

✓
DICTIONNAIRE
DE CHIMIE

PURE ET APPLIQUÉE

COMPRENANT :

LA CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE
LA CHIMIE APPLIQUÉE A L'INDUSTRIE, A L'AGRICULTURE ET AUX ARTS
LA CHIMIE ANALYTIQUE, LA CHIMIE PHYSIQUE ET LA MINÉRALOGIE

PAR A D. WURTZ

Membre de l'Institut (Académie des sciences)

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

J. Bouis — E. Caventou — Ph. de Clermont — H. Debray — P.-P. Dehérain
M. Delafontaine — Ch. Friedel
A. Gautier — E. Grimaux — P. Hautefeuille — A. Henninger — E. Kopp — Ch. Lauth
F. Le Blanc. — A. Naquet — G. Salet — P. Schützenberger — L. Troost
Ed. Willm.

—
TOME PREMIER

DEUXIÈME PARTIE

C—G
—

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET C^{ie}

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

—
1870

Droits de propriété et de traduction réservés.

tante dans le lin et le chanvre n'est jamais tellement complète qu'elle ne puisse être mise en évidence. Boettger propose de plonger les échantillons dans une solution bouillante de potasse (1 p. KHO, 1 p. eau). En exprimant entre des doubles de papier, on trouve que les filaments du lin sont devenus jaune foncé, le coton reste blanc ou gris clair.

L'acide sulfurique concentré et froid dissout le coton bien avant le chanvre et le lin.

Le coton immergé dans l'huile et exprimé fortement reste opaque; le lin devient au contraire translucide.

La fibre du *Phormium tenax* se reconnaît facilement à la coloration rouge qu'elle prend sous l'influence de l'acide nitrique à 36° (Baumé), chargé de vapeurs nitreuses (Boussingault), ou de l'action successive du chlore et de l'ammoniaque (Vincent). P. S.

CÉMENTATION. — Voyez ACIEN.

CENDRES (*Chimie agricole*) [Th. de Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*; — Berthier, *Mémoires d'agriculture* publiés par la Société impériale et centrale d'agriculture, 1853; — Boussingault, *Économie rurale*; — Malaguti et Durocher, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5^e série, t. LIV, p. 257; — Way, Ogston, etc., *The Journal of the royal agricultural Society of England*, t. XIII, etc.].

On distingue sous le nom de cendres végétales les parties fixes que laissent les végétaux à l'incinération. Le poids de ces parties varie avec la nature des organes incinérés, avec leur âge, et naturellement avec leur état de dessiccation.

D'après M. Th. de Saussure et M. L. Garreau, la quantité de cendres augmente dans les feuilles avec l'âge des organes incinérés [*Ann. des sciences natur.*, t. XIII, 4^e série, 1860, p. 163]. Ce dernier naturaliste a incinéré dans 17 espèces végétales différentes les deux premières feuilles de bourgeon, puis, quinze jours après l'épanouissement, les deux premières feuilles de l'axe, puis enfin les deux premières feuilles de l'axe prises le 1^{er} juillet et le 30 septembre; il a vu les quantités de cendres passer de 7,115 à 7,875, à 8,790 et enfin à 10,08; les mêmes faits ressortent encore très-nettement du dosage des matières minérales fixes contenues dans chaque feuille d'une pousse de l'année recueillie le 30 septembre; on trouve toujours que les feuilles les plus anciennes sont les plus riches en matières minérales; ainsi, dans un tilleul, la première feuille, prise à la base du rameau, renfermait 9,60 de cendres, et la huitième 7,60. Dans un orme, la feuille la plus ancienne renfermait 16 et la plus jeune 9,50 de cendres; dans un abricotier, la différence a été encore plus considérable, puisque les cendres ont passé de 7,65 à 14,38. M. le Dr Zoeller, de son côté, a analysé des feuilles de hêtre provenant du jardin botanique de Munich, à différentes périodes de leur développement; tandis que les feuilles cueillies le 16 mai renfermaient une quantité de cendres variant de 4,65 à 5,76, les feuilles prises le 18 juillet renfermaient 7,57, et le 15 octobre 10,15 [*Les Lois naturelles de l'agriculture*, par le baron Justus de Liebig, t. II. Appendice].

M. Garreau a signalé aussi ce fait très-intéressant que dans les végétaux aquatiques submergés où par conséquent il n'y a pas d'évaporation, les feuilles les plus anciennes sont encore les plus chargées de sel; la différence est souvent considérable, habituellement de moitié entre les feuilles de la région moyenne de l'axe et celles de la partie supérieure; elle peut être parfois du triple.

Th. de Saussure avait montré que les feuilles des arbres verts, qui évaporent moins que celles des

arbres à feuilles caduques, renferment moins de cendres; toutefois cette quantité va en augmentant avec l'âge, et cela dans une proportion assez considérable.

Quand on incinère le bois en distinguant l'écorce, l'aubier et le cœur, on trouve des quantités de cendres très-différentes; ainsi, d'après Th. de Saussure, 1,000 parties de bois de chêne sec séparé de l'aubier renfermeraient seulement 2 de cendres; l'aubier en donnerait 4, et l'écorce des troncs de chêne précédents 60; 1,000 parties de tronc écorcé de peuplier renfermeraient 8 de cendres, tandis que l'écorce en donnerait 72.

Nous avons eu nous-même occasion de vérifier le fait. Ainsi nous avons trouvé 0,287 de cendres pour 100 de cœur de chêne, 0,550 de cendres pour 100 d'aubier du même chêne, tandis que l'écorce renfermait sur 100 parties 5,637, quantité vingt fois et dix fois plus forte que celles qu'on trouve dans le cœur et dans l'aubier.

Les quantités de cendres contenues dans les racines sont en général plus faibles que celles fournies par les organes aériens; ainsi le professeur Johnston a trouvé que, pour 1 kilogramme de matière, les racines de turneps fournissaient 80 de cendres et les feuilles 130; les tubercules de pommes de terre 40, et les feuilles 180; les racines de tabac 70 et les feuilles 230. M. Garreau a remarqué que les cendres diminuaient dans les racines terrestres avec l'âge; ainsi les fibrilles âgées de *Helianthus tuberosus* fournissaient 12,70 de cendres, tandis que les jeunes en donnaient 15,90; on trouvait encore des résultats analogues pour le *Ribens rubrum* et le *Mercurialis annua*; mais le fait devenait encore plus saillant quand il était observé sur des racines de noyer; une jeune racine de 5/10 de millimètre de grosseur laissait 4,30 de cendres, et une racine de 1 décimètre de grosseur, 1,56 seulement.

Les tiges des plantes vertes renferment plus de cendres que l'aubier et que le bois; ces proportions s'élèvent facilement à 1/100 des plantes vertes et à près de 1/10 des plantes sèches. Si on étudie la manière dont varient les cendres à mesure que la plante devient plus âgée, il semble que la quantité augmente. C'est ainsi que Th. de Saussure a trouvé 16 grammes de cendres dans 1 kilogramme de fèves vertes le 23 mai, et que cette proportion avait atteint 20 grammes le 23 juin; dans 1 kilogramme de tournesol vert, le 10 juillet, on avait trouvé 13 grammes de cendres; la proportion était devenue 23 grammes à la fin de septembre, au moment de la maturité; mais cette augmentation n'est pas réelle, elle est due à la dessiccation qui s'est opérée dans la plante entière, et si on fait les dosages non plus sur les plantes vertes, mais bien sur les plantes sèches, on trouve que la proportion de cendres a diminué au contraire. Le 23 mai, 1 kilogramme de fèves sèches renfermait 150 grammes de cendres, et seulement 122 grammes le 22 juin; 1 kilogramme de tournesol sec donnait 187 grammes de cendres le 23 juillet, et seulement 193 grammes à l'époque de la maturité. On commettrait toutefois une erreur grave si on supposait que la quantité de cendres a réellement diminué dans la plante, car elle augmente au contraire jusqu'à la maturité; mais les principes hydrocarbonés détruits au moment de la calcination augmentent encore davantage, et la proportion centésimale de cendres se trouve ainsi plus faible.

On trouve encore une nouvelle preuve de ces variations dans le mémoire de M. Isidore Pierre sur le colza [*Étude sur le colza*, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. LX, p. 151, 1860]. La richesse en principes minéraux des sommités des rameaux portant leurs fleurs ou leurs siliques pleines éprouve une diminution sensible pendant tout le

cours de la végétation, puisque 1 kilogr. de matière sèche renferme, le 22 mars, 102 grammes de cendres, et seulement 75 grammes le 20 juin; et cependant, si on détermine la quantité de cendres laissées par la récolte de 1 hectare, on trouve que la proportion due aux sommités des rameaux est de 21 kilogrammes au 22 mars, et de 377 kilogr. le 20 juin.

Les substances minérales que renferment les végétaux sont assez nombreuses. Les analyses précises exécutées sur les végétaux terrestres ont montré qu'on rencontre dans leurs cendres en quantités notables de la chaux et de la magnésie; la potasse y existe en proportions souvent assez considérables; elle est même habituellement retirée des cendres des plantes terrestres, et les anciens chimistes la désignaient sous le nom d'alcali terrestre, par opposition à la soude, qu'ils appelaient alcali marin, parce qu'ils l'extrayaient de plantes marines.

Un travail important publié récemment par M. Peligot a montré que la soude est beaucoup moins abondamment répandue dans les végétaux qu'on ne le croyait généralement [*Compt. rend.*, t. LXV, p. 729, 1867]. On sait qu'on dose habituellement la soude par différence, de telle sorte que si quelque élément a été dosé trop bas, on peut conclure à la présence de la soude, tandis qu'il n'y aura qu'une simple erreur d'analyse.

M. Peligot propose, pour caractériser cet alcali dans les cendres, d'éliminer toutes les bases terreuses et alcalino-terreuses au moyen de la baryte, d'enlever l'excès de celle-ci par un courant d'acide carbonique; de saturer la liqueur bouillie par de l'acide azotique et de faire cristalliser par refroidissement la plus grande quantité de l'azotate de potasse. L'azotate de soude, qui est, comme on sait, beaucoup plus soluble, se trouve dans l'eau mère qui accompagne les cristaux de nitre. C'est donc dans celle-ci que la soude doit être cherchée.

Dans ce but, cette liqueur est traitée par l'acide sulfurique. Le résidu provenant de son évaporation est fortement calciné, de manière à avoir les sulfates à l'état neutre. On reprend par l'eau et on sépare à l'état cristallisé la majeure partie du sulfate de potasse; l'eau mère qui reste après la séparation de ces cristaux est abandonnée à l'évaporation spontanée. Si les cendres sont exemptes de soude, elle fournit des prismes transparents de sulfate de potasse; dans le cas contraire, le sulfate de soude, qui cristallise le dernier, apparaît sous forme de cristaux qui s'effleurissent peu à peu et qui par leur aspect mat et farineux se distinguent facilement d'avec les cristaux limpides de sulfate de potasse. Quelquefois la soude a été cherchée dans le résidu insoluble dans l'eau; elle pouvait, en effet, s'y rencontrer sous forme de silicate. Pour l'en séparer, on a fait usage d'acide sulfurique concentré qu'on a ensuite séparé par l'eau de baryte. Le résultat a toujours été négatif.

En soumettant à ce mode particulier de recherche un certain nombre d'échantillons de cendres provenant de végétaux variés, M. Peligot n'a pas trouvé de soude dans les cendres provenant des produits végétaux qui suivent :

Le blé (grain et paille examinés séparément); l'avoine, *id.*; la pomme de terre (tubercules et tiges) (1); les bois de chêne et de charme; les

feuilles de tabac, de mûrier, de pivoine, de ricin; les haricots; le souci des vignes; la pariétaire; la *Gypsophila pubescens*; le panais (feuilles et racines).

Un certain nombre de plantes appartenant à la famille des Atriplicées et des Chenopodées renferme au contraire de la soude; on a trouvé cette base dans les cendres de l'arroche, de l'*Atriplex hastata*, du *Chenopodium murale*, de la *tetragonia* ainsi que dans les betteraves.

L'élégant procédé de l'analyse spectrale a permis de constater dans un certain nombre de végétaux la présence de la lithine; cette base a été signalée dans la cendre de tous les bois de l'Odenwald, dans les potasses commerciales de la Russie, dans les cendres des feuilles de vigne, de tabac, de raisin; dans les cendres des céréales du Palatinat; on a trouvé aussi récemment des traces d'un nouvel alcali, l'oxyde de rubidium, dans les cendres d'un grand nombre de variétés de tabac; on l'a rencontré encore dans le café et dans la betterave [*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. LXVII, 1863. Recherches du rubidium et du cæsium dans les eaux minérales, les végétaux et les minéraux, par M. L. Grandeau]. Si la présence de l'alumine dans les cendres est douteuse, celle des oxydes de fer et de manganèse y est parfois très-évidente, et il est rare de brûler du bois, des fruits ou des feuilles, sans voir les cendres présenter une teinte rougeâtre due à l'oxyde de fer, ou verdâtre qu'il faut attribuer à la formation de petites quantités de caméléon minéral (manganate de potasse).

Le manganèse et le fer paraissent être plus abondants encore dans les plantes aquatiques; le Dr Zoeller a constaté la présence de ces métaux dans le *Nymphaea arulea*, *dentata* et *lutea*, l'*Hydrocharis* Humboldt, le *Nelumbum asperifolium*; la *Victoria regia* renferme du manganèse dans le pétiole et du fer, surtout dans les feuilles.

Le zinc même existe, dit-on, dans les cendres de quelques espèces végétales, et on assure que la *Viola calaminaria* est si caractéristique pour les gisements de zinc des environs d'Aix-la-Chapelle, que ses stations ont servi de guide dans la recherche des mines de ce métal [*Les Lois naturelles de l'agriculture*, t. II, p. 66] (1).

M. Meyer, de Copenhague, affirme que la graine de froment et de seigle renferme, comme élément constant, une petite fraction de cuivre, et M. L. Grandeau a reconnu, par l'analyse spectrale, que le cuivre se rencontre en effet dans les cendres de plusieurs espèces végétales.

Parmi les acides, on trouve dans les plantes l'acide silicique parfois avec abondance. Il y affecte quelquefois la forme de concrétions transparentes ayant quelque analogie avec l'opale; M. Guibourt a consacré, il y a quelques années, une notice intéressante à l'étude du *tabaschir*, excroissance siliceuse du grand bambou des Indes [*Journ. de Pharm.*, Paris, mars, avril 1855]. L'acide sulfurique est toujours en bien plus faible proportion dans les cendres; on sait en effet que les sulfates ne persistent pas longtemps dans la terre arable,

de phosphate et d'azotate de soude, et en recherchant la soude dans les cendres des tubercules et des tiges qui avaient pris un développement considérable, on a pu constater la présence d'une quantité notable de soude. Pour y réussir, on a légèrement modifié le procédé de M. Peligot : au lieu de transformer les alcalis en sulfates, après élimination de la baryte, on les a laissés à l'état de chlorures, puis on a précipité la potasse à l'aide du chlorure de platine; on a évaporé et repris par l'alcool qui dissout le chloroplatinate de sodium; par l'évaporation spontanée, celui-ci apparaît sous forme de beaux cristaux en aiguilles rouge doré très-différentes des octaèdres du chloroplatinate de potasse.

(1) Cette observation, qui aurait sans doute besoin de confirmation, est attribuée à Alex. Braun.

(1) En soumettant à l'analyse spectrale un échantillon de cendres de pommes de terre, l'auteur de cet article est arrivé à un résultat différent; la soude existait dans les cendres en quantité sensible. Il ne faudrait pas croire au reste que la soude soit repoussée par certaines plantes et qu'elle n'y puisse pas pénétrer. En arrosant pendant un mois une pomme de terre avec un mélange

mais sont rapidement amenés à l'état de carbonates. Depuis que l'attention des chimistes s'est portée sur l'acide phosphorique, on n'a pas tardé à le trouver en quantité notable dans diverses parties des végétaux et notamment dans les graines; l'acide carbonique se trouve aussi dans les végétaux; ce serait cependant une faute grave que de supposer que tous les carbonates qu'on rencontre dans les cendres préexistaient dans les plantes; ces carbonates proviennent surtout de la décomposition par le feu des acides organiques unis dans la plante avec les alcalis.

Le chlore et l'iode se trouvent dans les plantes unis aux métaux alcalins, et on sait qu'aujourd'hui encore l'iode employé dans les arts est presque entièrement extrait des cendres des plantes marines, où il ne se rencontre cependant qu'en faible quantité.

Si on compare les unes aux autres les analyses de cendres provenant de végétaux d'une seule et même espèce ayant crû sur des sols différents, on trouve que la composition des cendres ne varie que médiocrement, surtout si l'analyse porte sur des végétaux cultivés qui se sont développés sur des sols toujours amendés à peu près d'une façon analogue; c'est ainsi qu'en faisant l'analyse de la cendre de la paille de froment, on trouve toujours qu'elle renferme de 65 à 70% de silice (1); en examinant les cendres de la graine de cette même céréale, on les trouve encore à peu près uniquement formées de phosphates, mais les différences deviennent plus sensibles quand on examine des plantes venues sans culture sur des sols différents.

Ces différences toutefois ne sont pas en général assez considérables pour qu'il ne soit pas aisé de reconnaître que les plantes de certaines familles ont une préférence marquée pour tel ou tel principe minéral.

C'est ainsi que les analyses de MM. Malaguti et Durocher établissent que certaines plantes renferment des quantités de silice considérables: telles sont les graminées, les fougères et les bruyères. Cette quantité diminue considérablement dans les légumineuses, tandis qu'au contraire la potasse s'y accumule, et que dans des terrains calcaires la chaux y atteint une proportion énorme, analogue à celle qui existe dans les arbres. — Voyez le beau travail de MM. Malaguti et Durocher [*Ann. de Chim. et de Phys.*, (3), t. LIV, 1858; le tableau D, p. 296].

Les analyses portant sur les cendres fournies par des plantes entières n'ont plus cependant l'intérêt qu'on leur attribuait autrefois; on avait supposé à priori que les différents éléments minéraux qu'on rencontre dans les cendres y présentent une importance égale; mais des expériences directes sont bientôt venues démontrer que ces conclusions étaient très-exagérées, et l'insuccès que nous avons éprouvé en amendant des cultures de betteraves et de pommes de terre avec des sels de potasse, l'influence remarquable, au contraire, qu'a exercée cet alcali sur le froment, nous ont démontré qu'il était impossible de déduire de la composition des cendres d'une plante la nature des engrais qu'il convenait de lui donner [*Compt. rend.*, t. LXIV, p. 863 et 971, 1867, et t. LXVI, p. 322 et 494, 1868; *Bull. de la Soc. chim.*, t. III, p. 13, 1867]. En se reportant à l'article ASSIMILATION, le lecteur reconnaîtra que la composition des cendres qui existent dans les bois ou dans les feuilles n'a pas plus d'intérêt que

(1) Nous disons paille et non tige, car les jeunes feuilles et les jeunes tiges renferment moins de silice. Voyez Isidore Pierre, Mémoire sur le développement du blé. Paris, 1866.

n'en aurait pour l'ingénieur la nature des sels qui se déposent dans une chaudière à vapeur. Les plantes sont des appareils d'évaporation; les eaux chargées de principes minéraux contenus dans le sol y pénètrent, s'y évaporent et abandonnent ces principes minéraux qui souvent n'ont aucune importance pour le développement de la plante elle-même. Nous nous bornerons à placer sous les yeux du lecteur les tableaux indiquant la richesse des cendres de différents organes en certains principes minéraux déterminés.

On reconnaîtra ainsi que les phosphates dominent singulièrement dans les graines, que les substances insolubles dans l'eau pure, mais solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique, existent en proportions très-notables dans les feuilles; qu'il en est encore de même dans les bois; mais qu'au contraire il est impossible d'établir rien d'analogue pour les tiges herbacées ou les racines: leurs cendres présentent des compositions des plus variées.

ANALYSES DE M. BERTHIER.
Richesse en phosphates de 400 parties de cendres.

DÉSIGNATION des PHOSPHATES.	GRAINS A L'ÉTAT NATUREL.										GRAINS DÉCORTIQUÉS.				
	Hé blanc dit blé chartrain	Riz d'Égypte.	Seigle.	Orge.	Avoine.	Riz de la Camargue	Mais de Nemours.	Haricots de Soissons.	Haricots.	Pois verts.	Lentilles de la gr. espèce.	Moutarde blanche.	Grain.	Orge perlé.	Riz de la Caroline.
Phosphate de potasse.....	50,00	51,70	48,50	52,50	7,50	24,10	41,50	42,70	76,80	66,70	26,30	50,00	36,60	57,00	
Phosphate de chaux.....	22,00	20,00	29,30	15,00	16,50	21,10	18,50	8,40	9,70	22,20	39,80	15,40	25,00	21,00	
Phosphate de magnésie.....	28,00	28,30	*	25,00	20,00	24,10	38,00	14,30	6,40	6,60	23,90	33,10	21,60	20,00	
Phosphate de man-ganèse.....	*	*	18,30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Total des phosphates	100,00	100,00	100,00	92,50	44,00	72,30	98,00	65,40	82,90	95,50	89,20	98,50	83,20	100,00	

