Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 30 (1904)
Heft: 2

Artikel: Sur la fixation de l'azote atmosphérique
Autor: Chuard, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-24105

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

d'ingénieurs sans cesse renouvelées de poursuivre l'œuvre de leurs devanciers.

En mettant en évidence le rôle important que remplit notre art dans la société moderne, nous n'entendons point diminuer injustement celui des autres professions qui coopérèrent à l'œuvre du progrès par une activité féconde. L'association de toutes est nécessaire pour procurer à l'humanité, non seulement le bien-être matériel, mais les progrès moraux et spirituels sans lesquels toute civilisation est condamnée à la décadence.

Lansanne, 5 décembre 1903.

Sur la fixation de l'azote atmosphérique.

Par M. E. CHUARD,
Professeur extraordinaire à l'Ecole d'Ingénieurs.

Parmi les problèmes qui sollicitent le plus vivement, à l'heure actuelle, l'attention des chimistes, celui de la fixation de l'azote élémentaire de l'air occupe une place à part, en ce qu'il intéresse à la fois la chimie pure, la chimie industrielle et la chimie agricole.

La chimie pure, en ce que les recherches faites dans cette direction ont éclairé d'un jour nouveau un domaine encore fort obscur, celui de la chimie des hautes températures et des modifications de l'affinité qui se manifestent dans ces conditions.

La chimie industrielle, à cause de l'importance des combinaisons nitrées ; ces combinaisons, dont dépend en particulier toute l'industrie des explosifs modernes, sont livrées parcimonieusement par la nature, et leur production courante à partir de l'azote atmosphérique serait une conquête de premier ordre.

Enfin, et surtout, la chimie agricole, dont le développement, dans la dernière moitié du siècle écoulé, a mis en évidence le rôle capital de l'azote dans la production végétale. En même temps les recherches analytiques faisaient constater la rareté relative des combinaisons azotées utilisables directement par les plantes, en comparaison de l'énorme quantité d'azote élémentaire emmagasiné dans l'atmosphère. En effet, on calcule que la colonne d'air reposant sur une étendue de sol de 100 mètres carrés (1 are) contient approximativement 8000 quintaux métriques d'azote élémentaire, tandis que le sol lui-même, dans sa couche productive, n'en renferme, dans les conditions les plus favorables, pas au delà de 40 à 50 kg. L'agriculteur paie actuellement, sous forme d'engrais azotés, à raison d'environ 1 fr. 50 le kg., un élément dont il existe, sur chaque hectare de son sol, une quantité d'environ 80 000 tonnes, mais sous une forme dont on n'a pu jusqu'ici tirer aucun parti, pas plus au point de vue industriel qu'au point de vue agricole.

Si l'on ajoute que la combinaison azotée de beaucoup la plus employée par l'industrie et par l'agriculture, le nitrate de soude, dont l'importation annuelle en Europe dépasse 1 ½ million de tonnes, n'existe qu'en gisements limités, et dont on peut prévoir le prochain épuisement, on conviendra de l'importance du problème de la fixation de l'azote et de l'urgence d'en trouver la solution pratique.

Cette solution a été cherchée dans deux directions et par deux méthodes entièrement différentes. Les chimistes agricoles et les physiologistes l'ont poursuivie en s'adressant aux phénomènes physiologiques, en particulier à ceux dont les micro-organismes sont le siège.

Les recherches dans cette direction ont eu, au point de vue purement scientifique, des résultats vraiment remarquables et dont on ne saurait nier l'importance. Elles ont permis d'observer le rôle de divers microbes qui jouissent de la propriété d'*organiser* l'azote élémentaire, c'est-à-dire de le faire entrer en combinaison organique, dans des conditions, à la vérité, encore insuffisamment éclaircies. Et surtout elles ont mis en évidence les phénomènes si curieux de symbiose entre bacilles et végétaux supérieurs (légumineuses) à la découverte desquels Hellriegel et Willfarth ont attaché leurs noms.

* * *

On doit avouer cependant que, jusqu'ici, les essais en vue de transporter dans la pratique les connaissances acquises concernant cette fixation physiologique de l'azote, ont échoué sans exception. C'est donc à la seconde méthode, mettant en œuvre les phénomènes physiques et chimiques, qu'il faut demander la solution cherchée, et les résultats obtenus déjà aujourd'hui semblent indiquer que celle-ci n'est pas très éloignée. Mieux encore, il semblerait qu'une double solution soit à espérer, l'une fournissant directement les combinaisons oxygénées de l'azote, aujourd'hui si largement employées, l'acide nitrique principalement ; l'autre conduisant à un produit azoté nouveau, dont l'intérêt n'est pas moindre et dont les applications pourraient devenir aussi importantes que variées.

* * *

La production de combinaisons oxygénées de l'azote aux dépens des éléments de l'air, sous l'influence de la décharge électrique, a déjà été observée il y a plus d'un siècle (1784) par les physiciens anglais Cavendish et Priestley. Mais le phénomène n'eut longtemps qu'un intérêt scientifique, étant donné le rendement infime de cette synthèse, limitée par la reversibilité. La production facile de l'énergie électrique vint changer les conditions de cette réaction et, dans ces dernières années, de nombreuses tentatives ont été faites en vue de son utilisation industrielle. Tout récemment MM. de Kowalski, professeur à l'Université de Fribourg, et Moscicki, ont fait breveter un procédé et des appareils dont le rendement est, d'après eux, notablement supérieur à ce qu'on avait obtenu jusqu'ici.

M. de Kowalski utilise en particulier l'influence, observée par lui, de la *fréquence* du courant sur la production des vapeurs nitreuses aux dépens de l'air. Les réactions qui se passent entre l'azote et l'oxygène de l'air, sous l'influence de la décharge électrique, peuvent être représentées par les équations suivantes :

$$N_2 + O_2 + 2 \times 21\,600 \text{ cal.} = 2\,NO$$
$$2\,NO + 0 = N_2\,O_3 + 21\,800 \text{ cal.}$$
$$NO + 0 = NO_2 + 19\,900 \text{ cal.}$$

Ces oxydes d'azote, une fois obtenus, peuvent aisément être transformés en acide nitrique et en nitrate de soude. MM. de Kowalski et Moscicki seraient arrivés, d'après leur dernière communication, à un rendement de 52 à 55 gr. d'acide nitrique par kilowatt-heure, et cette quantité peut être doublée par l'introduction d'une proportion convenable d'oxygène, que les procédés de liquéfaction de l'air permettent aujourd'hui d'obtenir aisément et à bas prix.

* * *

La seconde solution à laquelle nous avons fait allusion a été présentée tout récemment, au mois de juin dernier, dans une communication du professeur A. Franck, au Congrès international de chimie appliquée, à Berlin. Elle repose sur l'utilisation des affinités singulières que présente l'azote aux températures élevées du four électrique, et son point de départ est certainement dans les expériences de M. Moissan sur la production des azotures métalliques.

L'azote élémentaire, si réfractaire à la combinaison dans les conditions ordinaires de température, s'unit en effet aisément à divers métaux, entr'autres au magnésium et aux métaux du groupe du calcium, dans des conditions analogues à celles de la production des *carbures métalliques*.

Le carbure de calcium lui-même, tel qu'on l'obtient couramment dans l'industrie, *renferme toujours de l'azote combiné,* dans une proportion qui varie de 0,5 jusqu'à 1,0 %. Déjà en 1897, au cours de recherches analytiques sur le gaz acétylène et ses produits de décomposition[1], j'ai eu l'occasion de constater la présence de l'ammoniaque, soit dans le gaz dégagé par action de l'eau sur le carbure, soit dans les résidus de la préparation de l'acétylène, qui en dégagent lentement et durant un temps assez long. Et si l'on détermine l'azote total, par la méthode de Kjeldahl, dans les échantillons commerciaux de carbure, on y trouve constamment de l'azote dans une proportion qui atteint et dépasse 1 %.

Voici comment, en 1897, j'expliquais la présence de l'azote combiné dans le carbure, et le dégagement d'ammoniaque en deux phases : en même temps que l'acétylène et, plus tard, par simple abandon à la température ordinaire des résidus. J'admettais la présence dans le carbure de deux composés azotés :

1° De l'azoture de calcium, $Ca_3\,N_2$, dont la décomposition par l'eau

$$Ca_3\,N_2 + 3\,H_2\,0 = 3\,Ca\,0 + 2\,NH_3$$

donnait lieu au dégagement immédiat d'ammoniaque, accompagnant le gaz acétylène (proportion 0,03 à 0,06 pour 100 de carbure) ;

2° Du *cyanate de calcium,* $Ca\,(CNO)^2$, dont la décomposition plus lente, suivant l'équation

$$Ca\,(CNO)^2 + 3\,H_2\,0 = Ca\,CO_3 + CO_2 + NH_3$$

était la cause du dégagement progressif d'ammoniaque observé sur les résidus. En effet, en opérant à l'abri de l'air la décomposition de carbure fraîchement préparé et en étudiant ensuite les résidus, après élimination totale de l'ammoniaque, on constatait régulièrement la présence, dans ces derniers, de carbonate de calcium, indiquant la présence du cyanate.

Le procédé de Franck et Caro ne fait pas autre chose que d'appliquer, dans des conditions nouvelles, cette fixation de l'azote atmosphérique observée déjà dans la formation du carbure.

Les auteurs ont tout d'abord cherché à obtenir la production de *cyanures métalliques,* par exemple $Ba\,(CN)_2$, au moyen de carbures : $Ba\,C_2 + 2\,N = Ba\,(CN)_2$, pour convertir ensuite ces cyanures en d'autres dérivés. En employant, au lieu du carbure de baryum, celui de calcium, ils constatèrent que la réaction se passait différemment et qu'on obtenait la combinaison $Ca\,CN_2$ au lieu du cyanure $Ca\,(CN)_2$

$$Ca\,C_2 + 2\,N = Ca\,CN_2 + C.$$

Qu'est-ce que cette combinaison $Ca\,CN_2$? c'est la *cyanamide calcique,* combinaison déjà connue, mais non pas obtenue jusqu'ici par cette synthèse vraiment inattendue. Il n'est pas sans intérêt de noter que la cyanamide calcique peut se former par chauffage du cyanate de calcium $Ca\,(CNO)_2$, dont je me servais pour expliquer le dégagement d'ammoniaque des résidus de carbure :

$$Ca\,(CNO)_2 = Ca\,CN_2 + CO_2.$$

La cyanamide calcique renferme théoriquement 35 % d'azote. Le produit brut obtenu dans le procédé Franck et Caro en dose jusqu'à 20 %, ce qui est déjà très remarquable. Mais ce qui l'est encore plus, c'est que ce produit se prête directement à l'emploi comme engrais azoté pour les diverses cultures. Les expériences à cet égard, quoique de peu de durée (trois ans y compris l'année courante), semblent tout à fait concluantes et classent ce produit, comme matière fertilisante, entre le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque. Le Dr Liechti, directeur de l'Etablissement fédéral de chimie agricole, à Berne, qui a fait l'an dernier déjà une série très intéressante d'essais de culture avec l'*azote calcique,* a constaté, en outre, que les plantes cultivées supportent et utilisent cette nouvelle forme de l'azote à des doses supérieures à celles données sous forme d'azote nitrique, comme nitrate de soude.

Il n'est pas nécessaire, sans doute, d'insister davantage sur l'importance et l'intérêt de ces faits, qui semblent réserver à l'industrie électro-chimique, déjà riche en conquêtes, un avenir nouveau et vraiment grandiose, si réellement elle arrive à exploiter, au bénéfice de l'humanité, cette source inépuisable, l'atmosphère, à laquelle nous n'avons demandé jusqu'ici que si peu de chose en comparaison de ce qu'elle peut nous donner.

---

[1] *Archives Sc. phys. et nat.,* T. III, 1897, et *Bull. Soc. chim. Paris.* 3e sér. T. XVII, 1897.