitôt sur leurs cultures. Ils produisirent de si bons effets, qu'aujourd'hui (en 1854) tout ce qui provient des cinq ou six établissements de ce genre existant à Paris est enlevé au fur et à mesure par les cultivateurs de Limours, de Nanterre, de Courbevoie, de Puteaux, etc.

« Les terres, dans ces diverses communes, sont, pour la plupart, calcaires ou siliceuses, et donnent généralement des récoltes plus hâtives.

« On m'a dit, ajoute Pepin, qu'un fabricant de crin, propriétaire de vignes à Metz, faisait porter depuis longtemps dans ses vignes la poussière et le menu crin sortant de sa fabrique, et que ses vignes étaient les plus belles et les plus productives de la contrée. On ne m'a pas parlé de la qualité du vin ; mais on sait que ce département (la Moselle) ne produit, en général, qu'un vin inférieur, qui est consommé en grande partie dans la localité ».

81. Pain de creton. — On emploie habituellement les pains de creton, c'est-à-dire les marcs résiduaux provenant des graisses de moutons, de bœufs et de veaux, obtenus dans les

fonderies de suifs, comme nourriture pour les chiens ou pour les porcs. Ce résidu, composé en très grande partie du tissu adipeux et des membranes dont il reste imprégné, contient, en outre, de petites quantités de sang, de muscles et d'os.

Voici, d'ailleurs, ce qu'en dit M. J. Girardin (1).

Comme il est assez riche en azote, on peut l'appliquer avantageusement à la culture. Son prix est de 20 francs les 100 kilogrammes. Mais, avant de l'employer, il convient de le diviser à la hache et de le détremper ensuite dans l'eau chaude; on le répand alors sur les terres ou on l'introduit dans des composts. La dose est de 900 à 1 000 kilogrammes par hectare; son action se prolonge durant trois ou quatre ans.

La quantité de matière grasse qui reste dans les pains de creton est, en général, d'autant plus faible, qu'ils ont été plus fortement pressés.

En moyenne, on y trouve de 4 à 6 % d'azote et de 2 à 3 d'acide phosphorique.

82 Résidus des industries qui travaillent la soie. — Ce sont d'abord des débris de soie de toute sorte tels que déchets, bourres, chiffons de soie, qui, d'après M. L. Lindet, sont riches à 9 ou 10 % d'azote; ce sont ensuite les résidus

(1) J. GIRARDIN. — *Des fumiers et autres engrais animaux*, p. 340.

178 AUTRES RÉSIDUS DE PROVENANCE ANIMALE

du travail de la magnanerie, tels que litières de vers à soie, qui renferment 3 % d'azote, chrysalides débarrassées de leurs cocons, riches à 2 % d'azote.

Dans la plupart des magnaneries, les litières de vers à soie, après avoir été séchées, sont le plus souvent employées pour l'engraissement des moutons. Il n'y a guère que les litières qui n'ont pu être desséchées dans de bonnes conditions, qu'on utilise comme engrais.

CHAPITRE IX

ENGRAIS DE POISSONS

83. Produits des pêcheries. — Les débris si abondants de la grande et de la petite pêche, dont l'importance économique est si considérable ⁽¹⁾, fournissent, ou plutôt sont susceptibles de fournir deux sources très importantes de débris, d'une part, la *graisse* et les *huiles*, dont les usages industriels sont aussi nombreux que variés, d'autre part, les chairs qui restent après ce dégraissage et qui, en raison de leur forte teneur en azote et en acide phosphorique, constituent une matière fertilisante de tout premier ordre.

Il faut constater néanmoins, qu'à ce point de vue, quoique la France ait ouvert la route, l'étranger nous a beaucoup devancé, car la préparation des engrais de poissons, sous différentes

(1) G. ROCHÉ. — *Les grandes pêches maritimes modernes de la France*. 1. vol. Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire de M. Léauté, Masson et Gauthier-Villars, éditeurs.

formes, est beaucoup plus avancée en Allemagne, en Angleterre et surtout en Belgique, que chez nous, ou trop souvent les débris des pêcheries et des conserves de poissons sont purement et simplement jetés à la mer.

Une autre source de matières premières réside dans les poissons non consommés, soit en raison de l'exiguïté de leur taille, soit en raison de leur décomposition partielle.

84. Importance des résidus de poissons.

— Les quantités de poissons, dit Payen, que renferment certaines mers, à différentes époques de l'année, sont telles qu'on n'ose vraiment les apprécier, dans la crainte d'être taxé d'exagération. Et cependant, si l'on se rapporte à l'immensité de l'Océan, on peut aisément se figurer les quantités innombrables d'animaux que renferment les mers, qui concourent avec les plantes marines à mettre sous formes de tissus organisés une foule de détritits pulvérulents, dissous ou gazeiformes, et que la Providence n'a pas voulu mettre hors de notre atteinte ni dérober aux besoins toujours croissants de l'humanité ».

A l'appauvrissement des terres, la fécondité inépuisable de la mer peut donc offrir un remède efficace.

Nous résumons dans le tableau ci-après, dressé d'après les documents officiels du Ministère de la Marine, les produits des pêches maritimes

françaises (grande pêche et pêche côtière) pour les années 1882 et 1883.

Années	Morue		Hareng — Kilogr.	Maquereau — Kilogr.
	Terre-Nve — Kilogr.	Islande — Kilogr.		
1882 . . .	17 803 924	12 013 058	25 419 697	5 362 926
1883 . . .	21 315 853	13 082 386	36 854 171	6 633 449

Années	Sardines — Kilogr.	Anchois — Kilogr.	Autres espèces — Kilogr.
1882 . . .	512 802 668	1 629 363	53 310 544
1883 . . .	1 148 375 978	2 230 824	53 014 363

Or, il est à remarquer que les produits des pêches françaises ne suffisent pas à notre consommation et que, tous les ans, l'étranger comble le déficit de notre production.

Pour montrer l'importance de ces débris de poissons, nous rapporterons les lignes suivantes que nous trouvons en note dans le *Précis de Chimie industrielle* de Payen :

« Le produit de la pêche de la morue, à l'île de Terre-Neuve, s'élève annuellement, en poissons frais, à plus de 1 400 000 000 de kilogrammes dont la moitié est utilisée et l'autre moitié

jetée à la mer ou sur le rivage. Si ces 700 000 tonneaux de débris étaient cuits, pressés, désagrégés, séchés et pulvérisés, ils produiraient plus de 150 000 000 de kilogrammes d'une poudre réunissant les propriétés comparables à celles du meilleur guano du Pérou ».

Les produits pourraient même être doublés si l'on y ajoutait une partie des harengs que fournirait la pêche au-delà de la consommation.

Enfin, la fabrication des sardines à l'huile laisse des monceaux de résidus.

Parlerons-nous des poissons impropres à l'alimentation, dont la mer regorge.

Le *scatt* du Norvégien, la *seye*, le *stenbider*, le *mourte*, le *hoquéline*, le *haubrand*, foisonnent dans les mers du Nord, dans lesquelles on rencontre aussi le requin et la baleine, sans parler d'une foule d'autres poissons qui n'ont aucune utilité pour l'homme, mais qui n'en possèdent pas moins une valeur agricole importante.

Les eaux courantes, quel qu'en soit le volume, dépouillent perpétuellement la terre des matériaux solubles qu'elle renferme, pour les porter à l'Océan. Ce que deviennent ces principes de vie, la science le suppose, et elle appelle de tous ses vœux le jour où l'industrie, venant en aide à l'agriculture, s'attachera à la récolte des produits marins, et rapportera dans nos champs un principe de vitalité qui s'en était échappé (A. Bobierre).

85. Composition des produits bruts. —

La composition chimique de la chair des poissons diffère très peu de celle de la viande (§ 66) des animaux de boucherie, sauf toutefois que la proportion d'azote y est un peu moindre et que, par contre, la teneur en acide phosphorique en est plus élevée. D'ailleurs, la graisse y est toujours très abondante.

Quoique très différente selon les espèces, comme consistance, aspect, saveur, etc., la chair des divers poissons marins a une grande analogie de composition. C'est ce que montre le tableau suivant :

Poissons	Eau	Matière sèche	Graisse	Substances minérales	Azote
Raie . . .	75,489	24,511	0,472	1,706	3,846
Congre . . .	79,909	20,091	5,021	1,106	2,172
Morue salée . . .	47,029	52,971	0,383	21,320 ⁽¹⁾	5,023
Hareng salé . . .	48,998	51,002	12,718	16,433 ⁽²⁾	3,112
Hareng frais . . .	70,000	30,000	10,300	1,900	2,450
Merlan . . .	82,950	17,050	0,383	1,083	2,416
Maquereau . . .	68,277	31,725	0,758	1,846	2,747
Sole . . .	86,144	13,856	0,248	1,229	1,911
Limande . . .	79,412	20,588	2,058	1,936	2,898
Saumon . . .	75,704	24,296	4,849	1,279	2,095

(1) Sur 21,320 de matières minérales, il y avait 19,544 de sel marin.

(2) Sur 16,433 de matières minérales, il y avait 14,623 de sel marin.

On voit que les différences portent surtout sur la teneur en matières grasses.

86. Utilisation directe. — Depuis longtemps, déjà à la Martinique et à la Guadeloupe, on se sert des débris et des vieilles morues non alimentaires comme engrais pour la canne à sucre. De même, les cultivateurs de San Isidoro, près Buenos-Ayres, fument leurs champs avec les poissons de rebut que les pêcheurs abandonnent sur les rives du Rio de la Plata.

Sur les côtes de la Bretagne, on considère également les débris et résidus de pêcheries comme d'excellentes matières fertilisantes.

Stephens rapporte que sur la côte orientale de l'Écosse, les fermiers ne négligent pas les déchets de poissons. Ils répandent environ 70 hectolitres de têtes et d'issues de morues et de merluches par hectare. Voici leur manière d'opérer :

Les déchets encore frais sont conduits sur les champs et enterrés dans une tranchée profonde où ils pourrissent pendant plusieurs mois. Ils les emploient ensuite en mélange avec la terre de la tranchée. Parfois on fume avec cet engrais les terres destinées au froment, mais il réussit, paraît-il, particulièrement bien sur les navets.

Cependant, il convient de faire remarquer que l'emploi des débris de poissons en nature, n'est pas à conseiller dans la moyenne partie des cas, et cela, en raison même de la grande quantité de

matières grasses qui s'y trouve contenue. Pour neutraliser ce principe, M. Boussingault indique l'application en compost de la manière suivante :

Mêler aux débris de poissons, 1 hectolitre de chaux vive pour 3 de poisson ; quelques semaines après, ce mélange est remué et mêlé à de la terre pour être répandu.

87. Déchets de sardines. — Les déchets de sardines, têtes et viscères, si abondants sur les côtes de la Bretagne, qui proviennent de la fabrication des sardines à l'huile, constituent un engrais très riche, mais contenant beaucoup de matières grasses.

M. Bobierre a donné l'analyse suivante d'un échantillon de ces déchets frais dans lequel on avait introduit 15 % de sel marin, en vue de s'opposer tout à la fois et à l'altération putride et à l'invasion des insectes.

		Eau	45,00
		Huile	10,00
Matières volatiles	} 76,40	Azote organique . . .	2,00
au rouge . . .		Matières organiques non azotées . . .	19,40
		Sable ferrugineux . .	0,80
		Phosphates de chaux et de magnésie . .	4,80
Matières fixes . .	} 23,60	Chlorure de sodium . .	17,00
		Sels calcaires et alcalins. — Pertes . .	1,00
		<hr/>	<hr/>
		100,00	100,00

Il n'est pas inutile de faire remarquer que les proportions d'huile varient selon les époques où la pêche est faite, quoique les différences observées ne soient pas très fortes.

M. Bobierre a proposé d'utiliser ces débris, en les traitant d'abord par le sulfure de carbone pour enlever la matière grasse, espérant que les frais de cette opération seront couverts par la matière grasse recueillie. Puis, dessécher le résidu ainsi obtenu à l'air et le pulvériser pour finir. On obtient par ce procédé un engrais friable, jaune, analogue au guano par son aspect, et dans lequel l'aptitude à la décomposition et à l'uniforme répartition dans le sol ne laisse rien à désirer.

Celui obtenu par M. Bobierre renfermait 5 % d'azote et 12 % de phosphates très assimilables.

88. Engrais de poissons de M. Rohart. —

Il y a quelques années, cet industriel avait établi une fabrique d'engrais de poissons aux îles Lofoden, où il utilisait surtout les débris de morues et même de baleines quand l'occasion s'en présentait.

L'usine de M. Rohart, marcha plusieurs années et livra à l'agriculture un excellent engrais.

Malheureusement, M. Rohart ne put mener à bout son intéressante entreprise, par suite de circonstances financières étrangères à la valeur

agricole reconnue du produit qu'il livrait à la culture. Comme on le verra plus loin (§ 90) la question a été reprise depuis dans de meilleures conditions.

89. Saumures. — Les ports de Boulogne, Saint-Valery, Fécamp, Dieppe, etc., livrent chaque année à la culture 20 à 25 000 hectolitres de saumure provenant de la préparation des harengs. Ce liquide rougeâtre, mélangé de débris de chair, laitances, œufs, écailles, etc., d'une densité de 20 à 25° B. contient par litre, d'après les analyses de M. Marchand :

Matières solides.	318	
Dont : Sel		255
Azote		5 à 6
Acide phosphorique		3 à 4
Eau		<u>682</u>
		1 000

Le baril de 110 litres se vend jusqu'à 1^{fr},50. D'après M. Marchand, cet engrais, vu la quantité de sel qu'il contient (20 kilogrammes par baril) ne doit être employé que dans les terres riches en carbonate de chaux et à la dose de 15 à 18 hectolitres au plus par hectare. On répand la saumure préalablement étendue, ou mieux encore on mélange au fumier ou à des composts (Lefour).

90. Guano de poissons. — Aujourd'hui, c'est surtout en Norvège qu'on prépare cet en-

grais en utilisant les débris de morue auxquels on ajoute la chair des baleines. L'engrais fabriqué aux îles Lofoden, principalement, est ensuite dirigé en Angleterre et surtout à Anvers.

Les diverses préparations obtenues portent, en général, le nom de guanos de poissons.

Les modes de fabrication, font remarquer MM. Müntz et Girard, sont variables, mais ils se résument tous en la cuisson de la matière première qui donne de l'huile, qu'on recueille, un bouillon et une matière insoluble constituée par les tissus fibreux et osseux du poisson. Ce sont ces derniers produits qui nous intéressent; ils renferment presque la totalité de l'azote et de l'acide phosphorique des matières traitées. On les fait sécher soit à l'air libre, soit dans des tourailles; ils deviennent ainsi friables et peuvent être rapés ou passés au moulin.

Les usines qui travaillent en Norvège les poissons grands et petits pour en extraire l'huile, la colle et l'engrais, opèrent de la façon suivante. Les baleines et les gros poissons sont d'abord coupés en morceaux et soumis à une pression graduelle à l'aide de presses hydrauliques; l'huile est ainsi extraite avec une grande masse d'eau.

Après ce traitement, le tourteau, ainsi que les petits poissons, passent dans des chaudières où l'eau bouillante achève la séparation de l'huile,

et de là dans des autoclaves où, par l'action de la vapeur sous pression, on obtient une dissolution qu'on soutire et qu'on concentre pour fabriquer la gélatine.

Les poissons passent ensuite sur des plaques où ils subissent une légère torréfaction qui les rend très friables. Après broyage, la poudre obtenue est passée au tamis ; les parties fines sont livrées au commerce des engrais.

91. Composition des guanos de poissons.

— Les guanos de poissons sont des engrais riches, leur teneur en azote dépasse toujours celle des meilleurs tourteaux oléagineux et en outre, ils contiennent de fortes proportions de phosphate de chaux. M. Petermann a donné l'analyse suivante d'un guano de poissons des îles Polaires et Lofoden :

Eau	10,74
Matières organiques	54 30 (1)
Matières minérales.	34 96 (2)
	<hr/> 100,00

Cet engrais se présente sous forme d'une poudre jaunâtre, fine, très sèche, ayant une forte odeur de poisson.

Vœlcker a fait l'analyse de plusieurs de ces

(1) Azote organique 7,89.

(2) Acide phosphorique soluble dans l'acide 14,80.

engrais, nous lui empruntons les deux suivantes, de provenance américaine :

Composition	I	II
Eau	8,68	6,88
Matière organique (1)	74,85	57,35
Acide phosphorique (2)	6,63	14,42
Chaux	6,63	17,67
Magnésie, acide carbonique, etc.	2,80	3,49
Matières siliceuses insolubles.	0,41	0,19
	100,00	100,00

92. Engrais poisson et os. — Dans la fabrication de l'engrais avec les baleines et les grands cétacés, on traite souvent séparément les chairs et les os. Ces derniers donnent une poudre en général moins riche en azote que le guano, mais, par contre, contenant beaucoup plus de phosphate de chaux.

Lorsque cet engrais d'os de poisson est vendu séparément, il n'est pas rare qu'on le mélange avec des poudres d'os (§ 48) dans le but de l'enrichir.

Mais le plus souvent l'engrais d'os de poisson est mélangé avec le guano proprement dit.

(1) Contenant azote.	11,69	8,52
Égal à ammoniacque	14,19	10,34
(2) Égal à phosphate de chaux tribasique	14,47	31,48

Voici, pour fixer les idées, la composition d'une de ces poudres d'os de poisson :

Eau.	6,68
Matières azotées	23,12 (1)
Phosphate de chaux.	54,80
Carbonate de chaux.	6,90
Matières siliceuses insolubles	1,72

93. Nouveau mode de fabrication de l'engrais de poissons. — D'après le *Moniteur Scientifique Quesneville*, on fabrique depuis quelques années un nouvel engrais de poisson qui commence à se répandre dans le commerce. Voici la méthode indiquée par M. Zingler, à Belsize park, et M. W. Chattaway, Tvicckenham (Middlesex).

Après avoir haché suffisamment les menus débris des poissons, on les mélange avec du nitrate de sodium et une petite quantité de bisulfate de potassium ou d'autres sels minéraux jouissant de propriétés antiseptiques, comme le borax, par exemple. Si les matières que l'on traite se trouvent déjà en état de putréfaction, on les malaxe avec une certaine quantité de charbon de bois et l'on ajoute de la créosote, du phénol, du crésol ou d'autres antiseptiques analogues.

Les huiles ou graisses contenues dans ces débris en sont extraites avant ou après le traite-

(1) Égal azote. 3,70

ment qu'on vient de lire, par décoction ou expression, ou au moyen d'un dissolvant. Le produit est ensuite desséché et conservé dans cet état. Lorsque, après dessiccation, il contient encore une quantité suffisante de graisse ou d'huile, on le soumet à une nouvelle extraction à la benzine ou au sulfure de carbone.

94. Emploi agricole des engrais de poissons. — Les engrais de poisson, surtout les guanos, lorsqu'ils sont purs, sont, ainsi que nous l'avons vu, des matières fertilisantes riches en azote et en acide phosphorique qui sont applicables à toutes les terres saines, pour toutes les cultures; c'est surtout dans les terres sablonneuses et calcaires qu'ils donnent de bons résultats.

On peut les employer à l'automne ou au printemps, suivant les cultures, mais jamais en couverture.

L'action du guano du poisson, surtout lorsqu'il est appliqué à des doses un peu élevées, 400 à 600 kilogrammes par hectare, et incorporé au sol par un labour, profite surtout à la première récolte, mais elle se fait encore sentir en général, la seconde année.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- BARRAL et SAGNIER. — *Dictionnaire d'agriculture*.
t. II et III, 1892.
- BOBIERRE. — *Leçons de chimie agricole*. 1872.
- CORNEVIN. — *Les résidus industriels dans l'alimentation du bétail*. 1892.
- DEHÉRAIN. — *Traité de chimie agricole*. 1892.
- FAVIER (A.). — *L'azote et le phosphore*. 1887.
- GIRARDIN. — *Des fumiers et autres engrais animaux*.
1876.
- GIRARDIN et DUBREUIL. — *Traité élémentaire d'agriculture*, t. I, 1885.
- GRANDEAU. — *Les scories de phosphoration*. 1896.
- GRAS (G.). — *La betterave*. 1894 et 1895.
— *Les industries agricoles progressives*. 1895.
- JOIGNEAUX. — *Le livre de la ferme*, t. I.
- JOULIE. — *Guide pour l'achat et l'emploi des engrais*.
1887.
- LABOULAYE. — *Dictionnaire des arts et manufactures*,
t. I.
- LAMI. — *Dictionnaire de l'industrie*. t. IV.
- LANDRIN (E. et H.). — *Nouveau manuel de la fabrication et de l'application des engrais*. 1888.
- LARBALÉTRIER (ALB.). — *L'Agriculture et la science agronomique*. 1888.
- LARBALÉTRIER — Les résidus industriels, I

- LEFOUR. — *Sol et engrais*. 1878.
- LIEBIG (J.). — *Lettres sur la chimie*.
- MAUROY. — *Utilité. Composition et emploi des engrais*.
- MENAULT. — *Les engrais*. 1881.
- MOLL et GAYOT. — *Encyclopédie pratique de l'agriculteur*.
- MUNTZ et GIRARD. — *Les engrais*, t. II et III. 1888-89.
- PAGNOUL. — *Bulletin de la station agronomique d'Arras*. 1892.
- PAYEN et VINCENT. — *Précis de chimie industrielle*, t. I, et II, 1878.
- PENNETIER. — *Leçons sur les matières premières*. 1881.
- PETERMANN. — *Recherches de chimie et de physiologie*. 1886.
- PETIT (TH.). — *Engrais et amendements*. Extrait des études sur l'Exposition de 1878.
- PIERRE (I.). — *Chimie agricole*, t. II, 1882.
- RAQUET (G.). — *Le progrès agricole*. Années 1890, 91, 92, 94, 95.
- RENARD. — *Amendements et engrais*. 1893.
- SACC. — *Chimie des animaux*.
- WEGNER. — *Comment se procurer l'azote et l'acide phosphorique à plus bas prix*. 1892.
- *La question des engrais*. 1886.
- VÆLCKER. — *Travaux et expériences*. t. I et II. 1886.
- WOLFF. — *Fumiers de fermes et engrais en général*. 1868.
-

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	Pages 5
------------------------	------------

PREMIÈRE PARTIE

INDUSTRIES MINÉRALES

CHAPITRE PREMIER

<i>Gaz d'éclairage</i>	11
Importance des résidus	11
Chaux d'épuration	12
Eaux ammoniacales	14
Les eaux de condensation comme insecticide fertilisant	15
Crüd d'ammoniaque	19
Sulfate d'ammoniaque	21
Emploi agricole du sulfate d'ammoniaque . .	23
Précautions à prendre dans l'achat du sulfate d'ammoniaque	30
Sulfate d'ammoniaque d'origine anglaise . .	32

CHAPITRE II

	Pages
<i>Industrie de l'alun.</i>	34
Fabrication	34
I. Cendres pyriteuses	36
Composition	36
Utilisation directe.	38
Cendres rouges ou lessivées	39
II. Sulfate de fer	41
Préparation	41
Composition	42
Emploi du sulfate de fer en agriculture.	44
Rôle du sulfate de fer dans la fixation de l'azote atmosphérique.	46
Emploi du sulfate de fer pour la destruction des mousses dans les prairies et de la cuscute.	48

CHAPITRE III

<i>Acéries</i>	51
Obtention de l'acier	51
Déphosphoration des fontes	52
Procédé Thomas et Gilchrist	53
Scories de déphosphoration	55
Acide phosphorique des scories.	57
Importance de la production des scories	60
État physique des scories	61

TABLE DES MATIÈRES

197

	Pages
Appropriation des scories aux différentes terres	63
Appropriation aux plantes.	66
Doses et mode d'emploi des scories	69
Épandage des scories.	72
Falsification et achat des scories	75
Superphosphates et phosphates précipités obtenus avec les scories.	77

DEUXIÈME PARTIE

INDUSTRIES ANIMALES

CHAPITRE IV

<i>Laines et lainages</i>	79
Matières premières. Produits. Résidus	79
Emploi agricole des résidus	82
Déchets de laine	83
Tontisses de laine.	86
Poussières de laine	87
Boues de lavage	88
Eaux d'épillage	90
Suint de laine	92
Chiffons de laine	94

CHAPITRE V

<i>Tabletterie et industrie des os.</i>	102
Emploi des os	102
Constitution chimique des os.	103

	Pages
Emploi des os frais	107
Os concassés ou pulvérisés.	108
Poudre d'os	112
Os dégelatinés	114
Cendres d'os.	117
Poudre d'ivoire.	118

CHAPITRE VI

<i>Engrais commerciaux obtenus avec les os</i>	120
Division	120
Noir animal.	120
Falsifications du noir animal.	126
Action fertilisante du noir animal.	127
Superphosphate d'os.	129
Phosphates précipités	133

CHAPITRE VII

<i>Sang et viande</i>	136
Importance	136
I. Sang	136
Nature et composition	136
Emploi direct du sang	139
Sang desséché	142
Emploi du sang desséché comme engrais	146
Remarque	147
II. Chair musculaire.	148
Composition.	148

TABLE DES MATIÈRES

199

	Pages
Utilisation directe.	150
Procédé Aimé Girard	151
Viande desséchée	153
Tourteaux de viande.	155
Résidus de viande de Fray-Bentos	157
Guanò animal	159

CHAPITRE VIII

<i>Autres résidus de provenance animale</i>	160
Généralités	160
Engrais de cuir	160
Déchets de cuir ou rognures.	162
Cuir désagrégé.	162
Déchets de boyauderies.	165
Râpures de cornes, sabots et matières cornées.	163
Utilisation à l'état brut.	170
Cornes désagrégées	172
Crins et plumes	174
Pains de creton.	176
Résidus des industries qui travaillent la soie.	177

CHAPITRE IX

<i>Engrais de poissons</i>	179
Produits des pêcheries	179
Importance de ces résidus	180
Composition des produits bruts.	183
Utilisation directe.	184

	Pages
Déchets de sardines	185
Engrais de-poissons de M. Rohart.	186
Saumures	187
Guano de poissons	187
Composition des guanos de poissons	189
Engrais poisson et os.	190
Nouveau mode de fabrication de l'engrais de poissons	191
Emploi agricole des engrais de poissons.	192
BIBLIOGRAPHIE	193

MASSON & C^{ie}, Éditeurs

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain, Paris

P. n° 22.

EXTRAIT DU CATALOGUE

VIENT DE PARAÎTRE

Bibliothèque

d'Hygiène thérapeutique

Dirigée par le Professeur PROUST

Membre de l'Académie de Médecine, Inspecteur général des Services sanitaires,
Médecin de l'Hôtel-Dieu.

Extrait de l'Introduction du Professeur Proust :

.... Des ouvrages importants ont été en France, depuis quelques années, consacrés à l'hygiène thérapeutique. Mais il n'existe pas encore de traité de thérapeutique hygiénique qui attribue un volume distinct à chacune des grandes maladies de la nutrition ou à chacune des grandes classes de maladies aiguës ou chroniques. C'est cette lacune que nous avons voulu combler.

Chacun des volumes de cette collection ne sera consacré qu'à une seule maladie ou à un seul groupe de maladies. Grâce à leur format, ils seront d'un maniement commode. D'un autre côté, en accordant un volume spécial à chacun des grands sujets d'hygiène thérapeutique, il sera facile de donner à leur développement toute l'étendue nécessaire.....

..... L'hygiène thérapeutique s'appuie directement sur la pathogénie ; elle doit en être la conclusion logique et naturelle. La genèse des maladies sera donc étudiée tout d'abord. On se préoccupera moins d'être absolument complet que d'être clair. On ne cherchera pas à tracer un historique savant, à faire preuve de brillante érudition, à encombrer le texte de citations bibliographiques. On s'efforcera de n'exposer que les données importantes de pathogénie et d'hygiène thérapeutique et à les mettre en lumière.

Les travaux relatifs à la genèse des maladies se sont tellement multipliés, la bibliographie internationale devient si considérable, qu'en médecine comme pour toutes les sciences appliquées, la division du travail s'impose comme une nécessité. C'est pourquoi nous n'avons pas voulu entreprendre seul la publication de cet ouvrage. Nous avons fait appel à plusieurs collaborateurs, dont la plupart ont été nos élèves. La besogne a donc pu être partagée et, tout naturellement, les sujets ont été distribués en tenant compte des travaux antérieurs et des prédictions de chacun.

L'unité dans l'ensemble sera assurée par notre direction et notre collaboration personnelle.....

Chaque volume in-16, cartonné toile, tranches rouges,

est vendu séparément. 4 francs.

(Voir aux pages suivantes le détail des volumes.)

VIENT DE PARAÎTRE

L'Hygiène du Goutteux

PAR

A. PROUSTMembre de l'Académie de Médecine
Médecin de l'Hôtel-Dieu.**A. MATHIEU**Médecin des Hôpitaux
de Paris.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-340 pages). 4 fr.

La goutte n'est-elle pas, de toutes les maladies chroniques, une de celles dans lesquelles l'hygiène peut être appelée à jouer un rôle prépondérant? L'oubli des règles de la sobriété, le surmenage nerveux, l'hérédité en sont les principaux facteurs pathogéniques. N'est-il pas démontré qu'il appartient à l'hygiène plus qu'à la thérapeutique d'en enrayer l'action et d'en corriger les effets? — Obligés de se prononcer entre ces doctrines séculaires et des théories trop récentes pour que l'expérience ait pu justifier leurs prétentions révolutionnaires, les auteurs ont pris parti pour la tradition clinique; l'observation peut seule, en effet, donner une réelle sanction aux hypothèses pathogéniques et aux pratiques thérapeutiques qui en dérivent.

VIENT DE PARAÎTRE

L'Hygiène des Asthmatiques

PAR

E. BRISSAUDProfesseur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-214 pages). 4 fr.

L'asthme vrai est une pure névrose, comme l'avait soutenu Avicenne, et il ne sera ici question que de celui-là, attendu que l'hygiène thérapeutique de l'asthme n'ayant d'unité qu'autant qu'elle vise une condition morbide définie, ses lois ne sont pas applicables aux pseudo-asthmes accidentels, syndromes variables et disparates. En résumé, l'hygiène des asthmatiques consiste surtout en une sorte de discipline fonctionnelle que chacun de nous peut et doit s'imposer; elle emprunte bien moins à la thérapeutique qu'à ce régime de vie ponctuel et mesuré qui assure le maximum de sécurité à un organisme en souffrance. Dans le programme qu'elle se propose, la part de collaboration du malade l'emporte sur celle du médecin.

VIENT DE PARAÎTRE

Hygiène

et

Thérapeutique thermales

PAR

G. DELFAU

Ancien interne des Hôpitaux de Paris.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-456 pages). 4 fr.

Ce serait une conception bien étroite et bien incomplète de ne voir dans une cure thermale que l'action de l'eau minérale elle-même : le climat, l'altitude, l'exposition de la localité, l'abandon momentané des affaires, des plaisirs ordinaires, du régime habituel, la vie au grand air, l'exercice, sans parler des agents annexes du traitement proprement dit, tels sont les principaux éléments adjuvants dont on sait de plus en plus apprécier l'action puissante, profonde et durable. A elles seules, ces quelques considérations suffisent pour rappeler que la cure thermale ressortit à la fois à la thérapeutique proprement dite et à l'hygiène, et encore plus à cette dernière telle qu'on tend de plus en plus à l'envisager aujourd'hui.

Le volume de M. Delfau est un véritable dictionnaire des Eaux minérales connues : il contient en effet des renseignements sur 358 stations de France et de l'Étranger, et, pour chacune, il donne des indications sur les voies d'accès, la situation, l'aspect général, l'altitude, le climat, la saison, les ressources, les établissements thermaux, les sources, leur débit, leur température, leurs particularités physiques, leurs modes d'emploi, leurs applications thérapeutiques, leur analyse et leur composition chimique. Indispensable aux médecins, pharmaciens et chimistes, ce livre sera consulté avec fruit par toutes les personnes qui fréquentent les villes d'eaux.

VOLUMES A PARAÎTRE ULTÉRIEUREMENT :*L'Hygiène des Obèses* (P^r PROUST et D^r A. MATHIEU).*L'Hygiène du Syphilitique* (D^r BOURGES).*L'Hygiène du Neurasthénique* (P^r PROUST et D^r BALLET).*L'Hygiène des Dyspeptiques* (D^r LIROSSIER).*L'Hygiène du Tuberculeux* (D^r DAREMBERG).*L'Hygiène des Albuminuriques* (D^r SPRINGER).*Hygiène thérapeutique des maladies du foie* (D^r HANOT).*Hygiène thérapeutique des maladies de la peau* (D^r BROCCQ).

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur de clinique chirurgicale
à la Faculté de Médecine de Paris
Membre de l'Académie de Médecine.

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté
de Médecine de Paris
Chirurgien des hôpitaux
Membre de la Société de chirurgie

PAR MM.

BERGER — BROCA — DELBET — DELENS — FORGUE
GÉRARD-MARCHANT — HARTMANN — HEYDENREICH
JALAGUIER — KIRMISSON — LAGRANGE — LEJARS
MICHAUX — NÉLATON — PEYROT — PONCET — POTHERAT
QUÉNU — RICARD — SEGOND — TUFFIER — WALTHER

8 volumes grand in-8° avec nombreuses figures. 150 fr.

Traité de Médecine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

CHARCOT

Prof de clinique des maladies nerveuses
à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Institut.

BOUCHARD

Professeur de pathologie générale
à la Faculté de médecine de Paris
Membre de l'Institut.

BRISSAUD

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris,
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

PAR MM.

BABINSKI — BALLET — P. BLOCQ — BOIX — BRAULT
CHANTEMESSE — CHARRIN — CHAUFFARD — COURTOIS-SUFFIT
DUTIL — GILBERT — L. GUINON — GEORGES GUINON
HALLION — LAMY — LE GENDRE — MARFAN — MARIE — MATHIEU
NETTER — OETTINGER — ANDRÉ PETIT
RICHARDIÈRE — ROGER — RUAULT — SOUQUES — THIBIERGE
THOINOT — FERNAND WIDAL

6 volumes grand in-8° avec nombreuses figures. 125 fr.

*Traité de***Pathologie générale**

PUBLIÉ PAR

Ch. BOUCHARD

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE PATHOLOGIE GÉNÉRALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION :

G.-H. ROGER

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

CONDITIONS DE LA PUBLICATION :

Le Traité de Pathologie générale sera publié en 6 volumes grand in-8°. Chaque volume comprendra environ 900 pages, avec nombreuses figures dans le texte. Les tomes I et II sont en vente. Les autres volumes seront publiés successivement et à des intervalles rapprochés.

Prix de la Souscription, 1^{er} octobre 1896. 102 fr.

DIVISIONS DU TOME I

1 vol. grand in-8° de 1018 pages avec figures dans le texte. 18 fr.

- H. ROGER.** — Introduction à l'étude de la pathologie générale.
H. ROGER et **P.-J. CADIOT.** Pathol. comparée de l'homme et des animaux.
P. VUILLEMIN. Considérations générales sur les maladies des végétaux.
MATHIAS DUVAL. — Pathogénie générale de l'embryon. Tératogénie.
LE GENDRE. — L'hérédité et la pathologie générale.
BOURCY. — Predisposition et immunité.
MARFAN. — La fatigue et le surmenage.
LEJARS. — Les Agents mécaniques.
LE NOIR. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son.
D'ARSONVAL. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante.
LE NOIR. — Les Agents chimiques : les caustiques.
H. ROGER. — Les intoxications.

DIVISIONS DU TOME II

1 vol. grand in-8° de 932 pages avec figures dans le texte. . . 18 fr.

- CHARRIN.** — L'infection.
GUIGNARD. — Notions générales de morphologie bactériologique.
HUGOUNENQ. — Notions de chimie bactériologique.
CHANTEMESSE. — Le sol, l'eau et l'air agents de transmission des maladies infectieuses.
GABRIEL ROUX. — Les microbes pathogènes.
LAVERAN. — Des maladies épidémiques.
RUFFER. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes.
R. BLANCHARD. — Les parasites.

Leçons de Thérapeutique

PAR LE

D^r Georges HAYEM

Membre de l'Académie de médecine,
Professeur à la Faculté de médecine de Paris

5 VOLUMES PUBLIÉS

LES MÉDICATIONS : 4 volumes grand in-8° ainsi divisés :

1^{re} Série. — Les médications. — Médication désinfectante. — Médication sthénique. — Médication antipyrétique. — Médication antiphlogistique. 8 fr.

2^e Série. — De l'action médicamenteuse. — Médication antihydropique. — Médication hémostatique. — Médication reconstituante. — Médication de l'anémie. — Médication du diabète sucré. — Médication de l'obésité. — Médication de la douleur. . . . 8 fr.

3^e Série. — Médication de la douleur (suite). — Médication hypnotique. —

Médication stupéfiante. — Médication antispasmodique. — Médication excitatrice de la sensibilité. — Médication hypercinétique. — Médication de la kinésitaraxie cardiaque. — Médication de l'asystolie. — Médication de l'ataxie et de la neurasthénie cardiaque. 8 fr.

4^e Série. — Médication antidyspeptique. — Médication antidyspnéique. — Médication de la toux. — Médication expectorante. — Médication de l'albuminurie. — Médication de l'urémie. — Médication antisudorale. . . . 12 fr.

LES AGENTS PHYSIQUES ET NATURELS :

Agents thermiques. — Électricité. — Modifications de la pression atmosphérique. Climats et eaux minérales.

1 volume grand in-8° avec nombreuses figures et 1 carte des eaux minérales et stations climatiques. 12 fr.

Traité élémentaire

de Clinique thérapeutique

Par le **D^r G. LYON**

Ancien interne des hôpitaux de Paris
Ancien chef de clinique à la Faculté de médecine

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE, AUGMENTÉE
et mise au courant des travaux les plus récents.

1 volume in-8°. 15 fr.

Dans cet ouvrage, très au courant de l'état actuel de la thérapeutique, les maladies sont classées par ordre alphabétique. Le traitement suit leur description, et à côté de ce traitement, on trouve l'indication des grands symptômes morbides avec un aperçu des moyens cliniques permettant de faire le diagnostic de leurs causes, de telle sorte que la clinique et la thérapeutique s'y trouvent entièrement associées.

VIENT DE PARAÎTRE

Manuel technique de Massage

Par le **D^r J. BROUSSES**Médecin-major de 1^{re} classeEx-répétiteur de pathologie chirurgicale à l'École du service de Santé militaire
Lauréat de l'Académie de médecine**DEUXIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE**

AVEC 56 FIGURES DANS LE TEXTE

1 vol. in-16 diamant, cartonné à l'anglaise, tranches rouges. 4 fr.

Pendant les années que l'auteur a passées à diriger un service chirurgical à l'École du service de santé militaire, il s'est préoccupé d'assurer un enseignement pratique du massage aux infirmiers du service, auxquels il a pu ainsi confier en toute sécurité le soin de parachever, par la massothérapie, la guérison des nombreuses affections chirurgicales qui relèvent de ce traitement. Il a acquis la conviction que les manipulations du massage pouvaient, sans rien perdre de leur efficacité, être ramenées à une description simple et qui, débarrassée le plus possible des termes scientifiques, serait rendu compréhensible à tous. Ce manuel n'est pour la grande partie que le groupement des leçons faites sur ce sujet.

Dans la *deuxième édition* que nous publions aujourd'hui, augmentée de quelques nouveaux chapitres que les progrès faits dans ces deux dernières années par la massothérapie ont rendus indispensables, M. Brousseau a fait tous ses efforts pour rester fidèle à son ancien programme : **Faire avant tout œuvre de vulgarisation et d'utilité.**

Précis de Microbie

TECHNIQUE ET MICROBES PATHOGÈNES

PAR MM.

D^r L.-H. THOINOTProfesseur agrégé à la Faculté
Médecin des hôpitaux**E.-J. MASSELIN**

Médecin-Vétérinaire

OUVRAGE COURONNÉ PAR LA FACULTÉ (Prix Jeunesse)**TROISIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE**

AVEC 93 FIGURES DONT 22 EN COULEURS

1 vol. in-18 diamant, cartonné à l'anglaise, tranches rouges. 7 fr.

A côté des ouvrages considérables de France ou de l'Étranger, des revues nouvelles, faisant connaître les travaux des maîtres en l'art d'étudier les infiniment petits, il fallait, pour ne pas oublier les nombreuses précautions que réclame la microbie expérimentale, un aide-mémoire comme on disait jadis de tous ces petits livres qu'on emportait avec soi à l'amphithéâtre. Les maîtres, les habiles eux-mêmes manquent parfois une expérience pour une omission légère; à plus forte raison les élèves, les praticiens peu expérimentés. C'est pour ceux-ci que ce livre est fait et il est conçu de façon à être, avant tout, utile... (*Revue sanitaire de la Province.*)

COURS PRÉPARATOIRE

Au Certificat d'Études physiques, chimiques et naturelles
(P. C. N.)

Précis

Par le D^r G. CARLET

Professeur à la Faculté des sciences
et à
l'École de médecine de Grenoble

de Zoologie

QUATRIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE

Par RÉMY PERRIER

Ancien élève de l'École normale supérieure
Agrégé, Docteur ès sciences naturelles
Chargé du cours préparatoire P. C. N. à la Faculté des sciences de Paris

1 vol. in-8° de 860 pages avec 740 figures dans le texte, 9 fr.

Traité

de Manipulations de physique

Par B.-C. DAMIEN

Professeur de physique à la Faculté des sciences de Lille

et R. PAILLOT

Agrégé, Chef des travaux pratiques de physique à la Faculté des sciences de Lille

1 volume in-8° avec 246 figures dans le texte. 7 fr.

Éléments de Chimie organique

et de Chimie biologique

Par ŒCHSNER DE CONINCK

Professeur à la Faculté des sciences de Montpellier

Membre de la Société de biologie

Lauréat de l'Académie de médecine et de l'Académie des sciences

1 volume in-16. 2 fr.

Essai de

Paléontologie philosophique

Ouvrage faisant suite

aux « *Enchaînements du monde animal dans les temps géologiques* »

PAR

ALBERT GAUDRY

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres
Professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle

1 volume in-8° avec 204 gravures dans le texte. 8 fr.

Nous n'avons pas à rappeler ici les beaux travaux de Paléontologie du professeur Albert Gaudry. Les *Enchaînements* ont marqué dans la science une date et contribué à donner aux travaux d'histoire naturelle une direction qui en a affirmé la portée philosophique.

L'ouvrage que nous annonçons aujourd'hui est le résumé de longues années de recherches. M. Gaudry y a tracé en quelques pages l'histoire de l'évolution de la formation des êtres : c'est l'œuvre d'un penseur en même temps que celle d'un savant éminent. Le philosophe comme l'homme de science y trouvera matière à de précieux enseignements.

Table des Chapitres. — Introduction. — I. Le monde animé est une grande unité dont on peut suivre le développement comme on suit celui d'un individu. — II. De la multiplication des êtres. — III. De la différenciation des êtres. — IV. De la croissance du corps chez les êtres animés. — V. Progrès de l'activité dans le monde animé. — VI. Progrès de la sensibilité. — VII. Progrès de l'intelligence. — VIII. Applications pratiques de l'étude de l'évolution des êtres. — Conclusions.

PRÉPARATION A L'ÉCOLE SPÉCIALE MILITAIRE DE SAINT-CYR

Précis de Géographie

PAR

Marcel DUBOIS

Professeur de Géographie coloniale
à la Faculté des lettres de Paris.

Camille GUY

Ancien élève de la Sorbonne
Prof. agrégé de Géographie et d'Histoire.

UN TRÈS FORT VOLUME IN-8°

Avec nombreuses cartes, croquis et figures dans le texte.
Broché. . . 12 fr. 50 — Relié. . . 14 fr.

Ce nouvel ouvrage est une adaptation des connaissances géographiques à la première éducation militaire qu'on exige des candidats à Saint-Cyr et qui les prépare à la Géographie que nos officiers leur enseigneront plus tard à l'École avec une supériorité incontestée.

Le **Précis de Géographie** reste fidèle à la méthode que les Maîtres et les Elèves apprécient dans les ouvrages antérieurs de M. Marcel Dubois. C'est le livre d'une classe vraiment spéciale et orientée dans une direction déterminée faisant la part de l'éducation large et libérale du futur officier sans jamais négliger la préoccupation immédiate de l'examen.

Précis d'Histoire MODERNE ET CONTEMPORAINE

Par **F. CORRÉARD**

Professeur au lycée Charlemagne.

Un volume in-8° de 800 pages. Broché. 10 fr. 50. Relié. 12 fr.

En rédigeant cet ouvrage l'auteur a eu constamment présente à l'esprit l'indication suivante qui figure en note du programme des conditions d'admission à l'École de Saint-Cyr. « Le programme de l'examen d'histoire et de géographie a été rapproché, autant que possible, du programme d'enseignement des lycées pour éviter que les candidats ne se croient obligés à se donner une préparation trop spéciale et nuisible par là même à leur éducation intellectuelle. Les candidats doivent, avant toutes choses, faire preuve de connaissances générales et réfléchies en histoire. L'examen ne portera pas sur les menus détails de l'histoire des guerres. » En conséquence l'auteur, suivant la méthode employée dans les précédents ouvrages, s'est attaché d'abord à choisir et à caractériser les faits et les personnages significatifs, puis à marquer la suite et l'enchaînement des événements. Pour les opérations militaires mentionnées dans le programme, il s'est efforcé de faire comprendre le sens et le but soit des campagnes, soit des batailles, en évitant les considérations trop techniques qui supposent des connaissances que les candidats n'auront que plus tard.

Leçons de

Géographie physique

Par **Albert de LAPPARENT**

Professeur à l'Ecole libre de Hautes-Etudes
Ancien Président de la Commission centrale de la Société de Géographie

*1 volume in-8° contenant 117 figures dans le texte
et une planche en couleurs. . . 12 fr.*

Dans les derniers jours de 1895, lors de la discussion du budget devant le Sénat, M. Bardoux appelait l'attention du Ministre de l'Instruction publique sur la situation actuelle de l'enseignement de la Géographie physique. L'honorable sénateur constatait, sans être contredit par personne, qu'il n'y avait aujourd'hui en France qu'un seul cours complet sur la matière, celui que professait M. de Lapparent à l'Ecole libre de Hautes-Etudes.

C'est ce cours que nous venons offrir au public. Après plusieurs années d'essais, l'auteur croit avoir réussi à unir en un véritable corps de doctrines ces intéressantes considérations, relatives à la genèse des formes géographiques, dont on peut dire qu'il a été en France le plus persévérant initiateur.

Aujourd'hui, muni de toutes les indispensables connaissances de détail que la rédaction et les remaniements successifs de son grand *Traité de Géologie* l'ont mis en mesure d'acquérir, il lui a semblé que l'heure était venue d'une synthèse, où ce qu'on peut appeler l'anatomie du globe terrestre serait l'objet d'une exposition tout imprégnée des notions géologiques. Mais en même temps il a cherché à rendre cette intervention de la géologie aussi discrète que possible, en n'exigeant à cet égard que le minimum admissible de connaissances spéciales, comme aussi en se montrant de la plus grande sobriété dans l'emploi des termes techniques. C'est un des caractères par lesquels son œuvre se distingue des tentatives analogues déjà faites en Amérique et en Allemagne, et qui impliquent, de la part des lecteurs, une initiation géologique beaucoup plus complète que celle qu'il est prudent d'admettre aujourd'hui dans notre pays.

VIENT DE PARAÎTRE

Chimie

des Matières colorantes

PAR

A. SEYEWETZ

Chef des travaux
à l'École de chimie industrielle de Lyon

P. SISLEY

Chimiste - Coloriste

Premier fascicule. — *Considérations générales. Matières colorantes nitrées. Matières colorantes azoxyques. Matières colorantes azoïques* (1^{re} partie), 152 pages. 6 fr.

Deuxième fascicule. — *Matières colorantes azoïques* (2^o partie). *Matières colorantes hydrazoniques. Matières colorantes nitrosées et quinomes oximes. Oxiquinomes* (couleurs dérivées de l'anthracène). Pages 153 à 336. 6 fr.

Troisième fascicule. — *Matières colorantes dérivées du Di et du Triphénylméthane.* a) *Dérivés du Diphénylméthane.* b) *Dérivés de la Rosaniline.* c) *Dérivés de l'Acide Rosolique.* d) *Rosamines et Benzoinés.* c) *Phtaléines*, pages 336 à 472 6 fr.

Les auteurs, dans cette importante publication, se proposent de réunir sous la forme la plus rationnelle et la plus condensée tous les éléments pouvant contribuer à l'enseignement de la chimie des matières colorantes, qui a pris aujourd'hui une extension si considérable.

Cet ouvrage sera, par le plan sur lequel il est conçu, d'une utilité incontestable non seulement aux chimistes se destinant soit à la fabrication des matières colorantes, soit à la teinture, mais à tous ceux qui sont désireux de se tenir au courant de ces remarquables industries.

Conditions de la publication. — *La Chimie des Matières colorantes artificielles sera publiée en cinq fascicules de deux mois en deux mois. On peut souscrire à l'ouvrage complet au prix de 25 fr.; payables en recevant le premier fascicule. A partir de la publication du cinquième fascicule, ce prix sera porté à 30 fr.*

Traité

des

Matières colorantes

ORGANIKES ET ARTIFICIELLES

de leur préparation industrielle et de leurs applications

PAR

Léon LEFÈVRE

Ingénieur (E. I. R.), Préparateur de chimie à l'École Polytechnique.

Préface de E. GRIMAUZ, membre de l'Institut.

2 volumes grand in-8° comprenant ensemble 1650 pages, reliés toile anglaise, avec 31 gravures dans le texte et 261 échantillons.

Prix des deux volumes : 90 francs.

Le *Traité des matières colorantes* s'adresse à la fois au monde scientifique par l'étude des travaux réalisés dans cette branche si compliquée de la chimie, et au public industriel par l'exposé des méthodes rationnelles d'emploi des colorants nouveaux.

L'auteur a réuni dans des tableaux qui permettent de trouver facilement une couleur quelconque, toutes les couleurs indiquées dans les mémoires et dans les brevets. La partie technique contient, avec l'indication des brevets, les procédés employés pour la fabrication des couleurs, la description et la figure des appareils, ainsi que la description des procédés rationnels d'application des couleurs les plus récentes. Cette partie importante de l'ouvrage est illustrée par un grand nombre d'échantillons teints ou imprimés. Les échantillons, *tous fabriqués spécialement pour l'ouvrage*, sont sur soie, sur cuir, sur laine, sur coton et sur papier. Dans cette partie technique, l'auteur a été aidé par les plus éminents praticiens.

Un spécimen de 8 pages, contenant deux pages de tableaux (couleurs azoïques), six types d'échantillons, deux pages de texte et un extrait de la table alphabétique, est à la disposition de toute personne qui en fait la demande.

VIENT DE PARAÎTRE

Le Terrain carbonifère marin

DE LA FRANCE CENTRALE

I. *Étude paléontologique et stratigraphique des faunes.*II. *Transgression de la mer carbonifère.*III. *Anciens glaciers de la période houillère supérieure de la France centrale.*Par **A. JULIEN**

Professeur de géologie et de minéralogie à l'Université de Clermont-Ferrand

*1 fort volume in-4°**avec coupes géologiques et 17 planches de fossiles en héliogravure, 60 fr.*

Table des Matières. — Introduction. — Description des fossiles. — Étude critique des faunes carbonifères marines du Morvan et du Plateau central. — Position stratigraphique des assises qui les renferment. — Morvan. — Comparaison avec les faunes belges. — Examen comparatif de la faune de pair et des faunules du Morvan. — Examen comparatif de la faune du marbre noir *vb* du Petit Modave et des faunules du Morvan. — Plateau central. — Age du grès anthracifère. — Position stratigraphique du grès anthracifère. — Examen critique des faunes carbonifères marines de la France et de quelques localités étrangères. — Relation des gisements du Plateau central avec les autres gisements français. — Transgression de la mer carbonifère dans le Morvan et le Plateau central, en France et en Europe. — Essai de parallélisme entre les transgressions marines des époques carbonifères et helvétiques. — Conditions nécessaires à la création et au développement des glaciers en général.

La Photographie moderne

TRAITÉ PRATIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE

ET DE SES

APPLICATIONS A L'INDUSTRIE ET A LA SCIENCE

Par **M. Albert LONDE**

Directeur du Service photographique de la Salpêtrière,
Président de la Société d'excursions des Amateurs de photographie,
Secrétaire-général adjoint de la Société française de Photographie,
Président d'honneur du Photo-Club de Lyon,
Officier de l'Instruction publique.

DEUXIÈME ÉDITION

complètement refondue et considérablement augmentée.

1 vol. in-8° relié toile avec 346 figures dans le texte et 5 planches hors texte (dont 1 frontispice). . . . 15 fr.

Dans cette science nouvelle qui se développe tous les jours, la nécessité d'une direction se fait d'autant plus sentir que les progrès sont plus sensibles : pour discerner le bon du mauvais ou du médiocre, il faut une somme de connaissances et une expérience pratique que l'on ne saurait demander à celui qui ne fait de la photographie qu'une occupation passagère.

La plupart des auteurs n'ont pas compris la nécessité de cette direction à donner au débutant, et c'est par des compilations de recettes et de formules qu'ils prétendent initier à la photographie.

Tout en reconnaissant la valeur de ces formulaires pour ceux qui se sont spécialisés, l'auteur n'est pas tombé dans la même erreur : dans chaque hypothèse il a donné la solution la plus simple et la plus sûre, de façon à permettre au lecteur, qui voudra bien le suivre fidèlement, d'atteindre le but sans tâtonnements.

VIENT DE PARAÎTRE

Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme

De E. MASCART et J. JOUBERT

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE

Par E. MASCART

Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France
Directeur du bureau central de Météorologie**TOME PREMIER. — PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX ET THÉORIE**
1 volume grand in-8° avec 130 figures dans le texte, 25 fr.

L'accueil fait par le public à cet ouvrage, épuisé depuis plusieurs années, nous engageait à en donner une seconde édition, mais il a paru nécessaire d'en romancier presque entièrement la rédaction pour tenir compte des progrès accomplis dans le domaine de l'électricité. Les modifications introduites dans le texte primitif et les développements nouveaux qu'exigent l'état actuel de la science, n'ont pas modifié le plan général de cet ouvrage.

Le premier volume continuera à constituer une sorte de corps de doctrine, renfermant l'ensemble des faits et des conceptions qui ont servi à le coordonner. Le second volume sera plus spécialement consacré à l'étude des méthodes d'observations, au détail des expériences et à l'examen des principaux caractères que présentent les applications si nombreuses de l'électricité dans l'industrie.

Le tome II, dès à présent sous presse, paraîtra à la fin de 1896. Les acquéreurs du tome I trouveront dans le volume un bon qu'il leur suffira de présenter avant le 31 mars 1897 pour avoir le droit de retirer le tome II au prix de 15 francs; ils paieront par conséquent l'ouvrage complet quarante francs (au lieu de 45 à l'apparition du tome II).

VIENT DE PARAÎTRE

Les Médicaments chimiques

Par Léon PRUNIER

Membre de l'Académie de Médecine, Pharmacien des Hôpitaux,
Professeur à l'École supérieure de Pharmacie.**Première partie : COMPOSÉS MINÉRAUX**

1 vol. grand in-8° de 625 pages avec 137 figures dans le texte. 15 fr.

L'ouvrage que nous publions aujourd'hui est le résumé des cours professés par l'auteur à l'École supérieure de pharmacie (chaire de pharmacie chimique) et remaniés pendant dix années consécutives. Ce n'est point un traité de chimie pas plus qu'un traité de pharmacologie, et moins encore un formulaire ou un manuel. C'est un résumé technique et professionnel dans lequel médecins, pharmaciens ou étudiants trouveront rassemblés et coordonnés les documents, dispersés un peu partout, qui peuvent intéresser l'étude chimique des médicaments, mais rien autre. L'ensemble conservera, nécessairement, les grandes lignes de la chimie générale, mais dans chaque groupe ou chaque cas particulier, les détails sont dispersés de manière à mettre en lumière ce qu'ils offrent de spécialement utilisable pour les applications pharmaceutiques et médicales.

Les MÉDICAMENTS CHIMIQUES forment deux parties : la première est consacrée aux COMPOSÉS MINÉRAUX, la seconde aux COMPOSÉS ORGANIQUES. — La deuxième partie (Composés organiques) paraîtra avant la fin de l'année 1896. — Chaque partie forme un tout et peut être vendue séparément. Prix de chaque volume séparé. 15 fr.

ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

DERNIERS VOLUMES PARUS :

- Histoire de la compensation en droit Romain**, par C. APPLETON, professeur à la Faculté de Lyon. 1 vol. in-8°. 7 fr. 50
- Sur la représentation des courbes algébriques**, par LÉON AUTONNE, ingénieur des ponts et chaussées, maître de conférences à la Faculté de Lyon. 1 vol. in-8°. 3 fr.
- La République des Provinces-Unies, la France et les Pays-Bas espagnols, de 1630 à 1650**, par A. WADDINGTON, professeur adjoint à la Faculté des lettres de Lyon. Tome I (1630-1642). 1 vol. in-8°. 6 fr.
- Phonétique historique et comparée du sanscrit et du zend**, par PAUL REGNAUD, professeur de sanscrit et de grammaire comparée à la Faculté des lettres de Lyon. 1 vol. in-8°. 5 fr.
- Recherches sur quelques dérivés surchlorés du phénol et du benzène**, par ÉTIENNE BARRAL, chargé des fonctions d'agrégé à la Faculté de Lyon, pharmacien de 1^{re} classe. 1 vol. in-8°. 5 fr.
- Saint Ambroise et la morale chrétienne au IV^e siècle**, par RAYMOND THAMIN, professeur de philosophie au lycée Condorcet. 1 vol. in-8°. 7 fr. 50
- Étude sur le Bilharzia hæmatobia et la Bilharziose**, par M. LORREY, doyen de la Faculté de médecine de Lyon, et VIALLETON, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. 1 vol. in-8° avec planches et figures dans le texte. 10 fr.
- La Jeunesse de William Wordsworth (1770-1798). Étude sur le « Prélude »**, par EMILE LEGOUTS, maître de conférences à la Faculté des lettres de Lyon. 1 vol. in-8°. 7 fr. 50
- La Botanique à Lyon avant la Révolution et l'histoire du Jardin botanique municipal de cette ville**, par M. GÉRARD, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. 1 vol. in-8° avec figures dans le texte. 3 fr. 50
- L'Évolution d'un Mythe. Açvins et Dioscures**, par CH. RENEL, docteur ès lettres.
- Physiologie comparée de la Marmotte**, par RAPHAËL DUBOIS, professeur de physiologie générale et comparée à l'Université de Lyon. 1 vol. in-8° avec 119 figures dans le texte et 125 planches hors texte. 15 fr.
- Résultats scientifiques de la campagne du Caudan dans le golfe de Gascogne (août-septembre 1895)**, par R. KÉHLER, professeur de zoologie à la Faculté des sciences de Lyon. Fascicule I. 1 vol. in-8° avec planches 6 fr.
- Études sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale**, par H. DOUXAMI, docteur ès sciences, agrégé de l'Université de Lyon. 1 vol. in-8° avec figures. 6 fr.
- Recherches physiologiques sur l'appareil respiratoire des oiseaux**, par J.-M. SOUM, docteur ès sciences naturelles. 1 vol. in-8° avec 40 figures dans le texte. 3 fr. 50

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS.

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

TRAITÉ
DE
MÉCANIQUE RATIONNELLE

PAR

PAUL APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

TROIS BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT
SÉPARÉMENT*:

TOME I : Statique. Dynamique du point, avec 178 figures; 1893.....	16 fr.
TOME II : Dynamique des systèmes. Mécanique analytique, avec 99 figures; 1896.....	16 fr.
TOME III : Hydrostatique. Hydrodynamique.....	(<i>Sous presse.</i>)

Ce Traité est le résumé des Leçons que l'Auteur fait depuis plusieurs années à la Faculté des Sciences de Paris sur le programme de la Licence. Comme la Mécanique était, jusqu'à présent, à peine enseignée dans les Lycées, on ne suppose chez le lecteur aucune connaissance de cette science et l'on commence par l'exposition des notions préliminaires indispensables, théorie des vecteurs, cinématique du point et du corps solide, principes de la Mécanique, travail des forces. Vient ensuite la Mécanique proprement dite, divisée en Statique et Dynamique.

Ce qui fait le caractère distinctif de cet Ouvrage et ce qui justifiera la publication d'une nouvelle Mécanique rationnelle après tant d'autres excellents Traités, c'est l'introduction de la Mécanique analytique dans les commencements mêmes du Cours. Au lieu de reléguer les méthodes de Lagrange à la fin et d'en faire une exposition entièrement séparée, l'Auteur a essayé de les introduire dans le courant de l'Ouvrage.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE GÉOMÉTRIE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

LEÇONS

SUR LA THÉORIE GÉNÉRALE

DES SURFACES

ET LES

APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES DU CALCUL INFINITÉSIMAL

PAR

GASTON DARBOUX,

Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences.

4 VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

- I^{re} PARTIE : Généralités. Coordonnées curvilignes. Surfaces minima; 1887... 15 fr.
II^e PARTIE : Les congruences et les équations linéaires aux dérivées partielles. Des lignes tracées sur les surfaces; 1889.....*..... 15 fr.
III^e PARTIE : Lignes géodésiques et courbure géodésique. — Paramètres différentiels. — Déformation des surfaces; 1894..... 15 fr.
IV^e PARTIE : Déformation infiniment petite et représentation sphérique; 1896. 15 fr.

RECUEIL COMPLÉMENTAIRE D'EXERCICES

SUR LE

CALCUL INFINITÉSIMAL

A L'USAGE DES CANDIDATS A LA LICENCE ET A L'AGRÉGATION
DES SCIENCES MATHÉMATIQUES,

Par M. F. TISSERAND,

Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris.

Avec de nouveaux Exercices sur les variables imaginaires,

Par M. PAINLEVÉ,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences.

Cet Ouvrage forme une suite naturelle à l'excellent *Recueil d'Exercices* de M. FRENET.)

2^e édition. In-8, avec figures; 1896..... 9 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS
DE
GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE

A L'USAGE

des Élèves de la Classe de Mathématiques spéciales
et des Candidats aux Écoles du Gouvernement,

PAR

B. NIEWENGLOWSKI,

Docteur ès Sciences,

Ancien Professeur de Mathématiques spéciales au Lycée Louis-le-Grand,
Inspecteur de l'Académie de Paris.

3 VOLUMES GRAND IN-8, AVEC NOMBREUSES FIGURES, SE VENDANT
SÉPARÉMENT :

TOME I : Sections coniques; 1894.....	10 fr.
TOME II : Construction des courbes planes. Compléments relatifs aux coniques; 1895.....	8 fr.
TOME III : Géométrie dans l'espace, avec une Note sur les transformations en Géométrie; par E. BOREL, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille; 1896.....	14 fr.

Ce *Cours* comprend tout ce qui est exigé des candidats à l'École Polytechnique ou à l'École Normale relativement à la Géométrie analytique; il contient davantage. Les élèves qui se préparent à subir les épreuves d'un concours difficile sont obligés d'apprendre plus que le programme, en vertu de cet adage: *Qui peut le plus, peut le moins*. Aussi l'Auteur ne s'est-il pas limité aux seules théories qui figurent explicitement dans les programmes officiels, et a-t-il, par exemple, développé les questions relatives aux coordonnées trilinéaires, aux coordonnées tangentielles, etc. On a eu soin, du reste, de composer en plus petits caractères les parties qui ne figurent pas dans les programmes et parfois aussi de simples applications,

Chaque Chapitre est suivi d'exercices, tous choisis parmi ceux qui offrent des applications immédiates ou des compléments utiles.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

TRAITÉ D'ANALYSE

PAR

ÉMILE PICARD,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

4 VOLUMES IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Intégrales simples et multiples. — L'équation de Laplace et ses applications. Développement en séries. — Applications géométriques du Calcul infinitésimal. 1891..... 15 fr.

TOME II : Fonctions harmoniques et fonctions analytiques. — Introduction à la théorie des équations différentielles. Intégrales abéliennes et surfaces de Riemann. 1893..... 15 fr.

TOME III : Des singularités des intégrales des équations différentielles. Étude du cas où la variable reste réelle et des courbes définies par des équations différentielles. Équations linéaires; analogies entre les équations algébriques et les équations linéaires. 1896..... 18 fr.

TOME IV : Équations aux dérivées partielles..... (En préparation.)

Le premier Volume commence par les parties les plus élémentaires du Calcul intégral et ne suppose chez le lecteur aucune autre connaissance que les éléments du Calcul différentiel, aujourd'hui classiques dans les Cours de Mathématiques spéciales. Dans la première Partie, l'Auteur expose les éléments du Calcul intégral, en insistant sur les notions d'intégrale curviligne et d'intégrale de surface, qui jouent un rôle si important en Physique mathématique. La seconde Partie traite d'abord de quelques applications de ces notions générales; au lieu de prendre des exemples sans intérêt, l'Auteur a préféré développer la théorie de l'équation de Laplace et les propriétés fondamentales du potentiel. On y trouvera ensuite l'étude de quelques développements en séries, particulièrement des séries trigonométriques. La troisième Partie est consacrée aux applications géométriques du Calcul infinitésimal.

Les Volumes suivants sont consacrés surtout à la théorie des équations différentielles à une ou plusieurs variables; mais elle est entièrement liée à plus d'une autre théorie qu'il est nécessaire d'approfondir. Pour ne citer qu'un exemple, l'étude préliminaire des fonctions algébriques est indispensable quand on veut s'occuper de certaines classes d'équations différentielles. L'Auteur ne se borne donc pas à l'étude des équations différentielles; ses recherches rayonnent autour de ces centres.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFOUDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET)..... 72 fr.

• On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures..... 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches..... 4 fr.
3^e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.
2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules; Tome III, 2^e fascicule.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TOME IV (2^e Partie). — **MAGNÉTISME; APPLICATIONS.** — 13 fr.

3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.

4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — **Chaleur. Acoustique. Optique**, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

**PREMIERS PRINCIPES,
D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE**

PILES, ACCUMULATEURS, DYNAMOS, TRANSFORMATEURS,

Par M. Paul JANET.

Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris,
Directeur du Laboratoire central d'Électricité.

2^e ÉDITION, REVUE ET CORRIGÉE.

Un volume in-8, avec 173 figures; 1896..... 6 fr.

COURS ÉLÉMENTAIRE D'ÉLECTRICITÉ

Lois expérimentales et principes généraux. Introduction à l'Électrotechnique.

(Leçons professées à l'Institut industriel du Nord de la France).

Par M. Bernard BRUNHES,

Docteur ès Sciences, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille.

Un volume in-8, avec 137 figures; 1895..... 5 fr.

MESURES ÉLECTRIQUES

LEÇONS PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE.

Par M. Eric GÉRARD,

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore, Ingénieur principal des Télégraphes,
Professeur à l'Université de Liège.

Grand in-8, 450 pages, 198 figures; cartonné toile anglaise... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LES RADIATIONS NOUVELLES.

LES RAYONS X

ET LA PHOTOGRAPHIE A TRAVERS LES CORPS OPAQUES,

PAR

Ch.-Ed. GUILLAUME,

Docteur ès Sciences,

Adjoint au Bureau international des Poids et Mesures.

DEUXIÈME ÉDITION.

UN VOLUME IN-8 DE VIII-144 PAGES, AVEC 23 FIGURES ET 8 PLANCHES;
1896..... 3 fr.

Les Rayons X sont toujours à l'ordre du jour et notre curiosité est loin d'être satisfaite à leur égard. La première édition de l'Ouvrage de *M. Ch.-Ed. Guillaume* a été épuisée en quelques jours. La deuxième, qui vient de paraître, sera bien accueillie des Physiciens et des Photographes. L'Auteur fait connaître en détail la genèse de cette merveilleuse découverte, ainsi que les résultats qu'on en a tirés. Il décrit minutieusement le manuel opératoire à employer pour obtenir des résultats satisfaisants. Cette brochure servira de guide aux opérateurs désireux d'arriver sans trop de tâtonnements à de bons résultats.

Le côté théorique de la question n'est point négligé, et *M. Ch.-Ed. Guillaume* a rappelé un grand nombre d'expériences antérieures, de « faits contingents » sans lesquels les nouveaux phénomènes resteraient isolés et incompréhensibles.

L'Ouvrage in-8°, de 144 pages, contient de nombreuses reproductions en photographie de clichés originaux obtenus par MM. J. Chappuis, V. Chabaud, Londe, Imbert et Bertin-Sans, qui ont bien voulu les prêter à l'Auteur. Un cliché de *M. Troost*, impressionné par de la blende, sans tube à vide, clôt la série.

L'ensemble forme un Volume qui intéressera tous ceux qui aiment à se « rendre compte » de ce qui se passe autour des *Rayons X*.

~~~~~  
ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE.

## EXERCICES DE PHYSIQUE

ET APPLICATIONS.

PRÉPARATOIRES A LA LICENCE.

Par **M. Aimé WITZ,**

Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

Un volume in-8, avec 114 figures; 1889..... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

COURS ÉLÉMENTAIRE  
DE MANIPULATIONS DE PHYSIQUE,

Par M. Aimé WITZ,

Docteur ès Sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures,  
Professeur aux Facultés catholiques de Lille,

A L'USAGE DES CANDIDATS AUX ÉCOLES ET AU CERTIFICAT DES ÉTUDES  
PHYSIQUES, CHIMIQUES ET NATURELLES.

2<sup>e</sup> ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE. IN-8, AVEC 77 FIGURES; 1895. 5 FR.

Le succès de la première édition de cet Ouvrage, épuisé aujourd'hui et toujours demandé, a prouvé que sa rédaction convenait bien aux besoins des élèves nous avons donc prié l'Auteur de donner une nouvelle édition de son Cours en conservant le mode d'exposition qu'il avait adopté, et qu'on avait tant apprécié. Le texte a été revu et soigneusement corrigé.

Mais les progrès de l'enseignement de la Physique ont été considérables en dix ans, et M. Witz nous a demandé d'enrichir son *Cours de Manipulations* d'un certain nombre d'exercices nouveaux : il fallait dès lors partager l'Ouvrage en deux Volumes. Le premier, plus élémentaire, est destiné aux candidats à certaines Ecoles et en particulier aux étudiants du Certificat des Études physiques, chimiques et naturelles; le second répond plus spécialement aux exigences de l'Enseignement supérieur et est destiné aux candidats à la Licence et à l'Aggrégation.

Le premier Volume a déjà reçu le meilleur accueil du public.

PRINCIPES

DE LA

THÉORIE DES FONCTIONS ELLIPTIQUES  
ET APPLICATIONS,

PAR

P. APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur  
à la Faculté des Sciences.

E. LACOUR,

Professeur de Mathématiques spéciales,  
au Lycée Saint-Louis.

UN BEAU VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1896.

PRIX POUR LES SOUSCRIPTEURS..... 12 FR.

Un premier fascicule (208 pages) a paru.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

# ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS

ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

Fondées par M.-C. LECHALAS, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

## TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE MACHINES A VAPEUR  
DE L'ÉCOLE CENTRALE.

PAR

**ALHEILIG,**

Ingénieur de la Marine,  
Ex-Professeur à l'École d'application  
du Génie maritime.

**Camille ROCHE,**

Industriel,  
Ancien Ingénieur de la Marine.

2 BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

**TOME I :** Thermodynamique théorique et applications. La machine à vapeur et les métaux qui y sont employés. Puissance des machines, diagrammes indicateurs. Freins. Dynamomètres. Calcul et dispositions des organes d'une machine à vapeur. Régulation, épures de détente et de régulation. Théorie des mécanismes de distribution, détente et changement de marche. Condensation, alimentation. Pompes de service. — Volume de XI-604 pages, avec 412 figures; 1895..... **20 fr.**

**TOME II :** Forces d'inertie. Moments moteurs. Volants régulateurs. Description et classification des machines. Machines marines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints et presse-étoupes. Montage des machines et essais des moteurs, Passation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction. Servo-moteurs. Tables numériques. — Volume de IV-560 pages, avec 281 figures; 1895..... **18 fr.**

## CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

**E. DEHARME,**

Ingénieur principal du Service central  
de la Compagnie du Midi.

**A. PULIN,**

Ingénieur, Inspecteur principal  
de l'Atelier central des chemins de fer  
du Nord.

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.)... **15 fr.**

## VERRE ET VERRERIE

PAR

**Léon APPERT et Jules HENRIVAUX,**  
Ingénieurs.

Grand in-8, avec 130 figurés et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.).... **20 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

## COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

Par **M. C. BRICKA,**

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

2 VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I : Études. — Construction. — Voie et appareils de voie. — Volume de viii-634 pages avec 326 figures; 1894..... 20 fr.

TOME II : Matériel roulant et Traction. — Exploitation technique. — Tarifs. — Dépenses de construction et d'exploitation. — Régime des concessions. — Chemins de fer de systèmes divers. — Volume de 709 pages, avec 177 figures; 1894..... 20 fr.

## COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. 20 FR

## CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

2 VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I : Généralités sur la fonte, le fer et l'acier. — Résistance de ces matériaux. — Assemblages des éléments métalliques. — Chainages, linteaux et poitrails. — Planchers en fer. — Supports verticaux. Colonnes en fonte. Potcaux et piliers en fer. — Grand in-8 de 584 pages avec 479 figures; 1894..... 20 fr.

TOME II : Pans métalliques. — Combles. — Passerelles et petits ponts. — Escaliers en fer. — Serrurerie. (Ferrements des charpentes et menuiseries. Paratonnerres. Clôtures métalliques. Menuiserie en fer. Serres et vérandas). — Grand in-8 de 626 pages avec 571 figures; 1894..... 20 fr.

## ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **M. AL. GOUILLY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.).... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

# LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **Henri DE LAPPARENT**,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN, VINIFICATION, CUVERIE ET CHAIS, LE VIN APRÈS LE DÉCUVAGE, ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

GRAND IN-8 DE XII-533 PAGES, AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES DANS LE TEXTE; 1893 (E. I.)..... 12 FR.

# CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **M. A. CRONEAU**,

Ingénieur de la Marine,  
Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

2 VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.).

TOME I : Plans et devis. — Matériaux. — Assemblages. — Différents types de navires. — Charpente. — Revêtement de la coque et des ponts. — Gr. in-8 de 379 pages avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4° doubles, dont 2 en trois couleurs; 1894. 18 fr.

TOME II : Compartimentage. — Cuirassement. — Pavois et garde-corps. — Ouvertures pratiquées dans la coque, les ponts et les cloisons. — Pièces rapportées sur la coque. — Ventilation. — Service d'eau. — Gouvernails. — Corrosion et salissure. — Poids et résistance des coques. — Grand in-8 de 616 pages avec 359 fig.; 1894. 15 fr.

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES  
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

# FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY**,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOL. GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.).... 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le contrôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique (économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

BLANCHIMENT ET APPRÊTS  
TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

**Ch.-Er. GUIGNET,**  
Directeur des teintures aux Manufac-  
tures nationales  
des Gobelins et de Beauvais.

**F. DOMMER,**  
Professeur à l'École de Physique  
et de Chimie industrielles  
de la Ville de Paris.

**E. GRANDMOUGIN,**

Chimiste, ancien préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-  
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1893 (É. I.)..... 30 FR.

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par **M. A. JOANNIS,**

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,  
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

2 VOLUMES GRAND IN-8 (É. I.).

TOME I : Généralités, Carbures, Alcools, Phénols, Éthers, Aldéhydes, Cétones, Quinones, Sucres. — Volume de 688 pages, avec figures; 1896..... 20 fr.

TOME II : Hydrates de carbone, Acides, Alcalis organiques, Amides, Nitrites, Composés azoïques, Radicaux organométalliques, Matières albuminoïdes, Fermentations, Matières alimentaires. (Pour paraître en 1896.)

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par **M. Georges LECHALAS,**

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

2 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT. (E. T. P.)

TOME I : Notions sur les trois pouvoirs. Personnel des Ponts et Chaussées. Principe d'ordre financier. Travaux intéressant plusieurs services. Expropriations. Dommages et occupations temporaires. — Volume de CXLVII-536 pages; 1889..... 20 fr.

TOME II (1<sup>re</sup> PARTIE) : Participation des tiers aux dépenses des travaux publics. Adjudications. Fournitures. Régie. Entreprises. Concessions. — Volume de VIII-399 pages; 1893..... 10 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par **M. Maurice D'OCAGNE,**

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées,  
Répétiteur à l'École Polytechnique.

UN VOLUME GRAND IN-8, DE XI-428 PAGES, AVEC 340 FIGURES; 1896  
E. T. P.)..... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS.

# BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la science, de l'art et des applications pratiques.

À côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fourtier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les *trucs* de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

## TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE PAR LES PROCÉDÉS PELLICULAIRES,

Par M. George BALAGNY, Membre de la Société française de Photographie,  
Docteur en droit.

2 volumes grand in-8, avec figures; 1889-1890.

*On vend séparément :*

TOME I : Généralités. Plaques souples. Théorie et pratique des trois développements au fer, à l'acide pyrogallique et à l'hydroquinone. . . . . 4 fr.

TOME II : Papiers pelliculaires. Applications générales des procédés pelliculaires. Phototypie. Contretypes. Transparents. . . . . 4 fr.

## MANUEL DE PHOTOCROMIE INTERFÉRENTIELLE.

Procédés de reproduction directe des couleurs; par M. A. BERTHIER.

In-18 Jésus, avec figures; 1895. . . . . 3 fr. 50 c.

## CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR RÉUSSIR EN PHOTOGRAPHIE.

Par A. COURNÈGES, Praticien.

2<sup>e</sup> édition, revue et augmentée. Petit in-8, avec 1 planche en photocollographie; 1896. . . . . 2 fr. 50 c.

## LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE.

Par M. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens. 32 fr.

*On vend séparément :*

I<sup>re</sup> PARTIE : Notions élémentaires. — Historique. — Épreuves négatives. — Principes communs à tous les procédés négatifs. — Épreuves sur albumine, sur collodion, sur gélatinobromure d'argent, sur pellicules, sur papier. Avec 2 planches spécimens et 120 figures; 1886. . . . . 16 fr.

II<sup>e</sup> PARTIE : Épreuves positives : aux sels d'argent, de platine, de fer, de chrome. — Épreuves par impressions photomécaniques. — Divers : Les couleurs en Photographie. Épreuves stéréoscopiques. Projections, agrandissements, micrographie. Réductions, épreuves microscopiques. Notions élémentaires de Chimie, vocabulaire. Avec 2 planches spécimens et 114 figures; 1888. . . . . 16 fr.

Un supplément, mettant cet important Ouvrage au courant des derniers travaux, est en préparation.

**TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE.**

Théorie et pratique; par M. A.-L. DONNADIEU, Docteur ès Sciences,  
Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Grand in-8, avec Atlas de 20 planches stéréoscopiques en photocollogra-  
phie; 1892..... 9 fr.

**LA PHOTOGRAPHIE SANS MAITRE,**

Par M. Eugène DUMOULIN.

2<sup>e</sup> édition, entièrement refondue. In-18 jésus, avec figures; 1896. 1 fr. 75 c.

**TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,**

Par M. C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4-beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... 48 fr.

Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce  
Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1<sup>er</sup> Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. 14 fr.

Les 5 volumes se vendent ensemble..... 60 fr.

**DICTIONNAIRE PRATIQUE DE CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE,**

Contenant une *Étude méthodique des divers corps usités en Photographie*,  
précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une description détaillée  
des *Manipulations photographiques*;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec figures; 1892..... 8 fr.

**LES POSITIFS SUR VERRE.**

*Théorie et pratique. Les Positifs pour projections. Stéréoscopes et vitraux.*  
*Méthodes opératoires. Coloriage et montage;*

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec figures; 1892..... 4 fr. 50 c.

**LA PRATIQUE DES PROJECTIONS.**

Étude méthodique des appareils. Les accessoires. Usages et applications  
diverses des projections. Conduite des séances;

Par M. H. FOURTIER.

2 vol. in-18 jésus.

TOME I. Les Appareils, avec 66 figures; 1892..... 2 fr. 75 c.

TOME II. Les Accessoires. La Séance de projections, avec 67 fig.; 1893. 2 fr. 75 c.

**LES LUMIÈRES ARTIFICIELLES EN PHOTOGRAPHIE.**

Étude méthodique et pratique des différentes sources artificielles de lu-  
mières, suivie de recherches inédites sur la puissance des photopoudres  
et des lampes au magnésium;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec 19 figures et 8 planches; 1895..... 4 fr. 50 c.

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS**

**LE FORMULAIRE CLASSEUR DU PHOTO-CLUB DE PARIS.**

Collection de formules sur fiches renfermées dans un élégant cartonnage et classées en trois Parties : *Phototypes, Photocopies et Photocalques, Notes et renseignements divers*, divisées chacune en plusieurs Sections ;

Par MM. II. FOURTIER, BOURGEOIS et BUQUET.

Première Série ; 1892..... 4 fr.  
Deuxième Série ; 1894..... 3 fr. 50 c.

**TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE INDUSTRIELLE,**

**THÉORIE ET PRATIQUE,**

Par Ch. FÉRY et A. BURAIS.

In-18 Jésus, avec 94 figures et 9 planches ; 1896..... 5 fr.

**DICTIONNAIRE SYNONYMIQUE FRANÇAIS, ALLEMAND,  
ANGLAIS, ITALIEN ET LATIN DES MOTS TECHNIQUES  
ET SCIENTIFIQUES EMPLOYÉS EN PHOTOGRAPHIE ;**

Par M. ANTHONNY GUERRONNAN.

Grand in-8 ; 1895..... 5 fr.

**L'ART PHOTOGRAPHIQUE DANS LE PAYSAGE.**

Étude et pratique ;

Par HORSLEY-HINTON, — traduit de l'anglais par H. COLARD.

Grand in-8, avec 11 planches ; 1894..... 3 fr.

**LA PHOTOGRAPHIE MÉDICALE.**

Applications aux Sciences médicales et physiologiques ;

Par M. A. LONDE.

Grand in-8, avec 80 figures et 19 planches ; 1893..... 9 fr.

**VIRAGES ET FIXAGES.**

Traité historique, théorique et pratique ;

Par M. P. MERCIER,

Chimiste, Lauréat de l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

2 volumes in-18 Jésus ; 1892..... 5 fr.

*On vend séparément :*

I<sup>re</sup> PARTIE : Notice historique. Virages aux sels d'or..... 2 fr. 75 c.  
II<sup>e</sup> PARTIE : Virages aux divers métaux. Fixages..... 2 fr. 75 c.

**INSTRUCTIONS PRATIQUES POUR PRODUIRE  
DES ÉPREUVES IRRÉPROCHABLES AU POINT DE VUE  
TECHNIQUE ET ARTISTIQUE.**

Par M. A. MULLIN,

Professeur de Physique au Lycée de Grenoble, Officier de l'Instruction publique.

In-18 Jésus, avec figures ; 1895..... 2 fr. 75 c.

**TRAITÉ PRATIQUE  
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES.**

Par M. E. TRUTAT.

2 volumes in-18 jésus, avec 105 figures; 1891..... 5 fr.

*On vend séparément :*

I<sup>re</sup> PARTIE : Obtention des petits clichés; avec 52 figures..... 2 fr. 75

II<sup>e</sup> PARTIE : Agrandissements; avec 53 figures..... 2 fr. 75 c.

**IMPRESSIONS PHOTOGRAPHIQUES AUX ENCRE GRASSES.**

Traité pratique de Photocollographie à l'usage des amateurs;

Par M. E. TRUTAT.

In-18 jésus, av. nomb. fig. et 1 pl. en photocollographie; 1892... 2 fr. 75 c.

**LA PHOTOTYPOGRAVURE A DEMI-TEINTES.**

Manuel pratique des procédés de demi-teintes, sur zinc et sur cuivre;

Par M. Julius VERFASSEN.

Traduit de l'anglais par M. E. COUSIN, Secrétaire-agent de la Société française de Photographie.

In-18 jésus, avec 56 figures et 3 planches; 1895..... 3 fr.

**TRAITÉ PRATIQUE DE PHOTOLITHOGRAPHIE.**

Photolithographie directe et par voie de transfert. Photozincographie. Photocollographie. Autographie. Photographie sur bois et sur métal à graver. Tours de main et formules diverses;

Par M. Léon VIDAL,

Officier de l'Instruction publique, Professeur à l'École nationale des Arts décoratifs.

In-18 jésus, avec 25 fig., 2 planches et spécimens de papiers autographiques; 1893..... 6 fr. 50 c.

**MANUEL DU TOURISTE PHOTOGRAPHE.**

Par M. Léon VIDAL.

2 volumes in-18 jésus, avec nombreuses figures. Nouvelle édition, revue et augmentée; 1889..... 10 fr.

*On vend séparément :*

I<sup>re</sup> PARTIE : Couches sensibles négatives. — Objectifs. — Appareils portatifs. — Obturateurs rapides. — Pose et Photométrie. — Développement et fixage. — Renforceurs et réducteurs. — Vernissage et retouche des négatifs..... 6 fr.

II<sup>e</sup> PARTIE : Impressions positives aux sels d'argent et de platine. — Retouche et montage des épreuves. — Photographie instantanée. — Appendice indiquant les derniers perfectionnements. — Devis de la première dépense à faire pour l'achat d'un matériel photographique de campagne et prix courant des produits..... 4 fr.

**MANUEL PRATIQUE D'ORTHOCHROMATISME.**

Par M. Léon VIDAL.

In-18 jésus, avec figures et 2 planches, dont une en photocollographie et un spectre en couleur; 1891..... 2 fr. 75 c.

**NOUVEAU GUIDE PRATIQUE DU PHOTOGRAPHE AMATEUR.**

Par M. G. VIEUILLE.

3<sup>e</sup> édition, refondu et beaucoup augmentée. In-18 jésus, avec figures; 1892..... 2 fr. 75 c.

# ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 250 volumes petit in-8 (30 à 40 volumes publiés par an)

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3 FR.

## Ouvrages parus

### Section de l'Ingénieur

- R.-V. PICOU. — Distribution de l'électricité (2 vol.).  
A. GOULLY. — Air comprimé ou raréfié.  
DUQUESNAY. — Résistance des matériaux.  
DWEISHAUVERS-DERY. — Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur.  
A. MADAMET. — Tiroirs et distributeurs de vapeur.  
M. DE LA SOURCE. — Analyse des vins.  
ALHEILIG. — Travail des bois.  
AIMÉ WITZ. — Thermodynamique  
LINDET. — La bière.  
TH. SCHLÖSSING fils. — Chimie agricole.  
SAUVAGE. — Moteurs à vapeur.  
LE CHATELIER. — Le grisou.  
MADAMET. — Détente variable de la vapeur. Dispositifs qui la produisent.  
DUDEBOUT. — Appareils d'essai des moteurs à vapeur.  
CRONEAU. — Canon, torpilles et cuirasso.  
H. GAUTHIER. — Essais d'or et d'argent.  
LECOMTE. — Les textiles végétaux.  
ALHEILIG. — Corderie.  
DE LAUNAY. — I. Les gîtes métallifères. — II. Production métallifère.  
BERTIN. — État de la marine de guerre.  
FERDINAND JEAN. — L'industrie des peaux et des cuirs.  
BERTHELOT. — Traité pratique de calorimétrie chimique.  
DE VIARIS. — L'art de chiffrer et déchiffrer les dépêches secrètes.  
MADAMET. — Epures de régulation.  
GUILLAUME. — Unités et étalons.  
WIDMANN. — Principes de la machine à vapeur.  
MINEL (P.). — Électricité industrielle. (2 vol.).  
LAVERGNE (Gérard). — Turbines.  
HÉBERT. — Boissons falsifiées.  
NAUDIN. — Fabrication des vernis.  
SINIGAGLIA. — Accidents de chaudières.  
H. LAURENT. — Théorie des jeux.  
GUENEZ. — Décoration de la porcelaine au feu de moufle.  
VERMAND. — Moteurs à gaz et à pétrole.  
MEYER (Ernest). — L'utilité publique et la propriété privée.  
WALLON. — Objectifs photographiques.  
BLOCH. — Eau sous pression.

### Section du Biologiste

- FAISANS. — Maladies des organes respiratoires.  
MAGNAN et SÉRIEUX. — Le délire chronique à évolution systématique.  
AUVARD. — Séméiologie génitale.  
G. WEISS. — Electrophysiologie.  
BAZY. — Maladies des voies urinaires. (2 vol.).  
WURTZ. — Technique bactériologique.  
TROSSIAU. — Hygiène de l'œil.  
FÉRÉ. — Epilepsie.  
LAVERAN. — Paludisme.  
POLIN et LABIT. — Examen des aliments suspects.  
BERGONIE. — Physique du physiologiste et de l'étudiant en médecine.  
Actions moléculaires, Acoustique, Electricité.  
AUVARD. — Menstruation et fécondation.  
MEGNIN. — Les acariens parasites.  
DIEMELIN. — Anatomie obstétricale.  
CUÉNOT. — Les moyens de défense dans la série animale.  
A. OLIVIER. — L'accouchement normal.  
BERGÉ. — Guide de l'étudiant à l'hôpital.  
CHARRIN. — I. Les poisons de l'urine. — II. Poisons du tubo digestif.  
ROGER. — Physiologie normale et pathologique du foie.  
BROcq et JACQUET. — Précis élémentaire de dermatologie. — I. Pathologie générale cutanée. — II. Maladies en particulier. — III. Dermatoses microbiennes et néoplasies. — IV. Dermatoses inflammatoires. — V. Dermato-neuroses et Formulaire.  
HANOT. — De l'endocardite aiguë.  
WEILL-MANTOU. — Guide du médecin d'assurances sur la vie.  
LANGLOIS. — Le lait.  
DE BRUN. — Maladies des pays chauds. (2 vol.).  
BROCA. — Le traitement des ostéo-arthrites tuberculeuses des membres chez l'enfant.  
DU CAZAL et CATRIN. — Médecine légale militaire.  
LAPERSONNE (DE). — Maladies des paupières et des membranes externes de l'œil.  
KÖHLER. — Application de la photographie aux Sciences naturelles.