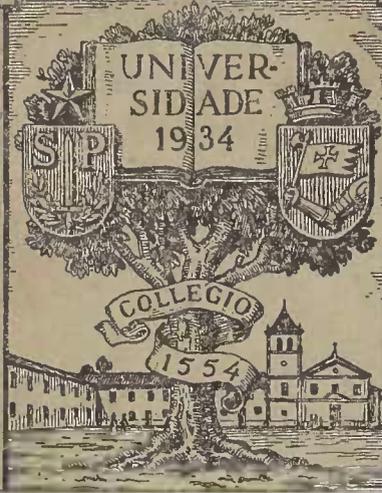




EX-LIBRIS



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA
LUIZ DE QUEIROZ

Nº 152





AGRONOMIE,
CHIMIE AGRICOLE
ET
PHYSIOLOGIE.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

AGRONOMIE,
CHIMIE AGRICOLE

ET

PHYSIOLOGIE,

PAR M. BOUSSINGAULT,

Membre de l'Institut.

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

TOME DEUXIÈME.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

SUCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,

Quai des Augustins, 55.

1886

(Tous droits réservés.)

AGRONOMIE, CHIMIE AGRICOLE ET PHYSIOLOGIE.

DU TERREAU ET DE LA TERRE VÉGÉTALE.

Dans la plupart des exploitations rurales, on réserve un emplacement où sont accumulés les balayures de la cour, du grenier, la boue ramassée sur les chemins, les mauvaises herbes arrachées autour des habitations, les feuilles mortes, la terre relevée des fossés, les gazons provenant du décapage des prés, les gravois fournis par les démolitions, les cendres de tourbes, de houille, les cendres de bois lessivées, les tiges ligneuses de colza, des topinambours, le marc distillé de pommes et de raisins; en un mot, cet emplacement est un lieu de décharge, une voirie où afflue tout ce qui ne va pas au fumier. On entretient une humidité constante dans cet amas de décombres en arrosant avec des eaux ménagères, avec du purin, ou, à leur défaut, avec de l'eau.

Au bout d'un an ou deux, le terreau est à point. Son aspect, on le conçoit, est aussi variable que la nature des matières qui ont concouru à sa production. Généralement

il est d'un brun foncé, assez meuble pour être immédiatement épandu sur la prairie où il ne tarde pas à produire d'excellents effets, parce qu'il *terre*, parce qu'il *chausse* en même temps qu'il agit comme un engrais énergétique. C'est sans aucun doute l'amendement pulvérulent le plus économique pour *fumer en couverture*, lorsqu'il ne doit pas être transporté à de grandes distances.

Que l'on destine à la préparation du terreau, les gravois, les balayures, la boue, la terre des fossés, les vieux gazons, les cendres, etc., je l'ai toujours compris : ce sont des matières terreuses utiles à la végétation, dans lesquelles il n'y a que fort peu de substances organiques. Mais qu'on y réunisse les mauvaises herbes, les pailles, les marcs de fruits, et, comme on le pratique assez fréquemment, des issues de boucheries, des animaux morts, du sang, des urines, voilà ce que j'ai considéré pendant longtemps comme éminemment désavantageux, en vertu de ce principe, trop absolu peut-être, que tout ce qui est susceptible d'entrer en putréfaction doit être jeté dans la fosse au fumier. Quant au purin, il me semblait qu'il était préférable, lorsqu'on le destinait à l'amélioration de la prairie, de le répandre directement comme engrais liquide, plutôt que d'en arroser une masse énorme de décombres, où il devait perdre, avec le temps, la plus grande partie de ses principes fertilisants solubles et volatils.

Pendant vingt-cinq ans j'ai critiqué, sous ce rapport, ce que l'on exécutait dans la ferme ; mais pendant vingt-cinq ans j'ai laissé faire. D'abord parce que les résultats obtenus étaient des plus satisfaisants, et puis parce que je pensais que, sur un point essentiellement pratique, sur une opération dont l'efficacité était consacrée par une expérience séculaire, l'opinion de tous les paysans valait mieux que l'opinion d'un seul académicien.

Dès que mes études sur la terre végétale, en me laissant entrevoir l'importance du phénomène de la nitrification

dans la culture, m'eurent révélé l'analogie qu'il y a entre une nitrière et un sol arable fumé et fortement chaulé ou marné, je commençai à croire qu'il n'y avait pas lieu de regretter les débris de végétaux, le purin que l'on faisait intervenir dans la confection du terreau, et il devint bientôt évident pour moi que les centaines de mètres cubes de matières terreuses mélangées à des substances organiques que j'avais devant les yeux constituaient une véritable nitrière; qu'ils n'en différaient en rien, si ce n'est par quelques imperfections de détail dans l'aménagement. Pour faire partager ma conviction à cet égard, il suffit, je crois, de rappeler quelques-uns des préceptes contenus dans l'*Instruction sur la fabrication du nitre* publiée en 1777 par les régisseurs généraux des poudres et salpêtres :

« Toute terre est propre à la fabrication du salpêtre, pourvu qu'elle ne soit pas trop compacte ni trop sableuse.... Les terres qui proviennent des écuries, des caves, des démolitions, méritent la préférence : le limon des étangs, la boue des rues.

« On rassemblera sous un hangar, où l'on veut former une nitrière, douze à quinze mille pieds cubes de terre; on y ajoutera des fumiers pourris, des plantes, des feuilles d'arbres, du marc de raisin, des balayures de maisons.

« La masse sera disposée en talus, en y répandant irrégulièrement de la paille, des branchages. On entretiendra une humectation constante en arrosant avec de l'urine, avec des eaux de vaisselle, avec de la lessive, avec des eaux de fumier. »

On reconnaît qu'entre les matériaux d'une nitrière artificielle et ceux du terreau l'identité est complète. Dans la nitrière, l'accès de l'air est habilement ménagé par un système de claies, par une répartition uniforme de fascines disposées en strates parallèles. Dans le tas de terreau, les pailles, les feuilles favorisent bien l'aérage de l'intérieur

de la masse, mais jetées au hasard elles ne produisent pas toujours l'effet que l'on pourrait en attendre.

Dans une nitrière, toutes les mesures sont prises pour entretenir une humectation convenable, c'est là une des conditions les plus importantes en même temps que des plus difficiles à remplir; trop d'humidité nuit tout autant qu'une trop grande sécheresse. Dans le terreau, les arrosements n'ont aucune régularité; il arrive que les liquides ne pénètrent pas assez profondément; on n'établit pas de ces canaux à l'aide desquels l'air ou l'eau, à la volonté du salpêtrier, afflue dans l'intérieur de la masse.

La nitrière est abritée sous un hangar spacieux entouré de claies pour amortir la violence du vent, atténuer l'intensité du froid. Le terreau, au contraire, reste exposé à toutes les intempéries: au soleil qui en dessèche la surface, aux pluies qui entraînent les sels solubles. Le tas de terreau, dans une ferme, est bien certainement une nitrière artificielle, mais une nitrière mal établie, mal entretenue, par la raison très simple que l'on ignorait que l'un des éléments dont il importait de favoriser la production était le salpêtre.

Il est des localités où les immondices sont soumises à la nitrification avant d'être employés comme engrais. Dans le département du Nord, les cultivateurs des environs de Bergues transportent dans des bateaux, à plusieurs lieues de distance, les balayures et les boues qu'ils achètent à la ville de Dunkerque, pour les mélanger par lits successifs avec de la marne, de la craie, de la terre. Les matières ainsi stratifiées restent en place pendant deux ans avant d'être conduites sur les champs (1).

C'est en formant des tas avec les feuilles mortes, les plantes annuelles arrachées au sol après leur maturité,

(1) CORDIER, *Agriculture de la Flandre*, p. 215.

les herbes du sarclage dont les racines sont encore garnies de terre, que l'on obtient le terreau dans les jardins.

Il serait difficile de ne pas voir des nitrières dans ces mélanges, dans ces dispositions. Aussi le terreau contient-il du salpêtre; du moins j'en ai trouvé dans ceux que j'ai examinés. Voici le résultat de plusieurs dosages :

	Nitrates exprimés en nitrate de potasse, dans 1 ^{kg} de terreau séché à l'air.
	gr
Terreau de la ferme de Bechelbronn.	1,51
Terreau de feuilles de Bechelbronn	5,51
Terreau de la ferme de Neunreiterhoff, près Haguenau.....	0,83
Terreau de couches d'un jardin de Verrières.	0,94
Terreau des maraîchers de Paris.....	1,07

Ces proportions de nitre paraîtront sans doute assez faibles; cependant elles ne s'éloignent pas autant qu'on pourrait le croire de celles que l'on assigne aux matériaux exploités par les salpêtriers.

Suivant Bauer, dans la description qu'il a laissée des nitrières de la Suède, le salpêtre retiré de 1^{kg} de matière est de :

gr	gr	
1,65 à	2,20	pour les terres de qualité ordinaire.
6,00 à	7,00	pour les terres les plus riches.

A Malte, d'après Demasis, les terres calcaires nitrifiées, après avoir été mêlées à $\frac{1}{5}$ de cendres de bois, produiraient, par kilogramme, 3^{gr},52 de salpêtre.

Dans le rapport des régisseurs généraux des poudres, on trouve qu'en France, dans quelques provinces, le kilogramme de matériaux naturellement salpêtrés ne donnait souvent que 1^{gr},20 de nitre, que dans les nitrières

artificielles les plus productives, comme celles de la Touraine, on retirait du kilogramme de terre (1) :

Communément... ..	gr 8,5 de nitre (2).
Dans les nitrrières parfaitement établies..	10,0
Exceptionnellement.. ..	30,0
Terre d'une bergerie, 3 ans de séjour.	8,4
Terre d'une bergerie, 4 ans de séjour	20,5
Terre d'une étable à bœufs...	8,2
Terre d'une grange..	7,8
Terre d'un cimetière.. ..	21,7

Dans la préparation du terreau, on ne se préoccupe aucunement de la nitrification, et les mesures que l'on adopte lui sont souvent des plus défavorables. Ainsi, quand les circonstances locales le permettent, on surcharge le tas d'urine, de vidanges, de sang, et cela très peu avant l'époque où le terreau sera conduit sur les prés. C'est là une manœuvre fâcheuse au point de vue du succès de la nitrification. La pratique a enseigné que dans la quantité de matières animales à faire intervenir, il y a une limite que l'on ne dépasserait pas impunément, et les expériences très concluantes communiquées à l'Académie par M. Pelouze prouvent que si ces matières prédominent,

(1) Les nitrrières naturelles fournissent des matériaux beaucoup plus riches. D'après John Dawy, dans l'Ouva et le Bengale, la terre extraite

De la caverne de <i>Memoora</i> , contiendrait par kilog.	31 ^{gr} de salpêtre.
De la caverne d'Ouva	68
Le terrain nitrier du distriet de Tirhoot (Bengale).	120

Il est à remarquer que ces terres nitrifiées proviennent des parois des cavernes que les Indiens grattent en quelque sorte avec de petites hachettes. On n'exploite ainsi que la superficie de la roche où le salpêtre est accumulé, effleuri. La richesse constatée ne saurait donc être appliquée à la masse du terrain.

(2) Pour transformer les poids et les volumes indiqués dans les anciens Mémoires en poids et mesures du système actuel, j'ai pris 38^{gr} pour le poids du pied cube de terre, et 500^{gr} pour l'équivalent de la livre.

non seulement elles ne favorisent plus la nitrification, mais encore qu'elles détruisent le nitre déjà formé. Aussi les salpêtriers en suspendent-ils l'usage plusieurs mois avant l'époque fixée pour le lessivage. Durant cette dernière période, l'humectation des terres n'a plus lieu qu'avec de l'eau.

Peu de temps après que j'eus présenté à l'Académie mes recherches sur les quantités de nitrates contenues dans le sol et dans les eaux, un agronome anglais du plus grand mérite conseillait aux cultivateurs d'établir des nitrières artificielles. Je n'irai pas jusque-là, quoique ma conviction du salpêtre dans la fertilisation des terres soit bien profonde; je me bornerai à proposer que dans la confection des terreaux, soit à la ferme, soit dans le potager, soit dans le jardin, on suive, autant que le permettent les circonstances et les raisons d'économie, les prescriptions recommandées pour l'établissement et la conduite d'une nitrière. Dans ce but, j'ai placé à la suite de ce Mémoire un extrait de l'Instruction si remarquable que l'on doit aux anciens régisseurs généraux des poudres et salpêtres.

Examinons maintenant quelle est l'utilité de la nitrification accomplie dans le terreau.

Les matières efficaces que renferme un engrais pulvérulent épandu sur une prairie haute (1) ne pénétreront dans le sol qu'après avoir été dissoutes par la pluie ou par la rosée; si ces véhicules viennent à faire défaut, elles resteront exposées au vent et à la chaleur. Admettons que les éléments azotés fertilisants soient du carbonate d'ammoniacque, ou même des sels ammoniacaux fixes, susceptibles d'être transformés en carbonate volatil au contact du calcaire que la terre contient le plus ordinairement, le

(1) Prairie non irrigable.

déficit occasionné par la volatilisation de l'ammoniaque deviendra considérable. Supposons à présent, la sécheresse, la chaleur, l'intensité du vent restant les mêmes, que l'élément fertilisant azoté soit de l'acide nitrique formant des nitrates. Ces sels, fixes par leur nature, demeureront à la surface de la prairie sans éprouver la moindre perte, jusqu'à ce que l'eau les fasse pénétrer dans le sol après les avoir dissous.

La nitrification me paraît donc avoir pour effet de donner aux principes fertilisants azotés du terreau une stabilité qu'ils n'auraient pas s'ils prenaient ou s'ils conservaient la constitution de l'ammoniaque.

Si l'on considère que les nitrates n'entrent que pour $\frac{1}{200}$ au plus dans le terreau, on est porté à se demander s'il ne serait pas plus économique d'appliquer directement sur les prairies du salpêtre du Pérou, plutôt que de faire naître l'acide nitrique dans une masse énorme de matériaux dont le transport exige de la part des attelages une grande dépense de forces. Le nitrate de soude d'Amérique revenant à 50^{fr} les 100^{kg}, en en ajoutant 500^{gr}, ayant une valeur de 0^{fr}, 25, à 100^{kg} d'une terre quelconque, on obtiendrait sous le rapport de l'acide nitrique, mais sous le rapport de cet acide seulement, l'équivalent d'un quintal du plus riche terreau. Que l'on puisse tirer, même en Europe, un parti avantageux comme amendement du salpêtre du Pérou, mêlé à la vase des rivières, aux récurrences des fossés employés généralement au *terrage* des prés, cela est incontestable : les expériences de M. Kuhlmann, celles de M. Pusey, ne laissent aucun doute à cet égard. Cependant une simple addition de salpêtre à de la terre ne saurait constituer un véritable terreau dont l'efficacité dépend aussi des phosphates et des autres sels alcalins ou calcaires apportés par les matériaux qui entrent dans sa composition.

La nitrification, là où elle se manifeste, suit d'abord

une marche progressive, dont j'aurais bien désiré constater la rapidité dans le terreau; j'en ai été empêché par la difficulté de prélever des échantillons représentant, même approximativement, la constitution moyenne d'une masse aussi considérable composée d'éléments si différents et si inégalement répartis. J'ai dû me borner à faire cette recherche sur une terre bien fumée, celle du potager du Liebfrauenberg, suffisamment homogène lorsqu'on en a séparé les pailles et les cailloux.

10^{kg} de terre, suffisamment humectés ont été disposés en prisme sur une plaque de grès abritée par une toiture en verre. Quand cela était jugé nécessaire, on arrosait avec de l'eau distillée exempte d'ammoniaque.

Le jour où commençait l'expérience, la terre avait été intimement mêlée, et l'on en avait pris 500^{gr} dans lesquels on avait dosé l'acide nitrique. On a exécuté plusieurs dosages semblables entre le 5 août et le 2 octobre.

Voici les résultats de ces dosages : le titre de terre sèche et tassée pesait 1^{kg}, 300.

Nitrates, exprimés en nitrate
de potasse, dosés dans la terre sèche.

	Dans 500 ^{gr} .	Par mètre cube.
	gr	gr
5 août 1857..	0,0048	12,5
17 août.....	0,0314	81,6
2 septembre..	0,0898	233,5
17 septembre..	0,1078	280,3
2 octobre.....	0,1033	268,6

Du 5 août au 17 septembre, en quarante-trois jours, la production du nitre a fait des progrès rapides. La quantité de salpêtre, de 12^{gr},5 par mètre cube qu'elle était lors de l'établissement de la petite nitrière, est montée à 280^{gr},3. Du 17 septembre au 2 octobre la nitrification est restée stationnaire.

A la première vue, l'équivalent de 280^{gr} de nitrate de

potasse réparti dans 1^{mc} de terre paraîtra une dose bien faible d'engrais azoté; mais, en réalité, la terre n'est que l'excipient des principes fertilisants; c'est dans l'eau dont elle est pénétrée que, le plus généralement du moins, résident les agents destinés à intervenir dans la culture. Or, 100 parties du sol du Liebfrauenberg prennent, pour être complètement imbibées, et sans changer de volume, 42 parties d'eau, soit 546^{kg} par mètre cube. Chaque litre d'eau d'imbibition tiendra donc l'équivalent de 0^{gr},512 de nitrate de potasse. La terre arable est encore très convenablement humectée quand elle ne retient plus que la moitié de l'eau qu'elle est capable d'absorber; étant alors plus accessible à l'air, elle devient plus favorable à la végétation. Dans cet état, chaque litre d'eau contiendrait 1^{gr},024 de nitrate représentant 0^{gr},172 d'ammoniacque : 0^{gr},141 d'azote assimilable, le germe d'environ 1^{gr} de la matière protéique, de la viande végétale sèche que la plante est capable d'organiser.

Le terreau, je l'ai déjà dit, ne doit pas seulement ses facultés fertilisantes au salpêtre. J'ai cru que, pour en compléter l'étude, il convenait d'y rechercher l'azote et le carbone, l'acide phosphorique et l'ammoniacque, ainsi que je l'ai fait pour la terre végétale, car ce sont là des éléments actuels ou prochains de fécondité.

Le terreau des maraîchers de Paris, que j'ai plus particulièrement examiné, résulte de la décomposition lente du fumier opérée dans les *couches* établies, pour déterminer cette végétation aussi hâtive que vigoureuse, véritable type de la culture la plus intense qu'il soit donné à l'homme de pratiquer.

Pour monter une couche, on étend sur le sol une bande de fumier de cheval sur 1^m,40 de largeur et 0^m,30 d'épaisseur; on arrose et l'on tasse fortement. C'est sur cette base qu'est déposée, sur une hauteur de 0^m,15 à 0^m,18, la couche du terreau plus ou moins consommé venant

d'une préparation antérieure, dans laquelle les plantes se développeront (1).

Quand on démonte une couche, le fumier que l'on avait placé à la base est converti en terreau, non pas complètement; c'est un terreau neuf, très poreux, qu'on laisse vieillir en le mettant en tas. Là il s'affaisse, devient plus dense, plus homogène, plus terreux; c'est dans cet état qu'on en forme la strate supérieure, le sol cultivable d'une nouvelle couche.

Le terreau obtenu dans une année n'étant pas employé en totalité dans la confection des couches de l'année suivante, il en reste toujours un excédent que les maraîchers vendent pour *terreauter* les gazons dans les jardins d'agrément.

J'ai examiné deux échantillons de terreau, l'un ayant quatre à cinq mois d'exposition en tas, provenant d'un maraîcher; l'autre, terreau neuf, sortait d'une couche d'un jardin appartenant à M. Vilmorin. Dans le premier on avait dosé, par kilogramme de matière sèche, l'équivalent de 1^{gr},071 de nitrate de potasse; dans le second, l'équivalent de 0^{gr},940 du même sel.

A la loupe, on aperçoit dans ces terreaux des fragments de quartz très limpides et incolores, de petits nodules calcaires, des détritrus de végétaux plus ou moins altérés ayant la teinte brune de la tourbe. Le terreau a d'ailleurs beaucoup d'analogie avec la terre végétale, comme il est facile de s'en assurer en comparant sa composition à celle de différentes terres :

- 1° La terre d'un potager de Bischwiller, près Haguenau, sol sablonneux fortement fumé;
- 2° La terre légère du potager du Liebfrauenberg;

(1) Les jardiniers ajoutent quelquefois de la terre végétale au vieux terreau dont ils recouvrent le lit de fumier.

3° Une terre très argileuse, très forte de Bechelbronn, prise en automne, dans une sole où l'on avait récolté du froment;

4° Terre de l'herbage d'Argentelle, arrondissement d'Argentan (Orne). L'échantillon a été pris en septembre 1859. Cette terre est rougeâtre. Dans 1^{kg}, on a dosé 39^{gr} de sesquioxyde de fer.

Dans un kilogramme de matière séchée à l'air.

DÉSIGNATION.	TERREAU des maraischers.	TERREAU NEUF de Verrières.	TERRE LÉGÈRE de Dischwiller.	TERRE LÉGÈRE du Liebfrauen- berg.	TERRE FORTE du Bechelbronn.	TERRE d'un herbage d'Argentan (Orne).
Azote entrant dans la constitution de matières organiques (¹).....	gr 10,503	gr 5,281	gr 2,951	gr 2,594	gr 1,397	gr 5,130
Ammoniaque toute formée.....	0,118	0,084	0,020	0,020	0,009	0,060
Nitrates équivalents à nitrate de potasse.	1,071	0,940	1,526	0,175	0,015	0,946
Acide phosphorique.....	12,800	3,424	5,536	3,120	1,425	0,943
Chaux.....	63,006	11,280	32,030	5,516	20,914	68,470
Carbone appartenant à des matières or- ganiques (²).....	99,400	66,422	28,770	24,300	11,590	40,900

(¹) Azote dosé par la chaux sodée, dont on a déduit l'azote de l'ammoniaque toute formée.

(²) Carbone dosé en pesant l'acide carbonique formé par la combustion, l'acide carbonique appartenant aux carbonates ayant été retranché.

On reconnaît en effet que le terreau et la terre végétale, pris dans des situations fort diverses, présentent néanmoins dans leur constitution les mêmes principes actifs, et que la différence ne porte réellement que sur leurs proportions. Ainsi, il semble qu'une terre fertile peut être représentée par du terreau disséminé dans une quantité plus ou moins forte d'un *fonds minéral*, argileux, calcaire ou siliceux. Si, par exemple, on ajoutait 4^{kg} de sable provenant du grès des Vosges à 1^{kg} du terreau des maraîchers de Paris, on obtiendrait un mélange se rapprochant, par son aspect, par sa composition, de la terre végétale du Liebfrauenberg, et qui en différerait certainement moins que cette dernière ne diffère de la terre de Bischwiller, dont cependant le fond sablonneux a la même nature et la même origine.

Dans 1^{kg} il y aurait :

	gr
Azote entrant dans la constitution de matières organiques	2,101
Ammoniaque toute formée.....	0,024
Nitrates exprimés en nitrate de potasse	0,212
Acide phosphorique.....	2,560
Chaux.....	12,600
Carbone appartenant à des matières organiques..	19,880

Une circonstance heureuse m'a fourni l'occasion d'étendre ces recherches à des terres végétales qu'un voyageur plein de zèle, M. Le Gendre-Décluy, avait rapportées des rives de l'Amazone et de ses principaux affluents.

Les six échantillons mis à ma disposition représentaient le terrain ou le limon des bords du rio Madeira, du rio Topajo, du rio Trombetto, du rio Cupari et du rio Negro, dont les eaux, en s'unissant à celles du Casiquiare, établissent la jonction des deux plus grands fleuves du Nouveau-Monde, l'Orénoque et les Amazones : communication tellement surprenante, que les géographes en ont mis en doute la réalité, jusqu'à la mémorable exploration d'Alexandre de Humboldt.

Terre des bords du rio Madeira. — Argileuse, assez plastique, d'un gris bleuâtre, renfermant des débris de radicelles ; ne fait pas effervescence avec les acides. Forêts. Cultures de tabac et de cannes à sucre.

Terre prise à l'embouchure du rio Trombetto, dans l'Amazonie. — Très argileuse, d'un bleu clair ; ne fait pas effervescence. Forêts. Cultures tropicales.

Terre prise à l'embouchure du rio Negro, dans l'Amazonie. — Formée par un sable jaune très divisé ; atterrissement ayant son origine dans les montagnes granitiques de la Guyane ; ne fait pas effervescence. Steppe recouverte d'une végétation herbacée.

Terre prise sur les bords du lac Saracca, près de l'Amazonie. — Mélange d'argile et de sable, d'un brun assez foncé, traversé par des débris de racines ; ne fait pas effervescence.

Le dépôt forme sur la rive une falaise de 80^m à 100^m d'épaisseur.

L'échantillon a été prélevé dans une culture de plantes tropicales.

Terre du plateau de Santarem, élevé de 200^m à 300^m au-dessus de l'Amazonie. — Mélange de sable et d'argile, presque noir ; débris abondants de matières végétales ayant quelquefois l'apparence de bois fossile ; ne fait pas effervescence. Sol très fertile. Riches cultures de cacaotiers.

La terre prise sur les bords du rio Cupari, au point de jonction avec le rio Tapajo, est des plus remarquables par sa constitution, par sa fertilité extraordinaire ; elle forme un banc de 1^m à 2^m d'épaisseur, résultant de la superposition de strates alternatives de sable et de feuilles

souvent bien conservées, d'un brun foncé; sèche, elle se désagrège entièrement, et alors il devient facile d'en séparer le sable avec le tamis.

De 100 parties on a retiré :

Sable..	60
Débris de feuilles.	<u>40</u>
	100

Le sol du Cupari doit être considéré comme un dépôt de terreau de feuilles dont l'étendue et la puissance expliquent à la fois la vigoureuse végétation et l'insalubrité si redoutable de cette localité chaude et humide. Ce terreau naturel offre la particularité de ne renfermer aucune trace de nitrate, tandis qu'il est d'une richesse exceptionnelle en ammoniacque.

J'ai exposé dans un tableau les résultats de ces essais: En les discutant on ne peut s'empêcher de faire cette remarque : que ces terres du Brésil, sans aucun doute des plus fertiles que l'on connaisse, dérivent de roches feldspathiques, et ne contiennent pas au delà de quelques millièmes de chaux.

Dans un kilogramme de terre desséchée à l'air

TERRES.	AZOTE entrant dans la constitu- tion de matières organiques.	AMMONIAQUE toute formée.	NITRATES équivalents à nitrate de potasse.	ACIDE phospho- rique.	CARBONE appartenant à des matières organiques.	CHAUX.
Rio Madeira.....	gr 1,428	gr 0,090	gr 0,004	gr 0,864	gr 9,100	gr 2,032
Rio Trombetto.....	1,191	0,030	0,001	»	5,863	3,696
Rio Negro.....	0,688	0,038	0,001	0,792	3,900	3,304
Amazones, près le lac Saracca.....	1,820	0,042	0,000	0,176	14,944	4,696
Amazones, Santarem.....	6,490	0,083	0,011	0,288	71,585	15,640
Rio Cupari (terreau naturel).....	6,850	0,525	0,000	0,445	120,000	4,408

Deux échantillons de sols cultivés ont aussi été examinés dans mon laboratoire : l'un provenait des îles du Salut, dans la Guyane française, et était considéré comme type d'une bonne *terre haute*, c'est-à-dire assez élevée pour être à l'abri des crues de l'Orénoque; l'autre avait été pris dans un champ de cannes à sucre de la Martinique.

La terre de la Guyane était extrêmement ferrugineuse; on y reconnaissait des débris de fibres végétales et de singuliers petits corps sphériques brillants, d'un jaune d'or, vides à l'intérieur et ayant une ouverture à la périphérie.

La terre de la Martinique avait une teinte grise, une odeur fortement argileuse; elle était mêlée à des fragments de roches trachytiques. L'acide phosphorique a été reconnu dans les deux échantillons, mais on ne l'a pas dosé. On a trouvé, dans 1^{kg} de terre desséchée à l'air :

TERRES.	AZOTE entrant dans la constitu- tion de matières orga- niques.	AMMO- NIAQUE toute formée.	NITRATES équivalents à nitrate de potasse.	CARBONE apparte- nant à des matières organi- ques.	CHAUX.	SESQUI- OXYDE de fer.
Iles du Salut	gr 5,434	gr 0,080	gr 0,643	gr 63,980	gr 2,470	gr 162,000
Martinique..	1,118	0,055	0,186	9,000	13,000	35,000

J'ai constamment rencontré dans l'azote à trois états fort distincts dans les sols examinés jusqu'à présent : comme élément de matières organiques plus ou moins modifiées, comme base de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique; c'est dans ces deux derniers états qu'il agit sur la végétation. Aussi, lorsqu'il y a lieu d'apprécier la fertilité d'un sol, il importe de préciser à quel état de combinaison se trouve

l'azote, et j'ai fait voir qu'il ne suffit pas de le doser en bloc. En considérant l'azote ainsi dosé comme à l'état d'ammoniaque dans la terre, on arrive à un résultat absurde; j'ai déjà insisté sur ce point, mais je crois utile d'y revenir à l'occasion des analyses dont je viens de présenter le résumé.

Supposons que le volume de la terre sèche d'un hectare en culture soit 3571^{m^3} , pesant 5 millions de kilogrammes, ou, ce qui revient au même, que la profondeur du sol ameublé soit $0^{\text{m}},357$, et le poids du mètre cube de terre 1400^{kg} .

Recherchons maintenant, pour les divers sols mentionnés précédemment, quelles seraient les quantités d'ammoniaque contenues dans un hectare, en les calculant d'après l'azote dosé, et comparons-les aux quantités d'ammoniaque déduites de l'ammoniaque réellement déterminée par l'analyse.

TERRES.	DANS UN HECTARE			
	AZOTE.	AMMONIAQUE calculée d'après l'azote dosé.	AMMONIAQUE calculée d'après l'ammoniaque dosée.	NITRATES exprimés en nitrate de potasse.
	kg	kg	kg	kg
Bischwiller....	14755	17917	100	7630
Liebfrauenberg....	12970	15806	100	875
Bechelbronn.....	6985	8482	45	75
Herbage d'Argentan.	25650	31146	300	230
Rio Madeira.....	7140	8670	450	20
Rio Trombetto.....	5955	7231	183	5
Rio Negro.....	3440	4177	190	5
Sarracca.....	9100	11050	210	»
Santarem.....	32450	39404	415	55
Cupari.....	34250	41589	2875	»
Iles du Salut.....	27170	32421	400	3215
Martinique.....	5590	6788	275	930

On voit combien est exagérée la proportion d'ammoniaque que l'on assigne au sol quand on la déduit de la teneur en azote. La plus grande partie de l'azote dans une terre arable n'est pas à l'état d'ammoniaque; aussi, comme l'ont établi les expériences où l'on a considéré la terre dans ses effets sur la végétation, cet azote engagé dans des combinaisons stables n'agit pas immédiatement sur les plantes. Il est d'ailleurs facile de montrer que des proportions aussi fortes d'ammoniaque ne peuvent pas se rencontrer dans un terrain cultivé. Prenons, par exemple, la terre d'Argentan, dans laquelle il y en aurait alors, par kilogramme, 6^{gr},23, au lieu de 0^{gr},06, que l'on y a dosés. Ce kilogramme de terre, convenablement humecté, absorberait 200^{gr} d'eau, qui nécessairement tiendraient en dissolution les 6^{gr},23 d'ammoniaque; ce serait 31^{gr},15 par litre, représentant 50^{gr} à 60^{gr} de sels ammoniacaux. Or, une semblable dissolution serait certainement préjudiciable aux plantes.

Il ressort de ces recherches que, malgré des origines, des situations les plus diverses, sur les bords du Rhin comme dans la vallée des Amazones, comme dans le delta de l'Orénoque; dans les sols surabondamment amendés des cultures européennes comme dans les atterrissements déposés par les grands fleuves des forêts impénétrables de l'Amérique, la terre végétale contient toujours les mêmes principes fertilisateurs, ceux que l'on rencontre à doses plus élevées dans le terreau, cette dépouille de ce qui a végété, de ce qui a vécu sur le globe : de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique, le plus ordinairement des sels ammoniacaux réunis à des nitrates; des phosphates mêlés à des sels alcalins et terreux; et constamment des matières organiques azotées, dont le carbone, donné par l'analyse, est évidemment l'indice et en quelque sorte la mesure. Matières complexes, incomplètement étudiées, auxquelles cependant, d'après mes expériences, je reconnais cette

singulière propriété, de produire, sous certaines influences, agissant dans les conditions normales de la terre arable, de l'acide nitrique et de l'ammoniaque, c'est-à-dire les deux combinaisons dans lesquelles l'azote est assimilable par les plantes.



INSTRUCTION

SUR

L'ÉTABLISSEMENT DES NITRIÈRES (1).

Les auteurs qui semblent mériter le plus de confiance réduisent à trois les moyens de produire artificiellement du salpêtre : les fosses, les murailles et les hangars. Presque tous reconnaissent en même temps que les fosses sont un moyen lent, que la putréfaction ne s'y achève qu'avec peine, et que l'air ne pouvant pénétrer à travers toute la masse des matières qu'elles contiennent, il ne s'y forme de salpêtre qu'à la surface ; les murs ont l'inconvénient d'être trop compactes, de se laisser difficilement pénétrer par l'air : les arrosages d'ailleurs ne peuvent avoir lieu qu'à la surface, ils ne pénètrent pas dans l'intérieur ; enfin, les murs étant continuellement exposés à l'air, ils sont desséchés par l'ardeur du soleil en été, ils sont lavés par la pluie pendant l'automne et l'hiver, et les toits de paille dont on les couvre ne suffisent pas, quelque précaution que l'on prenne, pour les défendre des injures de l'air.

Ces difficultés doivent déterminer à donner aux hangars une préférence exclusive, et c'est ce qui se trouve encore confirmé par l'exemple de la Suède, de l'Allemagne et de tous les pays où l'on produit artificiellement du salpêtre. C'est en conséquence uniquement de cette méthode qu'on s'occupera dans cette instruction, et l'on s'attachera à faire voir comment elle peut s'appliquer, soit à des établis-

(1) Paris, imprimerie royale, 1777; publiée par les Régisseurs généraux des poudres et salpêtres.

ments en grand, soit à des épreuves particulières et à la portée de tous les habitants de la campagne.

De l'emplacement et de la construction des hangars.

On doit choisir, pour l'établissement d'une nitrière, premièrement, un lieu qui, dans aucun temps, ne puisse être inondé par le débordement des rivières et des ruisseaux.

Secondement, qui soit suffisamment en pente pour procurer aux eaux pluviales un écoulement prompt et facile.

Troisièmement, qui soit assez à portée d'une rivière, d'un ruisseau, ou de puits abondants, pour que le lessivage des terres salpêtrées puisse se faire commodément et ne soit pas interrompu.

Quatrièmement, qui soit dans le voisinage d'une ville, d'un bourg ou d'un gros village, afin qu'on puisse composer le fond de la nitrière de matières déjà salpêtrées, qu'on puisse se procurer facilement et en abondance pour les amendements des matières végétales et animales de toute espèce, des excréments, des fumiers, des cendres, des eaux de lessives ou de buanderies, des urines, etc.

Cinquièmement enfin, où le bois de construction, et surtout celui à brûler, soit à bon compte.

Le choix du terrain fait, il sera question d'y construire des hangars. Leur nombre doit être proportionné à la quantité de salpêtre qu'on veut obtenir et à l'étendue qu'on veut donner à l'établissement : il est nécessaire de les construire à peu de distance les uns des autres, et le plus près qu'il sera possible du bâtiment destiné à contenir le fourneau et la chaudière.

Quant à leur grandeur, elle doit être déterminée par la portée la plus ordinaire des bois de charpente, et l'on croit

qu'à cet égard il pourrait y avoir de l'inconvénient à leur donner au delà de 30 pieds de large; encore dans les provinces où il n'y a point de sapin pour la charpente, sera-t-on souvent obligé, même à cette largeur, de faire les sommiers de deux pièces. La longueur du hangar est encore plus arbitraire; cependant, comme il a fallu adopter des proportions quelconques, on a donné au hangar représenté dans la *Pl. I, fig. 1*, 100 pieds de longueur.

Il est difficile que le service d'une nitrière exige moins de trois ou quatre ouvriers; l'un d'eux sera spécialement attaché aux opérations de la chaudière, tandis que les autres seront occupés au lessivage des terres, au rétablissement des couches, aux arrosages, etc.

Un seul hangar ne pourrait, à beaucoup près, fournir de quoi occuper ces ouvriers toute l'année, et l'on pense que quatre ouvriers suffiront pour conduire cinq ou six hangars sur les proportions qu'on vient d'indiquer.

Les hangars doivent être couverts en chaume ou en paille, surtout si les établissements sont faits à la campagne et dans des places isolées où l'on n'ait point à craindre la communication du feu en cas d'incendie. Il n'y a, au surplus, aucune raison d'exclure ni la tuile ni même l'ardoise, dans les pays où ces manières de couvrir sont à meilleur marché; on doit seulement observer, en général, que la paille et le chaume ont l'avantage de moins s'échauffer pendant l'été, de ménager dans l'intérieur du hangar une certaine fraîcheur favorable à la formation du salpêtre, et de s'opposer aux effets des gelées pendant l'hiver.

Les flancs du hangar doivent être tournés, lorsque rien ne s'y oppose, à l'exposition du nord-est et du sud-ouest; on les fermera, comme il est représenté *Pl. I, fig. 1*, avec des claies brutes assez serrées seulement pour rompre les grands courants d'air; on couvrira ces claies en dedans de paillassons qui pourront être haussés ou baissés au besoin, pour empêcher le soleil ou la pluie de pénétrer dans la

nitrière, et pour augmenter ou diminuer à volonté le courant d'air qu'il convient d'y entretenir.

Au lieu de fermer la nitrière avec des claies garnies de paillassons, on pourrait l'environner d'un mur de terre mêlée de paille, de fumier, de bourse ou d'autres matières végétales et animales, susceptibles de décomposition. Ces murs se salpêtreraient avec le temps; on pourrait les lessiver et les reconstruire, et il en résulterait une augmentation dans la quantité de salpêtre qu'on obtiendrait; mais, d'un autre côté, cette construction serait un peu plus dispendieuse dans la plupart des provinces que celle en claies, d'autant plus qu'il serait en même temps nécessaire de pratiquer des ouvertures, des fenêtres, et de les garnir de volets ou au moins de claies garnies de paillassons.

Le dessus des portes d'entrée et de sortie devra être garni de claies comme les flancs, ainsi qu'il est représenté *Pl. I, fig. 1.*

Lorsque les hangars seront construits et couverts, on en creusera le sol de 2 pieds de profondeur dans toute leur étendue; s'il se trouve de terre argileuse ou de terre franche, on se contentera d'en bien battre le fond avec des masses. S'il se trouvait de sable, de gravier ou de tout autre terre poreuse, il serait nécessaire de le creuser de 6 pouces de plus, et de remplir ces 6 pouces avec de la terre argileuse, par la raison que les terres poreuses ayant la propriété de s'imprégner facilement de salpêtre, elles pourraient absorber les arrosages ou dérober à la couche, dont il va être question dans un moment, une partie du salpêtre, à mesure qu'il serait formé.

Lorsque tout aura été ainsi préparé, on creusera tout autour de chaque hangar un fossé de 2 à 3 pieds de profondeur, avec une pente suffisante et un écoulement dans la partie la plus basse, afin d'éloigner les eaux le plus qu'il sera possible de la nitrière.

Du choix des terres.

La terre, comme on l'a vu plus haut, n'est qu'un agen purement mécanique qui n'entre point dans la composition du salpêtre, ou au moins qui n'entre pour rien dans celle de son acide. Aussi toute terre est-elle, rigoureusement parlant, propre à la fabrication du salpêtre, pourvu qu'elle ne soit ni trop compacte ni trop sableuse : trop compacte, elle ne se laisse pénétrer ni par l'eau ni par l'air ; trop sableuse, elle forme une espèce de filtre que l'eau traverse sans y rester, et qui se dessèche avec trop de facilité.

L'art peut, à cet égard, venir au secours de la nature, et l'on peut, par des mélanges de terre grasse et de terre maigre, de terre argileuse et de terre sableuse, amener celle qu'on veut employer au degré convenable pour la formation du salpêtre.

Dans le choix des terres, celles qui sont déjà salpêtrées, celles qui proviennent des écuries, des caves, des granges, des colombiers, des celliers, des ateliers de teinturiers, de tanneurs, de blanchisseuses, celles des vieilles mesures, des débris de démolition, méritent la préférence sur toutes les autres.

A défaut de ces premières, on doit rechercher celles qui se trouvent naturellement mélangées de matières végétales et animales : telles sont le terreau, la terre des couches de jardin, celle qui se trouve sous les fumiers, la terre noire des environs des villages, celle des chènevières, celle des prairies, et surtout celle des luzernes prise à quelques pouces au-dessous de la superficie, la terre des marais, celle des voiries, celle des cimetières abandonnés, le limon des mares, des lacs, des étangs, des marais, des fossés de châteaux ou de villes, les boues des rues, etc. Le mélange des matériaux nécessaires pour la formation du salpêtre se trouvant tout fait dans ces terres, elles sont préférables

à des terres pures, et elles exigent une main-d'œuvre de moins.

Enfin, les terres pures et non mélangées forment un troisième ordre de matières qui peuvent être employées avec succès à la formation du salpêtre; mais ces terres ne peuvent seules en produire comme les précédentes, et il faut nécessairement y ajouter des substances végétales et animales susceptibles de se putréfier. Parmi les terres pures, les terres et les pierres calcaires tendres occupent le premier rang, et le tuffau de Touraine surtout, à cause de sa qualité poreuse : comme cette substance est assez dure, il est nécessaire de la concasser avant de l'employer, et de la réduire en morceaux de la grosseur d'une noix tout au plus; les terres coquillières et la craie viennent ensuite; enfin toutes les terres argileuses ou glaiseuses, de même que celles purement sableuses, sont à rejeter : elles ne peuvent être employées qu'en petite proportion, comme mélange destiné à servir de correctif, et elles doivent l'être toujours avec une addition de terre calcaire qui puisse servir de base à l'acide nitreux.

Presque toutes les terres, surtout lorsqu'elles sont convenablement mélangées, sont donc propres à la formation du salpêtre; mais le même traitement ne convient pas à toutes. Les terres des étables, des bergeries, des écuries, toutes celles qui ont un commencement de nitrification, et qui sont très imbibées de sucs végétaux et animaux, n'ont besoin que d'être exposées à l'air pendant un certain temps sous des hangars, d'être remuées à la pelle de temps en temps, ou d'être disposées par couches comme on l'expliquera bientôt, enfin d'être arrosées, soit d'urine, soit même d'eau pure, afin d'empêcher une dessiccation absolue, pour donner en peu de temps une quantité de salpêtre très considérable : la putréfaction, qui n'était que commencée dans ces terres, s'achève et se perfectionne, et la quantité de salpêtre croît en proportion.

Quant au terreau, aux terres de prés et autres de cette espèce, elles ne contiennent pas toujours une assez grande quantité de matières végétales et animales pour que le salpêtre s'y forme en peu de temps, et pour qu'on puisse les lessiver promptement et avec profit; c'est alors qu'on accélère la formation du salpêtre dans ces terres par des mélanges, par des arrosages et par un traitement méthodique. Ce traitement est encore plus essentiel relativement aux terres absolument neuves qui ne contiennent aucune substance végétale ou animale, puisque ces dernières ne donneraient point de salpêtre si elles étaient simplement amassées sous des hangars et abandonnées à la nature.

Trois objets principaux doivent fixer l'attention dans la disposition des terres sous les hangars : premièrement, d'économiser le terrain le plus qu'il est possible ; secondement, de disposer les terres de manière que l'air puisse aisément pénétrer et circuler dans tout l'intérieur de la masse ; troisièmement, de faire en sorte qu'on puisse aisément faire pénétrer partout les arrosages, et répartir la quantité d'humidité convenable avec une très grande égalité. On comprend que le second de ces trois objets ne serait pas rempli, si on se contentait d'entasser sans précaution, sous un hangar, des terres propres à se salpêtrer. La superficie de ces terres se salpêtrerait sans doute jusqu'à 8 pouces, 10 pouces ou 1 pied de profondeur, suivant que la terre serait plus ou moins poreuse ; mais l'intérieur d'un semblable amas de terre n'ayant point de contact avec l'air, ne pourrait acquérir de salpêtre que par communication, c'est-à-dire très à la longue, et il s'en formerait moins en dix ans qu'on ne pourrait en former en deux par des méthodes bien dirigées. Ces réflexions, auxquelles il serait possible d'en ajouter beaucoup d'autres, suffiront pour faire sentir que c'est principalement dans la disposition des terres que consiste l'art de fabriquer le salpêtre.

Quoique la méthode qu'on va décrire ne doive point

être regardée comme un moyen exclusif, et qu'il soit possible d'en imaginer d'autres peut-être également propres à remplir le même objet, on eroit au moins pouvoir assurer, avec confiance, qu'elle est préférable à tout ee qui s'est pratiqué jusqu'ici, et qu'elle aura le succès le plus complet dans une entreprise en grand.

On rassemblera d'abord dans le hangar dont on veut former une nitrière, 12000 à 15000 pieds cubes de terre choisie, autant qu'il sera possible, dans les deux premières classes ci-dessus désignées; on y ajoutera à leur arrivée des fumiers pourris de chevaux, de mulets, de vaches, de brebis, de poules, de pigeons, etc., des exeréments humains presque desséchés, des boues de rues, des plantes, des fruits de toute espèce, des feuilles d'arbres, du marc de raisin, des lies de vin, du tan, des balayures de maison, de eaves, de granges et de greniers à foin, des eendres de toute espèce de bois, même de tourbes, les neuves, ainsi que celles qui ont déjà servi aux buanderies, etc. Plus la putréfaction et la décomposition de ces matières sera avancée, plus elles seront propres à eet usage. On mêlera bien intimement toute ces matières avec les terres, et on les arrosera en même temps, si elles sont trop desséchées, avec des urines d'hommes et d'animaux, avec des eaux de fumier, de mare, croupies, ou avec de l'eau commune, à défaut des précédentes.

Il est difficile de déterminer avec précision la proportion des mélanges de matières de toutes espèces qu'on doit faire avec les terres; cette proportion dépend de l'état des terres qu'on emploie; et, eomme on l'a déjà observé, il en est qui se trouvent naturellement mélangées d'une suffisante quantité de matières végétales ou animales, et qui n'ont besoin que d'être arrosées, même avec de l'eau simple, à mesure qu'elles se dessèchent, tandis que d'autres peuvent supporter un mélange d'un huitième en poids et de plus d'un quart en volume de fumier, de

plantes pourries et autres matières disposées à la putréfaction.

Lorsque ce premier mélange aura été fait, et que les matières auront eu le temps suffisant pour s'incorporer, on les disposera en couches de la manière suivante :

On remplira d'abord en entier, et sur toute la longueur et la largeur du hangar, avec de la terre mélangée, et, comme on vient de le dire, l'excavation de 2 picds de profondeur qui y aura été faite.

On tracera ensuite, ou plutôt on aura dû tracer d'avance dans le milieu de la nitrière un carré long ou parallélogramme de 18 pieds de largeur environ sur 88 pieds de longueur : ce parallélogramme laissera des deux côtés un espace vide de 6 pieds entre lui et les côtés de la nitrière ; de même, dans les deux bouts, il y aura 6 pieds de distance du petit côté du parallélogramme à chacune des portes.

Les lignes BC, DE (*Pl. I, fig. 2*) déterminent la longueur du parallélogramme, et les lignes BD et CE en déterminent la largeur ; on plantera à chacun des angles B, C, D, E, des poteaux de 10 à 12 pieds d'élévation hors terre, pour soutenir les terres : il sera bon d'en placer en outre quelques-uns dans la longueur des lignes BC et DE pour le même objet, ces poteaux devront être inclinés plus ou moins vers l'intérieur de la couche, suivant le talus qu'on jugera à propos de donner aux terres.

Les choses ainsi disposées, on placera sur le sol un rang de claies, *m, m, m, m*, (*fig. 3*) à la distance d'environ 6 pieds l'une de l'autre. Ces claies, dont une est représentée séparément (*fig. 4*), ont 18 pieds de longueur c'est-à-dire autant que la couche a de largeur. On peut les faire d'autant de pièces qu'on le jugera à propos, suivant la longueur des bois ; la coupe d'une de ces claies est représentée (*fig. 5*) ; chaque côté du triangle a 1 pied ou environ. Au lieu de les faire en triangle équilatéral,

comme celle représentée (*fig. 4*), on pourrait en augmenter la hauteur sans en augmenter la base, et donner jusqu'à 1 pied $\frac{1}{2}$ ou 2 pieds à chacun des côtés.

On couvrira ces claies de 18 pouces environ de terre mélangée comme il a été expliqué plus haut, puis on posera par-dessus un second rang de claies, *m, m, m, m*, également à 6 picds de distance les unes des autres, mais en observant de les placer dans le milieu des intervalles que laissent entre elles les claies du rang inférieur, ainsi qu'il est exprimé dans la *fig. 3*, et l'on continuera ainsi successivement, jusqu'à ce que la couche ait atteint une hauteur de 10, 12 pieds et même davantage.

Il sera bon, en formant cette couche, de répandre irrégulièrement, dans toute la masse, de la paille ou du fumier frais : chaque brin de paille forme autant de tuyaux qui distribuent les arrosages, et même, quand ils sont pourris, le vide qu'ils laissent à la place qu'ils occupaient remplit encore quelque temps le même office.

Une couche d'une aussi grande élévation ne pourrait se soutenir d'elle-même, et elle s'éboulerait de toutes parts, si les côtés en étaient perpendiculaires; il faudra leur donner une certaine inclinaison, et on a lieu de présumer qu'en donnant 18 pieds à la couche dans le bas, 12 dans le haut, et 10 à 12 en hauteur, il en résultera un talus suffisant pour le maintien des terres. Ce talus, au surplus, doit varier en raison de la nature des matières, et il vaut mieux le faire plus considérable que moindre que celui qu'on indique ici. On donnera d'ailleurs à la couche une solidité suffisante, en établissant, sur le bord de chaque lit de terre, dans le pourtour, de la paille, du fumier peu consommé, des branchages d'arbres, de vieux morceaux de claies pourries qui auront été employées précédemment dans l'intérieur des couches détruites, etc.

La *fig. 6* représente une coupe du hangar dans sa largeur.

Dans le cas où la main-d'œuvre des claies paraîtrait trop chère, on pourrait y suppléer par le moyen de petits fagots que l'on ajusterait les uns au bout des autres, et que l'on distribuerait dans la masse de terre aux mêmes places que celles ci-dessus indiquées pour les claies. On verra seulement dans la suite qu'il en résulterait quelques inconvénients, relativement à la facilité des arrosages.

L'amas d'une quantité de liqueurs suffisante pour entretenir la terre des nitrères dans un degré d'humectation convenable, est un des points les plus importants et en même temps les plus difficiles à remplir. Toute liqueur putréfiée, ou susceptible de se putréfier, est propre à cet usage. Les urines d'hommes et d'animaux sont préférables à toutes; ensuite les eaux qui ont servi à lessiver des fumiers; enfin on peut employer en arrosage des eaux de vaisselle, des égouts des rues des villes, la lessive des blanchisseuses : cette dernière a l'avantage de contenir des matières animales disposées à la fermentation, et de plus un alcali fixe propre à donner une base à l'acide nitreux et à transformer en salpêtre l'eau mère ou le nitre à base terreuse à mesure qu'il est formé.

Il n'est pas difficile, surtout dans les environs des villes et des bourgs, de rassembler à peu de frais une assez grande quantité d'urine humaine. Les maisons publiques, les hôpitaux, les couvents, les collèges, les maisons de force, les spectacles, les corps de garde, les cabarets, sont des magasins naturels qui peuvent fournir amplement aux besoins d'une nitrère : il ne sera pas beaucoup plus difficile, soit à la ville, soit à la campagne, de rassembler, si on le juge à propos, celle des animaux; il suffira de donner aux écuries, ou aux étables une pente suffisante, d'y former un ruisseau qui rassemble les urines et qui les conduise dans des tonneaux défoncés, enterrés en dehors de l'étable ou de l'écurie : ces tonneaux doivent être couverts de planches qui les garantissent de la pluie. Pour

peu que l'on attache de la valeur à cette matière, les habitants de la campagne s'empresseront d'en rassembler, et on sera amplement dédommagé du prix qu'elle coûtera par l'augmentation de produit en salpêtre que l'on obtiendra. A défaut d'urine, on peut employer de la lessive de fumier et d'immondices de toute espèce, et il est aisé, à cet égard, de former dans la nitrière ou aux environs un établissement peu coûteux qui ne la laisse jamais au dépourvu.

L'opération des arrosages étant celle dont dépend principalement le succès des nitrières, on conçoit qu'on n'en doit confier le soin qu'à des mains discrètes et sûres. On doit veiller avec la même attention à ce que les paillassons qui recouvrent les elaiés d'enceintes sont levés ou baissés à propos.

Quant à la proportion des arrosages, quant aux époques auxquelles il convient de les faire, c'est sur quoi il est impossible de rien prescrire de très précis. En général ils doivent être plus fréquents qu'abondants, afin que la terre soit toujours entretenue, autant qu'il est possible, au même degré d'humectation : trop d'humidité, comme on l'a déjà dit, est autant et peut-être plus nuisible à la production du salpêtre que trop de sécheresse ; il ne faut pas que la terre soit mouillée, encore moins détrempée et dans un état de mortier ; il faut seulement qu'elle soit dans un état de fraîcheur et d'humidité, de manière, par exemple, qu'en la pressant dans la main, elle soit dans un état moyen entre la terre qui se pétrit et celle qui s'émiette.

Telle est la marche qu'on doit suivre pour arriver au résultat le plus avantageux ; cependant, si l'on se trouvait dans des circonstances où il fût impossible de se procurer des urines, qu'on ne pût même obtenir que difficilement et à grands frais des eaux de fumier, de mares, d'immondices, etc., on ne devrait pas encore perdre toute espérance : une couche de terre préparée, comme on l'a

exposé précédemment, mélangée d'une suffisante quantité de matières végétales et animales disposées à la putréfaction, arrosée même avec de l'eau pure, peut fournir encore une très grande quantité de salpêtre.

Il ne reste plus, pour terminer ce qu'on s'est proposé de dire pour les arrosages, qu'à donner une méthode pour les faire avec facilité et pour les répartir avec égalité dans toute la masse.

On aura un entonnoir de cuivre (*Pl. I, fig. 7*), lequel pourra contenir jusqu'à quatre pintes de liqueur; la douille de cet entonnoir se prolongera en un long tuyau; enfin, ce même entonnoir aura un robinet en D, qu'on pourra fermer et ouvrir à volonté.

Lorsqu'on voudra faire un arrosage, un premier ouvrier introduira le tuyau dans une des ouvertures des claies *m, m, m* (*fig. 3*); en même temps un second ouvrier versera, avec un broc ou un autre vaisseau quelconque, deux, trois ou quatre pintes de liqueur dans l'arrosoir; cette quantité sera déterminée par des marques qui seront faites intérieurement dans l'entonnoir. Lorsque la dose de liqueur aura été versée dans l'entonnoir, le premier ouvrier tournera le robinet pour la laisser écouler; en même temps il retirera lentement le tuyau afin de répartir la liqueur également dans toute la longueur de l'ouverture *m, m* (*fig. 4*),

Les arrosages ne doivent se faire qu'à compter du troisième, ou tout au plus du second rang des claies, en comptant par en bas; on conçoit que le tuyau de l'entonnoir ayant 7 pieds de longueur, il portera la liqueur jusque dans le milieu de la masse, et qu'en répétant la même opération par l'autre côté, il n'y aura point d'endroit qui ne soit arrosé.

Le dessus de la couche ne pouvant être humecté de la même manière, on se contentera d'y répandre la liqueur avec des arrosoirs de jardin ordinaires, et les ouvriers

auront à cet effet des échelles ou espèces de marchepieds pour s'élever à une hauteur suffisante.

Pendant les gelées d'hiver, on fermera le hangar le mieux qu'il sera possible et l'on suspendra toute opération.

Il a pu paraître extraordinaire que dans les descriptions qui précèdent, on n'ait donné que 18 pieds de largeur à la couche, tandis qu'il paraîtrait possible de lui donner des dimensions presque égales à celles du hangar : la commodité des arrosages a déterminé ces proportions ; en effet, on a vu que la queue de l'entonnoir, pour porter la liqueur jusqu'au milieu de la masse de terre, devait avoir 7 pieds au moins ; on ne pourrait donc sortir et rentrer cet entonnoir s'il ne se trouvait entre la couche et les claies qui forment la clôture un espace également de 7 pieds.

Peut-être dans les provinces dont le climat ne serait pas très sec, serait-il possible de laisser les hangars ouverts de toutes parts ; alors on aurait tout le jeu nécessaire pour l'entrée et la sortie de l'entonnoir ; et l'on pourrait, dans un hangar de 30 pieds de large, former une couche au moins de 24.

Ces différentes manières d'arroser ne sont praticables que dans la supposition des claies triangulaires, m, m, m, m (*fig. 3, 4 et 5*), dans le cas où l'on croirait plus à propos d'y substituer, ainsi qu'on l'a proposé à la fin de l'article précédent, de petits fagots placés les uns au bout des autres, et disposés de façon à établir une circulation d'air dans toute la masse destinée à se salpêtrer, il serait nécessaire de faire des changements assez considérables, soit dans l'arrangement des terres, soit dans la manière de les arroser. Les couches, dans cette supposition, ne devraient pas être élevés au-delà de 6 à 7 pieds en hauteur, il faudrait se contenter de les arroser par-dessus avec les arrosoirs de jardin, d'en entretenir la surface supérieure toujours meuble, en la ratissant de temps en temps avec des

râteaux à dents de fer, afin que les arrosages y pénétrassent mieux ; enfin on ne pourrait guère se dispenser de remuer ces terres à la pelle une fois tous les six ou huit mois, c'est-à-dire deux fois au moins pendant l'intervalle d'un lessivage à l'autre, en observant de mettre par-dessus la portion qui était par-dessous.

Il ne faut pas croire que les méthodes qu'on vient de décrire ne puissent avoir d'application qu'à des fabriques en grand ; tout particulier, au contraire, pour peu qu'il ait un coin de hangar, de grange, d'écurie ou de bergerie, pour peu qu'il puisse se ménager un appentis, un endroit quelconque à l'abri des pluies et accessible à l'air, peut y amasser des terres ; et en les abandonnant presque à la nature, il retirera sans soins et sans dépense une récolte en salpêtre proportionnée à l'amas de terre qu'il aura formé.

On peut appliquer à ces établissements particuliers tout ce qui a été dit plus haut pour le choix des terres ; c'est-à-dire qu'on doit s'attacher de préférence à celles qui sont déjà salpêtrées ou qui sont disposées à le devenir, et surtout aux plus meubles et aux plus légères. On ajoutera à ces terres, si elles ne sont pas suffisamment mélangées par elles-mêmes, toutes les matières végétales et animales qu'on pourra trouver sous sa main ; on y mêlera en outre de la paille ou du fumier nouveau, et on les élèvera ainsi à la pelle, sans les tasser, jusqu'à la hauteur de 2 ou 3 pieds. On pourra augmenter la hauteur de ces tas et leur donner jusqu'à 5 à 6 pieds d'épaisseur, en plaçant dans leur intérieur de petits fagots, tels qu'ils ont été décrits précédemment, et en les disposant de manière à former à l'air des canaux de circulation qui aboutissent, soit à la surface supérieure, soit à celle latérale à la couche. Ces amas ainsi disposés doivent servir de réceptacle à toutes les immondices de la maison ; on y jettera les balayures, les épluchures, les os d'animaux, leurs excré-

ments, les fumiers, les matières pourries et gâtées, les cendres, les urines, les eaux de fumiers, les lavures de toute espèce, etc. Ces matières, cependant, comme on l'a déjà indiqué, ne doivent pas être employées en trop grande abondance ; les arrosages surtout doivent être ménagés avec intelligence, et l'on ne doit pas perdre de vue que leur objet est uniquement d'entretenir la terre moite ou fraîche.

Au bout de quinze ou dix-huit mois, ou plus généralement encore, huit mois ou un an avant de lessiver les terres, il faut cesser toute addition de matière animale ou végétale ; si l'on s'aperçoit que la terre se dessèche trop, il suffit de l'arroser avec de l'eau pure, même en très petite quantité.

Pour faire mieux encore et pour accélérer davantage la production du salpêtre, il sera très avantageux de remuer trois à quatre fois l'année la terre à la pelle, en observant de mettre par-dessus ce qui était par-dessous, et de mêler avec la terre de la paille nouvelle et du fumier récent : cette opération a l'avantage de renouveler les surfaces exposés à l'air, et surtout de rendre la terre plus meuble et plus pénétrable par l'air et par l'eau : souvent, au bout de quelque temps, la terre se tasse à la surface et ne laisse plus pénétrer les arrosages. Il est alors nécessaire de la râtisser avec un râteau de fer dont les dents aient deux à trois pouces.

On pratique encore en Suède une méthode très simple pour fabriquer du salpêtre, et l'on croit devoir en dire un mot avant de terminer cet article. On construit des couches pyramidales de terre, D, E, F (*fig. 8*) composées des mêmes terres et des mêmes mélanges que ceux indiqués dans l'article précédent ; on prolonge ces couches aussi loin qu'on le juge à propos et que le terrain le permet. Pour défendre ces terres des injures de l'air, et empêcher que la pluie n'en dissolve le salpêtre à mesure qu'il se forme,

on les couvre d'une espèce de toit composé de deux perches KK, de 18 à 20 pieds de longueur, arc-boutées l'une contre l'autre et maintenues par une traverse I, le tout lié et arrêté avec des harts de saule ou d'osier. Ces perches s'enfoncent de 6 ou 8 pouces dans la terre, et l'on place de pareils assemblages à 18 pouces ou 2 pieds de distance les uns des autres. L'intervalle de ces perches, ou plutôt de ces assemblages de perches, se remplit avec des gaulettes ou des branchages d'arbres, et le tout se recouvre avec des bruyères, des feuillages, et en général avec tout ce qui peut être propre à empêcher l'eau de pénétrer dans l'intérieur.

Ces couches demandent à être traitées et arrosées comme les précédentes. Quelque temps après qu'elles ont été formées, le salpêtre se montre à la surface, et quand elles sont en plein rapport, on ratisse, à peu de jours de distance, un demi-pouce ou un pouce de la terre qui se présente par-dessus, et on la lessive; on répète la même opération jusqu'à ce que la couche ne donne plus d'indice de salpêtre à la surface; alors on lessive toute la masse de terre restant, laquelle fournit encore une assez bonne quantité de salpêtre.

M. le Bay de Chaumont a imaginé, dans des établissements de ce genre qu'il a faits en Touraine, un moyen très simple et très ingénieux pour faire commodément les arrosages.

On a de grands pots, EG, d'une terre cuite poreuse. Ces pots ont 6 à 8 pouces de diamètre et 3 à 4 pieds de profondeur. On les enterre dans le haut de la couche jusqu'à 1 pouce environ de leur bord supérieur; on les emplit d'eau, d'urine, d'égout de fumier, d'eau mère, de nitre étendu, soit avec de l'eau, soit avec quelques-unes des liqueurs précédentes; insensiblement la liqueur pénètre les pores du pot et se répand dans toute la masse de terre. Peu à peu les pots se vident, et on les remplit toutes les fois que l'état des terres le fait juger nécessaire.

J'ajouterai qu'une nitrière artificielle dans laquelle il entre 12.000 pieds cubes de matériaux, soit 456.000^{kg}, donne, au bout de deux ans, par la lixiviation, 4500^{kg} de salpêtre brut, ou 5^{gr} par kilogramme de terre salpêtrée.

Suivant un renseignement donné par Demazis, dans les nitrières de Malte, 360 pieds cubes de terre additonnés de 14 pieds cubes de cendres, soit 13.680^{kg}, rendent 100 livres de salpêtre raffiné dit de troisième cuite, environ 4^{gr} par kilogramme de matériaux salpêtrés.



DES NITRATES

DANS LE SOL ET DANS LES EAUX.

Le salpêtre agit directement sur la végétation. J'ai mentionné l'emploi du nitrate de soude du Pérou dans la grande culture, et j'ai rappelé que les nitrates avaient été signalés depuis bien longtemps dans les terres arables douées d'un haut degré de fertilité par Bowles, Proust et Einhoff; dans les eaux des fleuves, des rivières et des sources, dans les eaux météoriques par Bergmann, Berzelius, et, plus récemment, par les remarquables travaux de MM. Bineau, Henri Sainte-Claire Deville, Brandes, Liebig, Bence-Jones et Barral.

Dans ces nouvelles recherches sur le même sujet, je me suis proposé d'étendre les investigations de mes devanciers, en déterminant ce que, à *un moment donné*, 1 hectare de terre arable, 1 hectare de prairie, 1 hectare de sol forestier, 1^{mc} d'eau de rivière ou d'eau de source contiennent de nitrates.

Le dosage des nitrates a toujours été exécuté sur un échantillon prélevé sur 1^{kg} de terre séchée au soleil, lotie de manière à représenter aussi bien que possible une surface de terrain de plusieurs mètres carrés, sur une profondeur de 0^m,33.

Depuis plusieurs années, j'avais eu l'occasion de remarquer que les plantes venues dans le potager de l'ancien monastère du Liebfrauenberg renfermaient de très notables proportions de nitrates. Des betteraves de Silésie en contenaient en telle quantité, qu'il devint impossible d'en doser

le sucre. Tous les ans, en automne, le potager reçoit une fumure très intense d'engrais d'étable consommé. On ameublit à la bêche, au printemps. Le sol est léger, c'est un désagrégat de grès des Vosges et de grès bigarré; l'eau n'y séjourne pas, le terrain étant formé par des débris de grès.

Le 9 août 1856, après quatorze jours de sécheresse et de forte chaleur, on prit de la terre végétale dans un carré.

Dans 1^{kg} de cette terre desséchée au soleil, on dosa en nitrates l'équivalent de 0^{gr},211 de nitrate de potasse.

Le litre de terre sèche pesant 1^{kg},300, on a ainsi 274^{gr} de nitrate pour le mètre cube. De sorte que, le 9 août, après une sécheresse prolongée, on pouvait estimer à 914^{kg} le salpêtre contenu dans 1 hectare du potager, en prenant 33^{cm} pour l'épaisseur moyenne de la terre végétale, ce qui n'a certainement rien d'exagéré.

Une aussi forte proportion de nitre dans un sol aussi abondamment fumé ne doit pas surprendre. En effet, incorporer dans une terre bien ameublie de l'engrais d'étable dans un état avancé de décomposition, faire intervenir soit des cendres, soit de la marne, labourer de nouveau pour favoriser l'accès de l'air, établir des rigoles pour prévenir la stagnation des eaux, c'est fumer un champ, c'est le préparer à porter d'abondantes récoltes. Mais, pour peu qu'on y réfléchisse, on reconnaîtra que c'est exactement ainsi que l'on procède lorsqu'il s'agit d'établir une nitrière artificielle. La seule différence consiste en ce que la nitrière doit être abritée, surtout dans notre climat pluvieux, afin de conserver dans la terre des sels aussi solubles que le sont les nitrates. Ainsi, du 9 au 29 août il plut tous les jours au Liebfrauenberg; on avait jaugé dans l'udomètre 53^{mmc} d'eau.

Le 29 août, immédiatement après qu'il eut cessé de pleuvoir, on ramassa de la terre dans le même carré où l'on en

avait pris le 9. Après dessiccation, 1^{kg} de cette terre a donné 0^{gr},0087 de nitrate; par conséquent, dans 1^{mc}, l'équivalent de 11^{gr},3 de nitrate de potasse, ou 38^{kg} pour 1 hectare. La plus grande partie du salpêtre avait donc disparu.

Dans le mois de septembre, il a plu quinze fois et il est tombé 108^{mm} d'eau.

Le 10 octobre, après quatorze jours de sécheresse, le sol du potager, sous l'influence d'un vent soutenu, ayant perdu son excès d'humidité, était devenu assez sec pour avoir besoin d'être arrosé. De la terre prise au pied d'un mur d'appui a fourni, après avoir été desséchée, 0^{gr},298 de nitre par kilogramme, soit 387^{gr},4 par mètre cube ou 1291^{kg} par hectare, nombre assez rapproché, en le dépassant, de celui obtenu le 9 août.

Les alternatives de sécheresse et d'humidité que le sol avait subies expliquent les énormes variations constatées dans les proportions de nitrates. Quant à la forte quantité de ces sels, elle provient, à n'en pas douter, de la prodigalité avec laquelle on fume toujours un potager, véritable type de la culture intense. Il convenait donc de doser le salpêtre dans des sols qui ne reçoivent jamais d'engrais, comme le sol des forêts, ou qui n'en reçoivent que dans des proportions assez restreintes, comme la terre d'une culture normale.

SOL FORESTIER.

Forêts de Pins sur le sommet de la montagne de grès des Vosges qui domine le Liebfrauenberg. — Terrain sablonneux. La terre prise le 4 septembre 1856, sur un point couvert de bruyères et à une telle élévation, qu'elle ne reçoit pas d'autre eau que la pluie.

Dans 1 ^{kg} de cette terre desséchée, on a dosé	0,00037 ^{gr} de nitrates.
Dans 1 ^{lit} , pesant 2 ^{kg} ...	0,00070

soit par mètre cube, nitrates équivalents à 0^{gr},70 de nitrate de potasse.

Forêt de charmes et de hêtres de la Hardt, près Mulhouse. — Terrain de gravier, alluvion du Rhin :

Dans 1 ^{kg} de terre prise le 21 oc-		
tobre 1856, dosé l'équivalent	gr	
de		0,00056 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} pesant 1 ^{kg} ,5..	.....	0,00084
Dans 1 ^{mc}.....	.....	0,84

Forêt de sapins des Vosges, entre Thann et Massevaux (Haut-Rhin) :

Dans 1 ^{kg} de terre prise le 25 oc-		
tobre 1856, dosé l'équivalent	gr	
de.....		0,00144 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} pesant 1 ^{kil} ,5..	...	0,00216
Dans 1 ^{mc}.....	... ..	2,16

Il n'avait pas plu depuis le 2 octobre.

Forêt de sapins, près Ferrette (Haut-Rhin). — Terrain très humide, peu épais, sur un calcaire :

Dans 1^{kg} de terre desséchée prise le 27 octobre 1856, on n'a pu constater la présence du nitre.

Forêt de Fontainebleau. — Semis de sapins :

Dans 1 ^{kg} de sable desséché, pris		
le 15 octobre 1856, on a dosé	gr	
l'équivalent de.....	.....	0,00172 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} pesant 1 ^{kg} ,90.....	..	0,00327
Dans 1 ^{mc}.....	.. ..	2,31

Forêt de Fontainebleau. — Sable pris le 15 octobre dans une caverne de grès dite la Caverne des Quarante-Voleurs :

Dans 1 ^{kg} de sable sec, on a dosé	gr	
l'équivalent de....	.....	0,001954 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit}.....	.....	0,00371
Dans 1 ^{mc}.....	.....	3,71

Forêt de Hatten, près du Rhin. — Le 15 août 1856 :

Dans 1 ^{kg} de terre de bruyère pro-		
venant de la forêt, on a dosé	gr	
l'équivalent de... ..	..	0,00873 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} ,340) .....	..	0,01170
Dans 1 ^{mc}.....	.....	11,70

Cette terre est noire, très sablonneuse. La même terre de bruyère, conservée en tas sous un hangar depuis un an, contenait, par mètre cube, l'équivalent de 428^{gr} de nitrate de potasse.

SOL DE PRAIRIES.

Prairie sur les bords de la Saüer. — Le 6 septembre 1856 :

Dans 1 ^{kg} de terre desséchée, dosé,	gr	
nitrate équivalents à. ....	.....	0,00069 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} ,9).....	..	0,00131
Dans 1 ^{mc}.....	..	1,31

La terre était extrêmement humide quand on l'a prise.

Prairie des Vosges, en pâturage, située entre la ferme des Neuf-Bois et celle des Rouges-Gazons (Haut-Rhin). — Sol contenant beaucoup de gravier :

Dans 1 ^{kg} de terre desséchée, dosé	gr	
l'équivalent de....	.....	0,01736 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} ,400).....	.....	0,02257
Dans 1 ^{mc}.....	.....	22,57

Cette terre renfermait de nombreuses fibres de racines de

gazon. L'échantillon examiné avait été pris le 24 octobre; il n'avait pas plu depuis assez longtemps.

Prairie en pâturage, près de Rœdersdorff (Haut-Rhin). — Terrain calcaire :

Dans 1 ^{kg} de terre desséchée, séparée des cailloux, on a dosé	gr	
l'équivalent de	0,00636	de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} , 73)	0,011	
Dans 1 ^{mc}	11,00	

La terre avait été prise le 27 octobre, après la sécheresse.

TERRES LABOURÉES.

Vigne du Liebfrauenberg, dans un terrain de sable quartzeux dérivant du grès des Vosges et du grès bigarré. — Cette vigne est fumée tous les trois ans :

Dans 1 ^{kg} de terre desséchée, on a dosé	gr	
l'équivalent de	0,000673	de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} , 90)	0,00128	
Dans 1 ^{mc}	1,28	

La terre avait été prise le 6 septembre 1856, après des pluies assez fréquentes.

Le 27 septembre 1857, le mètre cube contenait l'équivalent de 65^{gr} de nitrate de potasse. La terre était sèche.

Houblonnière, dans la vallée de Saüer (Bas-Rhin). — La houblonnière a été établie sur une ancienne prairie, au bord de la rivière :

Dans 1 ^{kg} de terre sablonneuse et desséchée, on a dosé l'équivalent de	gr	
	0,00177	de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} , 90)	0,00336	
Dans 1 ^{mc}	3,36	

La terre avait été prise très humide le 6 septembre 1856.

Le 28 juillet 1857, après une forte sécheresse, le mètre cube de terre contenait l'équivalent de 1^{kg},14 de nitrate de potasse.

Le 26 octobre de la même année, 63^{gr} seulement.

Champ de blé. — Le 6 septembre, on a pris de la terre humide dans un champ où l'on avait fait une assez bonne récolte de froment, à peu de distance de la houblonnière. On avait fumé l'année précédente :

Dans 1 ^{kg} de terre desséchée, on a	gr
dosé l'équivalent de	0,00105 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} ,90)	0,002
Dans 1 ^{mc}	2,00

Champ de betteraves, fumé l'année antérieure :

Dans 1 ^{kg} de terre argileuse dessé-	gr
chée, on a dosé l'équivalent de	0,00077 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} ,73)	0,00133
Dans 1 ^{mc}	1,33

La terre avait été prise le 17 septembre 1856. Dans la même pièce emblavée en avoine, la terre prise le 28 juillet 1857 tenait, par mètre cube, l'équivalent de 9^{gr} de nitrate de potasse.

Champ de trèfle. — Dans une sole de trèfle de première année, on a dosé :

Dans 1 ^{kg} de terre desséchée, pris	gr
le 6 septembre, l'équivalent de	0,00105 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} ,73)	0,00182
Dans 1 ^{mc}	1,82

Le 28 juillet 1857, la même terre n'a plus présenté que des traces de nitrates.

Vigne. — Dans une vigne de Lampertsloch, près Be-

chelbronn, plantée dans un sol renfermant des fragments de calcaires tertiaires, et fumé au printemps; on a dosé :

Dans 1 ^{kg} de terre desséchée, l'équi-	gr
valent de.....	0,00259 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} ,73).....	0,00448
Dans 1 ^{mc}	4,48

L'échantillon avait été pris le 21 septembre 1856, après la pluie. Le 3 août 1857, on n'a plus trouvé dans le sol que des traces de nitre.

Champ de topinambours. — Le 7 octobre :

1 ^{kg} de terre desséchée provenant d'une pièce de topinambours, dépendante de la ferme de Merk-	gr
willer, a donné l'équivalent de	0,00333 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} ,85).....	0,00616
Dans 1 ^{mc}	6,2

Le 12 août 1857, la même terre bien égouttée, tenait, par mètre cube, l'équivalent de 180^{gr} de nitrate.

Les topinambours sont cultivés sans interruption et fumés tous les deux ans.

Champ de maïs, près de Hoerd (Bas-Rhin). — Sol très sablonneux, fumé avec de l'engrais des fosses d'aisance, qu'on applique à chaque pied de maïs. L'échantillon a été pris le 13 octobre. Il y avait eu un violent orage dans la nuit du 11 au 12. Le sol, presque entièrement formé de sable, était très humide :

Dans 1 ^{kg} de sable sec, on a dosé	gr
l'équivalent de.....	0,00042 de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} ,90)	0,00080
Dans 1 ^{mc}	0,80

Champ de navets, près Seven (Haut-Rhin), près du

lac, dans la vallée de Masseveaux. — La terre est noire et très meuble :

Dans 1 ^{kg} de terre sèche, on a dosé	gr	0,00224	de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} , 3) . . . . .	....	0,00292	
Dans 1 ^{mc}. . . . .	..	2,92	

Champ de topinambours, près de Rœdersdorf (Haut-Rhin). — Terrain calcaire. L'échantillon a été pris le 27 octobre.

Dans 1 ^{kg} de terre sèche, on a dosé	gr	0,00053	de nitrate de potasse.
l'équivalent de . . . . .	..	0,01092	
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} , 73) . . . . .	..	0,92	
Dans 1 ^{mc}. . . . .	..	

Terre arable, près de Reims (Marne). — Fumée abondamment dans l'automne de 1854. Sol calcaire :

Dans 1 ^{kg} de terre desséchée, on a	gr	0,00602	de nitrate de potasse.
dosé l'équivalent de . . . . .	..	0,0104	
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} , 73) . . . . .	....	10,40	
Dans 1 ^{mc}. . . . .	..	

L'échantillon avait été pris à la fin d'octobre 1856, après une récolte de blé.

Terre arable de la Chaise, près Louzouer (Loiret). — Cette terre avait été marnée en 1830. L'échantillon a été pris à la fin d'octobre 1856.

Dans 1 ^{kg} de terre desséchée, on a	gr	0,00086	de nitrate de potasse.
dosé l'équivalent de . . . . .	..	0,001488	
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} , 73) . . . . .	....	1,48	
Dans 1 ^{mc}. . . . .	..	

Terre arable des environs de Tours. — Falunée depuis neuf à dix ans, à raison de 70^{mc} par hectare (1).

(1) Le falun coûte de 5^{fr} à 6^{fr} les 8^{mc}, pris à la falunière.

1 ^{kg} de terre sèche a donné l'équi-	gr	
valent de	0,0072	de salpêtre.
Dans 1 ^{lit} (2 ^{kg}).	0,0144	
Pour 1 ^{mc}	14,00	

Terre arable des environs de Tours. — Falunée depuis cinq ans, à raison de 70^{mc} de falun.

1 ^{kg} a donné l'équivalent de.	gr	0,054	de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit}	0,108		
Par mètre cube.	108		

Terre noire de Russie. — Cette terre, d'une grande fertilité, connue sous le nom de Tchernosem, avait été rapportée par M. de Villeneuve.

Dans 1 ^{kg} l'analyse a indiqué	gr	
l'équivalent de	0,0041	de nitrate de potasse.
Dans 1 ^{lit} (1 ^{kg} ,92).	0,0078	
Pour 1 ^{mc}	8,00	

A quelques exceptions près, on a rencontré le salpêtre dans les terres examinées, généralement, il est vrai, en proportions assez faibles. Mais on ne doit pas oublier que presque tous les dosages ont été exécutés durant un automne pluvieux, et que la pluie tend à faire disparaître les nitrates. On a reconnu, en effet, que le nitre de 1^{mc} de la terre d'un potager a varié de 274^{gr} à 11^{gr}, suivant qu'on l'avait dosé avant ou après l'arrivée des jours pluvieux. Ce qu'il faut voir surtout dans ces résultats, c'est le fait de la fréquence du salpêtre dans la terre végétale, soit qu'elle appartienne au sol forestier situé à une telle hauteur au-dessus des vallées, qu'il ne reçoit, comme engrais, rien autre chose que de la pluie, soit qu'elle fasse partie d'un sol labouré auquel on applique la fumure la plus intense.

L'eau tendant à dissoudre les nitrates, peut-être aussi, quand elle est en excès, à empêcher leur formation, on

devait s'attendre à en trouver une plus forte proportion dans une terre convenablement fumée, tenue à l'abri de la pluie. J'ai effectivement rencontré de très notables quantités de salpêtre, dans le sol des serres chaudes, qui a plus d'une analogie avec les nitrères artificielles.

Dans 1^{kg} de terre d'une serre du Jardin des Plantes, j'ai dosé l'équivalent de 6^{cg} de nitrate de potasse : 89^{gr} par mètre cube.

Un kilogramme de terre prise dans une autre serre du même établissement, a donné l'équivalent de 6^{dgr} de nitrate de potasse ; soit 804^{gr} par mètre cube.

Dans la serre du jardin botanique de l'Ecole de Médecine, j'ai pu doser, dans 1^{kg} de la terre noire et légère placée à la surface des bâches, l'équivalent de 0^{gr},121 de nitrate de potasse, ou 161^{gr} pour 1^{mc}.

Dans 1^{kg} de terre forte, prise à 30^{cm} de profondeur au-dessous de la terre légère, on a trouvé l'équivalent de 0^{gr},107 de nitrate de potasse : 185^{gr} par mètre cube.

Que les nitrates dont j'ai constaté la haute dose dans le sol des serres chaudes aient pour origine l'atmosphère, ou qu'ils soient formés par suite des modifications qu'éprouvent graduellement les matières organiques du fumier en présence de bases alcalines ou terreuses, ou bien encore qu'ils résultent simplement de l'accumulation successive des nitrates apportés par l'eau employée à l'arrosement, ou, si l'on veut enfin, ces diverses causes réunies, toujours est-il que leur persistance dans la terre dépend essentiellement de cette circonstance, que les eaux pluviales ne peuvent pas les enlever ; aussi, tout porte à croire, en mettant à part l'influence favorable de la température et de l'humidité, que c'est dans une serre chaude qu'un engrais produit le maximum de son effet utile. Qu'à ce sujet il me soit permis de présenter quelques réflexions.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il est naturel d'attribuer les principes azotés des végétaux soit à l'ammo-

niaque, soit à l'acide nitrique, toute réserve étant faite sur la question de savoir si l'azote de l'acide ne passe pas à l'état d'ammoniaque sous l'influence de l'organisme végétal. L'azote de l'albumine, de la caséine, de la fibrine des plantes, a très probablement fait partie d'un sel ammoniacal ou d'un nitrate. Peut-être pourrait-on ajouter à ces deux sels une matière brune qu'on obtient du fumier; mais, même avec l'adjonction de cette matière encore si mal connue, il reste établi que tout élément immédiatement actif d'un engrais est soluble, et que, par conséquent, un sol fumé, quand il est exposé à des pluies continues, perd une portion plus ou moins forte des agents fertilisants qu'on lui a donnés (1); aussi trouve-t-on constamment dans l'eau de drainage, véritable lessive du terrain, des nitrates, et, quoi qu'on en ait dit, des sels ammoniacaux; et, s'il est vrai que le sommet des montagnes, que les plateaux élevés n'ont pas d'autres engrais que les substances minérales dérivées des roches qui les constituent, les matières organiques dont un sol ameubli n'est jamais entièrement dépourvu, et les eaux météoriques, il ne l'est pas moins que, dans les conditions les plus ordinaires de la culture, une terre très fortement amendée cède probablement à l'eau pluviale qui la traverse, plus de principes fertilisants qu'elle n'en reçoit d'elle. Il suffit d'examiner les eaux des drainages pour en être convaincu. En donnant à la terre du fumier à un état de décomposition peu avancé, renfermant, par cela même, plutôt les éléments des produits ammoniacaux et des nitrates que ces sels eux-mêmes, l'inconvénient dû à l'action des pluies prolongées est bien moindre que si l'on donnait du fumier *fait* où dominant les sels solubles. Aussi, parmi les avantages que présente

(1) Les observations faites depuis sur la fixation de l'ammoniaque par la terre arable ont nécessairement modifié les idées que j'exprime en ce moment.

incontestablement l'emploi des *engrais liquides*, je crois qu'il convient de placer en première ligne celui de n'apporter aux cultures que des matières convenablement modifiées pour être absorbables, en ne les offrant à la plante qu'au fur et à mesure des besoins : véritable dosage ayant une certaine ressemblance avec les procédés les plus délicats de la physiologie expérimentale et qui soustrait l'engrais, particulièrement les nitrates, à l'action dissolvante des eaux pluviales.

Si les eaux météoriques, auxquelles l'agriculteur ne commande pas, produisent souvent un effet défavorable sur les cultures par leur abondance et surtout par l'inopportunité de leur intervention, il n'en est pas ainsi des eaux de sources, des eaux de rivières amenées par l'irrigation ou par voie d'imbibition. Ces eaux, quand on les mesure à la terre, lui cèdent la totalité des substances utiles qu'elles tiennent en dissolution ou en suspension : des sels calcaires et alcalins, de l'acide carbonique, des matières organiques, etc.; et pour montrer dans quelle large proportion ces substances dissoutes ou entraînées sont introduites, je rappellerai que, dans une suite d'expériences que j'avais entreprises pour apprécier le volume d'eau nécessaire à l'irrigation dans notre climat, pendant l'été, j'ai pu faire boire très facilement, à 1 hectare ensemencé de trèfle, 97^{mc} d'eau toutes les vingt-quatre heures. Ce n'était, après tout, qu'un arrosement à raison de 9^{lit},7 de liquide par mètre carré; c'était verser sur le sol une couche d'eau dont l'épaisseur n'atteignait pas 0^m,01.

Entre les sels utiles à la végétation que l'irrigation apporte à la terre, on doit distinguer les nitrates dont les effets fertilisants n'avaient pas échappé à la sagacité de M. Henri Sainte-Claire Deville dans le travail classique qu'il a publié sur la composition des eaux potables, et dont il a déduit comme conséquence : « Que l'eau des » sources et des rivières est pour les prairies un puissant

» engrais, par la silice et les alcalis qu'elle amène, et par
 » la matière organique et les *nitrates* où les plantes pui-
 » sent l'azote indispensable à leur organisme (1). »

MARNES.

Il était intéressant de rechercher les nitrates dans les marnes qu'on emploie en quantité si considérable pour amender le sol.

Marne de la Chaise, près Louzouer (Loiret). — Cette marne est blanche, facilement délitable. Aussitôt après son extraction, à la fin d'octobre, on a dosé dans 1^{kg} de marne sèche une quantité de nitrates équivalente à 0^{gr},00373 de nitrate de potasse; le litre pesant 1^{gr},90, on a, pour 1^{mc}, 7^{gr},18.

De la marne de la même localité, extraite en 1853, était restée en tas, aux bords de la marnière, jusqu'à la fin d'octobre 1856. Dans 1^{kg} de cette marne, pesée après dessiccation, on a trouvé l'équivalent de 0^{gr},010 de nitrate de potasse, soit, par mètre cube, 19^{gr}. Par sa longue exposition à l'air, la marne de Louzouer, d'un blanc parfait quand elle sort de terre, avait acquis une teinte rosée.

Marne de la butte Saint-Chaumont, près Paris. — On l'a prise entre deux assises de gypse, dans la carrière dite de l'*Amérique*. Elle est compacte, d'une nuance jaune pâle, très argileuse. Dans 1^{kg} de marne desséchée, on a dosé l'équivalent de 0^{gr},01511 de nitrate de potasse. Le litre de cette marne en poudre pesant 1^{kg},83, on a 24^{gr},65 pour le nitre dans 1^{mc}.

Dans le gypse de la même carrière, on n'a pu constater la présence des nitrates.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XXIII, p. 32.

Craie de Meudon. — Dans une carrière où la craie est exploitée pour la préparation du *blanc d'Espagne*, on a enlevé plusieurs échantillons le 15 janvier 1857, l'un dans une galerie supérieure de la couche, les autres dans les galeries inférieures. 1^{kg} de craie, de la galerie supérieure, a donné l'équivalent de 0^{gr},0094 de nitrate de potasse; en prenant 2,4 pour la densité, le mètre cube de craie contiendrait environ 23^{gr} de salpêtre.

La craie des galeries inférieures n'a offert que des traces de nitrates.

Plâtre de Montmartre. — Un échantillon provenant de la carrière Saint-Denis, dans la couche inférieure, mouillée par une infiltration, a donné pour 1^{kg} l'équivalent de 0^{gr},140 de nitrate de potasse, soit 308^{gr} par mètre cube.

Un autre échantillon choisi dans l'intérieur d'un bloc n'a plus fourni, par kilogramme, que l'équivalent de 0^{gr},0082 de nitrate de potasse, soit, pour 1^{mc}, 18^{gr}

On n'a trouvé aucun indice de salpêtre dans six autres échantillons de plâtre provenant de la carrière Saint-Denis et des carrières de Chaumont et d'Amérique.

Plâtre de Rixheim (Haut-Rhin). — Dans 1^{kg} de pierre de deuxième qualité, on a dosé l'équivalent de 0^{gr},0005 de nitrate de potasse; 1^{gr} par mètre cube. Dans la pierre de première qualité, on n'a pas trouvé de nitrates.

EAU DES LACS.

Les eaux examinées provenaient :

Du lac de Stern, au-dessus de Masseveaux (Haut-Rhin);

Du lac Seven, d'où sort la Doller, dans la vallée de Masseveaux;

De l'étang de Soultz-Bach, près Woerth (Bas-Rhin).

Ces eaux ne renfermaient que de très faibles quantités

de nitrates, moins de 1^{mgr} par litre, peut-être à cause des matières organiques accumulées dans ces lacs.

EAU DES FLEUVES ET DES RIVIÈRES.

Des eaux examinées, les moins chargées de nitrates sont celles de quelques rivières tributaires du Rhin : la Sauer, par exemple, qui, le 21 octobre 1857, n'en contenait pas même 1^{gr} par mètre cube. Les eaux dans lesquelles on en a dosé le plus, sont celles de l'Ourcq, de la Vesle en Champagne, de la Seine.

L'eau de Seine renfermait 11^{gr} de salpêtre par mètre cube. Ce nombre est déduit de 11 déterminations faites entre le 29 novembre 1856 et le 21 janvier 1858.

En 1846, M. Henri Sainte-Claire Deville a dosé dans l'eau de ce fleuve, en nitrate de soude et de magnésie, l'équivalent de 18^{gr} de nitrate de potasse par mètre cube.

A l'étiage, la Seine débite, à Paris, par seconde, 75^{mc}

Pendant les eaux moyennes, 250^{mc}.

En adoptant 11^{gr} pour le nitrate, on trouve que, dans les basses eaux, en 24 heures, le fleuve porte à la mer l'équivalent de 71 000^{kg} de nitrate de potasse, et dans les eaux moyennes de 138 000^{kg}, et cependant le volume des eaux de la Seine est bien inférieur à celui de la plupart des fleuves qui sillonnent les continents. Par exemple, le Rhin, à Lauterbourg, fournit, lors des eaux moyennes, 1106^{mc} par seconde; l'eau prise à Bâle, le 11 mars 1858, renfermait par litre, en acide nitrique, l'équivalent de 0^{gr},002 de nitrate de potasse. Ainsi, en vingt-quatre heures, le Rhin emportait vers la mer 193,000^{kg} de nitrate, et cela avant d'avoir été grossi par la Moselle et la Meuse.

D'après les renseignements recueillis par le maréchal

duc de Raguse (1), le Nil laisserait couler dans les basses eaux, en vingt-quatre heures :

Par la branche de Rosette.	79 532 551 ^{mc}
Par la branche de Damiette.	71 033 840
	150 566 391

En supposant que l'eau du Nil ne contînt pas plus de nitrate que l'eau du Rhin, ce fleuve porterait chaque jour, à la Méditerranée, 301 133^{kg} de salpêtre (2).

Ces données, tout incomplètes qu'elles sont, suffisent néanmoins pour faire comprendre combien est immense la masse de salpêtre continuellement enlevée aux bassins hydrographiques, et avec quelle incessante activité doivent agir, à la surface du globe, les phénomènes qui déterminent la nitrification.

EAU DES SOURCES.

Les sources dont les eaux tenaient le moins de nitrates, sont celles de Liebfrauenberg et celles des ruines du château de Fleckenstein. L'eau de Liebfrauenberg en contiendrait, par mètre cube, 0,42. Ces sources sortent du grès des Vosges.

Deux sources très abondantes, dans lesquelles on a trouvé une forte dose de nitrates, sont l'Ebersbronn, 39^{gr} par mètre cube, et celle de Roppentzwiller, dans le Haut-Rhin, par mètre cube, 11^{gr},24.

La source de l'Ebersbronn est à peu de distance du village de Lampersloch (Bas-Rhin). Je ne l'ai jamais vue tarir; elle sort d'un loam supporté par le grès rouge.

(1) DUC DE RAGUSE, *Voyages*, t. III, p. 247.

(2) Dans des recherches exécutées dans mon laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers, M. Barral a dosé, dans de l'eau du Nil puisée en 1859, jusqu'à 0^{gr},004 d'acide nitrique par litre, c'est-à-dire l'équivalent de 0^{gr},0075 de nitrate de potasse. Le Nil entraînerait ainsi, par jour, plus d'un million de kilogrammes de salpêtre.

La source de Roppentzwiller sort du calcaire jurassique; elle fournit environ 4^{lit} d'eau par seconde, ou 345 000^{mc} par jour. En vingt-quatre heures, elle émettrait donc une quantité de nitrates équivalente à 3000^{kg} ou 4000^{kg} de nitrate de potasse, dont l'effet favorable sur les prairies qu'elle irrigue est incontestable.

EAU DES PUIITS.

J'ai trouvé généralement plus de nitrates dans des puits foncés dans les villages, dans les exploitations rurales, que dans les sources et les rivières; mais encore ici les proportions ont été des plus variables.

L'eau des puits de Woerth et de Freischwiller (Bas-Rhin), établis dans les marnes du lias, en ont 66^{gr} et 91^{gr} par mètre cube. Mais c'est dans les puits des grandes villes que l'on trouve les plus fortes quantités de nitrates. Ce fait est connu depuis longtemps, et M. Henri Sainte-Claire Deville a dosé dans une eau puisée à Besançon l'équivalent de 198^{gr} de nitrate de potasse par mètre cube. La proportion de nitre que j'ai rencontrée dans des eaux des puits de Paris est encore plus élevée.

Les eaux dans lesquelles il y a eu le moins de nitrates provenaient de puits situés :

Rue Guérin-Boisseau, on a dosé par mètre cube l'équivalent de	206 ^{gr} de nitrate de potasse.
Rue Saint-Martin.... ..	223
Rue Saint-Georges	238
Rue des Petites-Ecuries...	258

Les eaux qui en ont donné le plus avaient été puisées dans les quartiers les plus anciens.

Dans l'eau d'un puits situé :

Rue du Fouare, on a dosé par mètre cube l'équivalent de
1^{kg},031 de nitrate de potasse.

Rue du Foin-Saint-Jacques.	1	,500
Rue Saint-Landry....	2	,093
Rue Traversine	2	,165

Dans deux puits de jardins maraîchers des faubourgs, le mètre cube d'eau renfermait 1^{kg},268 et 1^{kg},546 de nitrates.

On voit que 100^{mc} de ces eaux, exclusivement destinées à l'arrosement, portent dans le terrain 125^{kg} à 155^{kg} de salpêtre, dont l'utilité comme engrais ne saurait faire l'objet d'un doute, surtout quand on sait qu'en été un hectare de terrain maraîcher absorbe par jour 30^{mc} à 40^{mc} d'eau.

La forte proportion de nitrates trouvée dans l'eau des puits de la capitale est évidemment due aux modifications que subissent les matières organiques dont le sol est constamment imprégné. La pureté de l'air et de l'eau, dont les effets se manifestent avec une si grande énergie sur la santé publique, doit en être profondément affectée. J'ai montré, à une autre époque, que la pluie, après avoir balayé, en la traversant, l'atmosphère d'une grande cité, tient en dissolution ou en suspension beaucoup plus d'ammoniaque, beaucoup plus de principes organiques putrescibles que lorsqu'elle tombe au loin dans la campagne; aujourd'hui je rappelle que l'eau de puits, après s'être infiltrée à travers un terrain comparable à une nitière, est souillée de substances évidemment nuisibles : tant il est vrai qu'une population condensée porte toujours en soi les germes de l'insalubrité (1).

(1) A Paris, en raison du milieu géologique qu'elle parcourt, l'eau rassemblée dans les puits n'est pas potable; on n'en boit pas; on n'en fait pas usage dans la préparation des aliments. D'après cela, on pourrait croire la population parfaitement à l'abri des inconvénients que l'usage de cette eau ne doit pas manquer de présenter. Ce serait là une erreur, car il est facile d'établir que chaque habitant prend tous les jours la totalité des substances dissoutes dans un certain volume d'eau de puits. D'abord, on sait que, dans l'intérieur des murs d'octroi, les

De ces recherches, il est, je crois, permis de conclure que, sous le rapport des principes fertilisants qu'elles apportent à la terre par l'irrigation ou par l'imbibition, les eaux qui circulent à la surface ou à une petite profondeur agissent bien plus par le salpêtre que par l'ammoniaque qui s'y trouve. Dans mon Mémoire sur l'ammoniaque des eaux, on verra que l'eau des rivières tient rarement au delà de 0^{gr},2 d'alcali par mètre cube, et l'eau des sources moins encore. Or, on trouve dans un mètre cube des mêmes eaux l'équivalent de 6^{gr} à 7^{gr} de nitrate de potasse, répondant comme engrais azoté, à 1^{gr},10

coupages des gros vins et des liqueurs alcooliques ont lieu avec de l'eau de puits, et il est avéré que les boulangers n'en emploient pas d'autre dans la confection du pain.

1000^{ks} de farine, pour être panifiés, exigent pour les différents levains et la pâte, 617^{lit} d'eau. Comme rendement, on obtient 1373^{ks} de pain, renfermant nécessairement toutes les substances solubles des 617^{lit} d'eau.

Dans 1^{ks} de pain, il y a donc tout ce qui se trouvait dans 0^{lit},45 d'eau de puits.

Voyons, à présent, ce que cette eau introduit de nitrates.

L'eau du puits de l'hôtel Scipion, la boulangerie des hospices, contient, par litre, l'équivalent de 0^{gr},31 de nitrate de potasse; c'est une des eaux les moins chargées de sels.

1^{ks} de pain préparé avec cette eau en retiendra donc 0^{gr},14.

1^{ks} de pain obtenu avec de l'eau du puits de la rue Saint-Landry renfermerait l'équivalent d'environ 1^{gr} de nitrate de potasse.

A ces faibles doses, il est douteux que les nitrates soient malfaisants, mais ce que leur présence dans le pain a de fâcheux, c'est qu'elle est l'indice de matières organiques provenant évidemment de sources suspectes, des eaux ménagères, par exemple, ou des infiltrations que laisseraient suinter les 60 000 fosses d'aisances établies en contre-bas du sol. Qu'on n'oublie pas d'ailleurs que, chaque année, les crues de la Seine, les inondations souterraines, mettent en communication les assises inférieures du terrain avec les assises supérieures, là où sont les réceptacles d'immondices, et que les eaux, en lavant le sol, charrient, avec ce qu'elles entraînent, des sporules de cette végétation cryptogamique, de ces moisissures toujours nuisibles et d'autant plus à craindre, que leur organisme, si frêle en apparence, résiste néanmoins à la température que supporte le pain pendant la cuisson, comme l'a reconnu M. Payen, et plus récemment M. Poggiale.

Dans un Mémoire lu à l'Académie en 1852, j'ai déjà insisté sur le dégoût que les eaux de puits inspirent quand on sait, et personne ne l'ignore aujourd'hui, qu'elles sont employées dans la boulangerie.

d'ammoniaque. Ces nombres sont au reste très rapprochés de ceux que M. Bineau a déduits de ses études chimiques sur les eaux du bassin du Rhône.

La constitution géologique d'une contrée a sans doute de l'influence sur la proportion de salpêtre dans les eaux. En général, dans les terrains calcaires, qu'ils appartiennent au trias, au terrain jurassique, au groupe crétacé ou aux dépôts supérieurs à la craie, l'eau des sources et des rivières tient plus de nitrates en dissolution que celle qui a été en contact avec les roches arénacées.

Les granits riches en feldspath sembleraient favoriser la nitrification, tout autant que les calcaires. Ainsi, dans un puits foncé dans un sol granitique, le puits de Fontasse, près Castres, une eau très potable contenait, le 13 juin 1857, par mètre cube, l'équivalent de 204^{gr} de nitrate de potasse.

Si dans les sources et dans les rivières il y a généralement plus de nitrates que d'ammoniaque, le contraire semble avoir lieu dans la pluie, dans la neige et dans la rosée.

Des expériences, sur lesquelles je reviendrai, établissent que des eaux météoriques, recueillies à une grande distance des lieux habités, ont à peu près, en moyenne, 1^{mg} d'ammoniaque par litre, et elles autorisent à croire que la pluie, lorsqu'elle tombe au milieu des champs, dans la proximité de forêts étendues, renferme bien moins d'acide nitrique que d'ammoniaque.

TERRES ET AMENDEMENTS.

DATES DES PRISES.	LOCALITÉS.	NITRATES exprimés en nitrate de potasse par kilogramme de terre sèche.
		gr
1856. 9 août.	Potager du Liebfrauenberg (Bas-Rhin).	0,2110
29 août	Potager id.	0,0087
10 octobre.	Potager id.	0,2980
1857. 2 août.	Potager id.	0,0041
5 août.	Potager id.	0,0095
13 août.	Potager id.	0,0820
23 août.	Potager id.	0,0523
24 octobre.	Potager id.	0,9511
1856. 4 septembre.	Forêt de pins, sommet du Liebfrauenberg.....	0,0004
1857. 2 juillet.	Forêt de pins, sommet du Liebfrauenberg.....	0,0041
1856. 21 octobre.	Forêt de chênes de la Hardt (Bas-Rhin).	0,0006
25 octobre.	Forêts de sapins, près Masseveaux (Haut-Rhin).....	0,0014
27 octobre.	Forêt de sapins, près Ferette (Haut-Rhin).....	0,0000
15 octobre.	Forêt de Fontainebleau.....	0,0017
15 octobre.	Forêt de Fontainebleau, caverne.....	0,0020
15 août.	Forêt de Hatten, bords du Rhin, terre de bruyère.....	0,0087
1857. 12 août.	Forêt de Hatten, la même terre conservée depuis un an.....	0,3205
1857. 12 août.	Forêt d'Arcaehon (Landes).....	Traces.
1856. 6 septembre.	Prairie, bords de la Saüer (Bas-Rhin).	0,0007
1857. 2 août.	Prairie, id.	0,0026
26 octobre.	Prairie, id.	0,0034
1856. 24 octobre.	Pâturage dans les Vosges (Haut-Rhin).	0,0017
27 octobre.	Pâturage, près Roedersdorff (Jura. — Haut-Rhin).....	0,0064
6 septembre.	Vigne de Liebfrauenberg (Bas-Rhin)..	0,0007
1857. 27 juillet.	Vigne id.	0,0034
1856. 6 septembre.	Houblonnière, bords de la Saüer (Bas-Rhin).....	0,0018

TERRES ET AMENDEMENTS (SUITE).

DATES DES PRISES.	LOCALITÉS.	NITRATES exprimés en nitrate de potasse par kilogramme de terre sèche.
		gr
1857. 28 juillet.	Houblonnière, bords de la Saüer, après une sécheresse.....	0,6000
26 octobre.	Houblonnière, bords de la Saüer, après la pluie.....	0,0333
1856. 6 septembre.	Champ de blé, bords de la Saüer....	0,0011
17 septembre.	Camp de betteraves, id.	0,0008
1857. 28 juillet.	Même terre, portant de l'avoine.....	0,0053
1856. 6 septembre.	Champ de trèfle, bords de la Saüer...	0,0011
1857. 28 juillet.	Champ de trèfle id. ...	Traces.
1856. 21 septembre.	Vigne de Lampertzloch (Bas-Rhin)....	0,0026
1857. 3 août.	Vigne id.	Traces.
1856. 7 octobre.	Champ de topinambours. Merckwiller (Bas-Rhin)	0,0033
1857. 12 août.	Champ de topinambours. Merckwiller	0,0970
1856. 13 octobre.	Champ de maïs, à Hoerd (Bas-Rhin).	0,0004
15 octobre.	Champ de topinambours, près Mul- house (Haut-Rhin).....	»
25 octobre.	Champ de navets (Haut-Rhin).....	0,0022
27 octobre.	Champ de topinambours, à Roeders- dorf (Haut-Rhin).....	0,0005
30 octobre.	Champ de blé, près Reims (Marne) ...	0,0060
30 octobre.	Champ marné en 1830, Louzouer (Loiret).....	0,0009
Novembre.	Terre falunée dep. dix ans, près Tours	0,0072
Novembre.	Terre falunée dep. six ans, près Tours	0,0541
26 août.	Loam de la forêt du Liebfrauenberg...	Traces.
27 octobre.	Champ de tabac. Merckwiller (Bas- Rhin)	0,0272
26 octobre.	Champ de chanvre, bords de la Saüer (Bas-Rhin)	»
1856. 18 décembre.	Terre noire de Russie (Tchernosem)...	0,0041
18 décembre.	Serre des bananiers. Jardin de Plantes	0,0509
	Serre du Grand Pavillon. Jardin des Plantes.....	0,4948

TERRES ET AMENDEMENTS (SUITE).

DATES DES PRISES.	LOCALITÉS.	NITRATES exprimés en nitrates de potasse par kilogramme de terre sèche.
		gr
30 décembre.	Serre chaude du Luxembourg, terre de bruyère.....	0,1213
30 novembre.	Serre chaude du Luxembourg, terre forte... ..	0,1069
17 août.	Plâtras d'un vieux mur extérieur du Liebfrauenberg.....	0,2950
1856. 30 octobre.	Marne de la Chaise (Loiret) fraîchement extraite.....	0,0038
30 octobre.	Marne de la Chaise, extraite depuis 1853.....	0,0100
22 décembre.	Marne des carrières de Chaumont, près Paris.....	0,0151
Novembre.	Faluns de la Touraine.....	»
1857. 15 janvier.	Craie des carrières de Meudon, galerie supérieure.....	0,0094
1857. Janvier.	Craie des carrières de Meudon, seconde galerie.....	»
1857. 15 janvier.	Craie des carrières de Meudon, troisième galerie.....	»
15 janvier.	Craie des carrières de Meudon, galerie supérieure.....	Traces.
1856. 15 décembre.	Plâtre de la carrière Saint-Denis, Montmartre, couche inférieure.....	0,1402
15 décembre.	Plâtre de la carrière Saint-Denis, intérieur du morceau.....	0,0082
15 décembre.	Plâtre de la carrière Saint-Denis, couche supérieure.....	»
22 décembre.	Plâtre de la carrière de Chaumont, couche inférieure.....	»
22 décembre.	Plâtre de la carrière de Chaumont, couche supérieure.....	»
22 décembre.	Plâtre de la carrière de l'Amérique, couche supérieure.....	»

TERRES ET AMENDEMENTS (SUITE).

DATES DES PRISES.	LOCALITÉS.	NITRATES exprimés en nitrates de potasse par kilogramme de terre sèche.
		gr
22 décembre.	Plâtre de la carrière de l'Amérique, couche sous la carrière.....	»
22 décembre.	Plâtre de la carrière de l'Amérique, couche sous la carrière.....	»
1857. Janvier.	Plâtre des carrières de Rixheim (Haut- Rhin), 2 ^e qualité.....	0,0005
2 janvier.	Plâtre des carrières de Rixheim, pur, 1 ^{re} qualité.....	»

LACS ET ÉTANGS.

DATES DES PRISES.	DÉSIGNATION.	ACIDE nitrique par litre d'eau.
		gr
1856 24 août.	Étang de Soultzbach (Bas-Rhin).....	0,0003
22 octobre.	Lac de Stern, au-dessus de la vallée de Masseveaux.....	0,0001
23 octobre.	Lac de Seven, vallée de Masseveaux (Haut-Rhin).....	0,0008
1857. 7 novembre.	Lac de Seven, vallée de Masseveaux...	0,0008
6 novembre.	Lac du Ballon d'Alsace, près Gueb- willier (Haut-Rhin).....	0,0002

FLEUVES ET RIVIÈRES.

DATES DES PRISES.	DÉSIGNATION.	ACIDE nitrique par litre d'eau.
		gr
1857. 24 octobre.	Soultzbaeh (Bas-Rhin).....	0,0006
1857. 27 octobre.	La Seltz, à Merckwiller.....	0,0027
1857. 12 novembre.	Ill, à Mulhouse.....	0,0016
1856. 18 août.	Rhin, à Lauterbourg.....	0,0011
21 octobre.	Rhin, canal d'Huningue.....	0,0008
1858. 31 juillet.	Rhin, à Kehl.....	0,0010
1858. 11 novembre.	Rhin, à Bâle.....	0,0010
1856. 29 août.	Moder, à Haguenau.....	0,0012
1857. 27 octobre.	Moder, à Haguenau.....	0,0017
1856. 14 septembre.	Saüer, à la Kuhbrücke.....	0,0004
1857. 21 octobre.	Saüer, à la Kuhbrücke.....	0,0003
1856. 30 septembre.	Lauter, à Wissembourg.....	0,0009
1856. 11 novembre.	Loing, à Montargis (Loiret).....	0,0036
4 octobre.	La Vesle, à Reims (Marne).....	0,0064
29 novembre.	Seine, au pont Notre-Dame.....	0,0040
9 décembre.	Seine, id.	0,0045
19 décembre.	Seine, id.	0,0048
29 décembre.	Seine, id.	0,0066
1857. 8 janvier.	Seine, id.	0,0058
18 janvier.	Seine, id.	0,0042
30 janvier.	Seine, id.	0,0037
7 février.	Seine, id.	0,0086
17 février.	Seine, id.	0,0059
13 décembre.	Seine, id.	0,0063
1858. 21 janvier.	Seine, id.	0,0075
1857. 14 décembre.	Marne, à Charenton.....	0,0055
1856. 1 ^{er} décembre.	Oureq, au-dess. du bassin de la Villette	0,0113
1857. 11 février.	Oureq, id. id.	0,0084
14 décembre.	Oureq, id. id.	0,0061
1856. 1 ^{er} décembre.	Bièvre, au pont aux Trippes.....	0,0005
1857. 1 ^{er} mars.	Gave à Pau.....	0,0013
1 ^{er} mars.	Caseades de Tramesaigues, Pyrénées..	0,0004
14 mars.	Confluents du Ondenou, Cotatay, Va- chéry (Loire).....	0,0026
14 mars.	Furens, à la gorge de la Roche-Taillé (Loire).....	0,0025
5 mars.	Vachéry (Loire).....	0,0028
1857. 21 octobre.	Torrent, près des Lagonis (Sicile).....	0,0072

SOURCES.

DATES DES PRISES.	LOCALITÉS.	ACIDE nitrique dans l'lit d'eau.
		gr
1856. 18 septembre.	Source du Liebfrauenberg (Bas-Rhin) ..	0,0002
1857. 23 octobre.	Source de Liebfrauenberg.....	0,0004
1856. 15 août.	Source de l'Ebersbronn (Bas-Rhin)....	0,0101
1857. 11 août.	Source de l'Ebersbronn.....	0,0211
1857. 28 octobre.	Source de l'Ebersbronn.....	0,0155
1857. 23 octobre.	Source de la Seltz (Bas-Rhin).	0,0003
11 septembre.	Source du Château de Fleekenstein (Bas-Rhin).....	Traces.
24 septembre.	Source alimentant Woerth-sur-Saüer (Bas-Rhin).....	0,0100
22 octobre.	Source minérale de Bussang (Vosges).	0,0001
27 octobre.	Source de l'Ill, près Winckel (Haut- Rhin).....	0,0040
27 octobre.	Source alimentant Ferette (H.-Rhin) ..	0,0015
28 octobre.	Source près de Dürmenach (H.-Rhin).	0,0044
28 octobre.	Source de Roppentzwiller (Haut-Rhin).	0,0065
15 décembre.	Source du But, à Montmartre.....	0,3303
1857. 19 janvier.	Source d'Arcueil, prise à l'Observa- toire.....	0,0500
5 mars.	Source du Martinet, usines Fourneyron (Loiret).....	0,0215
5 mars.	Source des Trois-Meules, à Saint- Étienne (Loiret).....	0,0081
6 juin.	Source de Nîmes.....	0,0050
7 novembre.	Source alimentant Thann (Haut-Rhin).	0,0004
7 novembre.	Source du Boelacker, près Saint-Amarin (Haut-Rhin).....	0,0007
1859. 5 septembre.	Source thermale de Baden.....	0,0006
1857. 31 mars.	Puits artésien de Grenelle.....	0,0003
1857. 14 décembre.	Puits artésien de Grenelle... ..	0,0002
1858. 5 novembre.	Source thermale de Dax.....	0,0005
1859.	Source de la Presle (Pyrénées-Orien- tales).....	0,0005

PUITS DE PARIS.

DATES DES PRISES.	LOCALITÉS.	ÉQUIVALENT à nitrate de potasse par litre d'eau.	ACIDE nitrique par litre d'eau.
		gr	gr
1856. 24 novembre.	Rue du Pas-de-la-Mule, 6....	0,6071	0,3242
4 décembre.	id.	0,7010	0,3743
14 décembre.	id.	0,5842	0,3019
24 décembre.	id. ..	0,6701	0,3578
17 décembre.	id. ...	0,9278	0,4954
24 novembre.	Rue Saint-Martin, 294....	0,2232	0,1192
24 novembre.	Rue Saint-George, 56.....	0,2380	0,1271
26 novembre.	Place Maubert, 22.....	0,2728	0,1457
novembre.	Rue des Noyers, 70.....	1,5000	0,8010
28 novembre.	Rue du Parc-Royal, 5.....	0,6920	0,3695
novembre.	Rue des Vieilles-Étuves, 8....	0,4743	0,2533
29 novembre.	Rue Simon-le-Franc, 9.....	0,5089	0,2717
1 ^{er} décembre.	Faubourg Saint-Honoré, 66..	0,6701	0,3578
décembre.	Rue de Sèvres, 10.....	0,4742	0,2532
décembre.	Rue des Vinaigriers, 55.....	0,3093	0,1652
30 novembre.	Grande-Rue, 72.....	1,2371	0,6506
1 ^{er} décembre.	Rue Saint-Landry, 16.....	2,0928	1,1175
décembre.	Rue Saint-Louis-en-l'Île, 54..	0,7319	0,3908
décembre.	Rue des Petites-Écuries, 51..	0,2577	0,1476
4 décembre.	Rue de Reuilly.....	0,4638	0,2477
13 décembre.	Passage d'Isly, 7, Belleville..	0,2955	0,1578
décembre.	Rue de la Mare, 66, Belleville.	1,2680	0,6771
décembre.	Rue Levert, 14, Belleville....	1,5464	0,8257
17 décembre.	Rue de la Boulangerie.....	0,2689	0,1436
26 décembre.	Rue Traversine, 36.....	2,1649	1,1561
décembre.	Impasse Sainte-Marine, 5... .	0,5155	0,2753
27 décembre.	Rue Guérin-Boisseau, 13.....	0,2062	0,1101
29 décembre.	Place Royale, 16.....	0,5155	0,2753
31 décembre.	Rue de Glatigny, 5.....	0,7966	0,4254
1857. 3 janvier.	Rue du Fouarre, 14.....	1,0309	0,5505
22 janvier.	Rue Mouffetard, 132.....	0,2165	0,1156
19 janvier.	Rue Saint-Landry, 16.....	2,2165	1,1836
25 janvier.	Place Royale.....	0,4124	0,2202
23 janvier.	Cimetière Montmartre.....	1,5258	0,8148
23 janvier.	Cimetière Montparnasse	0,1546	0,0825

SUR LA COMPOSITION DE L'AIR CONFINÉ DANS LA TERRE VÉGÉTALE,

PAR MM. BOUSSINGAULT ET LÉWY.

I. Les matières organiques, quand elles sont soumises aux influences réunies de l'air, de l'humidité et d'une température convenable, donnent naissance à de l'acide carbonique, à de l'eau, et, si elles sont azotées, à de l'ammoniaque. Lorsqu'elles sont enfouies dans un sol suffisamment meuble, leur combustion est si manifeste, que, dans les pays chauds, il peut arriver, au bout de quelques années, qu'une terre défrichée riche en humus se trouve appauvrie au point de ne pouvoir donner des récoltes sans l'intervention des engrais. C'est que s'il est vrai que le terreau humide se conserve, en l'absence de l'air, sans subir d'altération, sans qu'il y ait la plus légère émission de gaz, il ne l'est pas moins que sa destruction s'opère rapidement lorsque l'oxygène intervient. Cette destruction, on la constate dans les terrains chargés d'humus, toutes les fois qu'on essaye de suppléer aux amendements par des labours profonds et répétés.

Ainsi le terreau et l'humus, derniers termes de la putréfaction des substances végétales, le fumier, sont autant de sources qui émettent de l'acide carbonique, et il est hors de doute qu'une part importante de l'efficacité des engrais d'origine organique doit être attribuée à cette émission,

soit que le gaz acide, absorbé par les racines, parcourt l'organisme de la plante, soit que, versé dans l'atmosphère environnante, la lumière le décompose sous l'influence des feuilles qui en assimilent le carbone. Il en résulte que l'air fixé dans la terre est d'autant plus profondément modifié dans sa constitution, que c'est en grande partie aux dépens de son oxygène qu'est formé le gaz acide carbonique.

Que l'air confiné dans les interstices laissés par les particules du sol n'ait plus exactement la composition de l'air normal, c'est ce qu'on admettra sans la moindre difficulté ; on prévoit aussi dans quel sens l'altération doit avoir lieu ; mais, à notre connaissance, on ne possède pas encore une notion tant soit peu précise sur ce qu'on pourrait appeler l'*intensité* de l'altération : à en juger d'après la facilité avec laquelle on suppose que s'exerce la diffusion des gaz dans une terre ameublie, on serait disposé à croire qu'elle est peu considérable. Aussi, toutes les fois qu'on a essayé d'évaluer la quantité de carbone qu'une surface de culture prélève sur un volume donné de l'atmosphère, on a négligé de tenir compte de l'acide carbonique émanant du sol, et l'on a pris pour base unique de ces évaluations, toujours hasardées, la très minime proportion de ce gaz contenue dans l'air.

L'utilité, dans le fumier, des principes carburés propres à être modifiés en humus, en acides bruns, qu'une combustion lente détruit ensuite, est si évidente, qu'aujourd'hui un cultivateur exercé regarderait comme incomplet l'engrais qui en serait dépourvu. On peut donc concevoir chaque particule de fumier, d'humus, de terreau, comme un foyer d'où émane constamment du gaz acide carbonique, émanation bien faible, mais assez continue pour modifier la composition de l'air atmosphérique dont le sol est imprégné. C'est dans cette atmosphère souterraine que se développent et vivent les racines, et ces recherches

établiront qu'elles y trouvent, en proportion notable, des principes assimilables qu'on ne rencontre qu'en infiniment petites quantités dans les deux véhicules les plus essentiels à la végétation : l'eau et l'air.

Il nous a semblé que, dans l'état actuel de la science agricole, l'examen attentif de l'air confiné dans la terre végétale ne pouvait manquer d'offrir un certain degré d'intérêt.

II. Les procédés très simples à l'aide desquels on se procure l'air confiné des lieux habités, des mines, des fosses, etc., n'étaient pas applicables dans la circonstance actuelle. On ne pouvait pas davantage déplacer l'air en faisant passer de la terre sous une cloche renversée et remplie d'eau. D'abord, le gaz que nous tenions surtout à doser avec une grande exactitude est soluble; ensuite, il devenait évident qu'en remuant la terre sans aucun ménagement, on substituerait de l'air extérieur à l'air stagnant dont l'examen était précisément le but de nos recherches.

La condition à laquelle il fallait satisfaire autant que possible, s'il n'était pas donné de la remplir entièrement, c'était d'aspirer l'air confiné avec une extrême lenteur, afin qu'il n'y ait, pour ainsi dire, pas d'appel de l'air extérieur. Nous décrirons maintenant l'appareil que nous avons employé (*Pl. II, fig. 1*) pour doser directement l'acide carbonique, en même temps que l'on recueillait l'air confiné par une aspiration tellement modérée, que l'air du dehors, si tant est qu'il soit intervenu, n'en a probablement pas plus affecté la composition que l'effet produit par la diffusion des gaz; car on est bien obligé de reconnaître qu'à la surface d'un champ labouré il s'opère un échange continu entre l'atmosphère souterraine et l'atmosphère extérieure.

On prend l'air à 30^{cm} ou 40^{cm} de profondeur, suivant l'épaisseur de la terre végétale, au moyen d'un tube *b*, à l'extrémité duquel s'adapte une pomme d'arrosoir *c*, rem-

plie de petits cailloux roulés de quartz pour en diminuer la capacité. Ce tube, ayant son robinet R fermé, est enterré 24 heures au moins avant de commencer une expérience, afin de laisser à l'air extérieur introduit en creusant l'emplacement occupé par le tube le temps de se mêler à l'air confiné. La terre est fortement tassée et accumulée en forme de butte autour de l'axe du tube. A la suite du robinet R, on ajuste le petit ballon à robinet *d* dans lequel on a fait le vide. Viennent ensuite les éprouvettes E, E', contenant de l'eau de baryte. F est un tube à poncc alcaline destiné à arrêter l'acide carbonique que laisserait échapper l'eau de l'aspirateur A. Comme aspirateur, nous avons fait usage de flacons et de ballons en verre d'une capacité qui a varié de 10^{lit} à 60^{lit}. Au robinet R''' par où s'écoule l'eau dont la sortie détermine l'aspiration, est lié un tube *g* effilé de manière à obtenir un écoulement très lent. Cet écoulement, ou, si l'on veut, la vitesse avec laquelle l'air puisé dans le sol arrive dans l'appareil, n'a jamais atteint 1^{lit} par heure.

L'appareil étant monté, on ouvre successivement les robinets R, R', R'', puis on règle l'écoulement par le tube *g* au moyen du robinet R''' L'air parvenu dans l'aspirateur laisse ordinairement la totalité de son acide carbonique combiné à la baryte dans l'éprouvette E; il est très rare que la dissolution E' soit troublée. Un fait qui nous a singulièrement surpris, c'est l'extrême facilité avec laquelle une mince pellicule de carbonate formée à la surface de l'eau de baryte, dans le tube conducteur *i*, arrête l'écoulement de l'aspirateur; cet obstacle, si fragile en apparence, est tel, qu'on ne parvient pas toujours à le détruire en exerçant une forte succion en *g*; mais il suffit d'imprimer une légère secousse à l'éprouvette pour dégager le tube conducteur.

Pour terminer une expérience, on ferme le ballon *d* qui

renferme alors de l'air provenant de la terre végétale. Quant à l'air parvenu dans l'aspirateur et dont l'acide carbonique a été retenu dans la baryte, il y a, pour connaître la pression sous laquelle il se trouve, deux cas à considérer. Si l'aspirateur ne contient plus d'eau, il est clair que la pression de l'air qu'il renferme est égale à celle de l'atmosphère diminuée de la pression exercée par les colonnes de liquide i , i' , i'' , i''' , et de la colonne de mercure qui exprime la tension de la vapeur aqueuse, l'air du flacon A étant saturé d'humidité. Si, au contraire, l'écoulement n'a été que partiel, si, par exemple, l'air privé d'acide carbonique n'occupe dans l'aspirateur que la zone a , a' , il est évident qu'il faut alors, pour avoir la pression, non seulement retrancher de la hauteur barométrique les pressions que nous venons d'indiquer, mais encore celle que représente la colonne d'eau comprise entre a' et a'' . Un thermomètre t suspendu dans l'intérieur de l'aspirateur donne la température; mais il est bon d'en avoir un autre au dehors, parce qu'il arrive quelquefois qu'il est impossible de lire les degrés du thermomètre placé à l'intérieur par suite d'une rosée qui se dépose sur les parois internes du flacon A.

Le carbonate de baryte dosant l'acide carbonique de l'air confiné passé dans l'aspirateur est reçu sur un filtre où on le lave avec de l'eau saturée du même carbonate jusqu'à ce que cette eau ne fasse plus virer au bleu le papier de tournesol rougi. Le carbonate de baryte détaché du filtre, après dessiccation, est calciné au rouge avant d'être pesé. Le filtre, dont on connaît le poids des cendres, est brûlé.

III. L'air confiné recueilli dans le petit ballon d est analysé en faisant réagir d'abord une dissolution de potasse pour fixer l'acide carbonique, puis en faisant intervenir ensuite l'acide pyrogallique, afin d'absorber l'oxygène. Pour faire passer l'air du ballon dans le tube gradué où

doivent s'effectuer les réactions, on adapte au robinet R'' un petit tube courbe dont une extrémité s'engage sous le tube plein de mercure (*Pl. II, fig. 2*). En chauffant le ballon, une partie de l'air qu'il contient se rend dans le tube par un effet de dilatation; il est presque inutile d'ajouter qu'il faut commencer par laisser perdre un peu de gaz, afin d'expulser l'air du tube conducteur.

IV La nature de notre travail nous obligeait, naturellement, à rechercher l'ammoniaque dans l'air confiné de la terre végétale. Afin de fixer cet alcali, on substitue au système établi entre le tube *b*, qui va chercher l'air dans le sol, et le tube *k*, uni à l'aspirateur, une éprouvette en tout semblable à celle représentée en E', dans laquelle se trouve une dissolution d'acide chlorhydrique dans de l'eau exempte d'ammoniaque, préparée au moment même de commencer une expérience. Après avoir fait traverser, très lentement, au moins 60^{lit} d'air confiné dans la liqueur acide, on l'évaporait à l'étuve. Dans deux circonstances mentionnées dans ce Mémoire, le sel ammoniac obtenu a pu être pesé; mais, dans la plupart des cas, nous n'avons eu que des traces de ce sel, traces suffisantes cependant pour établir la présence constante de vapeurs ammoniacales dans l'air extrait du sol.

V Dans le calcul des résultats fournis par nos expériences, nous avons fait usage des données suivantes :

Coefficient de dilatation des gaz.. . . .	0,00366
Densité du mercure..... ..	13,6
Acide carbonique dans le carbonate de baryte..	0,2241
Poids du litre d'air à 0° et pression 0 ^m ,76...	1 ^{gr} ,299
Poids du litre d'ac. carbon. à 0° et press. 0 ^m ,76.	1 ^{gr} ,980

IV. — AIR CONFINÉ DANS UN SOL RÉCEMMENT FUMÉ.

Expérience n° 1.

Un sol léger sablonneux provenant de la désagrégation du grès bigarré (*bunder sandstein*), dans lequel on avait récolté des pommes de terre, a été amendé, le 2 septembre, avec du fumier à demi consommé, à raison de 600 quintaux par hectare. Six jours après, le 7 septembre, on a monté l'appareil au milieu du champ. Le tube pour puiser l'air était posé à 35^{cm} de profondeur, dans un endroit où l'épaisseur de la couche arable a 40^{cm}. La terre se trouvait dans de bonnes conditions d'humidité; cependant, il n'avait pas plu depuis environ trois semaines. L'expérience a été mise en train à midi; l'eau de baryte de l'éprouvette s'est bientôt troublée. A 5^h, le précipité était assez abondant pour qu'on arrêtât l'aspiration.

	En volume.	En poids.
	lit	gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1).....	5,232	6,7964
Carbonate de baryte obtenu, 1 ^{gr} ,024 = CO ² .	0,116	0,2295
	<u>5,348</u>	<u>7,0259</u>
Dans 100 parties d'air confiné CO ²	2,17	3,19

Expérience n° 2

A 6^h du soir, comme il commençait à pleuvoir, on entreprit, à la même place, un nouveau dosage d'acide carbonique. L'aspirateur a coulé goutte à goutte pendant toute la nuit. La pluie avait cessé à 10^h du soir. Le 8 septembre, à 6^h du matin, il y a eu pour résultats :

(1) *Expér.* n° 1. — Air mesuré, 6^h,040. Température, 15°

Baromètre.....	743,0
Colonne de liquide soulevée dans les éprouvettes <i>ii'</i> , <i>ii''</i> en mercure...	11,8
Colonne d'eau <i>a' a''</i>	23,9
Tension de la vapeur <i>t</i>	12,8
	<u>48,5</u>
Pression.....	694,5

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1)..	10,042	13,0446
Carbonate de baryte 2 ^{gr} ,043 = CO ²	0,231	0,4578
	<u>10,283</u>	<u>13,5024</u>
Dans 100 parties d'air.. . . .	2,25	3,39

Expérience n° 8 (3).

Elle a été faite à la même place, le 11 septembre. Dans les trois derniers jours, les pluies avaient été très fréquentes. La terre se trouvait fortement mouillée, mais sa nature sablonneuse ne permettait pas à l'eau de former des flaques. Dès le passage des premières bulles d'air dans l'éprouvette E, on fut frappé de l'abondance du précipité, et bientôt cette abondance fut telle, qu'il devint nécessaire de terminer l'expérience. L'aspiration, commencée à midi, a cessé à 3^h 30^m.

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, et pression 0 ^m ,76 (3).	2,613	3,3940
Carbonate de baryte, 2 ^{gr} ,493 = ac. carbon...	0,282	0,5587
	<u>2,895</u>	<u>3,9529</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	9,74	14,13

On voit que, depuis la dernière observation, la propor-

(1) *Expér.* n°2. — Air mesuré, 11^{lit},529. Température, 15°.

Baromètre.....	743,0
	mm
Colonne I.....	12,5
Colonne a'a'.....	20,0
Tension de la vapeur <i>t</i>	12,8
	<u>45,3</u>
Pression.....	697,7

(2) Les numéros d'ordre des expériences répondent à leur inscription sur le registre du laboratoire.

(3) *Expér.* n° 8. — Air mesuré, 3^{lit},089. Température, 18°

Baromètre.....	738,0
	mm
Colonne I.....	11,0
Colonne a'a'.....	26,5
Tension de la vapeur <i>t</i>	15,3
	<u>52,8</u>
Pression.....	685,2

tion de l'acide carbonique a beaucoup augmenté sans qu'il soit possible de décider si cette augmentation est due à l'abondance de la pluie ou au plus long séjour du fumier dans le sol. C'est cette forte quantité d'acide carbonique que nous venions de constater dans l'air confiné de la terre végétale, qui nous a portés à doser l'oxygène afin de rechercher s'il n'existerait pas une certaine relation dans les proportions de ces deux gaz.

Nous avons trouvé, dans 100^{vol} d'air confiné :

Oxygène.....	11,47 (1)
Azote.....	88,53

Or, puisqu'il contenait, sur 100^{vol}, 9,74 d'acide carbonique, on a pour sa composition :

Acide carbonique.	9,74	} 20,60
Oxygène.....	10,35	
Azote.....	<u>79,91</u>	
	100,00	

Rappelons ici que dans l'air atmosphérique, dont l'action sur le sol est incontestable, il entre 20,9 pour 100 d'oxygène. Maintenant la somme de l'oxygène et de l'acide carbonique contenus dans 100 parties d'air confiné de la terre végétale, sera nécessairement ou égale, ou supérieure, ou inférieure à 20,9. Si cette somme est égale, il y aura d'assez fortes raisons pour croire que l'oxygène de l'atmosphère a brûlé seulement le carbone de l'humus de la matière organique disséminée dans le terrain; si elle est supérieure, on pourra soutenir que la matière organique a émis, par le fait de la fermentation putride, assez d'acide carbonique pour compenser et même pour dissimuler les effets dus à une combustion lente; enfin, si la

(1)

Air privé d'acide carbonique.....	61
Après absorption d'oxygène.....	<u>54</u>
Oxygène.....	7

somme de l'oxygène et de carbone ne représente pas 20,9, on sera autorisé à penser que de l'hydrogène de la matière organique a brûlé en même temps que le carbone. Ce dernier cas, qui nous a révélé le dosage de l'oxygène dans l'expérience n° 8, est celui qui se présente le plus ordinairement.

Expérience n° 14.

Commencée le 18 septembre, à 6^h du soir, dans le même champ, mais 2^m plus loin que dans les expériences précédentes, le tube *bc* étant toujours enfoncé à 35^{cm} de profondeur. Il y avait alors plus de deux semaines que le fumier était enfoui. Il pleuvait fréquemment depuis plusieurs jours. L'appareil a fonctionné jusqu'à 7^h du matin; il y a eu quelques interruptions dans l'écoulement de l'aspirateur.

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1)..	2,601	3,3787
Carbonate de baryte, 1 ^{gr} ,939 = ac. carbon..	0,219	0,4345
	<u>2,820</u>	<u>3,8132</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonic..	7,77	11,39

L'air du ballon *d* a donné :

Acide carbonique ..	8,03 (2)
Oxygène.....	12,33
Azote... ..	<u>79,64</u>
	100,00

(1) *Expér.* n° 14. — Air mesuré, 3^{lit},05. Température, 15°,5.

Baromètre..... 733,2

mm

Colonne I.....	10,7
Colonne <i>a' a''</i>	24,2
Tension de la vapeur <i>t</i>	<u>13,2</u>
	48,2

Pression..... 685,0

(2) Air.....	72,5	89,8
CO ² étant absorbé.....	<u>66,75</u>	<u>82,5</u>
CO ²	5,75	7,3
Oxygène étant absorbé...	57,75	71,5
Oxygène.....	9,0	11,0

Soit 13,41 d'oxygène pour 100 d'air confiné privé d'acide carbonique. Etablissant la composition en prenant l'acide dosé par la baryte, on a :

Acide carbonique.	7,77	}	20,14
Oxygène.... ..	12,37		
Azote..... ..	<u>79,86</u>		
	100,00		

Résultat, en ce qui concerne la somme de l'oxygène et de l'acide carbonique, entièrement conforme à celui obtenu dans l'expérience n° 8.

RECHERCHE DE L'AMMONIAQUE.

Expérience n° 4.

Le 4 septembre, dans le champ récemment fumé, l'appareil avait été disposé pour doser l'ammoniaque que l'air confiné de la terre végétale contient certainement à l'état de carbonate. L'aspirateur a été vidé le 6, à 4^h du soir. Le sol se trouvait suffisamment humide, les labours s'exécutaient bien et sans grands efforts de la part des attelages. La liqueur acide évaporée au bain-marie, dans une capsule de platine, a laissé 0^{gr},007 d'un résidu cristallin ayant toutes les propriétés du sel ammoniac, et dans lequel devait se trouver 0^{gr},00224 d'ammoniaque.

Voici le résultat de l'expérience :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, press. 0 ^m ,76 (1). ..	54,600	70,925,40
Ammoniaque..... ..		0,00224 = 0,000032
		<u>70,92764</u>

(1) *Expér.* n° 4. — Air mesuré, 59^{lit},70. Température, 13°,5.

Baromètre..... ..	744,0
	mm
Colonne I..... ..	2,9
Tension de la vapeur <i>t</i>	11,7
	<u>14,6</u>
Pression.... ..	729,4

Expérience n° 4 bis.

On a essayé de doser de nouveau l'ammoniaque dans le même champ et à la même place, le 9 septembre. L'appareil a fonctionné jusqu'au 11. La pluie avait fortement imbibé la terre.

La liqueur acide a laissé 0^{gr},003 de sel ammoniac renfermant 0^{gr},000961 d'alcali :

	En volume.	En poids.	
	lit	gr	
Air jaugé à 0°, press. 0 ^m ,76 (1).	56,059	72,82064	
Ammoniaque..		0,00096	= 0,0000132
		<u>72,82160</u>	

Il paraîtrait qu'une plus forte humectation du sol, ce qui serait, au reste, fort naturel, a fait baisser la proportion de carbonate d'ammoniaque. Bien que les aspirations de l'air confiné aient eu lieu avec une grande lenteur, nous sommes loin de considérer, dans son ensemble, la méthode que nous avons suivie comme donnant des résultats satisfaisants; mais notre but était plutôt de prouver la présence des vapeurs ammoniacales que de les doser rigoureusement. L'air confiné dans la terre récemment fumée ne contenait pas d'acide sulfhydrique (hydrogène sulfuré); nous l'avons constaté, voici à quelle occasion. Lorsque nous commençâmes ces recherches, nous fîmes usage du sous-acétate de plomb pour doser l'acide carbonique; l'extrême sensibilité de ce réactif justifiait ce choix; mais

(1) *Expér.* n° 4 bis. — Air mesuré, 61^{lit},50. Température, 13°.

Baromètre.....	740,0	
	mm	
Colonne I.....	2,9	
Tension de la vapeur <i>t</i>	11,4	<u>14,3</u>
Pression.....	725,7	

nous apprîmes bientôt, à notre grande surprise, nous pourrions même dire à nos dépens, car il y eut bien du temps perdu, que la dissolution de sous-acétate, excellente pour découvrir des traces d'acide carbonique, ne convenait aucunement pour doser cet acide. En effet, à peine un léger précipité était-il apparu dans l'éprouvette E, que la dissolution commençait à se troubler, non seulement dans l'éprouvette E', mais bientôt aussi dans une troisième éprouvette placée à sa suite, et il arrivait que, malgré la lenteur du passage de l'air à travers le sous-acétate dissous, on perdait plus des deux tiers de l'acide carbonique qu'on aurait dû retenir, et qu'on a retenu en substituant l'eau de baryte au sel de plomb. Toutefois, comme le carbonate de plomb, formé par l'acide carbonique provenant du sol fumé, était d'un blanc parfait; que les dissolutions n'ont pas pris cette teinte sale que leur eût communiquée la plus petite quantité de sulfure métallique, nous en avons conclu qu'il n'y avait pas trace d'acide sulfhydrique dans l'air confiné que nous avons examiné.

VII. — AIR CONFINÉ DANS UN CHAMP DE CAROTTES.

Expérience n° 3.

Le champ, de même nature que celui dans lequel ont été faites les expériences précédentes, avait été fumé en octobre 1851; on l'a ensemencé au printemps de 1852. L'appareil, monté le 9 septembre, après une forte pluie, a fonctionné depuis midi jusqu'au lendemain à 6^h du matin. Dans la nuit du 9 au 10, il a plu beaucoup; le tube *bc* prenait l'air à 35^{cm} de profondeur :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1).....	15,521	20,1614
Carbonate de baryte, 18 ^r ,419 = ac. carb.	0,161	0,3180
	<u>15,682</u>	<u>20,4794</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique....	1,03	1,55

Expérience n° 15.

Le 19 septembre, dans la même sole de carottes, on a posé le tube *bc* à quelque distance du point qu'il occupait dans l'expérience n° 3, mais toujours à 35^{cm} de profondeur. La terre était très humide :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (2).....	9,018	11,7150
Carbonate de baryte, 08 ^r ,754 = ac. carb....	0,085	0,1690
	<u>9,103</u>	<u>11,8840</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	0,93	1,42

L'analyse de l'air recueilli dans le ballon *d* a donné (3) :

(1) *Expér.* n° 3. — Air mesuré, 17^{lit},790. Température, 15°,1.

Baromètre..... 740,0

mm

Colonne I..... 11,0

Colonne *a'a''*..... 16,5

Tension de la vapeur *t*..... 12,8 40,3

Pression..... 699,7

(2) *Expér.* n° 15. — Air mesuré, 10^{lit},45. Température, 16°,5.

Baromètre..... 740,0

mm

Colonne I..... 10,7

Colonne *a'a''*..... 19,8

Tension de la vapeur *t*..... 14,0 44,5

Pression..... 695,5

(3) Air..... I. II.
78,2 79,0

77,5 78,0

CO²..... 0,7 1,0

62,2 62,7

Oxygène..... 15,3 15,3

	I.	II	Moy.	Sans ac. carbon.
Acide carbonique.	0,89	1,27	1,08	»
Oxygène.....	19,56	19,37	19,46	19,68
Azote.....	»	»	79,46	80,32
			<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Calculant la composition de l'air confiné en prenant l'acide carbonique dosé par la baryte, on a :

Acide carbonique.	0,93	} 20,43
Oxygène.. ..	19,50	
Azote.....	79,57	
	<u>100,00</u>	

On voit encore ici que la somme de l'acide carbonique et de l'oxygène ne représente pas 20,9.

Recherche de l'ammoniaque. — La liqueur acide dans laquelle 59^{lit},70 d'air confiné avaient passé en 65^h, n'a laissé qu'une trace de sel ammoniac.

VIII. — AIR CONFINÉ DANS LA TERRE VÉGÉTALE D'UNE VIGNE.

Expérience n° 5.

Le 9 septembre, un appareil a été installé dans la vigne du Liebfrauenberg, dont le sol est extrêmement sablonneux. La pièce où le tube *bc* a été mis, à 33^{cm} de profondeur, n'avait pas reçu de fumier depuis trois ans; cependant, les ceps portaient une récolte moyenne. La terre était très humide. L'aspirateur a coulé depuis 6^h du matin jusqu'au lendemain 7^h du matin :

	En volume. lit	En poids, gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1)....	7,837	10,1803
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,597 = acide carb.	0,068	0,1338
	<u>7,905</u>	<u>10,3141</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.....	0,86	1,22

Expérience n° 6.

Le 10 septembre, on a fait une seconde observation dans la vigne. L'aspiration a duré depuis 10^h du matin jusqu'à 8^h du soir :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (2)...	6,843	8,8891
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,647 = acide carb...	0,073	0,1450
	<u>6,916</u>	<u>9,0341</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.....	1,06	1,61

L'air qui remplissait le ballon *d* a donné à l'analyse (3), après qu'on lui eut enlevé l'acide carbonique :

Oxygène...	19,93
Azote.....	80,07

(1) *Expér.* n° 5. — Air mesuré, 9^{lit},075. Température, 15°,2.

Baromètre.....	740,0
	mm
Colonne I.....	11,0
Colonne <i>a'a'</i>	23,2
Tension de la vapeur <i>t</i>	13,0
	<u>47,2</u>
Pression.....	692,8

(2) *Expér.* n° 6. — Air mesuré, 7^{lit},825. Température, 13°.

Baromètre.....	740,0
	mm
Colonne I.....	9,2
Colonne <i>a'a'</i>	23,2
Tension de la vapeur <i>t</i>	11,4
	<u>43,8</u>
Pression.....	696,2

(3) Air privé d'acide carbonique.....

	219,8
	<u>176,0</u>
O ²	43,8

Calculant la composition de l'air confiné en faisant intervenir l'acide carbonique dosé par la baryte, on a en volume :

Acide carbonique.	1,06	}	20,78
Oxygène	19,72		
Azote	79,22		
	10,000		

Le volume de l'acide et de l'oxygène réunis ne diffère que très peu du volume de l'oxygène contenu dans l'air normal; toutefois, on remarquera qu'il est moindre.

RECHERCHE DE L'AMMONIAQUE.

Expérience n° 9.

Du 12 au 15 septembre, on a fait passer, dans un appareil disposé à cet effet, en 69^h, 56^{lit}, 10 d'air pris dans la terre végétale de la vigne; la température était de 16°, le baromètre indiquait 738^{mm}. La liqueur acide n'a laissé qu'une trace de sel. C'est la dernière fois que nous mentionnerons la recherche de l'ammoniaque. En agissant sur 60^{lit} et même sur 120^{lit} d'air pris dans le sol, on constate la présence de cet alcali, mais la quantité de sel obtenu ne permet pas de doser.

IX. — DOSAGE DE L'ACIDE CARBONIQUE CONTENU DANS L'AIR ATMOSPHÉRIQUE.

Expérience n° 7.

La quantité moyenne d'acide carbonique que renferme l'atmosphère est fixée par de nombreuses observations faites dans diverses régions du globe, à 4 parties pour 10000 parties d'air, en volume. Nous avons cru devoir doser l'acide carbonique de l'atmosphère, non pas pour apporter de nouvelles données à celles que l'on possédait.

déjà, mais simplement pour contrôler les résultats que nous obtenions avec nos appareils.

Le 10 septembre, à 10^h du matin, l'appareil étant établi dans le champ de carottes où avaient été faites les expériences n° 3 et n° 15, on a ouvert l'aspirateur. L'air était pris par un tube effilé, à 2^m au-dessus du sol. L'écoulement a duré jusqu'au 12 septembre, à 8^h du soir. Dans ces 58^h on a :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1).	55,469	72,0542
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,121 = ac. carb...	0,014	0,0271
	<u>55,483</u>	<u>72,0813</u>
Dans 10 000 parties d'air	2,5	3,7

En septembre et octobre de l'année 1843, par un temps pluvieux, nous avons trouvé dans l'air de Paris et d'Andilly, près Montmorency, en volume, de 2,9 à 4 d'acide dans 10000 parties d'air (2).

Expérience n° 19.

Il était curieux d'examiner si l'air pris, non plus à 2^m de hauteur au-dessus du champ, mais à la surface même du sol, contiendrait plus d'acide carbonique, l'analyse ayant constaté 1 pour 100 de cet acide dans l'air confiné dans la terre de la sole de carottes.

Du 22 au 26 septembre, on a fait passer dans l'eau de baryte :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (3)	111,619	144,9931
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,236 = ac. carb..	0,027	0,0529
	<u>111,646</u>	<u>145,0460</u>
Dans 10 000 parties d'air, acide carbon...	2,4	3,6

(1) Air mesuré, 59^{lit},70. Tempér. 13°,1. Barom. 740^{mm},0.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. X, p. 470.

(3) Air mesuré, 119^{lit},40. Tempér. 13°,2. Barom. 744^{mm},8.

L'air pris à la surface ne renfermait donc pas plus d'acide carbonique que celui puisé à 2^m au-dessus du sol. Nous devons cependant consigner ici cette circonstance que, pendant toute la durée de l'aspiration, le vent a été très fort.

X. — AIR CONFINÉ DANS LA TERRE VÉGÉTALE D'UNE FORÊT.

Expérience n° 11.

La forêt de Gœrdsdorff où nous avons placé un appareil, est sur le grès des Vosges; le sol est sablonneux et très abondant en blocs de grès de toute dimension. Nous avons observé, à quelque distance de l'ancien monastère du Liebfrauenberg; en ce point le sous-sol consiste en un loam de plusieurs mètres de puissance. L'expérience a été commencée le 14 septembre, par un temps pluvieux; on l'a continuée jusqu'au 15, à 10^h du matin. L'air était puisé à 0^m,35 de profondeur :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1)	7,733	10,0452
Carbonate de baryte, 0 ^{sr} ,577 = acide carb....	0,065	0,1293
	<u>7,798</u>	<u>10,1745</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.....	0,83	1,27

Expérience n° 12.

Le 16 septembre, à 3^h de l'après-midi, on a commencé un second dosage; le 17, à 7^h du matin, on a eu :

(1) *Expér.* n° 11. — Air mesuré, 8^{lit},70. Température, 16°

Baromètre.....	739,7	
	mm	
Colonne I.....	11,0	
Colonne a' a''.....	0,0	
Tension de la vapeur <i>t</i>	13,6	24,6
Pression.....		<u>715,1</u>

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1).....	7,877	10,2322
Carbonate de baryte, 0 ^{sr} ,613 = acide carb..	0,069	0,1374
	<u>7,946</u>	<u>10,3696</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique....	0,87	1,32

L'air du ballon *d* a fourni à l'analyse (2) :

		Air privé d'acide carbon.
Acide carbonique.....	0,92	»
Oxygène.... ..	19,59	19,77
Azote	<u>79,49</u>	<u>80,23</u>
	100,00	100,00

Introduisant l'acide carbonique dosé par la baryte (expérience n° 12), on a pour la composition, en volume, de l'air confiné dans la terre végétale de la vigne :

Acide carbonique.....	0,87	} 20,48
Oxygène	19,61	
Azote	<u>79,52</u>	
	100,00	

Expérience n° 16.

Le loam, sous-sol de la forêt, est un mélange de sable et d'argile ; aussi l'utilise-t-on dans les constructions, sui-

(1) *Expér.* n° 12. — Air mesuré, 8^{lit},70. Température, 12°. Baromètre..... 740,0

	mm	
Colonne I.....	11,0	
Colonne <i>a' a''</i>	0	
Tension de la vapeur <i>t</i>	10,7	<u>21,7</u>
	Pression.....	718,3

(2)	Air.. .. .	86,8
		<u>86,0</u>
	CO ²	0,8
		<u>69,0</u>
		17,8
	Oxygène.....	17,0

vant la nature de l'élément qui y domine. Le 21 septembre, nous avons établi un de nos appareils sur un talus formé au pied d'un escarpement de loam délité qu'on exploite comme terre à four. Le tube *bc* prenait l'air à 35^{cm}; comme toujours, on l'avait enfoui la veille.

De 8^h du matin à 6^h du soir, par un assez beau temps, le vent soufflant avec force, on a jaugé :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0°, pression 0 ^m ,76 (1)	7,169	9,3125
Carbonate de baryte, 0 ^{sr} ,504.....	0,057	0,1129
	<u>7,226</u>	<u>9,4254</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	0,79	1,20

c'est-à-dire, à très peu près, autant que dans l'air de la terre végétale supportée par le loam. Dans l'air du ballon *d*, l'analyse eudiométrique a indiqué (2) :

	Air privé d'ac. carb.	
Acide carbonique....	1,00	»
Oxygène.. .. .	19,63	19,82
Azote... .. .	79,37	80,18
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

En prenant l'acide carbonique dosé par la baryte :

Acide carbonique	0,79	} 20,45
Oxygène	19,66	
Azote	79,55	
	<u>100,00</u>	

(1) *Expér.* n° 16. — Air mesuré, 7^{lit},900. Température, 12°,2.

Baromètre.....	742,0
	mm
Colonne I.....	9,9
Colonne <i>a' a'</i>	0,8
Tension de la vapeur <i>t</i>	10,8
	<u>21,5</u>
	Pression.....
	720,5

(2)	Air.....	80,0
		<u>79,2</u>
	CO ²	0,8
		<u>63,5</u>
		16,5
	Oxygène.....	15,7

Expérience n° 29.

Le loam sur lequel l'expérience n° 16 avait été faite se présentait en talus disposé au bas d'un escarpement, formant ainsi un sol meuble où se trouvaient mêlés du sable amené par les pluies et de la terre végétale de la forêt provenant d'éboulements. Il convenait de faire une nouvelle observation en puisant l'air dans le loam en place. A cet effet, on a pratiqué une excavation à l'aide d'une pioche, car le dépôt est assez fortement comprimé pour résister à l'action de la pelle. Le tube *bc* a été fixé dans l'excavation qu'on a remplie avec les déblais. La pomme d'arrosoir se trouvait enfouie à 40^{cm}. Le 4 octobre, le temps étant très beau, l'appareil a commencé à fonctionner à 7^h du matin. A 3^h 30^m de l'après-midi, on avait fait passer dans l'eau de baryte :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1).....	3,986	5,1778
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,427 = ac. carbon	0,048	0,0957
	<u>4,034</u>	<u>5,2735</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.....	1,19	1,81

Expérience n° 31.

Cependant il restait un scrupule sur le résultat de l'expérience précédente, par la raison que l'excavation où se trouvait la prise d'air avait été comblée avec des déblais qui étaient restés en contact avec la terre végétale.

(1) *Expér.* n° 29. — Air mesuré, 4^{lit},450. Température, 13°.

Baromètre.....	742,2
	mm
Colonne I.....	9,6
Colonne <i>a' a''</i>	8,1
Tension de la vapeur <i>t</i>	11,4
	<u>29,1</u>
Pression.....	713,1

Afin d'éviter l'influence que pouvait avoir la terre de la forêt, on creusa, à l'aide d'un fleuret de mineur, un trou de 45^{cm} de profondeur, à 1^m,4 au-dessous du sol végétal. Puis, après avoir introduit un tube de plomb ayant un diamètre intérieur de 0^m,001 on bourra le trou avec des débris de loam. L'appareil fut adapté au tube de plomb.

Le 24 octobre, à midi, le tube étant placé dans le loam depuis 18^h, on aspira avec une extrême lenteur. Le lendemain 25, on avait mesuré :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1)	7,795	10,1257
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,322 = ac. carb.	0,036	0,0722
	<u>7,831</u>	<u>10,1979</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	0,46	0,71

Ces deux derniers résultats, conformes à celui fourni par l'expérience n° 16, montrent dans l'air enfermé dans les pores du loam argileux une proportion d'acide carbonique incomparablement plus forte que dans l'atmosphère. Dans l'état de compression où il se trouve sous le sol de la forêt, le loam est à peine accessible à l'action de l'air extérieur, les racines des arbres ne le pénètrent même que difficilement. Aussi peut-on se demander quelle serait la constitution de l'air confiné du loam, si ce dépôt était ameubli au même degré que la terre végétale. C'est pour répondre à cette question qu'on a disposé l'expérience suivante.

(1) *Expér.* n° 31. — Air mesuré, 8^{lit},60. Température, 11°,8.

Baromètre.	735,8
	mm
Colonne I.	6,6
Colonne a' a"	0,0
Tension de la vapeur t.	10,6
	<u>17,2</u>
Pression.	718,6

Expérience n° 27.

On a rempli une caisse d'une capacité approchant de 2^{mc}, avec du loam; l'extrémité du tube *bc* occupait le centre de la masse qui se trouvait moins tassée que ne l'est ordinairement le sol forestier. Le 3 octobre, pendant la pluie, on a aspiré depuis 6^h du matin jusqu'à midi; il a été mesuré :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0°, pression 0 ^m ,76 (1).....	4,1391	5,3768
Carbonate de baryte, 0 ^{sr} ,033 = ac. carbon..	0,0037	0,0074
	<u>4,1428</u>	<u>5,3842</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,089	0,14

Encore deux ou trois fois autant qu'il s'en trouve dans l'air atmosphérique, et il fallait que cela arrivât, puisque l'air compris dans les pores du loam, en se mêlant à l'air normal logé entre les fragments, apportait une bien plus forte proportion d'acide carbonique.

XI. — AIR CONFINÉ DANS LE SABLE.

L'acide carbonique est au nombre des gaz que les eaux courantes comme les eaux de sources tiennent en dissolution; l'eau de pluie n'en est pas exempte: il est facile de s'en assurer en y versant quelques gouttes d'une solution de sous-acétate de plomb; au bout d'un instant, on voit

(1) <i>Expér.</i> n° 27. — Air mesuré, 4 ^{lit} ,95. Température, 13°,5.	
Baromètre.....	737,9
	mm
Colonne I.....	8,4
Colonne <i>a'a''</i>	20,6
Tension de la vapeur <i>t</i>	11,8
	<u>40,8</u>
Pression.....	696,8

apparaître un léger précipité de carbonate. Ce fait bien établi, il était permis de voir dans l'eau dont le sol est toujours plus ou moins imbibé l'origine de l'acide carbonique ; il y a même des raisons pour croire que l'eau, quand elle est absorbée par un corps poreux, laisse échapper des gaz pour lesquels elle n'a d'ailleurs qu'une assez faible affinité. Ces réflexions étaient surtout suggérées par cette circonstance, que le loam, extrêmement pauvre en détritius de matières organiques, avait néanmoins fourni un air confiné aussi riche en acide carbonique que le terrain de la forêt. Il est vrai que les eaux du sol forestier s'infiltrent continuellement dans le sous-sol perméable, et puis, comme on le verra dans la suite de ce Mémoire, si *l'atmosphère* du loam est aussi chargée d'acide carbonique que celle de la terre fertile qu'il supporte, cette atmosphère est beaucoup plus limitée. Quoi qu'il en soit, si l'eau d'imbibition possédait l'influence que nous lui avons supposée, l'air enfermé dans un sable stérile, pourvu que ce sable fût mouillé, contiendrait autant de gaz acide que l'air extrait de la terre végétale : nous avons cru devoir examiner s'il en était ainsi.

Expérience n° 20.

Les eaux pluviales arrachent aux montagnes arénacées des Vosges du sable siliceux qu'elles déposent ensuite sur les pentes moins rapides. Ce sable est mis en tas pour être utilisé à la préparation du mortier, à l'ensablement des allées de jardin. C'est dans un de ces tas, exposés à toutes les intempéries depuis plus de deux mois, que nous avons pris 2^{mc} de sable humide pour remplir la caisse où était placé le loam dans l'expérience n° 27. Le 23 septembre, l'aspirateur a fonctionné depuis 2^h de l'après-midi jusqu'au lendemain à la même heure :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0°, pression 0 ^m ,76 (1)	26,550	34,4885
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,258 = ac. carb...	0,029	0,0578
	<u>26,579</u>	<u>34,5463</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	0,11	0,17

Expérience n° 26.

Comme l'aspirateur avait puisé 27^{lit} d'air dans un volume de sable humide très réduit, si on le compare à celui sur lequel on agit quand on opère en pleine terre, on a fait, le 2 octobre, une nouvelle observation en aspirant l'air avec plus de lenteur afin d'atténuer davantage les effets de l'air extérieur. Le sable provenait d'un autre tas. De 6^h du matin à 1^h de l'après-midi :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (2)...	3,8802	5,0404
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,067 = ac. carbon..	0,0076	0,0150
	<u>3,8878</u>	<u>5,0554</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique....	0,19	0,29

On voit que l'air interposé entre les particules du sable humide ne contient pas au delà de trois à quatre fois autant.

(1) *Expér.* n° 20. — Air mesuré, 30^{lit},30. Température, 17°,5.

Baromètre.....	746,7	
	mm	
Colonne I.....	10,3	
Colonne a' a''.....	12,9	
Tension de la vapeur t.....	14,9	38,1
		<u>708,6</u>

(2) *Expér.* n° 26. — Air mesuré, 4^{lit},46. Température 15°.

Baromètre.....	739,3	
	mm	
Colonne I.....	7,3	
Colonne a' a''.....	21,7	
Tension de la vapeur t.....	12,8	41,8
		<u>697,5</u>

d'acide carbonique que l'atmosphère normale. Nous ajouterons que le sable sur lequel ont porté ces observations n'est pas absolument exempt de matières organiques, bien que les pluies lui en aient enlevé la plus grande partie; il n'est donc pas permis d'affirmer que les $\frac{2}{1000}$ d'acide ne résultent pas de la décomposition ou de la combustion de cette matière, dont les effets ne sauraient être l'objet d'un doute, comme l'ont prouvé les expériences faites sur la terre récemment fumée, et comme l'établit encore de la manière la plus nette l'observation que nous allons rapporter.

Expérience n° 24.

Le sable humide, dont l'air n'avait donné que $\frac{1}{1000}$ à $\frac{2}{1000}$ de gaz acide carbonique, fut amendé, dans la caisse même qui le renfermait, avec du fumier. L'opération eut lieu le 24 septembre; cinq jours après, le 30, à 8^h du soir, on mit en train l'aspirateur; le 1^{er} octobre, à 8^h du matin, il y avait de mesuré, par une pluie abondante :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0°, pression 0 ^m , 76 (1).....	3,866	5,0219
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} , 334 = ac. carbon ..	0,038	0,0748
	<u>3,904</u>	<u>5,0967</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.....	0,97	1,47

c'est-à-dire plus de six fois autant qu'avant l'introduction

(1) *Expér.* n° 24. — Air mesuré, 4^{lit}, 400. Température, 10°5.

Baromètre.....	738,8
	mm
Colonne I.....	9,6
Colonne a'a''.....	25,4
Tension de la vapeur t....	10,3
	<u>45,3</u>
Pression.....	693,5

de l'engrais, et vingt-quatre fois autant que dans l'air atmosphérique.

L'air recueilli dans le ballon *d* a donné à l'analyse (1) :

		Air privé d'ac. carb.
Acide carbonique..... ..	1,51	»
Oxygène	19,58	19,88
Azote	<u>78,91</u>	<u>80,12</u>
	100,00	100,00

Calculant la composition avec l'acide dosé par la baryte :

Acide carbonique	0,97	} 20,66
Oxygène..... ..	19,69	
Azote	<u>79,34</u>	
	100,00	

Expérience n° 30.

Ces observations seraient restées incomplètes si nous n'avions pu les faire dans un gisement de sable qu'on observe sur la route du Liebfrauenberg à Lembach, dans la forêt de Gørsdoff et à moins de 1^{km} du point où nous avons opéré sur le loam. Le tube de plomb a été introduit à 45^{cm} dans un trou de mine, et à 1^m,4 au-dessous de la terre végétale. Le sable était humide, mais il ne laissait pas suinter d'eau.

Le 21 octobre, le tube en plomb était en place depuis 24^h, l'aspirateur a fonctionné de 9^h du matin à 6^h du soir :

(1)	Air..... ..	332
		<u>327</u>
	CO ²	5
		<u>262</u>
		70
	Oxygène..... ..	65

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1)..	3,322	4,3153
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,070 = ac. carbon ..	0,008	0,0157
	<u>3,330</u>	<u>4,3310</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.....	0,24	0,36

Expérience n° 32.

Le 26 octobre, on fit une seconde observation dans le sable. Le tube en plomb fut introduit dans l'alluvion, toujours à 1^m,4 au-dessous de la terre végétale, mais à 1^m de distance du point où il avait pris l'air dans l'expérience n° 30.

De 9^h du matin à 5^h du soir, on a mesuré :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0°, pression 0 ^m ,76 (2)	3,281	4,2620
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,075 = ac. carbon..	0,008	0,0168
	<u>3,289</u>	<u>4,2782</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,24	0,39

Il résulte de ces deux dernières expériences qu'il y a, dans l'air interposé dans le sable en place, plus d'acide carbonique que dans l'air du sable ameubli et depuis long-

(1) *Expér.* n° 30. — Air mesuré, 3^{lit},65. Température, 10°3.

Baromètre.....	744,4	
	mm	
Colonne I.....	6,6	
Colonne a' a''.....	10,3	
Tension de la vapeur t.....	9,7	<u>26,6</u>
Pression.....	717,8	

(2) *Expér.* n° 32. — Air mesuré, 3^{lit},65. Température, 10°.

Baromètre.....	734,0	
	mm	
Colonne I.....	6,0	
Colonne a' a''.....	10,3	
Tension de la vapeur t.....	9,5	<u>25,8</u>
Pression..	708,2	

temps exposé à l'action immédiate de l'atmosphère. Cela est tout simple; mais, ce qui l'est moins, c'est que la proportion de cet acide soit notablement plus faible que celle que nous avons constatée à plusieurs reprises dans le loam. Cependant le sable quartzeux, comme sous-sol de la forêt de Gærdsdorff, est, en quelque sorte, la continuation du loam. L'un et l'autre appartiennent, suivant un très habile géologue, M. Daubrée, à une alluvion moderne, dont le dépôt est évidemment postérieur aux dernières dislocations des Vosges.

XII. — AIR CONFINÉ DANS LA TERRE D'UNE CULTURE D'ASPERGES.

Expérience n° 18.

Des observations faites sur un carré d'asperges du potager du Liebfrauenberg montrent de nouveau l'influence presque immédiate de l'engrais sur le développement de l'acide carbonique.

Les asperges n'avaient pas reçu de fumier depuis l'année dernière. Le 22 septembre, lorsque les tiges furent coupées, on plaça un appareil qui fonctionna depuis 4^h de l'après-midi jusqu'au lendemain 8^h du matin. Le temps s'est maintenu au beau :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1).....	12,956	16,8298
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,859 = ac. carb.	0,097	0,1925
	<u>13,053</u>	<u>17,0223</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	0,74	1,13

(1) *Expér.* n° 18. — Air mesuré, 14^{lit},100. Température, 7°,5.

Baromètre.....	753,4	
	mm	
Colonne I.....	9,5	
Colonne a' a''	18,4	
Tension de la vapeur t.....	8,0	35,9
Pression.....		<u>717,5</u>

On a trouvé dans l'air du ballon *d* (1) :

	Air sans l'ac	arb.
Acide carbonique..... ..	1,47	»
Oxygène.... ..	18,88	19,16
Azote	79,65	80,84
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Prenant l'acide dosé par la baryte :

Acide carbonique	0,74	} 19,76
Oxygène	19,02	
Azote..... ..	80,24	
	<u>100,00</u>	

Expérience n° 25.

Le 25 septembre, le carré d'asperges fut recouvert de fumier qu'on enterra, comme de coutume, à une demi-profondeur de bêche. Le 30, on fit fonctionner un appareil, le tube *bc* prenant l'air à 0^m,30 au-dessous de la surface. L'aspirateur, ouvert à 2^h de l'après-midi, fut fermé, le 1^{er} octobre, à 11^h 30^m.

	En volume.	En poids.
	lit	gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (2)	5,451	7,0809
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,417 = ac. carbon ..	0,047	0,0934
	<u>5,498</u>	<u>7,1743</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	0,85	1,30

(1)	Air..... ..	339
		<u>334</u>
	CO ²	5
		<u>270</u>
		69
	Oxygène..... ..	64

(2) *Exper.* n° 25. — Air mesuré, 6^{lit},100. Température 13°.

	Baromètre..... ..	738,8
		mm
	Colonne I..... ..	10,0
	Colonne <i>a'a''</i>	5,9
	Tension de la vapeur <i>t</i>	11,4
		<u>27,3</u>
	Pression..... ..	711,5

L'air qui composait le ballon *d* était composé de (1) :

	I.	II.	Moyenne.	Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique...	1,18	1,66	1,42	»
Oxygène.. .. .	16,56	19,06	19,31	19,58
Azote.....	»	»	<u>79,27</u>	<u>80,42</u>
			100,00	100,00

Il y a, on le voit, une différence très considérable entre la portion d'acide carbonique trouvée par l'analyse eudiométrique et celle résultant du dosage par la baryte. A cette occasion, nous ferons remarquer que la détermination de 0,01 à 0,02 de cet acide, quand elle est faite dans un tube gradué, ne saurait être bien exacte. En effet, une erreur de lecture d'une division, dans le cas particulier qui nous occupe, et suivant le sens dans lequel elle serait commise, donnerait pour l'analyse I : 1,47 ou 0,88 d'acide. Cela provient de ce qu'une division de tube représente une forte fraction du gaz acide carbonique que contient l'air. Dans le dosage par la baryte, où l'on opère toujours sur plusieurs litres de gaz confiné, une erreur de 1^{er} sur le carbonate n'affecterait pas le résultat d'une manière sensible, par la raison que ce poids équivaut seulement à 1^{cc}, soit, pour l'expérience n° 25, à $\frac{1}{47}$ du volume du gaz acide carbonique renfermé dans l'air examiné. L'évaluation fournie par l'analyse eudiométrique ne doit donc être acceptée que comme un contrôle du résultat donné par la baryte. Par conséquent, nous considérerons l'air confiné comme composé de :

(1)		I.	II.
Air.....		340,0	362
		<u>336,0</u>	<u>356</u>
CO ²		4,0	6
		<u>269,5</u>	<u>287</u>
		70,5	75
Oxygène.....		<u>66,5</u>	<u>69</u>

Acide carbonique.....	0,85	} 20,26
Oxygène.....	19,41	
Azote.....	79,74	
	<u>100,00</u>	

Ainsi, par l'influence du fumier, l'acide carbonique a été porté de 0,75 pour 100 à 0,86 pour 100. La totalité de l'effet de l'engrais était loin d'être produite, comme on s'en est assuré par une nouvelle observation.

Expérience n° 28.

Afin que le fumier ait le temps d'agir, nous avons laissé passer huit jours avant de faire une nouvelle observation dans le carré d'asperges. Le 3 octobre, par une pluie continue accompagnée d'un vent extrêmement fort, l'aspirateur a coulé depuis 6^h du matin jusqu'à 6^h du soir.

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1).....	4,797	6,2313
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,664 = ac. carbon..	0,075	0,1488
	<u>4,872</u>	<u>6,3801</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	1,54	2,33

L'air du ballon *d* renfermait (2) :

		Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique.....	1,79	»
Oxygène.....	18,75	19,09
Azote.....	79,46	80,91
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

(1) *Expér.* n° 28. — Air mesuré, 5^{lit},300. Température, 10°.

Baromètre.....	738,8
	mm
Colonne I.....	9,6
Colonne <i>a' a''</i>	6,6
Tension de la vapeur <i>t</i>	9,5
	<u>25,7</u>
Pression.....	713,1

(2)	Air.....	336
		<u>330</u>
	CO ²	6
		<u>267</u>
		69
	Oxygène.....	63

Prenant le dosage par la baryte :

Acide carbonique .....	..	1,54	} 20,34
Oxygène .....	..	18,80	
Azote .....	..	79,66	
		<u>100,00</u>	

Depuis l'observation du 22 septembre, la proportion d'acide carbonique avait doublé.

XIII. — AIR CONFINÉ DANS UN SOL ABONDANT EN HUMUS.

Expérience n° 13.

Dans une excavation pratiquée dans le jardin, on a déposé du bois pourri, du terreau ramassé dans les arbres décrépits de la forêt. En hiver, ce mélange a été arrosé plusieurs fois avec de l'eau de fumier. C'est dans cette sorte de compost que sont placés des *fuchsia* pendant la belle saison. L'épaisseur du terrain est de 40^{cm}, l'air a été pris à 35^{cm}.

Le 16 septembre, par un temps pluvieux, on a placé un appareil. L'écoulement a duré depuis 6^h du soir jusqu'au lendemain à la même heure :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m , 76 (1) ..	7,017	9,1151
Carbonate de baryte, 28 ^r , 337 = ac. carbon..	<u>0,265</u>	<u>0,5237</u>
	7,282	9,6388
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.....	3,64	5,43

(1) *Expér.* n° 13. — Air mesuré, 8^{lit},026. Température, 12°.

Baromètre.....	740,5
	mm
Colonne I.....	14,5
Colonne <i>a' a'</i>	21,7
Tension de la vapeur <i>t</i>	10,7
	<u>46,9</u>
Pression.....	693,6

L'air du ballon *d* a donné (1) :

	I.	II.	Moyenne.	Air sans l'ac. carb. »
Acide carbonique....	3,95	3,70	3,83	»
Oxygène....	16,45	16,40	16,43	17,07
Azote... ..	»	»	79,74	82,93
			<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Avec l'acide dosé par la baryte, on a :

Acide carbonique..	....	3,64	} 20,09
Oxygène ..	..	16,45	
Azote... ..	..	79,91	
		<u>100,00</u>	

Comme on devait le prévoir, l'air confiné dans un terrain extrêmement riche en humus contenait une très forte proportion de gaz acide carbonique, et il est hors de doute, d'après les résultats de l'analyse eudiométrique, qu'en pénétrant dans la terre où sont plantés les *fuchsia*, l'oxygène de l'atmosphère n'a pas seulement brûlé le carbone, mais aussi l'hydrogène de la matière organique dont le sol était presque entièrement formé.

XIV. — AIR CONFINÉ DANS UNE SOLE DE BETTERAVES.

Expérience n° 17.

Le champ qui avait été fumé en automne est situé dans la vallée de la Saüer. C'est une terre assez forte placée sur les débris du Müschelkalk. Le tube *bc* était enfoui depuis vingt-quatre heures à 40^{cm} de profondeur, entre quatre betteraves.

(1)	Air... ..	76,0	94,5
		<u>73,0</u>	<u>91,0</u>
	CO ²	3,0	3,5
		<u>60,5</u>	<u>75,5</u>
		15,5	19,0
	Oxygène.....	12,5	15,5

Le 22 septembre, de 9^h du matin à 5^h du soir :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1)	5,037	9,5431
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,388 = ac. carbon . .	0,044	0,0870
	<u>5,081</u>	<u>6,6301</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique....	0,87	1,31

Air reçu dans le ballon *d* (2) :

		Air sans l'ac. carb. »
Acide carbonique.. . . .	0,88	
Oxygène..	19,71	19,88
Azote	<u>79,41</u>	<u>80,12</u>
	100,00	100,00

Avec l'acide dosé par la baryte, on a :

Acide carbonique..	0,87	} 20,58
Oxygène	19,71	
Azote	<u>79,42</u>	
	100,00	

XV. — AIR CONFINÉ DANS LA TERRE D'UNE LUZERNIÈRE.

Expérience n° 21.

Le 25 septembre, dans cette luzernière établie depuis cinq ans sur un terrain voisin et analogue à celui du champ

(1) *Expér* n° 17. — Air mesuré, 5^{lit},470. Température, 13°
Baromètre..... 761,1

	mm	
Colonne I.....	10,0	
Colonne <i>a' a''</i>	6,6	
Tension de la vapeur <i>t</i>	11,4	28,0
		<u>733,1</u>
	Pression.....	

(2)

Air.....	340
	<u>337</u>
CO ²	3
	<u>270</u>
	70
Oxygène.....	67

de betteraves, un appareil a mesuré, de 8^h du matin à 4^h du soir :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m , 76 (1)... ..	8,140	10,5739
Carbonate de baryte, 08 ^r , 582 = ac. carbon..	0,066	0,1304
	<u>8,206</u>	<u>10,7043</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	0,80	1,22

L'air du ballon *d* était composé de (2) :

	I.	II.	Moyenne.	Air sans acide.
Acide carbonique....	1,18	0,95	1,06	»
Oxygène.....	20,06	20,00	20,03	20,21
Azote..	»	»	78,91	79,79
			<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Par le dosage par la baryte :

Acide carbonique	0,80	} 20,84
Oxygène	20,04	
Azote	79,16	
	<u>100,00</u>	

XVI. — AIR CONFINÉ DANS LA TERRE D'UN CHAMP DE TOPINAMBOURS.

Expérience n° 23.

Les topinambours n'avaient pas reçu de fumier depuis le printemps de l'année dernière. La terre est extrême-

(1) *Expér.* n° 21. — Air mesuré, 8^{lit}, 650. Température 16°.

Baromètre..... 754,1

mm

Colonne I.....	9,6	
Colonne <i>a' a''</i>	0,0	
Tension de la vapeur <i>t</i>	13,6	23,2

Pression..... 730,9

(2)	Air.....	339	316
		<u>335</u>	<u>313</u>
	CO ²	4	3
		<u>267</u>	<u>250</u>
		72	66
	Oxygène.....	68	63

ment forte ; l'argile y domine. La végétation avait une belle apparence. Le 29 septembre, de 10^h du matin à 5^h du soir, on a mesuré :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m , 76 (1).....	4,191	5,4441
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} , 248 = ac. carbon...	0,028	0,0556
	<u>4,219</u>	<u>5,4997</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.....	0,66	1,01

Air du ballon *d* (2) :

		Air sans ac. carbon.
Acide carbonique.....	0,72	»
Oxygène.....	19,97	20,12
Azote..	79,31	79,88
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>
Acide carbonique dosé par la baryte.	0,66	} 20,65
Oxygène	19,99	
Azote	79,35	
	<u>100,00</u>	

XVII. — AIR CONFINÉ DANS LA TERRE D'UNE PRAIRIE.

Expérience n° 22.

Le 26 septembre, par un beau temps, l'appareil a été établi dans une prairie située dans le fond de la vallée de la Saüer. A cause de la grande humidité du sol, le foin

(1) *Expér* n° 23. — Air mesuré, 4^{lit}, 750. Température 15°.

Baromètre.....	739,2
	mm
Colonne I.....	9,6
Colonne <i>a' a''</i>	9,6
Tension de la vapeur <i>t</i>	12,8
	<u>32,0</u>

Pression..... 707,2

(2) Air.....	348,0
	<u>345,5</u>
CO ²	2,5
	<u>276,0</u>
	72,0
Oxygène.....	69,5

récolté est de qualité inférieure, mais la terre est très fertile, comme on a eu l'occasion de s'en convaincre par un essai de culture de houblon. De 10^h du matin à 5^h du soir :

	En volume. lit	En poids. gr
Air : à 0°, pression 0 ^m ,76 (1).....	5,909	7,6758
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,954 = ac. carbon..	0,108	0,2138
	<u>0,617</u>	<u>7,8896</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	1,79	2,71

Air du ballon *d* (2) :

	I.	II.	Moyenne.	Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique....	1,86	2,29	2,07	»
Oxygène..	19,25	19,14	19,19	19,76
Azote.....	»	»	78,74	80,40
			<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Avec l'acide dosé par la baryte :

Acide carbonique..	..	1,79	} 21,20
Oxygène .....	.....	19,41	
Azote. ....	.....	78,80	
		<u>100,00</u>	(3)

(1) *Expér.* n° 22. — Air mesuré, 6^{lit},600. Température, 17°. Baromètre..... 752,5

	mm	
Colonne I.....	10,0	
Colonne <i>a' a''</i>	5,2	
Tension de la vapeur <i>t</i>	14,5	29,7
		<u>722,8</u>

	I.	II.
(2) Air.....	322	350
	316	342
	<u>6</u>	<u>8</u>
CO ²	254	275
	68	75
Oxygène.....	62	67

(3) Un thermomètre placé dans le sol d'un jardin, à 40^{cm} de profondeur, a marqué, durant le cours de nos expériences, de 15°,2 à 17°,2.

XVIII. — AIR CONFINÉ DANS LA TERRE D'UNE SERRE CHAUDE.

Expérience n° 33.

Nous avons établi un de nos appareils dans la serre des palmiers du Jardin des Plantes, pour rechercher si l'air de la terre des bâches contenait autant d'acide carbonique que celui que nous avons puisé dans le sol des champs. Toutefois, nous ferons observer qu'à part la température, les conditions ne sont pas favorables au développement de cet acide. En effet, la terre, dont l'épaisseur est de 2^m,50, n'a pas reçu d'engrais depuis dix ans; c'est un mélange de terre ordinaire et de terre de bruyère qu'on arrose fort rarement, afin d'activer le moins possible la végétation; autrement, les palmiers atteindraient bientôt des dimensions qui ne permettraient plus de les abriter dans la serre.

Le tube *bc* avait été enfoui à 40^{cm} dans le sol, vingt heures avant qu'on commençât l'expérience. Le 29 octobre, de 10^h du matin, au 30 octobre, à midi, on a mesuré :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0°, pression 0 ^m ,76 (1)....	6,908	8,9736
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,591 = ac. carbon...	0,067	0,1324
	<u>6,975</u>	<u>9,1060</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,97	1,45

Air recueilli dans le ballon *d* (2) :

(1) <i>Expér.</i> n° 33. — Air mesuré, 7 ^{lit} ,75. Température, 17°,4.		
	Baromètre.....	758,8
		mm
	Colonne I.....	9,2
	Colonne <i>a'a''</i>	14,0
	Tension de la vapeur <i>t</i>	14,8
		<u>38,0</u>
	Pression.....	720,8
		I. II.
(2) Air ..	211	213
	208	210
	<u>3</u>	<u>3</u>
CO ²	167	168
	<u>44</u>	<u>45</u>
Oxygène..	41	42

	I.	II.	Moyenne.	Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique....	1,42	1,41	1,41	»
Oxygène.....	19,43	19,72	19,58	19,85
Azote	»	»	79,01	80,15
			<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Avec l'acide dosé par la baryte :

Acide carbonique	0,97	} 20,63
Oxygène.....	19,66	
Azote	79,37	
	<u>100,00</u>	

Expérience n° 34.

Le 1^{er} novembre, une nouvelle observation, commencée à 3^h de l'après-midi, a été terminée le 3 novembre, à 10^h du matin. On a mesuré :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0°, pression 0 ^m ,76 (1).. . . .	10,709	13,9120
Carbonate de baryte, 0 ^{gr} ,946 = ac. carb....	0,107	0,2120
	<u>10,816</u>	<u>14,1240</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique..	0,99	1,50

Air recueilli dans le ballon *d* (2) :

(1) *Expér.* n° 34. — Air, 12^{lit.} Température, 19°,1.

Baromètre..... 758,7

	mm	
Colonne I.....	9,6	
Colonne <i>a' a''</i>	7,0	
Tension de la vapeur <i>t</i>	16,4	33,0

Pression..... 725,7

(2)	Air.....	210
		<u>207</u>
	CO ²	3
		<u>166</u>
		44
	Oxygène.....	41

Acide carbonique.....	1,43	
Oxygène.. .. .	19,52	déduction faite de l'acide
Azote.. .. .	79,05	carbonique 19,81.
	<u>100,00</u>	

Prenant l'acide dosé par le carbonate :

Acide carbonique	0,99	} 20,60
Oxygène	19,61	
Azote .. .	79,40	
	<u>100,00</u>	

Expérience n° 35.

Elle a été faite à la même place, le 5 novembre. La terre a été fortement arrosée le 3 et le 4 novembre, de manière à faire pénétrer l'humidité à la profondeur de 50^{cm} environ. Nous avons pensé qu'il y aurait de l'intérêt à examiner si, sous l'influence de l'eau, la proportion d'acide carbonique serait plus grande que dans les deux expériences antérieures, où la terre était très sèche. L'aspiration, commencée à 1^h 30^m, a cessé le 6 novembre, à 3^h 30^m du soir.

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0°, pression 0 ^m , 76 (1)....	13,579	17,6401
Carbonate de baryte, 1 ^{gr} , 364 = ac. carb..	0,154	0,3057
	<u>13,733</u>	<u>17,9458</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique...	1,12	1,70

(1) *Expér* n° 35. — Air mesuré, 15^{lit}, 05. Température, 19°, 5.

Baromètre.....	763,6	
	mm	
Colonne I.....	9,9	
Colonne <i>a'a''</i>	2,2	
Tension de la vapeur <i>t</i>	16,8	28,9
		<u>734,7</u>
Pression.....		

Air recueilli dans le ballon *d* (1) :

	I.	II.	Moyenne.	Air sans l'ac. carb.
Acide carbonique..	2,01	1,82	1,91	»
Oxygène.....	18,95	18,70	18,82	19,19
Azote	»	»	79,27	80,81
			<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Calculant la composition de l'air confiné en faisant intervenir l'acide carbonique dosé par la baryte, on a, en volume :

Acide carbonique..	..	..	1,12	} 20,09
Oxygène ..	..	.....	18,97	
Azote...	..	.....	<u>79,91</u>	
			<u>100,00</u>	

Expérience n° 36.

Le 11 novembre, une nouvelle observation, commencée à 10^h du matin, a été terminée le 12 novembre, à 1^h de l'après-midi. On a eu pour résultats :

	En volume. lit	En poids. gr
Air ramené à 0°, pression 0 ^m ,76 (2).....	7,348	9,5444
Carbonate de baryte, 0 ^{sr} ,788 = ac. carbon.	0,089	0,1766
	<u>7,437</u>	<u>7,7210</u>
Dans 100 parties d'air, acide carbonique.	1,20	1,82

(1)		I.	II.
Air.....		248	246,5
		<u>243</u>	<u>242,0</u>
CO ²		5	4,5
		<u>196</u>	<u>196,0</u>
		52	50,5
Oxygène.....		47	46,0

(2) *Expér.* n° 36. — Air mesuré, 8^{lit},25. Température, 16°.

Baromètre.....	753,2
	mm
Colonne I.....	9,9
Colonne <i>a' a''</i>	13,2
Tension de la vapeur <i>t.</i>	13,6
	<u>36,7</u>
Pression.....	716,5

Air recueilli dans le ballon *d* (1) :

Acide carbonique..	1,69	Air sans l'ac. carb.
Oxygène.	18,83	»
Azote.....	79,48	19,15
	<u>100,00</u>	<u>80,85</u>
		100,00

Établissant la composition en prenant l'acide carbonique dosé par la baryte, on a, en volume :

Acide carbonique..	1,20	} 20,21
Oxygène... ..	18,92	
Azote	79,88	
	<u>100,00</u>	

On voit par ces deux derniers résultats, que l'air confiné a contenu une proportion d'acide carbonique un peu plus forte après que la terre a été arrosée. Ainsi, par l'influence de l'humidité, l'acide carbonique a été porté de 0,98 à 1,16 pour 100.

XIX. Les analyses dont nous avons présenté les résultats, établissent de la manière la plus nette que l'air atmosphérique, en séjournant dans la terre végétale, modifie singulièrement sa composition. En effet, à l'état normal il renferme, en volume, 0,0004 d'acide carbonique, soit 4^{lit} par mètre cube, équivalant à 0^{gr},216 de carbone, si l'on suppose les gaz à la température de 0° et à la pression de 0^m,76. Dans le sol, l'air est constamment plus chargé d'acide carbonique; par exemple, la moyenne obtenue dans les cultures qui n'avaient pas été fumées depuis une année serait, par mètre cube, de 9^{lit}

(1)	Air.....	239
		<u>235</u>
	CO ²	4
		<u>190</u>
	Oxygène.....	49
		45

de gaz acide contenant près de 5^{gr} de carbone, c'est-à-dire 22 à 23 fois autant que l'air normal. Dans les sols récemment fumés, la différence a été bien plus grande encore, puisque l'air pris dans la terre d'un champ où le fumier était incorporé depuis neuf jours, renfermait 98^{lit} d'acide carbonique par mètre cube, soit 53^{gr} de carbone; environ 245 fois autant que dans l'air extérieur.

Le développement de cette quantité, relativement considérable, d'acide carbonique dans l'air atmosphérique engagé dans la terre végétale, provient évidemment, en grande partie, de la combustion lente du carbone des matières organiques, telles que l'humus, les débris de plantes, l'engrais. Cela semble si vrai, que, dans la plupart des cas, le volume du gaz acide carbonique développé représente, à peu de chose près, le volume du gaz oxygène qui a disparu.

Ainsi, d'après nos analyses, la somme de ces deux gaz dans 100 volumes de l'air pris dans le sol, a été :

Terre fumée depuis dix jours.. . . .	20,09
Terre fumée depuis seize jours	20,14
Culture de carottes.	20,43
Culture de vigne	20,78
Culture de forêt.	20,48
Sous-sol de la forêt.	20,45
Carré d'asperges non fumé	19,76
Carré d'asperges fumé	20,30
Terre très riche en humus	20,09
Culture de betteraves.	20,58
Luzernière.	20,84
Champ de topinambours.	20,65
Ancienne prairie.	21,20
Serre de palmiers	20,36
Sable fumé	20,66

Dans 100 parties, en volume, d'air atmosphérique, il y a 20,9 d'oxygène; et, bien que la somme des volumes de l'acide carbonique et de l'oxygène de l'air qui a séjourné

dans le sol approche beaucoup de ce nombre, la différence qu'on a observée, toute faible qu'elle est, s'est présentée avec une telle constance, que nous n'hésitons pas à croire qu'une partie de l'oxygène est employée à brûler de l'hydrogène appartenant à la matière organique disséminée dans la terre végétale.

XX. La connaissance de la proportion d'acide carbonique contenue dans l'air confiné du sol ne suffit plus lorsqu'on cherche à apprécier la quantité du même acide que la combustion lente de l'humus ou des engrais met à la disposition des plantes. Pour arriver à une approximation tant soit peu exacte de cette quantité, il fallait savoir ce qu'il y avait d'air dans une étendue donnée de terrain. Pour déterminer le volume de gaz enfermé dans la terre végétale, nous nous sommes servis d'un vase cylindrique en bois, d'une capacité de 34^{lit}, et de 35^{cm} de profondeur.

Nous remplissions ce vase avec de la terre jusqu'à ce qu'il fût comble, puis, avec une règle, nous nivelions la surface. Ensuite nous ajoutions peu à peu de l'eau jusqu'à ce que ce liquide fût sur le point de déborder, l'ouverture étant maintenue, à l'aide de cales, dans un plan horizontal. On favorisait la sortie du gaz en remuant avec une tige de fer. Le volume d'eau introduit représentait nécessairement le volume d'air déplacé. L'opération est d'une exécution rapide, et la difficulté n'est pas dans la détermination du volume d'air, mais bien dans le degré de tassement que l'on doit donner aux 34^{lit} de terre; car on conçoit que, suivant que la compression aura été plus ou moins forte, on obtiendra des volumes d'air très différents. On en jugera par les essais suivants :

On a tassé du sable humide en laissant tomber deux fois sur le sol le vase soulevé à 2^{dm}; on expulsa des 34^{lit} de sable :

		lit
Dans un premier essai, air	..	10,8
Dans un second essai, air	...	10,9

Ainsi tassé, le sable humide, autant qu'on pouvait en juger par le tact, par l'aspect, avait la consistance que possède la terre arable légère quelques mois après les labours. Le même sable ayant été fortement tassé en le comprimant avec le pied, à mesure qu'on le mettait dans le vase, on n'a plus retiré que 3^{lit} d'air.

Il y a dans le tassement de la terre mise dans le vase jaugé un arbitraire fâcheux que nous nous empressons de signaler, tout en regrettant de ne pas l'avoir fait disparaître; nous croyons toutefois pouvoir assurer que, dans nos essais, la terre a toujours été plus fortement tassée qu'elle ne l'est dans les champs, de sorte que l'estimation du volume d'air que nous avons déduite de nos expériences est plutôt trop faible que trop forte. Voici les résultats que nous avons obtenus :

TERRES.	AIR CONFINÉ	
	Dans 34 litres.	Dans 1 mètre cube de terre végétale.
	lit	lit
Terre légère récemment fumée.....	8,0	235,3
Terre d'un champ de carottes.....	7,9	232,4
Terre d'une vigne, sol sablonneux.....	9,6	282,4
Terre de la forêt; sol sablonneux, fortement tassé.....	4,0	117,6
Loam, sous-sol de la forêt, fortement tassé.	2,4	70,6
Sable, sous-sol de la forêt, fortement tassé.	3,0	88,2
Terre d'un carré d'asperges; sol sablonneux.	7,6	223,5
Sol très riche en humus.....	14,3	420,6
Terre d'un champ de betteraves, assez argileuse.....	8,0	235,3
Terre d'une luzernière, argileuse et calcaire.	7,5	220,6
Terre d'un champ de topinambours, très argileuse.....	7,0	205,9
Terre d'une prairie, argileuse, comprimée..	5,5	161,8
Terre d'une serre du Jardin des Plantes....	12,3	361,8

L'épaisseur de la couche de terre végétale, dans les champs auxquels nos recherches se rapportent, varie de 30^{cm} à 40^{cm}. Nous adoptons 35^{cm} pour l'épaisseur moyenne; pour faciliter les comparaisons, nous appliquerons cette même profondeur au loam et au sable sous-sols de la forêt, quoique ces alluvions aient une puissance qui atteint quelquefois plusieurs mètres. On a par conséquent, pour la terre d'un hectare, 3500^{mc}, dans lesquels les résultats des analyses indiquent les quantités suivantes d'acide carbonique.

NUMÉROS des expériences.	TERRES.	ACIDE CARBONIQUE. dans 100 parties d'air confiné.		AIR confiné dans 1 hectare de terre.	ACIDE carboniq. de l'air confiné dans 1 hectare de terre.
		En volume.	En poids		
1 et 2	Terre récemment fumée...	2,21	3,33	mc. 824	mc. 18
8	Terre récemment fumée...	9,74	14,13	824	80
3 et 15	Champ de carottes.....	0,98	1,49	813	8
5 et 6	Vigne	0,96	1,46	988	10
11 et 12	Forêt de Goersdorff.....	0,86	1,30	412	4
16, 29 et 31	Loam, sous-sol de la forêt.	0,82	1,24	247	2
30 et 32	Sable, sous-sol de la forêt.	0,24	0,38	309	1
18 et 25	Asperges, anciennem. fum.	0,79	1,22	782	6
8	Asperges, récemm. fumées.	1,54	2,33	782	12
13	Sol très riche en humus...	3,64	5,43	1472	54
17	Champ de betteraves.....	0,87	1,31	824	7
21	Champ de luzerne.....	0,80	1,22	772	6
23	Champ de topinambours ..	0,66	1,01	721	5
22	Prairie.....	1,79	2,71	566	10

Il ressort de ces recherches que l'air enfermé dans 1 hectare de terre arable fumée depuis près d'une année, contient à peu près autant d'acide carbonique qu'il s'en trouve dans 18 000^{mc} d'air atmosphérique; et que dans

l'air de 1 hectare de terre arable récemment fumée, l'acide carbonique, dans certaines circonstances, représente celui qui est contenu dans 200 000^{mc} d'air normal; elles constatent, en outre, que dans le loam sous-sol de la forêt, en prenant l'épaisseur de 35^{cm} adoptée pour la terre arable, l'air confiné contient autant d'acide carbonique qu'il y en a dans 500^{mc} d'air pris dans l'atmosphère. Si l'on considère que cette alluvion atteint quelquefois une puissance de plusieurs mètres, on doit croire que cette notable proportion d'acide carbonique ajoute aux qualités qui, d'après un très habile observateur, M. E. Chevandier, ont fait placer le loam parmi les meilleurs terrains forestiers des Vosges et du grand-duché de Bade.

La présence de l'acide carbonique dans une couche sous-adjacente à la terre végétale mérite certainement de devenir l'objet d'une étude particulière; car, quelle que soit son origine, le gaz acide carbonique ne peut manquer d'exercer une certaine influence sur la fertilité du sol.

SUR LES PROPRIÉTÉS ABSORBANTES

DE LA TERRE ARABLE,

PAR M. FRÉDÉRIC BRUSTLEIN.

En 1848, MM. Huxtable et Thompson découvrirent dans la terre arable une propriété nouvelle, celle de fixer certains éléments des engrais. M. Huxtable, en filtrant du purin sur de la terre, obtint un liquide incolore dépourvu de toute mauvaise odeur. A la même époque, M. H.-S. Thompson reconnut à la terre la curieuse faculté de retenir à l'état insoluble l'alcali d'une dissolution ammoniacale et même de solutions où la base ne se trouvait pas à l'état libre, mais engagée dans des combinaisons telles que le chlorhydrate, le sulfate et le nitrate d'ammoniaque. M. Th. Way (¹), ayant eu connaissance de ces résultats remarquables, entreprit une longue série de recherches dans le but de déterminer la cause et les conditions de cette absorption; il trouva que la propriété absorbante des terres n'est pas limitée à l'ammoniaque seulement, mais qu'elle s'étend à toutes les bases alcalines et terreuses indispensables au développement d'un végétal, telles que la potasse, la soude, la magnésie et la chaux, libres ou engagées dans des combinaisons salines.

Après des expériences nombreuses, répétées dans le but de déterminer si la propriété de retenir les éléments des engrais existe réellement dans le sol arable, M. Way

(¹) *Journal de la Société royale d'Agriculture de Londres*, t. IX (1850).

chercha à exprimer par des nombres la valeur de cette absorption. Pour cela il fit digérer un poids connu de terre avec une solution titrée du composé sur lequel il voulait opérer : la différence de la composition du liquide, avant et après son contact avec la terre arable, indiquait ce qui avait été absorbé.

En opérant de cette manière, M. Way a trouvé que 1^{kg} de terre ou d'argile pouvait absorber, d'une dissolution contenant par litre 3^{gr}, 173 d'ammoniaque, libre ou combinée à un acide, des quantités d'alcali identiques pour une même terre, mais variant pour les différentes espèces de sol ou d'argile, de 1^{gr}, 57 à 3^{gr}, 921. Ces chiffres n'ont rien d'absolu; ils sont modifiés par le degré de concentration de la liqueur employée et les proportions dans lesquelles elle a été prise relativement à la terre.

L'absorption se fait avec une grande rapidité; elle est aussi complète au bout d'une demi-heure qu'après un contact prolongé pendant quinze heures; si elle a lieu dans une dissolution d'un sel ammoniacal, le sel est décomposé, la base seule est fixée, tandis que l'acide se trouve éliminé en totalité à l'état de sel calcaire dans le liquide décanté.

Quelle est la cause de ce phénomène? Tient-il à la présence de la chaux, à celle des matières organiques, ou est-il dû à l'alumine libre qui peut exister dans le sol? M. Way ne l'admet pas, car une addition de carbonate de chaux à une argile exempte de cette base à l'état carbonaté, mais renfermant néanmoins l'élément calcaire en faible proportion, n'a pas donné lieu à une absorption d'ammoniaque plus considérable; d'un autre côté, la calcination de l'argile n'a pas pu détruire en entier l'action décomposante et absorbante exercée par cette terre sur les sels et les bases; enfin le traitement par l'acide chlorhydrique, tout en opérant la dissolution de l'alumine, diminue, mais

n'anéantit pas la faculté décomposante et absorbante de l'argile.

La rapidité avec laquelle s'opère l'absorption des bases par la terre a fait supposer à M. Way qu'il devait se former une combinaison chimique; dans ce cas, l'absorption d'un autre alcali que l'ammoniaque devait se faire dans le rapport du poids des équivalents. En opérant avec un sel de potasse, 1^{kg} de terre a retenu 4^{gr},366 de potasse; l'absorption a donc effectivement été plus considérable, sans cependant atteindre, à beaucoup près, ce qu'elle aurait dû être si l'hypothèse s'était vérifiée, quoique dans la liqueur employée la substitution de la potasse à l'ammoniaque ait été faite dans le rapport indiqué par les équivalents, c'est-à-dire que 1^{lit} renfermait 8^{gr},255 de potasse (1).

(1) M. Way resta néanmoins convaincu qu'il se formait une véritable combinaison chimique avec un silicate double particulier existant dans le sol en proportion très faible et variable.

Dans un travail postérieur *, M. Way pense avoir obtenu artificiellement ce composé, en précipitant un sel d'alumine par un silicate alcalin soluble, le silicate de soude. Il se forme ainsi un silicate double d'alumine et de soude à plusieurs équivalents d'eau, dont la composition à l'état sec correspond à

Silice.....	52,41
Alumine.....	29,68
Soude.....	17,91
	<hr/>
	100,00

et dans lequel l'alcali peut être déplacé en totalité par la chaux pour former un sel composé de:

Silice.....	53,33
Alumine.....	30,21
Soude.....	16,46
	<hr/>
	100,00

Cette chaux est elle-même déplacée par la potasse et il se forme le silicate dont la composition est celle-ci :

Silice.....	47,97
Alumine.....	27,17
Potasse.....	24,86
	<hr/>
	100,00

Dans ce dernier sel enfin, l'ammoniaque se substitue à la potasse et

Journal de la Société royale d'Agriculture de Londres, t. XIII, p. 123.

Ici, comme avec l'ammoniaque, les liqueurs plus concentrées donnent lieu à une absorption plus considérable, et quand le sel a été remplacé par une dissolution de potasse caustique, 1^{kg} de terre a retenu 11^{gr},71 d'alcali : cette absorption a été augmentée encore quand la terre avait préalablement été mise à bouillir avec un acide.

Comme il était aisé de le prévoir, les sels de chaux en dissolution ne subissent aucune modification quand on les fait filtrer à travers la terre; mais de l'eau de chaux, suivant les proportions employées, abandonne dans les mêmes circonstances une quantité d'alcali qui varie pour 1^{kg} de terre de 2^{gr},31 à 14^{gr},68.

Si, au contraire, la chaux est à l'état de carbonate dissous dans une eau chargée d'acide carbonique, l'absorption se réduit à 0^{gr},72 de carbonate de chaux pour 1^{kg} de terre.

Les sels de soude et de magnésie subissent dans le sol une transformation analogue à celle des autres composés alcalins; mais l'action est beaucoup moins prononcée et n'a pas donné lieu à des déterminations numériques.

Les bases étant retenues par le sol, les acides, comme l'acide phosphorique, qui forment avec la chaux des com-

donne lieu à une combinaison dont la composition théorique serait :

Silice.....	53,96
Alumine.....	30,37
Ammoniaque.....	15,47
	<hr/>
	100,00

L'ordre de déplacement inverse ne saurait avoir lieu tant qu'on emploie les différentes bases à l'état de sel.

Dans ces composés, la solubilité des alcalis est la suivante :

	Dans 1 ^{lit} d'eau distillée.
	gr
Soude	0,048
Chaux	Légèrement soluble.
Potasse	0,032
Ammoniaque.....	0,014
Ammoniaque saturée d'acide carbonique....	0,036
Ammoniaque contenant 1,9790 de sel marin.	0,330

posés insolubles, doivent l'être de même; ces prévisions ont été confirmées par deux expériences de M. Way : dans l'une, de l'eau de rouissage du lin a été mise en digestion avec le sol; et dans l'autre, de l'eau d'égout a été filtrée à travers une couche de terre; le sol a précisément retenu en totalité les substances les plus utiles à la végétation, telles que les matières organiques en général ou les matières azotées seulement, l'acide phosphorique, la potasse et la magnésie, tandis que les autres n'ont subi qu'une absorption partielle ou ont été retrouvées en plus forte proportion dans l'eau filtrée.

M. Way a été conduit par ses expériences aux conclusions suivantes. D'abord, que les plantes n'absorbent pas les engrais d'une dissolution; que la forme sous laquelle les matières minérales et les sels ammoniacaux sont appliqués est indifférente, car le sol possède la propriété de les ramener à un état spécial, sous lequel ces substances sont présentées aux plantes, circonstance précieuse pour l'agriculteur qui cherche à introduire un alcali comme engrais dans le sol. Le sel qui fournira cet alcali au plus bas prix sera donc celui auquel il faudra donner la préférence.

M. Way a reconnu que l'argile possède aussi des propriétés antiseptiques; car de l'urine, agitée ou filtrée sur de l'argile, n'a pas subi la fermentation putride; ce qui pourrait faire croire, en se fondant sur l'efficacité du parcage des moutons, que les plantes ont la propriété d'assimiler des substances azotées autres que l'ammoniaque et l'acide nitrique.

Enfin, M. Way pense qu'il faut répandre les engrais artificiels le plus régulièrement possible, afin d'avoir partout une végétation uniforme, car la capillarité serait impropre à disséminer les substances fertilisantes par voie de diffusion, à cause de leur insolubilité; cette même cause permettrait d'appliquer une forte fumure, sans

qu'il y ait à craindre les pertes par les eaux de drainage, car une bonne terre peut retenir, sans déperdition, soixante fois autant de principes fertilisants qu'on en introduit avec l'engrais.

MM. W. Hennberg et F. Stohmann (1), en répétant les expériences de M. Way, dans le but de déterminer les meilleures conditions dans lesquelles il fallait opérer pour fixer le pouvoir absorbant d'une terre, ont trouvé comme lui une absorption parfaitement identique, qu'elle s'opérât au milieu d'une solution d'ammoniacque ou d'un sel ammoniacal, pourvu que la teneur en alcali fût la même; ils ont confirmé en outre l'observation faite par le savant anglais que l'absorption diminuait avec la force de la solution ammoniacale employée, et qu'elle était modifiée selon les proportions relatives de dissolution et de terre.

MM. Henneberg et Stohmann ont trouvé des nombres présentant une telle régularité, qu'ils ont permis à M. Boedecker d'établir des formules algébriques propres à déterminer, étant données la force de la dissolution et les quantités de terre et de liquide employées, quelle serait la valeur de l'absorption.

M. Liebig (2) reprit les travaux de M. Way, et, s'attachant exclusivement à l'étude des terres arables, reconnut que tous les sols possédaient, à très peu de chose près, le même pouvoir absorbant; qu'ils soient riches ou pauvres en carbonate de chaux ou en alumine, il constata comme M. Way que cette propriété ne se manifeste pas avec la même intensité sur toutes les bases; ainsi en filtrant du purin, la potasse a été retenue avec plus d'énergie que la soude, car :

(1) *Journal für Landswuthschaft*; janvier 1859.

(2) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CV, p. 109.

	125 ^{cc} de purin contenant avant la filtration :	Ne contenaient plus après la filtration que
	gr	gr
Potasse .	0,0867	0,0056
Soude . . .	0,0168	0,0118

tandis que la totalité de l'ammoniaque avait été retenue.

Le silicate de potasse alcalin se comporte avec la terre comme les autres sels de potasse : la base est absorbée, en même temps une grande partie de la silice est retenue. Tandis que l'absorption pour les différentes terres ne varie pas beaucoup, celle de la silice paraît être en raison inverse des substances organiques existant dans le sol, substances à réaction généralement acide qui, en saturant en grande partie les bases terreuses, telles que la chaux et la magnésie, présentent un obstacle à la fixation de la silice.

La dissolution de silicate de potasse employée contenait par litre :

Potasse	gr 1,166
Silice	2,780

L'absorption pour 1000^{cc} de terre a été pour la

	Potasse. gr	Silice. gr
Terre d'une forêt.	0,951	0,015
Terre d'un jardin.	1,055	1,081
Terre de Bogenhausen.	1,148	2,007
Terre de Hongrie.	1,152	2,644

La terre de forêt, riche en débris organiques, mêlée avec un lait de chaux jusqu'à réaction alcaline, puis séchée, a absorbé :

Potasse	gr 0,987
Silice.	3,169

M. Liebig pense que cette absorption est due en partie à l'action chimique des silicates et de l'hydrate d'alumine

sur le silicate de potasse et qu'elle dépend, d'un autre côté, de l'état physique du sol.

Le phosphate de chaux dissous à la faveur de l'acide carbonique est totalement retenu par le sol; il en est de même du phosphate ammoniaco-magnésien : une seule terre, celle de Tchernosem, a fait exception pour les phosphates, et M. Liebig a trouvé qu'elle en était saturée.

En présence de ces faits, et considérant la faible proportion de substances minérales dissoutes par les eaux de drainage, d'après les analyses de M. Way et de M. Krockner, M. Liebig arrive aux mêmes conclusions que M. Way, c'est-à-dire que les engrais sont présentés aux plantes sous une forme spéciale, et que, en raison de l'insolubilité des nouveaux composés formés, il doit exister dans les racines une force spéciale, qui leur permet de choisir et de s'assimiler les substances qu'elles ne peuvent plus puiser dans une dissolution.

Cependant M. Liebig pense que les plantes aquatiques, telles que la lentille d'eau (*Lemna trisulca*), dont les racines nagent dans l'eau sans communication directe avec le sol, sont soumises à d'autres lois et absorbent leurs aliments à l'état de dissolution. L'analyse a prouvé qu'il pouvait en être ainsi, car l'eau dans laquelle ces plantes se développent contient en dissolution toutes les matières minérales que l'on retrouve dans leurs cendres. Ainsi, 1^{lit} d'eau contenait 0^{gr},415 de matière minérale.

Cent parties sèches, de la lentille d'eau qui s'y était développée, donnaient 16,6 de cendres, dont la composition ne correspondait pas à celle de la substance minérale contenue dans l'eau.

DÉSIGNATION	COMPOSITION des cendres de la lentille d'eau pour 100.	COMPOSITION de la matière minérale en dissolution dans l'eau pour 100.
Chaux.....	16,820	35,000
Magnésie.....	6,080	12,264
Sel marin.....	5,897	10,100
Chlorure de potassium.....	1,450	»
Potasse.....	13,160	3,970
Soude.....	»	0,471
Sesquioxyde de fer et alumine. .	7,360	0,721
Acide phosphorique.....	8,730	2,619
Acide sulfurique.....	6,090	8,271
Silice.....	12,350	3,240

M. Liebig a reconnu par l'analyse que ces matières pouvaient se trouver en dissolution, car la terre déposée dans l'eau s'en trouvait saturée; ce qui explique la fertilité du limon retiré des étangs, fertilité bien connue de tous ceux qui ont eu de pareilles terres à leur disposition (1).

L'alimentation des plantes ne serait donc pas aussi simple que les physiologistes et les agriculteurs l'ont pensé, et elle ne se ferait pas de la même manière pour toutes les espèces. L'importance de ces résultats au point de vue agricole, et l'intérêt que présente l'étude de la propriété absorbante particulière au sol, étaient donc assez grands pour déterminer à répéter et à étendre ces expériences. M. Boussingault me chargea de ce travail, que j'ai exécuté dans son laboratoire au Conservatoire des Arts et Métiers.

La rapidité et la rigoureuse exactitude avec laquelle on dose l'ammoniaque à l'aide de l'appareil imaginé par

(1) Quand elles ont été employées après une exposition à l'air assez prolongée.

M. Boussingault, l'importance de cet alcali comme agent fertilisant, enfin l'identité de ses réactions et celles des autres bases dans le sol, ont déterminé à faire les expériences exclusivement avec l'ammoniaque.

Les terres, au nombre de trois, dont on a fait usage, possédaient des caractères physiques très différents.

La première, prise à Bechelbronn, dans une sole de topinambours, est une argile ténue, compacte, assez riche en carbonate de chaux, pouvant retenir une forte quantité d'eau et acquérant par la dessiccation une grande dureté.

La seconde, provenant de Mittelhausbergen, est le lehm des coteaux et des champs si fertiles des environs de Strasbourg; très riche en carbonate de chaux, elle offre peu de plasticité : sa constitution du reste est très homogène.

Enfin, la troisième est la terre du potager du Liebfrauenberg, formée de sable quartzeux très riche en débris organiques, restes d'anciennes et de fortes fumures.

Une condition essentielle, pour avoir des résultats comparables, étant d'opérer dans les mêmes circonstances, on introduisait 50^{gr} de terre avec 100^{cc} de la dissolution ammoniacale dans un flacon qu'on bouchait rapidement pour agiter. Quand la terre était déposée, on enlevait avec une pipette graduée 50^{cc} du liquide éclairci pour y doser l'ammoniaque, dans l'appareil de M. Boussingault, en ayant la précaution de recueillir les produits de la distillation dans de l'acide titré. On connaissait donc ainsi l'ammoniaque restée en dissolution, et, par suite, celle que la terre avait prise.

Quoique l'on ait eu soin d'opérer dans des conditions identiques, il y a eu pour la même terre, avec des liqueurs d'une force égale, des divergences s'élevant de 10 à 15 pour 100 dans la quantité d'ammoniaque absorbée. Les résultats réunis dans ce tableau sont les moyennes d'un grand nombre d'expériences.

TERRES.	AMMONIAQUE dans 100 ^{cc} de la dissolution.	AMMONIAQUE absorbée par 50 gr. de terre.
	gr	gr
Terre de Bechelbronn.....	0,355	0,056
Id.....	0,117	0,032
Id.....	0,029	0,014
Terre du Liebfrauenberg.....	0,355	0,035
Id.....	0,117	0,026
Id.....	0,059	0,019
Id.....	0,029	0,011
Terre de Mittelhausbergen.....	0,355	0,024
Id.....	0,117	0,017
Id.....	0,029	0,008

Ces nombres n'ont rien d'absolu, ils sont principalement modifiés par la force de la dissolution; ils varient même avec le temps, car un contact prolongé détermine une légère augmentation dans la quantité d'ammoniaque absorbée.

TERRES.	AMMONIAQUE dans 100 ^{cc} de dissolution.	AMMONIAQUE absorbée par 50 gr. de terre après 4 heures.	AMMONIAQUE absorbée par 50 gr. de terre après 24 heures.	DIFFÉRENCES.
	gr	gr	gr	gr
Terre de Bechelbronn.....	0,355	0,048	0,059	0,011
Id.....	0,117	0,030	0,035	0,005
Terre du Liebfrauenberg ..	0,117	0,024	0,029	0,005
Terre de Mittelhausbergen.	0,117	0,015	0,018	0,003

Ces résultats sont loin de faire naître l'idée d'une combinaison chimique en proportions déterminées; les expériences, répétées sur un sel ammoniacal, paraissent plus favorables à cette opinion, car l'absorption, pour une

même terre, dans des conditions identiques, présente en effet une assez grande régularité; mais sitôt que la force de la dissolution varie, l'absorption n'est plus la même, elle ne subit pas, comme avec l'ammoniaque, de changement notable après un contact prolongé, mais elle est toujours plus élevée.

TERRES.	AMMONIAQUE dans 100 ^{cc} de dissolution de chlorhydrate.	AMMONIAQUE absorbée par 50 ^{gr} de terre.
	gr	gr
Terre de Bechelbronn	0,379	0,090
Id.....	0,038	0,020
Terre du Liebfrauenberg	0,379	0,043
Id.....	0,038	0,010
Terre de Mittelhausbergen	0,379	0,055
Id.....	0,038	0,018

Comme M. Way l'a annoncé, la base seule est absorbée, tandis que l'acide reste en totalité en dissolution associée en général à la chaux; je me suis assuré que la décomposition s'arrête strictement à la quantité de sel correspondant à l'ammoniaque fixée, et la dissolution, neutre avant la réaction, reste, après son contact avec le sol, sans action sur les réactifs colorés.

Ces expériences me persuadèrent du caractère purement physique de la faculté absorbante particulière au sol, il ne restait qu'à trouver une substance qui, tout en n'ayant pas la composition complexe de la terre arable, possédât néanmoins cette curieuse propriété.

Ce qui s'était passé avec la terre du Liebfrauenberg, presque totalement exempte de composés alumineux, me fit penser que la matière organique (l'humus) pourrait bien jouer un rôle actif dans l'absorption de l'ammo-

niaque. Le premier essai a été fait sur du terreau retiré d'un chêne creux de la forêt de Gœrsdorf; 50^{gr} furent introduits dans 100^{cc} d'une dissolution contenant 0^{gr},355 d'ammoniaque libre; au bout d'une heure toute odeur ammoniacale avait disparu, le terreau avait beaucoup augmenté en volume, de façon à rendre la décantation impossible; la disparition de l'odeur pouvant être attribuée à la formation de l'humate d'ammoniaque, je recommençai de nouvelles expériences dans lesquelles je me trouvai obligé de changer les proportions relatives d'humus et de solution alcaline.

20^{gr} d'humus, introduits dans 100^{cc} d'une dissolution renfermant 0^{gr},117 d'ammoniaque, en fixèrent en deux heures 0^{gr},077 à l'état insoluble.

10^{gr} du même humus, introduits dans 100^{cc} d'une dissolution renfermant 0^{gr},355 d'ammoniaque, en fixèrent 0^{gr},125 en deux heures.

Enfin,

10^{gr}, introduits dans 200^{cc} d'une dissolution renfermant 0^{gr},352 d'ammoniaque, en fixèrent en vingt heures 0^{gr},127.

Le terreau se comporte donc, dans ce cas, exactement comme la terre arable; il en est de même de la tourbe, qui possède avec l'humus une assez grande analogie.

25^{gr} de tourbe, laissés pendant quelques heures en digestion dans 100^{cc} d'eau contenant 0^{gr},355 d'ammoniaque, en ont fixé 0^{gr},177.

Rien ne prouve mieux, dans ces phénomènes, l'indifférence de la nature chimique du corps absorbant, que l'influence du noir animal sur une dissolution ammoniacale.

50^{gr} de noir en grain, dans 100^{cc} de dissolution contenant 0^{gr},352 d'ammoniaque, en ont absorbé 0^{gr},014.

50^{gr} du même noir, calciné au-dessous du rouge, et placés dans les mêmes conditions, ont retenu 0^{gr},026 d'ammoniaque.

Enfin,

20^{gr} de noir lavé à l'acide et calciné, représentant 56^{gr} de noir en grain avant le traitement, ont absorbé, dans 100^{cc} de dissolution renfermant 0^{gr},473 d'ammoniaque, 0^{gr},093 d'alcali;

Quantité trois fois aussi forte (en tenant compte de la force de la dissolution) que celle absorbée par le même poids de charbon uni à l'élément calcaire.

Ces matières, tout en possédant pour l'ammoniaque en dissolution dans l'eau un pouvoir absorbant en général supérieur à celui de la terre arable, restent parfaitement inertes quand elles sont introduites dans la dissolution d'un sel ammoniacal. Le terreau et la tourbe n'absorbent pas, dans ce cas, une trace d'ammoniaque; le noir en grain, en raison de son alcalinité, dont on ne peut le priver, même par des lavages à l'eau excessivement prolongés, met de l'ammoniaque en liberté; enfin, 20^{gr} de noir, lavé à l'acide et venant d'être fortement calcinés, introduits dans 100^{cc} d'une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque renfermant 0^{gr},382 de base, ont fixé 0^{gr},009 d'ammoniaque, le dosage du chlore prouva immédiatement que l'absorption avait porté sur du sel en nature.

Il ne s'est donc manifesté ici aucune des réactions qui se produisent quand la dissolution est mise en contact avec la terre arable; je n'hésitai pas à attribuer cette inaction à l'absence de carbonates, principalement à celle du carbonate de chaux, qu'on rencontre le plus fréquemment dans les sols cultivés. L'expérience, du reste, ne laisse aucun doute à cet égard.

50^{gr} de terre de Bechelbronn ont été traités par l'acide chlorhydrique étendu, lavés à grande eau et séchés. La terre ainsi préparée, exempte de carbonates, a conservé intacte la propriété d'absorber l'ammoniaque à l'état libre dans une dissolution; introduite dans 100^{cc} de dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque, contenant 0^{gr},375 de

base, elle n'a pas donné lieu à la moindre absorption d'alcali.

L'inertie de cette terre pouvait provenir de la destruction d'un composé alumineux ou autre, analogue aux silicates dont M. Way admet l'existence dans le sol et dont la fonction spéciale serait d'opérer la décomposition des sels alcalins; il restait donc à déterminer si l'incorporation du carbonate de chaux rendrait au sol la propriété que son élimination lui avait fait perdre.

Pour cela il ne suffisait pas d'y mêler de la craie en poudre fine, on a donc préparé, au moyen d'une eau de chaux très pure, une dissolution de carbonate de chaux dans l'acide carbonique. La terre, lavée à l'acide, fut introduite dans 1^{lit} de ce liquide qu'on porta à l'ébullition en agitant constamment, afin de précipiter sur chaque particule terreuse une faible quantité de carbonate calcaire dans un état de division chimique.

Ainsi préparée et séchée, réduite à 45^{gr}, la terre a été agitée avec 100^{cc} de dissolution de chlorhydrate renfermant 0^{gr},354 de base, le résultat a été le suivant :

Ammoniaque dans 100 ^{cc} avant la digestion avec la terre..... .. .	0 ^{gr} ,354
Ammoniaque dans 100 ^{cc} après la digestion avec la terre	0 ^{gr} ,311
Ammoniaque absorbée par 45 ^{gr} de terre.....	0 ^{gr} ,043

La solution précipitait abondamment par l'oxalate d'ammoniaque.

On incorpora de même du carbonate de chaux à 20^{gr} de noir animal lavé à l'acide et calciné; ce noir, introduit dans la solution du chlorhydrate, a donné pour résultat :

Ammoniaque dans 100 ^{cc} avant le contact avec le noir	0 ^{gr} ,354
Ammoniaque dans 100 ^{cc} après le contact avec le noir..... .. .	0 ^{gr} ,325
Ammoniaque absorbée par 20 ^{gr} de noir.	0 ^{gr} ,029

Il est donc hors de doute que l'absorption de l'ammoniaque par le sol tient essentiellement à la constitution physique de la terre arable et que la décomposition d'un sel ammoniacal, provoquée par les propriétés absorbantes du sol, est rendue possible par la présence du carbonate de chaux ou de magnésie dans un état de division extrême.

J'ai réuni dans ce tableau, rapportés à 1^{kg} de terre, les résultats des expériences sur l'absorption de l'ammoniaque en dissolution par les diverses substances :

DÉSIGNATION.	UN KILOGRAMME DE TERRE ABSORBE D'UNE DISSOLUTION DONNÉE EN QUANTITÉ SUFFISANTE ET CONTENANT PAR LITRE :				
	3 ^{sr} ,556 d'am- moniaque libre.	1 ^{sr} ,173 d'am- moniaque libre.	0 ^{sr} ,295 d'am- moniaque libre.	3 ^{sr} ,794 d'am- moniaque à l'état de chlor- hydrate.	0 ^{sr} ,31 d'am- moniaque à l'état de chlor- hydrate
	gr	gr	gr	gr	gr
Terre de Bechelbronn.....	1,119	0,644	0,283	1,806	0,401
Terre du Liebfrauenberg.....	0,712	0,537	0,231	0,863	0,200
Terre de Mittelhausbergen.....	0,483	0,339	0,165	1,009	0,361
Terreau de chêne.....	12,591	3,853	»	0,000	»
Tourbe.....	7,082	»	»	0,000	»
Noir animal en grain.....	0,364	»	»	»	»
Noir animal lavé.....	3,720*	»	»	0,450	»
Noir animal lavé auquel on a incorporé du carbonate de chaux.....	»	»	»	1,440	»
Terre de Bechelbronn, traitée par un acide.....	1,059	»	»	0,000	»
La même, à laquelle on a incor- poré du carbonate de chaux.		»	»	0,955	»

La dissolution renfermait 4^{sr},730 d'ammoniaque par litre.

Il est bien constaté que le liquide dans lequel l'absorption s'est opérée a perdu une partie de son ammoniaque ; cet alcali a-t-il dans ce cas subi une simple absorption, ou bien a-t-il été modifié, transformé en partie en un autre composé azoté sous l'influence du corps absorbant ? La réaction qui se passe avec les sels de soude et de potasse était de nature à faire prévoir les résultats, et l'expérience a prouvé que l'ammoniaque se retrouvait, en général, dans la terre arable.

DÉSIGNATION.	AMMONIAQUE introduite.	AMMONIAQUE retrouvée.	DIFFÉRENCE.
	gr	gr	gr
Terre de Bechelbronn.....	0,355	0,354	— 0,001
Id.....:.....	0,117	0,117	»
Terre du Liebfrauenberg...	0,178	0,176	— 0,002
Terre de Mittelhausbergen.	0,355	0,353	— 0,002
Id.....	0,117	0,115	— 0,002
Humus de chêne.....	0,352	0,321	— 0,031
Id.....	0,176	0,155	— 0,021
Tourbe.....	0,364	0,339	— 0,025
	Chlorhydrate		
Terre du Bechelbronn.....	0,379	0,380	+ 0,001

Il n'en est plus ainsi quand l'ammoniaque s'est trouvée en contact avec l'humus et la tourbe ; il y a eu dans ce cas absorption d'oxygène ⁽¹⁾, mais en même temps destruction d'une quantité d'alcali très notable, car pour l'humus elle s'est élevée au $\frac{1}{3}$ dans un cas, au $\frac{1}{4}$ dans l'autre, et pour la tourbe au $\frac{1}{7}$ de l'ammoniaque absorbée. Cette propriété est peut-être pour quelque chose dans la stérilité des terrains tourbeux.

(1) SOUBEIRAN, *Analyse de l'humus*. Rouen, 1850.

La terre, jouissant de propriétés analogues à celles du noir animal, doit se comporter comme lui avec l'ammoniaque répandue dans un mélange gazeux. M. Way a vu que dans ce cas le chaulage de la terre, loin de favoriser l'absorption de l'ammoniaque, tend à la diminuer.

Introduite dans une atmosphère humide et chargée d'ammoniaque, la terre peut absorber des quantités considérables de cet alcali, plus grandes quand la terre est humectée que lorsqu'elle est sèche, ainsi :

50^{gr} de terre ont été humectés légèrement, puis abandonnés sous une cloche de 3^{lit} de capacité renfermant 0^{gr},453 d'ammoniaque. Après trois jours, l'absorption de l'ammoniaque s'est élevée à 0^{gr},206.

50^{gr} de terre sèche, placés dans les mêmes conditions, sans avoir été humectés, n'ont absorbé dans le même espace de temps que 0^{gr},142 d'ammoniaque et 1^{sr},3 d'eau.

Il était intéressant de rechercher si de la terre placée dans une atmosphère confinée, ne renfermant que des quantités d'ammoniaque très limitées, pourrait s'approprier la totalité de l'alcali. On introduisit donc sous la même cloche qui avait servi précédemment 0^{gr},0094 d'ammoniaque et 50^{gr} de terre de Bechelbronn : au bout de cinq jours l'ammoniaque fixée s'éleva à 0^{gr},0081. L'action absorbante de la terre s'exerce donc bien plus librement dans l'air qu'au sein d'un liquide ; la totalité de l'ammoniaque n'a pas été fixée cependant, et le reste a été retrouvé dans l'eau émanant de la terre, et qui était déposée sous forme de rosée sur les parois de la cloche.

L'air peut être presque totalement privé d'ammoniaque quand il traverse une longue colonne de terre humide ; mais si dans ce cas l'air cède facilement son ammoniaque, il l'enlève de même avec beaucoup de facilité, lorsque, privé d'ammoniaque, il passe sur de la terre qui en contient.

L'expérience était disposée de la manière suivante : l'air pris à l'extérieur traversait d'abord une éprouvette renfermant 50^{cc} d'eau ammoniacale dans laquelle il se chargeait de vapeur alcaline, passait ensuite à travers 50^{gr} de terre en petits fragments humectés et tassés, occupant dans un tube une colonne de 0^m,32, pour se laver enfin dans deux éprouvettes renfermant chacune 10^{cc} d'acide sulfurique normal, exigeant, pour être saturés, 0^{gr},2125 d'ammoniaque.

Au bout d'une demi-heure, on trouva que le titre de l'acide de la première éprouvette n'avait pas changé sensiblement. Dans les 10^{cc}, avec lesquels il fut remplacé, on introduisit quelques gouttes de tournesol qui, en bleuisant, devait indiquer le moment où il fallait mettre fin au passage de l'air ammoniacal. Ce point fut atteint après l'écoulement de 200^{lit} d'air, l'ammoniaque était ainsi répartie :

On avait introduit dans les 50 ^{cc} d'eau placés en avant : ammoniaque.....	.....	0 ^{gr} ,364
On a retrouvé après, dans les 50 ^{cc} : ammo- niaque.....	.....	0 ^{gr} ,055
Dans l'acide on avait reçu ⁽¹⁾ : ammoniaque.	0,213	
Ammoniaque retrouvée.....	0 ^{gr} ,268	0 ^{gr} ,268
Ammoniaque fixée par la terre...	.....	0 ^{gr} ,096

On fit fonctionner le courant d'air avec la même vitesse ; l'eau ammoniacale de l'éprouvette située en avant ayant été remplacée par de l'eau distillée, on recueillit dans les liqueurs acides :

(¹) 1 ^{re} éprouvette. Titre avant.....	34 ^{cc} ,4 = 0 ^{gr} ,2125 d'ammon.
Après.....	0,1
Différence.....	34,3 = 0,2119
2 ^e éprouvette. Avant.....	34,4
Après.....	34,25
	0,15 = 0,009

Après l'écoulement de 225 ^{lit} d'air : ammo- niaque..	08 ^r ,027	
Après l'écoulement de 250 ^{lit} d'air, on re- cucillit encore : ammoniacque	0 ,021	
Enfin 620 ^{lit} d'air desséché dans l'acide sulfu- rique bouilli ont entraîné : ammoniacque..	08 ^r ,006	
Ammoniacque perdue par la terre..	08 ^r ,054	08 ^r ,054
Ammoniacque retenue par la terre..		08 ^r ,042
Dosé directement sur la moitié 08 ^r ,0197, soit en tout..		08 ^r ,039
Perte...		08 ^r ,003

Soumise à l'influence d'un courant d'air sec, la dessiccation de la terre a été très rapide, de sorte que la majeure partie de l'air a passé sur la terre privée d'eau. La moitié de la terre fut soumise à la recherche de l'acide nitrique, à l'aide du procédé par l'indigo, dont nous nous servons dans le laboratoire de M. Boussingault. Cette terre, primitivement presque exempte d'acide nitrique, cas très rare, mais heureux pour la circonstance, n'en contenait que 0^m8^r,1 environ, dans les 50^{gr} employés. Après l'expérience, on a trouvé :

Dans la moitié de la terre.	0 ^m 8 ^r ,24 d'acide azotique.
Pour 59 ^{gr} de terre.. . . .	0 ^m 8 ^r ,48 »

Cette quantité d'acide azotique était bien faible pour permettre de tirer une conclusion, et l'acide sulfurique, quoique bouilli, inspirait des doutes sur sa pureté. L'expérience fut donc immédiatement recommencée, avec cette différence, cependant, que la quantité d'ammoniacque très faible, introduite dans les 50^{cc} d'eau de la première éprouvette, ne l'était que successivement à intervalles égaux, afin d'avoir constamment un air très peu chargé de vapeurs ammoniacales. L'acide sulfurique titré employé était dix fois plus faible que l'acide normal.

Un papier de tournesol rouge, très sensible, placé en

avant de la terre, a indiqué nettement, en bleuissant, le passage de l'ammoniaque; un autre, à l'extrémité opposée du tube, faisait voir, par la permanence de sa teinte rouge, que la totalité de l'ammoniaque était retenue dans la terre. Quand ce dernier papier, en commençant nettement à bleuir sur les bords, signala le passage d'une faible quantité d'ammoniaque, on mit fin à l'expérience, qui avait duré neuf jours. Les résultats ont été :

Ammoniaque introduite en six fois dans 50 ^{cc} d'eau . . . . .	.. .. .	08 ^r ,0414	
Après le passage de 950 ^{lit} d'air : ammoniaque retenue par l'eau . . . . .	.. .. .	08 ^r ,0101	
Ammoniaque condensée dans l'acide où était lavé l'air après son passage sur la terre. . . . .	.....	08 ^r ,0002	
On a retrouvé : ammoniaque		08 ^r ,0103	08 ^r ,0103
Ammoniaque fixée par la terre.. . . .			08 ^r ,0311
La terre humide pesait 55 ^{gr} ,41; après l'avoir bien mêlée, on a dosé dans la moitié : ammoniaque 08 ^r ,0137..			08 ^r ,0274
	Perte.. ..		08 ^r ,0037 (1)

L'autre moitié de la terre servit à la recherche de l'acide nitrique :

Le dosage en a indiqué dans la moitié.....	mgr	2,82
Pour 50 ^{gr} de terre.		5,64

Il y a donc lieu de croire que de l'ammoniaque avait été transformée en acide nitrique.

L'ammoniaque fixée par de la terre plongée dans une dissolution ammoniacale ne présente pas plus de stabilité que celle qui a été prise dans un gaz.

(1) Il est vraisemblable que cette perte a eu lieu en partie pendant le temps nécessaire pour retirer du tube et mêler la terre humide aussi chargée d'ammoniaque.

Exposée à l'air, la terre humide perd, en même temps que son eau, une quantité notable de l'ammoniaque qu'elle avait absorbée.

400^{gr} de terre de Bechelbronn, introduits dans 750^{cc} d'eau renfermant 3^{gr},547 d'ammoniaque, ont fixé 0^{gr},6276 d'alcali. Cette terre, d'abord égouttée sur un filtre, fut exposée à l'air dans une chambre où la température n'atteignit 12° que vers la fin de l'expérience. Quand l'eau s'était dissipée, ce qui avait lieu huit jours après environ, on humectait la terre après en avoir prélevé une partie pour y rechercher l'ammoniaque. La terre avait été arrosée quatre fois quand on fut obligé de mettre fin à l'expérience ; les résultats obtenus ont été :

400 ^{gr} de terre renfermaient.	0,627	d'ammoniaque.
Après la dessiccation.....	0,331	»
Après le premier arrosage..	0,265	»
Après le deuxième arrosage.	0,215	»
Après le troisième arrosage.	0,165	»
Après le quatrième arrosage.	0,146	

La dispersion de l'ammoniaque, dans un air froid et calme, a été assez rapide ; malgré les arrosements et les dessiccations successives, on a constaté dans cette terre la présence de l'acide nitrique, dont la proportion s'est élevée à 0,011 par kilogramme à la fin de l'expérience ; cette quantité est au-dessous de ce qu'on a trouvé dans la même terre, non chargée d'ammoniaque, placée à côté comme point de comparaison, mais tenue constamment humide et où l'acide nitrique a été porté de 0^{gr},002 à 0^{gr},020 par kilogramme.

Il convenait de rechercher comment se comporterait l'alcali absorbé d'un sel ammoniacal ; à cet effet, on introduisit 60^{gr} de terre de Bechelbronn dans 100^{cc} d'eau renfermant 0^{gr},379 d'ammoniaque à l'état de chlorhydrate.

Ammoniaque dans 100 ^{cc}		0 ^{gr} ,379
Ammoniaque dans 50 ^{cc} décantés... .. .	0 ^{gr} ,1413	
Ammoniaque dans 250 ^{cc} d'eau de lavage.	0 ,1488	
	<u>0^{gr},2901</u>	<u>0 ,290</u>
Ammoniaque retenue par 60 ^{gr} de terre....		0 ^{gr} ,089

Exposée à l'air et maintenue humide pendant vingt-deux jours, cette terre renfermait :

Ammoniaque .....	....	0 ^{gr} ,043
Acide nitrique.....	....	0 ,0025

Pendant qu'il s'est dissipé la moitié de l'ammoniaque, il s'est formé par kilogramme 0^{gr},039 d'acide nitrique.

La terre chargée d'ammoniaque en perd donc une grande quantité, quand elle est exposée à l'air dans un endroit où il n'y a aucune agitation; elle en perd de même quand la terre est soumise à l'influence d'un courant d'air, à une condition cependant, c'est qu'elle soit humide; si la terre est sèche, l'ammoniaque qu'elle contient jouit d'une grande stabilité. On a vu que la terre sèche, sur laquelle on a fait passer 620^{lit} d'air privé d'eau, n'a perdu que 0^{gr},006 de son alcali, tandis que 250^{lit} d'air, qui se sont écoulés immédiatement auparavant, lorsque la terre était humectée, en ont enlevé 0^{gr},021; ces 0^{gr},006 d'ammoniaque ont été entraînés à la faveur de l'eau qui s'est dissipée pendant la dessiccation.

Une autre expérience vient confirmer la première, elle a été faite directement avec de la terre sèche et a fourni des résultats plus nets. Le 17 mars, je divisai en deux parties égales 20^{gr} de terre chargée d'ammoniaque, après l'avoir bien broyée et mêlée dans un mortier.

10^{gr} de terre, soumis immédiatement au dosage, ont donné :

Ammoniaque	0 ^{gr} ,0067.
------------------	------	------------------------

Les autres 10^{gr} furent exposés dans la même pièce, à la même place où avait été faite l'expérience rapportée plus

haut sur la dissipation de l'ammoniaque. Le 29 avril, après quarante-trois jours d'exposition à l'air, on trouva dans les 10^{gr} de terre :

Ammoniaque..... 0^{gr},0064.

La perte ne s'est donc élevée qu'à 0^{gr},0003, tandis que la même terre, également chargée d'ammoniaque et réunie en masse plus grande, a perdu, en moins de temps, par trois arrosages et dessiccations successifs, près de la moitié de son alcali.

Il est donc hors de doute que la présence ou l'absence de l'eau a une grande influence sur les conditions de stabilité de l'ammoniaque dans le sol; il reste à déterminer comment cet alcali entre en dissolution.

Quand, au lieu d'agiter la terre avec une dissolution ammoniacale, on l'introduit dans un tube, de manière à forcer le liquide à la traverser, on remarque alors qu'il y a une absorption plus prononcée pour des solutions de force égale. Ainsi, sur 25^{gr} de terre, occupant dans un tube une hauteur de 0^m,12, on a versé une dissolution de chlorhydrate contenant, dans 100^{cc}, 0^{gr},378 d'ammoniaque; après deux heures on avait reçu 50^{cc} de liquide filtré, dans lesquels l'ammoniaque dosée a été. 0^{gr},128
 Dans les deuxièmes 50^{cc} qui avaient mis le même temps à s'écouler 0^{gr},189

25^{gr} de terre avaient donc fixé 0^{gr},061 d'ammoniaque soutirés, sans aucun doute, aux premières parties du liquide écoulé.

Je pensai qu'en opérant de la même manière avec des liquides dix fois plus faibles, il serait possible d'obtenir, après la filtration, une eau exempte d'ammoniaque. La solution contenait 0^{gr},019 d'ammoniaque par 50^{cc}; après douze heures et demie on avait reçu 150^{cc}, qui fournirent les résultats suivants :

		Ammoniaque	
		dans le liquide filtré.	retenue par la terre.
		gr	gr
I ^e .	50 ^{cc}	0,0019	0,0171
II ^e .	50 ^{cc}	0,0098	0,0092
III ^e .	50 ^{cc} ...	0,0137	0,0053

La même expérience, répétée avec la même dissolution, en tassant davantage la terre, de manière à ce que 50^{cc} missent dix heures à s'écouler, a donné :

		Ammoniaque	
		dans le liquide écoulé.	absorbée par la terre.
		gr	gr
I ^e	50 ^{cc} ..	0,0010 (1)	0,0180
II ^e	50 ^{cc}	0,0076	0,0114
III ^e .	50 ^{cc} ..	0,0144	0,0046

Après le passage de 50^{cc} de liquide, la propriété absorbante de la terre n'était pas épuisée, et néanmoins l'ammoniaque contenue dans l'eau s'élevait dans un cas à 0^{gr},038, dans l'autre 0^{gr},020 par litre. Il y avait de l'intérêt à rechercher si, dans ces limites, la terre restait sans action sur les liqueurs ammoniacales. La faiblesse des dissolutions permettant de faire usage d'ammoniaque libre, sans craindre les pertes, je préparai une eau qui contient par litre 0^{gr},0286 d'alcali.

500^{cc} de ce liquide ont été filtrés rapidement, dans l'appareil qui avait servi précédemment, à travers 25^{gr} de terre de Bechelbronn. L'écoulement était terminé après trois heures et demie; le liquide reçu s'élevait à 489^{cc}, dans lesquels on a dosé 0^{gr},0107 d'ammoniaque, ainsi :

500 ^{cc} contenaient avant la filtration..	0,0143 ^{gr} d'ammon.
500 ^{cc} contenaient après la filtration.. ..	0,0107
Retenu par les 25 ^{gr} de terre... ..	0,0036

(1) La terre avait été humectée avec de l'eau distillée avant l'introduction de la solution ammoniacale, de sorte que l'eau déplacée s'est trouvée mêlée au liquide filtré.

La rapidité avec laquelle l'eau s'était écoulée fit penser que le contact entre la terre et le liquide ne s'était pas suffisamment établi. On introduisit donc dans un tube de 0^m,02 de diamètre 100^{gr} de terre de Bechelbronn, formant une colonne de 0^m,2 de haut. Sur ce tube fut renversé un ballon contenant 1^{lit} de la liqueur ammoniacale faible dont on s'était servi précédemment, de manière à établir un niveau constant qui permît un écoulement très régulier. L'eau mit un peu plus de vingt-quatre heures à filtrer, on recueillit 952^{cc} de liquide dans lesquels on a dosé, ammoniacque 0^{gr},01968, ce qui donne :

Pour 1 ^{lit} d'eau avant la filtration	....	0,0286	d'ammon.
Pour 1 ^{lit} d'eau après la filtration.....		<u>0,0206</u>	
Ammoniaque absorbée par 100 ^{gr} de terre....		0,0080	

Ces expériences, tout en démontrant qu'il est possible à des eaux très faiblement ammoniacales de circuler dans le sol, ne permettent pas d'en tirer une conclusion, quant à la solubilité de l'ammoniaque, une fois que celle-ci est absorbée par la terre.

J'ai donné, au commencement de ce Mémoire, les nombres auxquels s'était arrêté M. Way pour la solubilité de l'ammoniaque engagée dans le silicate double qu'il a découvert.

MM. Henneberg et Stohmann (1), en opérant sur de la terre saturée d'ammoniaque, ont trouvé que 1^{lit} d'eau dissolvait 0^{gr},050 d'alcali.

Après beaucoup de tentatives faites dans le but de déterminer cette solubilité, il m'a été impossible de fixer un nombre en raison de la divergence des résultats.

Dans une première expérience, 39^{gr} de terre de Bechelbronn, contenant 0^{gr},0146 d'ammoniaque, agités et laissés

(1) *Loco citato*, p. 45.

pendant trois heures avec 250^{cc} d'eau (1), lui ont abandonné

0^{gr},00342 d'ammoniaque; soit, par litre, 0^{gr},0137.

Satisfait de ce résultat, qui était d'accord avec le chiffre trouvé par M. Way, je ne voyais pas de raisons pour pousser plus loin ces recherches sur la solubilité, quand M. Boussingault me conseilla d'essayer d'épuiser par l'eau l'ammoniaque contenue dans une terre. Espérant hâter l'opération, j'introduisis les 39^{gr} de terre, renfermant 0^{gr},0146 d'ammoniaque, dans 500^{cc} d'eau qui étaient décantés, puis remplacés par la même quantité de liquide avec lequel on l'agitait à plusieurs reprises :

I^{re}. 500^{cc}, après quelques heures, renfermaient 0^{gr},00372 d'ammoniaque; par litre, 0^{gr} 0074.

II^e. 500^{cc}, après vingt-quatre heures, renfermaient 0^{gr},00327 d'ammoniaque.

III^e. 500^{cc}, après vingt-quatre heures, renfermaient 0^{gr},00163 d'ammoniaque.

Au moyen de 1^{lit},5 d'eau, on avait enlevé à la terre 0^{gr},0086, presque les deux tiers de son ammoniaque; néanmoins, pour l'épuiser il aurait fallu certainement une quantité d'eau très forte et un temps considérable; mais pourquoi 500^{cc} d'eau n'ont-ils pas dissous une quantité d'ammoniaque double de celle qui est entrée en dissolution dans 250^{cc}?

Ce résultat surprenant me détermina à doser l'ammoniaque dans 75^{cc} d'eau qui avaient séjourné pendant 24^h sur 39^{gr} de la même terre :

75^{cc} contenaient 0^{gr},0021 d'ammoniaque.

Une autre série d'expériences fut faite sur 50^{gr} de terre

(1) L'eau qui a servi à toutes les expériences de dosage consignées dans ce Mémoire était rigoureusement exempte d'ammoniaque.

de Bechelbronn dans lesquels on avait introduit à l'état de chlorhydrate l'équivalent de $0^{\text{gr}},003$ d'ammoniaque. Les résultats ont été semblables :

50^{gr} de terre ont cédé, à 100^{cc} d'eau, $0^{\text{gr}},00084$ d'ammoniaque.

50^{gr} de terre ont cédé, à 250^{cc} d'eau, $0^{\text{gr}},00089$ d'ammoniaque.

50^{gr} de terre ont cédé, à 500^{cc} d'eau, $0^{\text{gr}},0012$ d'ammoniaque.

En doublant la quantité d'ammoniaque introduite dans 50^{gr} de terre, soit $0^{\text{gr}},006$,

100^{cc} en ont dissous $0^{\text{gr}},00138$.

Enfin, 50^{gr} de terre de Mittelhausbergen, auxquels j'avais incorporé $0^{\text{gr}},003$ d'ammoniaque, en ont cédé

A 100^{cc} d'eau, $0^{\text{gr}},0014$.

On ne peut pas admettre que ces nombres expriment la solubilité de l'ammoniaque une fois que celle-ci est fixée dans la terre. L'eau, mise en contact avec le sol, ne se trouve pas en présence d'un composé ammoniacal dont une certaine partie entrerait en dissolution ; mais pendant que l'eau pénètre la terre, elle se charge d'une quantité d'ammoniaque plus ou moins grande selon la proportion qui en existe dans le sol et la force avec laquelle il la retient, quantité indépendante du volume du liquide.

Dans le cours de ces recherches il n'a été tenu aucun compte de l'ammoniaque préexistant dans la terre arable ; l'expérience a prouvé qu'elle s'y trouvait en assez faible proportion pour pouvoir être négligée.

Connaissant le pouvoir absorbant de la terre arable pour l'ammoniaque, il parut extraordinaire d'y trouver des quantités aussi faibles de cet alcali, et en le dosant dans plusieurs échantillons de terres, en même temps que l'acide

nitrique qui y existe toujours (1), on obtint les résultats rassemblés dans ce tableau.

DÉSIGNATION DES TERRES.	LOCALITÉS.	AMMONIAQUE dans 1 ^{kg} de terre sèche.	ACIDE nitrique dans 1 ^{kg} de terre sèche.	POIDS du litre de terre sèche.
ardin fortement fumé. — Sable. (Septembre 1858.).....	Liebfrauenberg...	mgr. 11,0	mgr. 93,0	kg. 1,300
champ de topinambours. — Argile. (Octobre 1858.).....	Bechelbronn.....	6,0	2,0	1,400
champ de blé. — Argile. (Février 1859.).....	Id.....	8,6	7,7	1,400
champ labouré. — Lehm. (Octob. 1858.).....	Mittelhausbergen.	6,6	18,3	1,200
champ récemment fumé. — Lehm sablonneux. (Février 1859.).....	Ile Napoléon près Mulhouse.....	6,1	11,5	1,170
champ de deux ans de fumure. — Lehm sablonneux. (Février 1859.).....	Id.....	2,3	10,4	»
prairie de six ans. — Lehm sablonneux. (Février 1859.).....	Id.....	2,2	6,3	»

On ne saurait s'expliquer comment en se développant dans des milieux aussi peu chargés de substances directement assimilables, une plante pourrait en absorber assez pour subvenir à ses besoins si elle ne les empruntait à des dissolutions, car l'action directe exercée par les racines sur le sol serait insuffisante.

Hales, dans ses admirables *Expériences de Physiologie végétale*, a trouvé que la surface des racines d'un hélianthus, perdant en moyenne par l'évaporation 610^{gr} d'eau en douze heures de jour, était de 1^{mq},67; en admettant, ce qui n'est pas, que l'absorption se fasse sur la surface entière de la racine et que l'action de cette dernière s'étende à une profondeur de 0^m,002, l'hélianthus n'exigerait que

(1) BOUSSINGAULT, *Comptes rendus*, t. XLIV, p. 108 (1857).

6^{lit},68 de terre. Or la pratique prouve qu'il faut au moins à l'hélianthus un espacement de 0^m,40 à 0^m,50, c'est-à-dire 48^{lit} à 75^{lit} de terre, en admettant 0^m,3 pour la profondeur de la couche arable.

Hales a de même déterminé la surface des racines d'un chou qui transpirait par jour 580^{gr} d'eau : il l'a trouvée de 0^{mq},02, tandis qu'il faut au chou un espacement au moins de 0^m,50, c'est-à-dire 75^{lit} de terre. La diffusion de l'ammoniaque dans le sol a lieu dans certaines limites ; on a vu qu'une terre humide laissait échapper constamment à l'état de vapeur une partie de son ammoniaque, l'eau entraîne en dissolution de manière à la répandre dans le sol. En mettant au fond d'un pot à fleur, placé dans une soucoupe, 50^{gr} de terre de Bechelbronn à laquelle on avait fait absorber 0^{gr},08 environ d'ammoniaque, et par-dessus, séparée par un mince canevas, 50^{gr} de la même terre exempte de cet alcali, et arrosant le système par le bas, on a trouvé après onze jours, dans les 50^{gr} de terre placés dans la partie supérieure, 0^{gr},027 d'ammoniaque.

Les expériences rapportées dans ce Mémoire s'accordent avec celles de MM. Thomson et Way qui établissent qu'une eau très chargée d'ammoniaque ne traverse pas la terre comme si elle traversait un filtre ; l'alcali est retenu, qu'il soit à l'état libre ou à l'état de sel : dans ce dernier cas, j'ai trouvé que la force des solutions étant la même, l'absorption est constamment plus élevée.

Je me crois fondé, en outre, à tirer de ces expériences les conclusions qui suivent :

La propriété de la terre arable d'absorber l'ammoniaque dépend presque exclusivement de la constitution physique des substances minérales et même des matières organiques dont elle est formée, comme cela résulte de l'action exercée par le terreau, la tourbe et le noir animal, sur une solution ammoniacale ; les deux premiers décomposent en même temps une proportion assez notable d'alcali.

L'existence d'un carbonate dans le sol est indispensable, pour que la terre décompose un sel ammoniacal en en retenant la base ; on donne au noir animal cette propriété en lui incorporant du carbonate de chaux. La décomposition s'arrêtant strictement à la quantité de sel dont l'ammoniaque est fixé, la force qui détermine l'absorption est assez puissante pour provoquer cette double décomposition. On sait du reste avec quelle facilité se décomposent les sels ammoniacaux en présence du carbonate de chaux. M. Boussingault a démontré que le carbonate de chaux humide, en présence d'un sel ammoniacal fixe, met en liberté, à la longue et par l'effet de la dessiccation, la totalité de l'ammoniaque à l'état de carbonate volatil⁽¹⁾ ; il en est de même lorsqu'on fait bouillir une dissolution très étendue de chlorhydrate en présence de carbonate calcaire.

L'absorption de l'ammoniaque par la terre, dans une atmosphère qui s'en trouve très chargée, est considérable, comme M. Way l'a annoncé⁽²⁾. Quand l'air, quoique ne contenant que des quantités d'ammoniaque très faibles, est tamisé à travers une longue colonne de terre, celle-ci absorbe la presque totalité de l'ammoniaque qu'elle perd de nouveau en grande partie par l'action d'un courant d'air humide. Ces expériences ne permettent pas de tirer une conclusion relativement à l'absorption, par la terre, de l'ammoniaque contenue dans l'atmosphère ; car dans l'expérience où cet alcali se trouvait répandu en plus faible proportion dans le milieu gazeux, il y en avait dans l'air qui a traversé l'appareil 225 fois autant que l'on en a signalé dans l'air qui circule à la surface du globe.

Dans la terre chargée d'ammoniaque, exposée à l'air et

(¹) BOUSSINGAULT, *Économie rurale*, 1^{re} édition, t. II, p. 104.

(²) *Journal de la Société royale d'Agriculture de Londres*, t. XV, p. 491 et suivantes.

humectée, il y a eu production d'acide azotique; mais cette production n'a cependant pas été assez prononcée si on la compare à celle qui a eu lieu dans les expériences sur la nitrification de la terre végétale faites au Liebfrauenberg, en 1857, par M. Boussingault, pour que l'on puisse affirmer qu'elle soit due à une transformation de l'alcali volatil.

L'ammoniaque absorbée par la terre jouit d'une grande stabilité tant que la terre reste sèche; mais sitôt que l'eau intervient, elle provoque la dissipation de l'ammoniaque; ce dernier phénomène est bien connu des agriculteurs qui pratiquent le parage, car l'urine dont un sol se trouve imprégné à la surface est putréfiée au bout de vingt-quatre heures, la température étant de 15°; elle émet alors des vapeurs ammoniacales qui peuvent donner lieu à des pertes appréciables, si l'on ne retourne pas la terre par un prompt labour. Cette volatilisation de l'ammoniaque dans la terre arable convenable est un fait qui a été constamment observé par M. Boussingault, dans les recherches qu'il a exécutées avec M. Léwy sur l'atmosphère confinée du sol (1).

Un sol, selon sa richesse en ammoniaque et la force avec laquelle il la retient, n'en cède à l'eau que des quantités plus ou moins fortes, indépendantes jusqu'à un certain point de la proportion du liquide. Une eau très faiblement ammoniacale paraît du reste posséder la propriété de circuler dans le sol; car dans les expériences rapportées dans ce Mémoire, l'eau n'a jamais été complètement privée de son alcali par la terre arable, même quand elle n'en contenait que des proportions extrêmement limitées. En tenant compte de la faible dose d'ammoniaque qui existe dans le sol arable, de sa solubilité pour minime qu'elle soit et par

(1) BOUSSINGAULT, *Mémoires de Chimie agricole*.

suite de sa diffusion ; sachant de plus que les réactions des autres alcalis, sauf la volatilité, sont identiques à celles de l'ammoniaque ; il paraît assez probable que les plantes choisissent la majeure partie de leurs aliments dans des solutions très étendues, où se trouve l'élément azoté qui leur est indispensable à l'état d'ammoniaque et d'acide nitrique. Il n'est pas douteux qu'il en soit ainsi, les végétaux aquatiques en donnent la preuve, et les expériences de M. Boussingault ont établi qu'une plante acquiert un complet développement sur un sol formé d'un sable de quartz pur préalablement calciné, ayant pour engrais unique du nitrate de potasse, des phosphates, des cendres alcalines. Dans ces conditions, le végétal est donc nécessairement obligé de puiser ses aliments dans une dissolution.



SUR LE DOSAGE DE L'AMMONIAQUE

DANS LES EAUX.

I. — Dès que Théodore de Saussure eut constaté dans l'air de faibles quantités d'ammoniaque, il était facile de prévoir que la pluie présenterait des traces du même alcali. Cependant, bien que l'observation de Saussure ait été publiée en 1804, ce fut seulement en 1825 que M. Brandes signala, entre autres substances, des sels ammoniacaux dans les eaux pluviales. Depuis, alors que l'on commençait à comprendre le rôle important de l'ammoniaque dans les phénomènes de la végétation, M. Liebig confirma le résultat énoncé par M. Brandes, en en mettant la présence hors de doute, non seulement dans l'eau tombée pendant les orages, mais dans la pluie, dans la neige, et il insista très particulièrement sur l'influence que cet alcali, apporté dans le sol par la pluie, exerce sur le développement des plantes. Pour apprécier cette influence, il est évident qu'il ne suffit pas de savoir que la pluie renferme de l'ammoniaque, mais qu'il faut encore connaître combien elle en contient. Aussi, dans un remarquable travail soumis au jugement de l'Académie, M. Barral a-t-il rendu un véritable service à la science agricole en introduisant, dans la question de l'ammoniaque atmosphérique, la notion de quantité, sans laquelle il est absolument impossible de se former une idée tant soit peu exacte de ce que 1 hectare de terre reçoit d'azote assimilable par les eaux météoriques.

Jusqu'à présent, l'attention des chimistes semble avoir

été uniquement dirigée sur l'ammoniaque des eaux pluviales, bien que, au point de vue agricole, il y ait peut-être tout autant d'intérêt à doser cet alcali dans l'eau des fleuves, des rivières et des sources, si souvent employée à l'irrigation, surtout dans les contrées méridionales, où, pendant la plus grande partie de l'année, l'arrosage est le seul moyen possible d'humecter le sol (1). Il est vrai qu'il est tout naturel de déduire la présence de l'ammoniaque dans l'eau qui coule à la surface de la terre de celle de l'ammoniaque dans la pluie; mais il reste toujours la question de quantité. J'ajouterai, toutefois, que c'est dans une eau de rivière, dans l'eau de la Seine, qu'on a rencontré, pour la première fois, cet alcali dans une eau potable; la découverte en a été faite en 1811, par M. Chevreul, alors qu'il étudiait le principe colorant du bois de campêche.

Si rien n'est plus facile que de déceler des traces d'ammoniaque dans une eau, le dosage, quand on l'applique à la détermination de très petites quantités, offre de telles difficultés, il exige d'ailleurs un temps si long, qu'il est à craindre que, malgré tout l'intérêt qu'il y aurait à multiplier les observations, leur nombre ne soit jamais considérable. Cependant, ce n'est qu'en les réitérant dans les situations les plus diverses, qu'on parviendra un jour à savoir si le climat, les saisons, l'état de l'atmosphère, la direction des vents, la constitution géologique du sol, influent sur la proportion d'ammoniaque contenue dans les eaux.

Dans l'espoir de faciliter ce genre de recherches, et pour

(1) Cette remarque n'est pas applicable à un très habile chimiste de Fécamp, M. Marchand, qui, dans un travail considérable sur la composition des eaux de puits, de sources et de rivières des arrondissements du Havre et d'Yvetot, a dosé l'ammoniaque. M. Marchand a trouvé que les eaux analysées contiennent, par litre, de 0^m5^r,23 à 1^m5^r,47 d'ammoniaque.

contribuer autant qu'il dépendait de moi à l'étude de questions qui intéressent à un haut degré l'agriculture et la physique du globe, j'ai imaginé une méthode qui, tout en donnant une garantie suffisante d'exactitude, peut être exécutée avec une grande rapidité. C'est cette méthode que je vais exposer; j'indiquerai ensuite l'application que j'en ai faite à l'examen des eaux.

A la température ordinaire, l'ammoniaque manifeste une très forte affinité pour l'eau; cette affinité décroît rapidement par l'action de la chaleur : aussi une dissolution ammoniacale perd-elle tout son gaz alcalin par l'ébullition. Il y avait donc tout lieu de croire qu'en distillant de l'eau renfermant de l'ammoniaque, l'alcali serait dégagé en grande partie, quand le liquide approcherait de 100°, et que, par conséquent, l'eau n'en retiendrait qu'une quantité insignifiante. Cependant, en considérant qu'il est rare que les eaux de pluie, de rivière, de source, contiennent plus de $\frac{1}{100000}$ d'ammoniaque, j'ai pensé que, malgré son peu d'affinité pour l'eau chaude, le gaz ammoniac pourrait bien, en étant retenu par l'influence de la masse, ne se dégager qu'avec la vapeur aqueuse qui, en se condensant dans le réfrigérant de l'appareil distillatoire, reconstituerait de l'eau ammoniacale. C'est, en effet, ce qui arrive, et le procédé que j'ai suivi est fondé sur cette proposition : *Quand on distille de l'eau renfermant une très faible proportion d'ammoniaque, l'alcali se retrouve en totalité dans les premiers produits de la distillation.*

L'appareil distillatoire dont je fais usage consiste en un ballon de 2^{lit} de capacité A (*Pl. II, fig. 2*), placé sur un fourneau. Le bouchon du ballon est traversé par deux tubes : l'un *b* est droit et pénètre dans l'intérieur jusqu'à 2^{mm} ou 3^{mm} du fond du ballon; c'est par ce tube qu'on introduit l'eau à distiller, et qu'on la retire après la distillation. L'autre tube *c*, courbé comme on le voit dans la figure, conduit la vapeur dans le réfrigérant *d*, dont le serpent

et le manchon qui l'enveloppe sont en verre (1). Le diamètre intérieur du tube *c* est d'environ 0^m,01; il est nécessaire que ce tube ait au moins cette largeur, pour que, pendant l'ébullition, il n'y ait pas de liquide entraîné. Le bouchon *e* qui ferme le col du ballon, est recouvert par un manchon de caoutchouc qu'entoure, sur toute sa surface, un ruban de fil destiné à le maintenir. Ce caoutchouc est façonné en *culotte*, de manière à ce que les tubes *b* et *c* soient parfaitement liés au manchon. Le manchon *e* n'est pas indispensable, surtout si l'on a de bon liège; on peut, dans ce cas, le remplacer par la disposition indiquée à la *Pl. II, fig. 3*, consistant en un anneau de caoutchouc, qui assujettit solidement le bouchon au col du ballon. L'extrémité du tube *c* qui pénètre dans le serpentín est également assujettie au moyen d'un caoutchouc recouvert d'un ruban de fil. *E* est un réservoir contenant l'eau destinée à rafraîchir le serpentín; *g* un tube de Mariotte, pour régulariser l'écoulement.

L'eau est introduite dans le ballon au moyen d'un petit entonnoir qu'on place à l'orifice du tube *b*. Lorsque les $\frac{8}{10}$ ou $\frac{9}{10}$ de l'eau qui doit être distillée ont pénétré dans le ballon, on verse quelques centimètres cubes d'une dissolution alcaline faite avec une quantité connue d'hydrate de potasse qu'on a calciné au rouge avant de le dissoudre, puis on ajoute le reste de l'eau pour entraîner la dissolution alcaline, et l'on ferme l'ouverture du tube *b* avec un petit bouchon. On peut alors procéder à la distillation. Quand la vapeur commence à se condenser dans le réfrigérant, il est bon de modérer l'ébullition, à l'aide de la porte du cendrier; l'ébullition, cependant, doit être assez forte et bien soutenue. Le liquide distillé est reçu dans

(1) J'ai trouvé, depuis, que le serpentín en verre peut être remplacé, sans aucun inconvénient pour la précision des expériences, par un serpentín en étain fin, établi dans un manchon en laiton.

des fioles portant un trait indiquant une certaine capacité, soit de 50^{cc}, de 100^{cc} ou de 200^{cc}, si l'on agit sur 1^{lit} d'eau, *Pl. II, fig. 4*. On n'est parfaitement certain d'avoir toute l'ammoniaque, qu'autant qu'on a recueilli les $\frac{2}{3}$ du liquide soumis à la distillation. On peut, par exemple, retirer un premier et un second produit, chacun de 200^{cc}.

La distillation terminée, le feu est retiré, et, bien avant que le résidu soit refroidi, on le retire du ballon. A cet effet, on adapte, au moyen d'un caoutchouc, le tube courbé à angle droit *i*, à l'extrémité inférieure *h* du serpentin; ensuite on fixe, par le même moyen, le tube courbe *j*, à l'orifice débouché du tube *b*, de manière à former un siphon. Il suffit de souffler par le tube *i* dans l'intérieur du ballon, pour amorcer ce siphon, par lequel sort le liquide. Après avoir enlevé les tubes *i* et *j*, on recharge de nouveau. Il n'est aucunement nécessaire, comme on voit, de démonter l'appareil pour en faire sortir l'eau lorsqu'une opération est achevée; le travail est en quelque sorte continu.

L'ammoniaque, une fois isolée de ses combinaisons et concentrée dans les premiers produits de la distillation, est dosée par la méthode alcalimétrique par les volumes, inventée par Descroizilles, perfectionnée par Gay-Lussac, et appliquée de la manière la plus heureuse, par M. Peligot, à la détermination de l'azote des matières organiques ⁽¹⁾.

(¹) A l'occasion du dernier paragraphe de ce passage de mon Mémoire, M. Bineau, professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, a adressé à l'Académie une lettre que je crois devoir reproduire ici : « La communication de M. Boussingault sur les eaux potables de Paris m'appelle » à faire remarquer que les eaux de Lyon se signalent également par » l'exiguïté de la proportion d'ammoniaque. Pour une partie notable » d'entre elles, cette situation s'est déjà trouvée établie dans le Rapport » relatif à la question judiciaire qui me fit faire le travail mentionné » dans les Mémoires de l'Académie de Lyon (1851, p. 197), et à l'occasion duquel j'ai insisté sur la facilité d'évaluer l'ammoniaque, à quelques centièmes de milligramme près. Je fus amené alors à comparer

On dose l'ammoniaque en introduisant dans l'eau ammoniacale un volume déterminé d'acide sulfurique *titré*, c'est-à-dire un volume d'eau acidulée dont on connaît l'acide réel; puis, on cherche quel est le volume d'une liqueur alcaline nécessaire pour compléter la saturation de l'acide, commencée par l'ammoniaque qu'il s'agit de doser. Voici comment M. Peligot procède à la préparation de l'acide titré : on prend 61^{gr},250 d'acide sulfurique pur monohydraté; c'est l'acide sulfurique du commerce préalablement

» une série assez considérable d'eaux potables, dont un certain nombre
 » étaient prétendues infectées par les eaux d'infiltration d'une usine à
 » gaz. Or, dans les eaux examinées, l'ammoniaque ne s'offrit jamais
 » à une dose supérieure à $\frac{1}{20}$ de milligramme par décilitre... J'ai, depuis
 » lors, essayé, à diverses époques, les eaux de nos rivières, ainsi que
 » quelques autres, et l'ammoniaque s'y est toujours trouvée au-dessous
 » de la proportion indiquée, même dans la source de notre Jardin des
 » Plantes, où pourtant l'azote abonde, car elles renferment environ 0^{gr},2
 » de nitrate par litre.

» Je me suis beaucoup moins occupé de l'ammoniaque des eaux de
 » sources ou de rivières que de celle de l'air ou des pluies, faisant de
 » celle-ci l'objet d'un assez long travail auquel je pense mettre bientôt
 » un terme. Le genre d'appareil que j'ai décrit, il y a sept ans, à la
 » Société d'Agriculture de Lyon, m'offrait habituellement une capacité
 » suffisante. L'appareil que j'ai employé quand j'ai voulu opérer sur
 » des litres de liquides, analogue au précédent, différait de celui de
 » M. Boussingault principalement parce que, n'ayant pas de serpentín
 » pour assurer la complète condensation des vapeurs, il eût exposé
 » davantage à une déperdition d'ammoniaque, mais qu'on en évitait la
 » chance en forçant les produits aériformes à ne s'échapper au dehors
 » qu'après avoir traversé un tube garni de fragments de verre humectés
 » d'acide. C'était l'acide titré lui-même, quand la dose d'ammoniaque
 » devait être évaluée immédiatement; mais quand le liquide distillé
 » était fort considérable, je préférais évaporer la liqueur et opérer sur
 » le résultat de sa concentration...

» Pour des appréciations d'une grande délicatesse, j'ai reconnu, d'ail-
 » leurs, la nécessité (dans les expériences effectuées dans les appareils
 » dont je me sers) d'introduire une correction relative à l'alcali fixe
 » passant, sous une forme quelconque, à la distillation. Cette correc-
 » tion est fort légère et devient inutile, soit quand le dosage n'a pas
 » besoin d'atteindre ses dernières limites de précision, soit quand il
 » y a peu de liquide distillé, soit quand on cherche seulement à établir
 » des différences entre des résultats d'opérations semblablement exécu-
 » tées.

» Je me félicite vivement de voir M. Boussingault déclarer haute-
 » ment la préférence qu'il accorde aux procédés *ammonimétriques*

distillé, qu'on a fait bouillir dans une capsule de platine, et qu'on a laissé refroidir sous une cloche. Dans un matras d'une capacité de 1^{lit}, on met d'abord de l'eau pure, puis on y ajoute les 61^{gr},250 d'acide; on lave la fiole dans laquelle cet acide a été pesé, le lavage est versé dans le matras-litre, qu'on achève de remplir avec de l'eau jusqu'à la marque tracée circulairement sur le col du matras, comme indicateur de la capacité de 1^{lit}. Les dernières portions d'eau qui doivent élever le liquide au niveau du trait indicateur, ne sont ajoutées qu'alors que la masse est à une température peu différente de celle à laquelle on doit opérer. La liqueur acide titrée est conservée, pour l'usage, dans un flacon : il est clair que, par la manière dont on l'a préparée, 100^{cc} d'acide contiennent 6^{gr},125 d'acide sulfurique monohydraté. Or, on sait que cette quantité exige, pour être saturée, 2^{gr},120 d'ammoniaque : 10^{cc} de ce même acide, volume qu'on prend ordinairement, quand ils seront saturés, équivaudront à 0^{gr},212 d'ammoniaque.

On prépare la liqueur alcaline en dissolvant de la potasse à la chaux dans de l'eau distillée; il est bon d'en avoir une réserve de quelques litres. Cette préparation se fait en tâtonnant, de manière à obtenir un liquide dont l'alcalinité soit telle, qu'il en faille un peu moins d'une burette,

» basés sur les liqueurs titrées. Mais puisque, généralement à Paris,
 » l'habitude se conserve encore d'en attribuer l'invention à un membre
 » de l'Académie, qu'il me soit permis de rappeler ce que j'ai imprimé
 » dans les Mémoires de l'Académie de Lyon (année 1851, p. 197); qu'on
 » veuille bien se souvenir qu'aussitôt après la communication faite à
 » l'Académie des Sciences, par M. Peligot, au sujet du procédé en
 » question, j'ai eu l'honneur d'adresser un exemplaire de la description
 » que j'en avais donnée déjà à la Société d'Agriculture de notre ville
 » l'année précédente, et qui avait été publiée dans ses *Annales*, t. IX,
 » p. 585. »

J'ajouterai qu'en appliquant son procédé de dosage, M. Bineau a trouvé dans la pluie tombée à Lyon une quantité d'ammoniaque beaucoup plus grande que celle constatée par M. Barral dans la pluie recueillie à l'Observatoire de Paris.

environ 33^{cc}. On détermine d'ailleurs exactement le titre de la liqueur alcaline par rapport au titre de l'acide, en versant dans un verre 10^{cc} d'acide titré, mesurés avec une pipette graduée; on met de l'eau jusqu'à ce que le volume du liquide occupe 50^{cc} à 60^{cc}, et l'on colore en rouge faible par l'addition d'un peu d'infusion de tournesol. Tenant alors la burette à l'alcali d'une main, pendant que de l'autre on agite rapidement, avec une baguette de verre, le liquide acide, on verse goutte à goutte, mais sans interruption, la dissolution alcaline, jusqu'à ce que la teinte rouge de la liqueur contenue dans le verre vire au bleu; c'est ce point qu'il faut saisir, c'est l'indice de la neutralisation de l'acide par l'alcali : après quelques instants, la liqueur bleue acquiert une nuance rouge dont il ne faut nullement se préoccuper. La saturation doit être considérée comme parfaite, lorsque la nuance bleue se manifeste dans toute la masse du liquide; c'est alors qu'il faut lire, sur la graduation de la burette, combien de centimètres cubes ont été employés pour produire cet effet. Ce nombre de centimètres cubes exprime le titre de la dissolution alcaline, c'est-à-dire ce qu'il faut de cette dissolution pour représenter le pouvoir saturant de 0^{gr},212 d'ammoniaque.

Le titre de la dissolution alcaline une fois établi, rien de plus simple que de déterminer la quantité d'ammoniaque que renferme un liquide, à la seule condition que cet alcali soit à l'état caustique. Dans ce liquide, dont le volume doit être renfermé dans les limites fixées précédemment, on introduit une pipette de 10^{cc} d'acide normal; on colore par le tournesol, et l'on cherche combien il faut d'alcali pour arriver au point de saturation convenu, pour faire virer la couleur rouge au bleu. Supposons, par exemple, que le titre de la dissolution alcaline soit 33^{cc},2, et que, après avoir été mêlés avec le liquide ammoniacal, les 10^{cc} d'acide normal n'exigent plus que 13^{cc},5 de la même dissolution alcaline, pour être saturés; on obtiendra le volume

de l'acide qui a été saturé par l'ammoniaque, et, par suite, le poids de cet alcali, de la manière suivante :

L'acide normal exigeait..	33 ^{cc} ,2 d'alcali ν .
Il n'a plus exigé que..	13 ^{cc} ,5 d'alcali ν' .
Différence ...	19 ^{cc} ,7 d'alcali $\nu - \nu'$

Cette différence fait connaître le volume de l'acide qui a été saturé par l'ammoniaque que contenait la liqueur. En effet, 33^{cc},2 d'alcali est à 10^{cc} d'acide, comme 19^{cc},7 d'alcali est à x ; $x = 5^{\text{cc}},934$. Mais 10^{cc} équivalent à 0^{gr},212 d'ammoniaque; donc, 5^{cc},934 d'acide équivaudront à 0^{gr},1258 de cet alcali : ce qui revient à multiplier la différence $\nu - \nu'$ par le poids de l'ammoniaque p , que saturent 10^{cc} de l'acide normal, et à diviser le produit par 33^{cc},2. Quant au degré de précision qu'il est permis d'atteindre, il serait $\frac{0^{\text{gr}},212}{332} = 0^{\text{gr}},00064$, si l'on pouvait répondre de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube dans la mesure de la dissolution alcaline; mais comme l'incertitude est certainement de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube; qu'il y a deux opérations à faire en comprenant celle du titrage, il s'ensuit que l'erreur pourrait aller à 0^{gr},0013 dans l'exemple que j'ai choisi. Dans les cas ordinaires de l'analyse organique, lorsque l'on dose l'ammoniaque pour fixer la proportion d'azote, ce degré d'exactitude est suffisant si l'on agit sur une quantité convenable de matière azotée; mais il n'en est plus ainsi quand on se propose de rechercher l'ammoniaque que renferme une eau, et que, d'ailleurs, pour rendre l'opération rapide sans renoncer à une grande exactitude, on opère sur un seul litre de liquide. Il faut alors prendre certaines précautions, qu'on peut négliger sans inconvénient dans les recherches ordinaires.

Puisque, par l'emploi des liqueurs titrées, le poids de l'ammoniaque est $\frac{(\nu - \nu')p}{\nu}$, il est clair que ce poids sera

d'autant plus faible, que p le sera lui-même, v restant invariable. Or, comme les eaux de rivières, de sources, de pluie contiennent bien rarement plus de 5^{mgr} d'ammoniaque par litre, il est facile d'apprécier un poids très minime d'alcali, en prenant 1^{vol} d'acide saturable par $5^{\text{mgr}},3$ d'ammoniaque. Il suffira, par exemple, de verser dans le matras-litre 25^{cc} de l'acide normal de M. Peligot, dont j'ai donné plus haut la préparation; en achevant de remplir le matras avec de l'eau pure bien exempte d'alcali, on aura une liqueur acide, dont une pipette de 10^{cc} sera saturée par $5^{\text{mgr}},3$ d'ammoniaque. Si maintenant on a une dissolution de potasse assez étendue pour qu'on soit obligé d'en ajouter 33^{cc} pour saturer la pipette d'acide, il serait possible de doser $\frac{0^{\text{gr}},0053}{339} = 0^{\text{gr}},000016$ d'ammoniaque, si l'on répondait de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube dans l'emploi de la dissolution alcaline; mais, admettant une incertitude des 2 divisions de la burette à alcali, on trouve qu'on arrive encore à doser $\frac{3}{100}$ de milligramme d'ammoniaque. Afin que ce degré de précision ne soit pas illusoire, il faut prendre plusieurs mesures qui tendent à atténuer les causes d'erreurs que comportent les diverses parties du procédé.

Le verre, particulièrement le verre des vases qui n'ont pas servi, est alcalin. Les chimistes familiarisés avec les méthodes de l'analyse minérale savent que de l'acide sulfurique pur, récemment distillé, laisse, par l'évaporation, un résidu très appréciable quand il a été conservé pendant quelque temps dans un flacon. On sait aussi que le verre est assez alcalin pour absorber, à la longue, du gaz acide carbonique. Il est donc nécessaire de mettre préalablement en contact avec de l'acide sulfurique assez fort les flacons, les pipettes destinés à conserver ou à mesurer l'acide titré; les serpentins, les fioles où se rend le produit de la distillation.

L'infusion de tournesol est alcaline; il est bon d'en diminuer l'alcalinité. A cet effet, on divise une quantité donnée de teinture en deux volumes égaux; l'un des volumes est rougi par un acide, puis on le réunit à l'autre. On peut, en réitérant cette opération, obtenir une teinture bleue d'une très grande sensibilité et très peu alcaline; néanmoins, pour communiquer à la liqueur acide dont on a à fixer le titre la teinte rouge, il faut compter le nombre de gouttes d'infusion de tournesol que l'on emploie, à l'aide d'un tube effilé, et, dans tous les cas, pour le même volume d'acide ajouter toujours le même nombre de gouttes. Les liquides ammoniacaux que l'on doit titrer occupent un volume de 100^{cc} et même de 200^{cc}. Je fais usage, pour opérer la saturation, de verres à fond plat, verres de table, de 250^{cc} à 500^{cc} de capacité. La difficulté, quand on agit sur 100^{cc}, et à bien plus forte raison sur 200^{cc} de liquide acide à saturer, est de bien saisir le point où toute la masse a viré du rouge au bleu. La dissolution alcaline a, en raison de sa faiblesse, une densité si peu différente de celle de l'eau, que, malgré une forte agitation circulaire imprimée au liquide lorsqu'on prévoit le point de saturation, le mélange de l'alcali avec les couches inférieures du liquide ne se fait qu'avec une certaine lenteur très nuisible à l'instantanéité du phénomène de coloration. On obvie à cet inconvénient en préparant la dissolution alcaline avec de l'eau saturée de sulfate de potasse. Ce liquide, quoique très faiblement alcalin, est assez dense pour gagner le fond de la liqueur acide, à mesure qu'il sort goutte par goutte du bec de la burette; et par l'agitation le mélange a lieu très rapidement. C'est mon préparateur, M. Houzeau, qui a eu l'idée d'augmenter ainsi la densité d'une liqueur très faiblement alcaline, par l'intervention du sulfate de potasse.

Dans l'appareil que j'ai décrit, on soumet à la distillation 1^{lit} d'eau; si l'on considère que par les liqueurs

titrés on répond de $\frac{3}{100}$ de milligramme dans le dosage de l'ammoniaque, on reconnaîtra que cette quantité est suffisante. Mais s'il y a lieu d'agir sur quelques litres, on introduit dans le ballon, soit de l'eau dans laquelle, au moyen de plusieurs distillations successives faites avec soin, on a concentré l'ammoniaque provenant d'un certain nombre de litres d'eau, soit le résultat de l'évaporation d'une eau qu'on aura acidulée pour retenir l'ammoniaque.

S'il est très important de disposer l'appareil de manière à ce que, pendant l'ébullition dans le ballon, il n'y ait pas de liquide entraîné, c'est qu'il y a nécessité d'ajouter à l'eau qu'on distille une certaine quantité de potasse, et cela pour deux raisons : d'abord, pour décomposer les sels fixes d'ammoniaque qui pourraient s'y trouver; ensuite pour fixer l'acide carbonique qu'elle contient toujours, quelquefois même en telle proportion, qu'il imprime au produit de la distillation une réaction acide assez prononcée pour occasionner une perturbation grave dans le titre de la liqueur ammoniacale. Un appareil, s'il laissait passer, même en très petite quantité, le liquide du ballon, devrait être rejeté, car son emploi obligerait à introduire une correction pour l'alcali fixe qui s'ajouterait à l'alcali volatil qu'il s'agit de doser. En se conformant aux dispositions que j'ai indiquées, il arrive un moment où le liquide, distillé avec une addition de potasse, ne donne plus le moindre indice de la présence d'un alcali.

La première chose à faire pour juger le degré de précision que comportait le procédé que j'avais adopté, c'était d'opérer sur de l'eau dans laquelle on introduirait des quantités connues d'ammoniaque; ce qui était facile, en se servant de liqueurs ammoniacales préalablement titrées, ou de sels ammoniacaux dont on connaissait le poids et la composition. Les résultats fournis par les premières expériences furent très singuliers, en ce qu'on retirait le

plus souvent plus d'alcali qu'on n'en avait mis. C'est que l'eau distillée apportait quelquefois autant d'ammoniaque qu'il y en avait eu d'ajoutée. Dans quelques cas, le contraire arrivait; la liqueur distillée, loin d'amoinrir le titre de l'acide normal en fournissant de l'alcali, l'augmentait sensiblement par l'intervention de l'acide carbonique. Ces anomalies ne disparurent que lorsqu'on fit usage d'eau successivement distillée avec du sulfate d'alumine et avec de la potasse; ou bien encore, en prenant de l'eau distillée après l'avoir fait bouillir jusqu'à la réduire à la moitié de son volume par l'évaporation, afin d'en expulser, en totalité, l'acide carbonique et l'ammoniaque. Voici les détails de quelques-unes des expériences exécutées dans ces conditions.

Une pipette d'acide normal, équivalant à $0^{\text{gr}},0106$ d'ammoniaque, était saturée par $32^{\text{cc}},3$ de liqueur alcaline.

A 10^{cc} de liqueur ammoniacale préparée pour ces expériences, on a mêlé deux pipettes d'acide normal, qui auraient demandé, pour être saturées, $64^{\text{cc}},6$ du liquide alcalin; la saturation du mélange a eu lieu avec $27^{\text{cc}},0$; différence, $37^{\text{cc}},6$:

$$64^{\text{cc}},6 : 0^{\text{gr}},0212 :: 37^{\text{cc}},6 : x = 0^{\text{gr}},01234.$$

10^{cc} de la liqueur ammoniacale renfermaient donc $0^{\text{gr}},01234$ d'ammoniaque.

Dans 1^{lit} d'eau pure, on en a introduit 20^{cc} , soit $0^{\text{gr}},02468$ d'ammoniaque. L'eau a ensuite été distillée dans l'appareil; le produit a été fractionné par volume de 50^{cc} , que l'on a *titrés* à mesure qu'on les obtenait, après y avoir mêlé, pour le premier *titrage*, deux pipettes d'acide normal saturant chacune $32^{\text{cc}},3$ du liquide alcalin. A partir du second *titrage*, on n'a plus employé qu'une pipette d'acide normal.

1 ^o . 50 ^{cc} . Titre de l'acide : Avant.	32,3 ^{cc}	
	Après.	<u>26,6</u>
	Différence...	5,7
Pour la 2 ^e pipette d'acide normal	32,3	
		<u>38,0</u> éq. à ammoniaq. 08 ^r ,01247
2 ^o . 50 ^{cc} . Titre : Avant.....	32,3	
	Après..	<u>13,8</u>
	Différence..	18,5 éq. à ammoniaq. 08 ^r ,00607
3 ^o . 50 ^{cc} . Titre : Avant... ..	32,3	
	Après.....	<u>23,1</u>
	Différence..	9,2 éq. à ammoniaq. 08 ^r ,00302
4 ^o . 50 ^{cc} . Titre : Avant.....	32,3	
	Après.....	<u>27,7</u>
	Différence...	4,6 éq. à ammoniaq. 08 ^r ,00151
5 ^o . 50 ^{cc} . Titre : Avant.....	32,3	
	Après..	<u>29,9</u>
	Différence..	2,4 éq. à ammoniaq. 08 ^r ,00079
6 ^o . 50 ^{cc} Titre : Avant.....	32,3	
	Après. ..	<u>31,0</u>
	Différence...	1,3 éq. à ammoniaq. 08 ^r ,00043
7 ^o . 50 ^{cc} . Titre : Avant.	32,3	
	Après.....	<u>31,6</u>
	Différence..	0,7 éq. à ammoniaq. 08 ^r ,00023
8 ^o . 50 ^{cc} . Titre : Avant.	32,3	
	Après... ..	<u>31,9</u>
	Différence...	0,4 éq. à ammoniaq. 08 ^r ,00013
9 ^o . 50 ^{cc} Titre : Avant... ..	32,3	
	Après.....	<u>32,1</u>
	Différence..	0,2 éq. à ammoniaq. 08 ^r ,00007
	Ammoniaque retirée.....	08 ^r ,02472
	Ammoniaque ajoutée.. ..	08 ^r ,02468
	Gain pendant l'opération..	<u>08^r,00004</u>

On est donc retombé exactement sur la quantité d'ammoniaque introduite dans le litre d'eau, puisque la différence est à peu près sur la limite de la précision que présente le procédé. Dans cette expérience, on a eu soin

d'ajouter dans le ballon, après chaque prise de 50^{cc} de liquide distillé, 50^{cc} d'eau pure, afin de conserver toujours le même volume d'eau en ébullition. Comme l'ammoniaque ajoutée à l'eau était à l'état caustique, on n'a pas eu besoin de faire intervenir la potasse dans la distillation.

On a mis dans 1^{lit} d'eau pure 20^{cc} de la même dissolution ammoniacale contenant 0^{gr},02468 d'ammoniaque. Le liquide distillé a été titré par volume de 100^{cc}.

La pipette d'acide normal saturait 32^{cc},5 de liqueur alcaline.

1 ^o . 100 ^{cc} . Titre : Avant.	32,5	cc
Après..	<u>6,5</u>	
Différence..	26,0	
Pour la 2 ^e pipette d'acide normal	<u>32,5</u>	
Différence...	58,5	ég. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,01904
2 ^o . 100 ^{cc} . Titre : Avant.	32,5	
Après.....	<u>19,6</u>	
Différence..	12,9	ég. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00424
3 ^o . 100 ^{cc} . Titre : Avant....	32,5	
Après. ..	<u>29,3</u>	
Différence...	3,2	ég. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00104
4 ^o . 100 ^{cc} . Titre : Avant....	32,5	
Après.	<u>31,7</u>	
Différence..	0,8	ég. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00021
5 ^o . 100 ^{cc} . Titre : Avant.. ..	32,5	
Après. ..	<u>32,3</u>	
Différence...	0,2	ég. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,0000
Ammoniaque retirée.	0 ^{gr} ,0246	
Ammoniaque ajoutée....	0 ^{gr} ,0246	
Perte pendant l'opération.. ..	0 ^{gr} ,0000	

Dans cette expérience, l'eau était remplacée après chaque prise de 100^{cc}. On n'avait pas fait intervenir la potasse; dans l'expérience suivante, on a ajouté à l'eau ammoniacale introduite dans l'appareil une solution rei

fermant 4^{dgr} à 5^{dgr} d'hydrate de potasse, qu'on avait chauffé au rouge avant de le dissoudre. Cette introduction était faite pour voir s'il y aurait de l'alcali fixe entraîné pendant l'ébullition. On a titré par volume de 100^{cc}. Une pipette d'acide normal équivalent à 0^{gr},0106 d'ammoniaque était saturée par 33^{cc},2 de la dissolution alcaline, titre de la liqueur ammoniacale.

10^{cc} étant mêlés à une pipette d'acide normal, on a eu :

		^{cc}
Titre : Avant.. . . .	33,2	
Après..... ..	<u>15,5</u>	
Différence..	17,7	équiv. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,005651

On a fait entrer dans 1^{lit} d'eau pure 20^{cc} de cette liqueur, soit 0^{gr},01130 d'ammoniaque; l'eau volatilisée n'a pas été remplacée.

			^{cc}
1 ^o . 100 ^{cc} . Titre : Avant.. . . .	33,2		
Après.. ..	<u>7,9</u>		
Différence..	25,3	éq. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00808	
2 ^o . 100 ^{cc} . Titre : Avant.. . . .	33,2		
Après.. ..	<u>25,6</u>		
Différence..	7,6	éq. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00243	
3 ^o . 100 ^{cc} . Titre : Avant... ..	33,2		
Après..... ..	<u>31,2</u>		
Différence..	2,0	éq. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00064	
4 ^o . 100 ^{cc} Titre : Avant... ..	33,2		
Après.. ..	<u>32,8</u>		
Différence... ..	0,4	éq. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00016	
5 ^o . 100 ^{cc} . Titre : Avant.....	33,2		
Après.. . . .	<u>33,2</u>		
Différence... ..	0,0		
6 ^o . 100 ^{cc} . Titre : Avant.. ..	33,2		
Après.. . . .	<u>33,2</u>		
Différence..	0,0		
Ammoniaque retirée.. . . .	...	0 ^{gr} ,01131	
Ammoniaque ajoutée. . . . .	....	<u>0^{gr},01130</u>	
Perte pendant l'opération.		0 ^{gr} ,00001	

L'ammoniaque a été retrouvée en totalité, et, à partir de la cinquième prise, l'acide normal ajouté a conservé son titre, ce qui prouve que, malgré la très forte ébullition qui a lieu dans le ballon, il n'y a pas de potasse entraînée.

J'ai dû m'assurer que l'on obtenait aussi toute l'ammoniaque d'un sel fixe qu'on décomposerait par l'action de la potasse : 0^{gr},0145 de sel ammoniac bien sec ont été dissous dans 1^{lit} d'eau pure; le liquide a été introduit dans le ballon avec une solution alcaline, renfermant 1^{gr} d'hydrate de potasse.

La pipette d'acide normal équivalent à 0^{gr},0053 d'ammoniaque était saturée par 34^{cc} de liqueur alcaline. On a titré chaque volume de 100^{cc}, retirés successivement pendant la distillation, et qu'on n'a pas remplacés.

		cc	
1 ^o . 100 ^{cc} . Titre :	Avant ..	34,0	
	Après... ..	<u>10,6</u>	
	Différence..	23,4	éq. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00365
2 ^o . 100 ^{cc} . Titre :	Avant.. ..	34,0	
	Après.. ..	<u>28,8</u>	
	Différence..	5,2	éq. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00081
3 ^o . 100 ^{cc} . Titre :	Avant.. ..	34,0	
	Après.....	<u>32,7</u>	
	Différence...	1,3	éq. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00020
4 ^o . 100 ^{cc} . Titre :	Avant.....	34,0	
	Après.....	<u>33,6</u>	
	Différence..	0,4	éq. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00005
	Ammoniaque retirée.....	...	0 ^{gr} ,00471
	Dans 0 ^{gr} ,0145 de sel ammoniac, il y a, en alcali..	0 ^{gr} ,00470	

Toute l'ammoniaque du sel a été obtenue sans que le résultat ait été troublé par l'action de la potasse mise dans le ballon.

Pour retirer l'ammoniaque ajoutée à 1^{lit} d'eau, on voit qu'il faut pousser la distillation jusqu'à ce qu'on ait vola-

tilisé environ les deux cinquièmes du liquide, ce qui, en titrant même par volume de 0^{lit},1, demande encore quatre opérations. Indépendamment de la célérité, il y a, sans aucun doute, plus d'exaetitude à diminuer le nombre des titrages; en procédant, par exemple, par volume de 2 décilitres, on peut, le plus souvent, ne titrer que deux fois, et cela avec autant de faeilité, quand une fois on en a pris l'habitude.

Dans 1^{lit} d'eau pure, on a mis 10^{cc} d'une dissolution ammoniacale renfermant 0^{gr},00413 d'alcali. La liqueur étant dans le ballon, on a ajouté une solution de potasse, dans laquelle il entrait 0^{gr},64 d'hydrate de potasse. La pipette d'acide normal équivalait à 0^{gr},0106 d'ammoniaque, et saturait 33^{cc} de dissolution alcaline. On a titré par volume de 200^{cc}.

1 ^o . 200 ^{cc} . Titre :	Avant...	33,0	^{cc}
	Après.. ..	<u>20,8</u>	
	Différence..	12,2	ég. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00392
2 ^o . 200 ^{cc} . Titre :	Avant..	33,0	
	Après....	<u>32,7</u>	
	Différence...	0,3	ég. à ammoniaq. 0 ^{gr} ,00016
	Ammoniaque retirée... ..		0 ^{gr} ,00408
	Ammoniaque ajoutée.....		<u>0^{gr},00410</u>
	Perte pendant l'opération..		0 ^{gr} ,00002

Ces détails suffisent, et je me bornerai maintenant à présenter les quantités d'ammoniaque trouvées dans les premiers produits de la distillation, afin qu'on puisse se former une idée du degré de précision que comporte le procédé fondé, d'une part sur la distillation, et de l'autre sur le dosage par les liqueurs titrées :

AMMONIAQUE ajoutée.	AMMONIAQUE trouvée.	DIFFÉRENCE.	SENS de la différence.
mgr	mgr	mgr	
24,68	24,72	0,04	Gain.
24,68	24,65	0,03	Perte.
11,30	11,31	0,01	Gain.
4,70	4,71	0,01	Gain.
4,10	4,08	0,02	Perte.
12,30	12,24	0,06	Perte.
10,56?	10,40	0,16	Perte.
8,36	8,40	0,04	Gain.
4,13	4,10	0,03	Perte.
49,44	49,50	0,06	Gain.
0,36	0,37	0,01	Gain.
0,46	0,46	0,00	»

Dès le commencement des recherches exposées dans ce Mémoire, on reconnut une relation fort simple entre les proportions d'ammoniaque contenues dans les produits obtenus successivement, et en volumes égaux, de la distillation d'une eau faiblement ammoniacale. L'ammoniaque décroît suivant une progression géométrique dont la raison est 2 lorsque, opérant sur 1^{lit} de liquide, on fractionne le produit distillé par volume de 50^{cc}; de 4 lorsqu'on le retire par volume de 100^{cc}. C'est ce qui ressort évidemment des tableaux où j'ai réuni les résultats obtenus dans l'une et l'autre de ces deux conditions. Quand on retire le liquide distillé par volume de 200^{cc}. comme on l'a fait dans le plus grand nombre de cas, la relation que je signale ne se manifeste plus, parce que la presque totalité de l'ammoniaque se trouve dans le premier produit.

Produits de la distillation retirés successivement par volumes de 50 centimètres cubes.

1 ^{er} PRODUIT Ammoniaque.	2 ^e PROD. Ammon.	3 ^e PROD. Ammon.	4 ^e PROD. Ammon.	5 ^e PROD. Ammon.	6 ^e PROD. Ammon.	7 ^e PROD. Ammon.	8 ^e PROD. Ammon.
mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr
0,31	0,16	0,08	0,04	0,01	0,00	»	»
6,70	3,40	1,50	0,64	0,18	0,00	»	»
15,69	7,67	4,04	1,94	0,89	0,35	0,19	0,09
4,77	2,40	1,26	0,67	0,28	0,22	0,19	0,10
12,47	6,07	3,08	1,51	0,79	0,43	0,23	0,13

Produits de la distillation retirés successivement par volumes de 100 centimètres cubes.

6,64	1,72	0,43	0,11	0,03			
9,12	2,42	0,52	0,15	0,03			
0,28	0,06	0,02	0,00	0,00			
8,03	1,70	0,41	0,16	0,04			
1,26	0,36	0,12	0,03	0,01			
7,59	2,00	0,52	0,19	0,05			
8,08	2,43	0,64	0,16	0,04			
19,08	4,20	1,04	0,26	0,07			
3,65	0,81	0,20	0,05	0,01			
Moy. 7,08	1,74	0,44	0,12	0,03			
Calculé, on a.	1,77	0,44	0,11	0,03			

Produits de la distillation retirés successivement de 1 litre de pluie, par volumes de 100 centimètres cubes.

0,397	0,099	0,026					
0,729	0,182	0,050					
0,132	0,033						
0,429	0,099	0,017					
0,380	0,099	0,017					
1,279	0,328	0,082					
0,742	0,182	0,049					
0,231	0,066	0,017					
Moy. 0,540	0,136	0,032					
Calculé, on a.	0,135	0,034					

Cette relation curieuse, qui ressort, sans exception, de toutes les expériences faites jusqu'à présent, permettrait peut-être de simplifier considérablement le dosage de l'ammoniaque dans les eaux. Il suffirait, par exemple, après avoir titré les premiers 100^{cc} obtenus par la distillation de 1^{lit} de liquide, de calculer l'ammoniaque dans le deuxième, le troisième, le quatrième produit, en considérant la quantité d'alcali contenue dans chacun d'eux, comme le deuxième, le troisième, le quatrième terme d'une progression géométrique décroissante ayant pour raison 4, et pour premier terme l'ammoniaque dosée dans les premiers 100^{cc}. On remarquera, d'ailleurs, qu'on aurait déterminé expérimentalement les $\frac{3}{4}$ de l'alcali. Toutefois, les résultats que je vais présenter ont été obtenus en titrant successivement 200^{cc} du liquide distillé, et quand on l'a jugé nécessaire, une troisième prise de 200^{cc}; mais cette dernière opération n'a eu lieu que fort rarement, parce qu'il arrive presque toujours que la deuxième prise donne seulement des indices d'alcali, lorsque le litre d'eau ne renferme que quelques milligrammes d'ammoniaque :

MOIS dans lequel l'observ. a été faite.	EAUX DE RIVIÈRES.	AMMO- NIAQUE dans 1 litre d'eau.
		mgr
Avril...	Eau de la Seine, prise au pont d'Austerlitz.....	0,12
Avril...	Eau de la Seine, prise au même moment au pont de la Concorde.....	0,16
Sept....	Eau de la Seine, prise au pont d'Austerlitz.....	0,09
Mai	Eau de l'Oureq, prise dans le bassin de la Villette.	0,03
Mai	Eau de l'Oureq, prise dans un bassin du Muséum où l'on cultive des plantes aquatiques.....	0,00
Mai	Eau du bassin carré du Muséum; culture de plantes aquatiques.....	0,00
Mars...	Eau du Loing, prise à Montargis.....	0,14
Avril...	Eau de la Bièvre, prise au Pont-aux-Tripes, à Paris.	2,61
Mai	Eau du lac d'Enghien.....	0,07
Juin....	Eau du Rhin, prise près de Lauterbourg.....	0,49
Août...	Eau du Rhin, prise près de Lauterbourg.....	0,43
Octobre.	Eau du Rhin, prise près de Lauterbourg.....	0,17
Juin....	Eau de la Moder, prise à Haguenau.....	0,20
Juillet..	Eau de la Seltz, prise à Merckwiller (Bas-Rhin).	0,13
Juillet..	Eau de la Saüer, prise le 13.....	0,13
Juillet..	Eau de la Saüer, prise le 14 après un orage.....	0,13
Juillet..	Eau de la Lauter, prise à Wissembourg.....	0,31
Août...	Eau de la Lauter, prise à Lauterbourg.....	0,37

MOIS dans lequel l'observ. a été faite.	EAUX DE SOURCES.	AMMO- NIAQUE dans 1 litre d'eau.
Avril...	Eau d'un puits de Clignancourt, près Montmartre (Seine).....	mgr 0,31
Avril...	Eau d'un puits près l'Hôtel de Ville de Paris....	34,30
Mai....	Eau d'un puits du quai de la Mégisserie, maison n° 28, Paris.....	33,86
Mai....	Eau d'un puits du quai de la Mégisserie, maison n° 30, Paris.....	30,33
Mai....	Eau d'un puits de la rue du Parc-Royal, maison n° 5, Paris.....	1,32
Mai...	Eau d'un puits de la rue des Lavandières, Paris.	0,26
Mai....	Eau d'un puits de la rue de la Tabletterie, Paris.	0,10
Avril...	Eau d'un puits très profond de la rue de Reuilly, près la barrière, Paris.....	0,02
Mars...	Eau d'un puits près Louzouer (Loiret).....	0,03
Avril...	Eau d'un puits de Montargis.....	3,84
Juin....	Eau d'un puits de la ferme Hüffel, près de Hagenau (Bas-Rhin); terrain tourbeux.....	3,45
Juillet..	Eau d'un puits de la ferme de Merckwiller (Bas-Rhin); terrain tertiaire.....	0,00
Juillet..	Eau d'un puits de la ferme de Bechelbronn (Bas-Rhin); terrain tertiaire.....	0,06
Juillet..	Eau d'un puits d'extraction de la mine de bitume de Bechelbronn (60 mètres).....	1,00
Mai....	Eau du puits artésien de Grenelle.....	0,23
Avril...	Eau d'une source d'Andilly, près Montmorency; eau très calcaire.....	0,00
Avril...	Eau de la source de Guermantes, près Lagny...	0,00
Avril...	Eau d'Arcueil, prise à Paris; eau très calcaire...	0,07
Juillet..	Eau de la source de Liebfrauenberg (Bas-Rhin); grès des Vosges.....	0,03
Juillet..	Eau de la source de la Seltzbach, origine de la Seltz; grès des Vosges.....	0,03
<i>Eaux minérales.</i>		
Mai...	Eau de la source sulfureuse d'Enghien.....	2,00
Juillet..	Eau de la source de Niederbronn (Bas-Rhin)....	0,88

II. — Les recherches que j'ai pu faire jusqu'à présent m'ont conduit à constater que les eaux de sources et de rivières ne renferment réellement que des traces d'ammoniaque; ces traces sont même quelquefois si peu apparentes, qu'il a fallu toute la sensibilité du dosage par les liqueurs titrées pour pouvoir les exprimer par des nombres. J'étais d'autant plus éloigné d'attendre un semblable résultat, que les consciencieux travaux de M. Barral portaient à 4^{mgr} par litre l'ammoniaque dans l'eau de pluie; et, puisque les sources et les rivières ont la pluie pour origine, il était naturel de supposer que leurs eaux seraient au moins aussi ammoniacales.

Il semble, du moins dans la limite de mes observations, qu'elles sont bien loin de renfermer une telle proportion d'alcali. En effet, si l'on en excepte la Bièvre, qui, à cause des nombreuses industries établies sur ses bords, est plutôt un égout qu'une rivière, les eaux inscrites dans le précédent tableau contiennent bien moins d'ammoniaque. Il en est même, comme celle de la source de Guermantes, comme celle d'un puits percé dans la ferme expérimentale que j'ai fait construire à Merckwiller, dans lesquelles on n'en a pas trouvé du tout. La preuve que l'absence de l'ammoniaque est bien réelle, qu'elle n'est pas une illusion provenant de l'impuissance de la méthode, c'est que si, comme je l'ai fait, on ajoute à ces eaux la plus minime quantité d'ammoniaque et qu'on distille, on retrouve constamment cette minime quantité dans les produits de la distillation.

Ici se présente tout naturellement cette question : Est-on suffisamment fixé sur la proportion d'ammoniaque que contiennent les eaux pluviales, pour admettre que cette proportion est beaucoup moindre dans les eaux de source et dans les eaux de rivière?

M. Barral a trouvé, en moyenne, 3^{mgr}, 35 dans 1^{lit} de la pluie tombée sur la terrasse de l'Observatoire de Paris,

pendant le second semestre de 1851 : la proportion la plus forte, 5^{mgr}, 45, a été obtenue en décembre ; la plus faible, 1^{mgr}, 08, en octobre (1).

Lors de la lecture de ce Mémoire à l'Académie des Sciences (2), je n'avais que fort peu d'observations faites sur l'eau météorique ; toutefois, ces quelques observations s'accordaient avec celles de M. Barral. Ainsi, dans 1^{lit} de pluie recueilli à Paris dans la première quinzaine d'avril, j'ai dosé 4^{mgr}, 34 d'ammoniaque, c'est-à-dire vingt-sept fois autant que dans l'eau de la Seine, examinée à la même époque, par les mêmes moyens et par le même opérateur. De 1^{lit} de pluie tombée le 8 mai, on a retiré 3^{mgr}, d'ammoniaque. Depuis, j'ai continué à la campagne les recherches que j'avais commencées à Paris, et les résultats obtenus dans ces derniers mois paraîtraient établir que la pluie tombée dans les champs renferme notablement moins d'ammoniaque que la pluie recueillie dans une ville.

Du 26 mai au 18 octobre, j'ai eu l'occasion de faire quarante-sept opérations, et dans les cas les plus nombreux, aucune des eaux n'a contenu, à beaucoup près, 1^{mgr} d'ammoniaque par litre. Une circonstance qui tendrait à faire croire qu'il y a réellement une différence, c'est que, dans les observations faites à la campagne, il en est quelques-unes qui coïncident avec celles faites les mêmes jours au Conservatoire impérial des Arts et Métiers, par M. Houzeau, et dans lesquelles cette différence se manifeste de la manière la plus évidente. Il n'y aurait, au reste, rien de surprenant à ce que la pluie, après avoir lavé l'atmosphère d'une grande cité, contînt plus d'ammoniaque. Paris, sous le rapports des émanations, peut

(1) *Recherches analytiques sur les eaux pluviales*; Paris, p. 67.

(2) Ce Mémoire a été lu à l'Académie le 9 mai 1853 ; mais, depuis, j'ai continué les recherches qui en font le sujet.

être comparé à un amas de fumier d'une étendue considérable.

L'ancien monastère du Liebfrauenberg, où j'ai recueilli de la pluie pour l'examiner, est sur le versant oriental de la chaîne des Vosges, à l'extrémité de la vallée de Saüer, et sur la lisière de forêts qui s'étendent jusqu'en Bavière.

MOIS dans lequel les obser- vations ont été faites.		EAUX DE PLUIE.	AMMONIAQUE dans 1 litre d'eau.
			mgr
Mai	27, 1853 ...	Pluie continue.....	0,31
Mai	27.....	Pluie recueillie à Paris.....	1,70
Mai	28.....	Pluie.....	0,51
Mai	29.....	Pluie d'orage.....	0,35
Mai	30 au 31...	Pluie continue.....	0,25
Juin	2.....	Pluie continue.....	0,25
Juin	5.....	Pluie non interrompue pendant vingt-quatre heures.....	0,49
Juin	21 au 24...	Pluie continue.....	0,61
Juin	30.....	Pluie mêlée de pluie d'orage.....	0,43
Juillet	1 au 2....	Pluie continue.....	0,58
Juillet	13.....	Pluie de 9 ^h à 10 ^h du soir; violent orage.....	0,68
Juillet	16.....	Pluie à 9 ^h du soir; il tonne; il a été impossible de constater la présence de l'ammoniaque.....	0,00
Juillet	25.....	A 1 ^h de l'après-midi, orage des plus violents; il est tombé beau- coup de grêle dans la plaine. Au Liebfrauenberg, la pluie tombait par torrent, mais sans grêlons... A 9 ^h 30 ^m du soir, pluie abondante, mais de peu de durée.....	0,45 0,06
Juillet	19 au 25...	A Paris.....	1,82
Juillet	25.....	A Paris, pluie tombée le 25.....	1,56
Juillet	28.....	Pluie tombée à 6 ^h du matin.....	0,69
Juillet	29.....	Orage à 4 ^h du matin.....	0,15
Juillet	28 au 30...	A Paris.....	2,00
Août	5.....	A 8 ^h du matin, averse... ..	2,48
Août	14.....	Pluie continue.....	0,76
Août	15.....	Pluie continue.....	1,86
Août	17.....	Pluie.....	1,36
Août	24.....	Pluie.....	3,38
Août	26.....	Pluie.....	1,32
Août	26.....	A Paris, pluie tombée le 26.....	1,06
Août	27.....	Pluie.....	2,13
Août	28.....	Pluie.....	0,49
Août	29.....	Pluie.....	0,37
Août	31.....	Pluie.....	0,79

MOIS dans lequel les obser- vations ont été faites.		EAUX DE PLUIE.	AMMONIAQUE dans 1 litre d'eau.
Sept.	2.....	Orage; pluie.....	mgr 0,43
Sept.	3.....	Pluie pendant la nuit.....	0,50
Sept.	4.....	Pluie; bruine.....	1,33
Sept.	6.....	Pluie pendant le jour.....	0,21
Sept.	6 au 7....	Pluie pendant la nuit.....	0,80
Sept.	7.....	Pluie pendant le jour.....	0,36
Sept.	7 au 8....	Pluie pendant la nuit.....	0,15
Sept.	8.....	Pluie pendant le jour.....	0,11
Sept.	8 au 9....	Brouillard, pluie très fine pendant la nuit.....	0,29
Sept.	24.....	Pluie.....	1,52
Sept.	25.....	Pluie.....	0,24
Sept.	28.....	Bruine.....	3,38
Sept.	29 au 30..	Pluie.....	0,36
Oct.	1.....	Pluie.....	0,61
Oct.	2.....	Pluie; grêle.....	0,54
Oct.	7.....	Pluie.....	1,40
Oct.	8.....	Pluie, gros grêlons.....	0,60
Oct.	9.....	Pluie pendant la nuit.....	0,53
Oct.	12.....	Pluie pendant la nuit.....	0,94
Oct.	14.....	Pluie pendant la nuit.....	0,25
Oct.	16.....	Pluie.....	0,90
Oct.	17 au 18..	Pluie pendant la nuit.....	0,72

Quoique ces proportions d'ammoniaque soient bien inférieures à celles trouvées par M. Barral dans la pluie mesurée à l'Observatoire de Paris, la remarque que j'ai faite subsiste toujours; les eaux qui circulent à la surface du sol paraissent renfermer notablement moins d'azote que les eaux météoriques. Ainsi, sans attacher une grande valeur à des moyennes déduites d'éléments peu nombreux et incomplets, on voit cependant que l'eau de rivière, j'en excepte la Bièvre, contient en moyenne et par litre 0^{mgr}, 17 d'ammoniaque. En écartant certains puits évidemment souillés par les matières fécales, par les substances putré-

fiées dont le terrain des lieux habités est souvent pénétré (1), on reconnaît, d'après treize observations se rapportant à des localités assez diverses, que l'eau de source n'en contiendrait pas plus de 0^{mgr},09 par litre. Or, les quarante-sept déterminations faites sur les pluies tombées au Liebfrauenberg depuis la fin de mai jusqu'en octobre, donnent une moyenne de 0^{mgr},79 d'ammoniaque par litre. C'est quatre fois et demie plus que dans l'eau de rivière; neuf fois plus que dans l'eau des sources et des puits.

La faculté que possède la terre végétale de fixer l'ammoniaque de l'eau qui la pénètre permet d'expliquer comment, en général, les eaux de sources en sont privées. Il n'y a, en effet, que dans les puits souillés par des substances organiques en voie de putréfaction, que l'on rencontre des eaux plus riches en ammoniaque que ne le sont les eaux météoriques. La pluie, en traversant le sol pour alimenter les sources, échange la base des sels ammoniacaux qu'elle renferme pour de la chaux et de la magnésie. Pendant le trajet, les sels d'ammoniaque sont transformés en sels calcaires et magnésiens.

III. — Jusqu'à présent, la quantité d'ammoniaque trouvée dans les eaux que j'ai examinées en suivant la méthode exposée dans ce Mémoire serait, en poids :

Dans les eaux pluviales	0,000 000 8
Dans les eaux de rivières.. . . .	0,000 000 2
Dans les eaux de sources.	0,000 000 1

Bien que ces nombres soient bien faibles, on pouvait supposer, cependant, qu'ils exprimaient de trop fortes proportions d'ammoniaque, par la raison que toutes les eaux étudiées jusqu'à ce jour ont présenté des traces non équivoques d'une matière organique de nature encore incon-

(1) Les boulangers de Paris préfèrent l'eau des puits à l'eau de la Seine, pour faire la pâte.

nue, mais dans la constitution de laquelle quelques essais autorisent à faire admettre l'azote. Brandes et Zimmermann l'ont signalée dans les eaux météoriques, et sa présence a toujours été constatée dans les eaux de rivières ou de sources dont les analyses ont été faites avec une certaine précision. Quelle que soit d'ailleurs sa nature, il suffit de la supposer azotée, pour soutenir qu'elle peut fournir de l'ammoniaque par l'action de la potasse qu'on fait intervenir, ammoniaque qui s'ajouterait alors à celle que l'eau examinée renfermerait, soit à l'état de carbonate, soit à l'état de sel fixe. Il est vrai que cette matière organique se trouve dans les eaux en si minime proportion, qu'il est en quelque sorte impossible de la saisir, et que, par conséquent, elle ne peut apporter, dans la plupart des cas, que des quantités d'ammoniaque qu'on jugerait négligeables si le procédé d'analyse ne permettait pas de doser des centièmes de milligramme d'alcali. J'ai donc cru devoir rechercher combien d'alcali volatil pourrait fournir une substance riche en azote, facilement décomposable et dissoute dans de l'eau que l'on soumettrait au procédé à l'aide duquel on dose l'ammoniaque.

Dans 1^{lit} d'eau pure, on a dissous 0^{gr},5 de gélatine; la dissolution a été introduite dans le ballon de l'appareil et additionnée d'une solution de potasse dans laquelle il entrait 2^{gr} d'hydrate de potasse. On a procédé à la distillation en recevant le liquide distillé par volumes de 200^{cc}, dans chacun desquels on a dosé l'ammoniaque.

1 ^o . 200 ^{cc} . La pipette d'acide saturait :	Avant.....	31,9	de dissolution alcaline (la pip. équiv. à 0 ^{gr} ,0106 d'amm.)
	Après.	<u>31,6</u>	
	Différence..	0,3	= ammoniaque 0 ^{mg} ,10
2 ^e . 200 ^{cc} Titre :	Avant... . . .	31,9	
	Après... . . .	<u>31,3</u>	
	Différence..	0,6	= ammoniaque 0 ^{mg} ,20

3°. 200 ^{cc} . Titre :	Avant . . .	31,9	
	Après . . .	<u>30,8</u>	
	Différence..	1,1	= ammoniacque 0 ^m gr,37
4°. 200 ^{cc} . Titre :	Avant.....	31,9	
	Après....	<u>28,8</u>	
	Différence ..	3,1	= ammoniacque <u>0^mgr,03</u> 1 ^m gr,70

Dans deux autres expériences, conduites de la même manière et en agissant toujours sur 0^{gr},5 de gélatine dissoute dans 1^{lit} d'eau pure, il y a eu de produit, dans un cas, 1^mgr,64, et dans l'autre, 1^mgr,84 d'alcali volatil. Si l'on considère que les 0^{gr},5 de gélatine ont assez d'azote pour donner naissance à 114^mgr d'ammoniacque, on s'aperçoit combien l'action de la dissolution alcaline a été peu prononcée. L'énergie de cette action a augmenté à mesure que la liqueur alcaline se concentrait; mais, en somme, et après qu'on eut poussé la distillation jusqu'à réduire le volume du liquide, en ébullition dans le ballon, aux $\frac{2}{10}$ de ce qu'il était au commencement de l'opération, on n'a obtenu encore que $\frac{1}{69}$ de l'alcali qu'auraient pu fournir les 0^{gr},5 de gélatine. Si, au lieu de pousser la concentration aussi loin, on fût resté dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire qu'on eût arrêté la distillation après avoir recueilli 400^{cc} d'eau condensée dans le serpentín, il n'y aurait eu que 0^mgr,30 d'ammoniacque, ou à très peu près $\frac{1}{400}$ de ce que la gélatine employée était capable de produire. Dans ces essais, j'ai, avec intention, introduit une dose exagérée de substance azotée dans l'eau qui, dans la nature, n'en renferme que des quantités à peine pondérables; si l'on eût agi sur cent fois moins de cette substance, toutes circonstances égales d'ailleurs, il est clair que des traces d'alcali qu'on aurait développées eussent échappé même à l'appréciation si rigoureuse des liqueurs titrées. C'est ce que l'expérience suivante établit, au reste, de la manière la plus nette.

J'ai fait dissoudre dans 1^{lit} d'eau pure 2^{egr} de gélatine pouvant, d'après leur teneur en azote, émettre 3^{mgr},76 d'ammoniaque. La dissolution a été traitée dans l'appareil, après avoir reçu 0^{gr},4 d'hydrate de potasse. Voici les résultats :

	cc
1 ^o . 200 ^{cc} de liquide distillé. Titre de l'acide : Avant...	32,7
Après..	<u>32,7</u>
Différence.....	0,0
2 ^o . 200 ^{cc} . Titre : Avant....	32,7
Après..	<u>32,7</u>
Différence... ..	0,0

La quantité d'ammoniaque produite dans cette circonstance est donc inappréciable.

Ayant à ma disposition de la glairine que M. Jules Bouis avait retirée d'une eau thermale sulfureuse des environs de Perpignan, j'ai été curieux d'examiner l'action d'une solution alcaline faible sur cette substance. La glairine desséchée a l'aspect de la cendre; elle laisse, après la combustion, 0,70 de matières minérales; d'après M. Bouis, elle renferme 0,04 d'azote.

Un gramme de glairine mise dans 1^{lit} d'eau pure avec 2^{gr} d'hydrate de potasse, a été introduit dans l'appareil.

1^o. 200^{cc} de liquide distillé:

Titre de l'acide : Avant.....	31,9
Après.. ..	<u>29,7</u>
Différence.....	2,2 = ammoniaque 0 ^{mgr} ,73

2 ^o . 200 ^{cc} . Titre : Avant.. ..	31,9
Après.. ..	<u>31,3</u>
Différence.....	0,6 = ammoniaque $\frac{0^{\text{mgr}},20}{0^{\text{mgr}},93}$

On a, par conséquent, obtenu un peu moins de $\frac{1}{40}$ de l'ammoniaque qu'aurait pu constituer l'azote de la glairine. Comme 1^{lit} de l'eau sulfureuse d'où cette matière a

été extraite, n'en contient guère que 1^{egr} traité dans l'appareil, on n'en aurait probablement pas retiré plus de 0^{mgr},01 d'ammoniaque.

Ces expériences, tout en prouvant que les matières organiques azotées que toutes les eaux contiennent, produisent de l'ammoniaque sous l'influence des dissolutions alcalines faibles, démontrent cependant que, dans la plupart des cas, cette production doit être si minime, qu'elle ne saurait porter atteinte à la précision du dosage.

Au reste, s'il se présentait une circonstance où il importerait de prévenir toute altération de la substance organique, il suffirait, comme je l'ai fait depuis, de substituer la magnésie à la potasse. Du moins, l'expérience a prouvé que, dans les mêmes conditions, la terre alcaline ne réagit pas sur la gélatine. Dans 1^{lit} d'eau tenant en dissolution 0^{gr},5 de cette matière azotée, on a mis 2^{gr} de magnésie préalablement hydratée; la distillation a été conduite comme à l'ordinaire, en retirant successivement du serpentín des volumes de liquide de 200^{cc} qu'on a titrés.

1 ^o . 200 ^{cc} . Titre de l'acide : Avant..	32,7	cc
Après.....	32,7	
	0,0	
2 ^o . 200 ^{cc} . Titre : Avant... ..	32,7	
Après... ..	32,7	
	0,0	
3 ^o . 200 ^{cc} . Titre : Avant.	32,7	
Après.... ..	32,7	
	0,0	
4 ^o . 200 ^{cc} . Titre : Avant.. ..	32,7	
Après. .. .	32,9?	

IV — On a vu dans un des tableaux précédents que, dans l'eau du lac d'Enghien, l'ammoniaque entre pour moins de $\frac{1}{10}$ de milligramme par litre. J'ai jugé inté-

ressant de rechercher combien en contenait l'eau sulfureuse qui sort tout près du lac, et que M. Batailler, médecin inspecteur, avait bien voulu mettre à ma disposition : 1^{lit} d'eau en a donné 5^{mgr}, 06, équivalant à 18^{mgr}, 1 de bicarbonate. Il est possible que ce sel ammoniacal, qu'on ne mentionne même pas dans les plus récentes analyses, contribue pour quelque chose aux propriétés médicinales des eaux sulfureuses d'Enghien.

Dans l'eau minérale ferrugineuse de Niederbronn (Bas-Rhin), qui sort des couches inférieures du grès bigarré, j'ai trouvé 0^{mgr}, 88 d'ammoniaque par litre, soit 3^{mgr}, 15 de bicarbonate. La source principale débite seule 221^{lit} d'eau par minute.

V — Il y aurait, dans la détermination de la quantité d'ammoniaque contenue dans l'eau des mers, un sujet de belles et importantes recherches. Dans les résultats des analyses publiées jusqu'à ces derniers temps, on ne voit pas figurer de sels ammoniacaux. MM. Bineau et Marchand, du moins à ma connaissance, sont les premiers qui aient signalé ces sels dans l'eau de la mer : de 1^{lit} de l'eau prise à deux lieues au large, devant le port de Fécamp, on a retiré 0^{mgr}, 57 d'ammoniaque.

Je n'ai pu exécuter que deux expériences sur de l'eau que M. Reiset avait eu la bonté de me faire venir de Dieppe; l'examen en a été fait douze heures après qu'elle eut été puisée près de la plage : de 1^{lit}, on a obtenu 0^{mgr}, 2 d'ammoniaque.

Ces proportions sont bien faibles, sans doute; mais puisque l'Océan recouvre plus des trois quarts du globe, si l'on envisage sa masse, il est permis de le considérer comme un immense réservoir de sels ammoniacaux, où l'atmosphère réparerait les pertes qu'elle éprouve continuellement.

Les fleuves portent d'ailleurs à la mer de prodigieuses quantités de matières ammoniacales. Je rapporterai un

seul fait. D'après M. l'ingénieur Desfontaines, le Rhin, à Lauterbourg, débite, lors des eaux moyennes, 1106^{mc} par seconde (1). On a vu précédemment que l'eau de ce fleuve, prise dans la même localité, a donné, par litre :

En juin	0 ^{mgr} ,49	d'ammoniaque.
En août.	0 ^{mgr} ,43	»
En octobre...	0 ^{mgr} ,17	»

En adoptant le moins élevé de ces résultats, on trouve encore qu'en vingt-quatre heures, le Rhin, en passant devant Lauterbourg, entraîne dans ses eaux 16245^{kg} d'ammoniaque, c'est-à-dire près de 6 millions de kilogrammes par année.

VI. — La neige, comme l'eau de pluie, renferme de l'ammoniaque : 1^{lit} d'eau provenant de la fonte de la neige tombée à Paris dans le mois de mars, en a donné 0^{mgr},70.

La neige, en séjournant sur un champ, produit d'excellents effets; c'est ce qu'admettent les cultivateurs. Elle retarde le refroidissement de la terre en la protégeant contre le rayonnement nocturne, souvent si intense; elle agit alors comme un écran. J'ai vu, il y a dix ans, dans un hiver rigoureux, un thermomètre couché sur la neige descendre à — 12°, pendant une nuit où l'air était calme et le ciel étoilé; tandis qu'un autre thermomètre, qui reposait sur le sol, se maintenait à — 3°,5, les deux instruments étant séparés par une couche de neige de 1^{dm} seulement.

La neige, si l'observation que je vais rapporter est confirmée, pourrait bien encore produire un autre effet utile: celui de condenser comme réfrigérant, et de retenir à la manière des corps poreux, certaines substances volatiles émanant de la terre. Ainsi, en mars dernier, je ramassai,

(1) DAUBRÉE, *Description géologique du département du Bas-Rhin*, p. 9.

immédiatement après sa chute, de la neige qui recouvrait une terrasse. Trente-six heures après, dans un jardin contigu à la terrasse, je pris avec précaution de la neige déposée sur la terre végétale. Dans l'eau provenant de la fusion de ces neiges, j'ai dosé par litre :

Eau de la neige ramassée sur la terrasse	1 ^{mg} r,78	d'ammoniaq.
Eau de la neige ramassée dans le jardin	10 ^{mg} r,34	»

Il me semble de la dernière évidence que l'ammoniaque trouvée en si forte proportion dans la neige du jardin provenait, pour la plus grande partie, des vapeurs émanant du sol.

La méthode que j'ai suivie pour doser l'ammoniaque dans les eaux est applicable à la recherche des vapeurs ammoniacales contenues dans l'atmosphère, pour laquelle je crois l'emploi des liqueurs titrées bien préférable à celui du bichlorure de platine.



SUR LA QUANTITÉ D'AMMONIAQUE

CONTENUE

DANS LA PLUIE, LA NEIGE, LA ROSÉE
ET LE BROUILLARD.

Dans le cours des recherches entreprises au Liebfrauenberg, pour déterminer la quantité d'ammoniaque contenue dans les eaux pluviales, j'ai eu l'occasion de constater que cette quantité est loin d'être la même au commencement et à la fin d'une pluie. Ainsi, pendant un orage, le 25 juillet, l'eau que j'avais recueillie d'abord renfermait, par litre, $0^{\text{mgr}}, 49$ d'ammoniaque; dans celle que l'on reçut ensuite, on n'en trouva plus que $0^{\text{mgr}}, 40$. Quelques heures plus tard on ne put y constater plus de $0^{\text{mgr}}, 06$ d'alcali : ces faits suffirent pour attirer mon attention, et l'occasion de les vérifier se présenta bientôt.

Le 5 août je reçus $1^{\text{lit}}, 75$ d'une pluie qui commença à $8^{\text{h}} 30^{\text{m}}$ du matin; ensuite, jusqu'à la fin, j'en recueillis encore $3^{\text{lit}}, 8$. Dans la première eau, il y avait, par litre, 4^{mgr} d'ammoniaque; dans la seconde, $1^{\text{mgr}}, 71$. Il n'était plus possible de douter que la proportion d'ammoniaque ne diminuât dans l'eau à partir du commencement de la pluie; dès lors je me décidai à exécuter une série d'expériences dont j'ai communiqué les résultats à l'Académie.

Jusque-là, j'avais reçu la pluie dans des vases en fer-blanc ou en porcelaine, mais je dus prendre des dispositions qui permissent d'obtenir successivement des volumes d'eau suffisants pour être examinés, alors même que la

pluie serait peu abondante; c'est dire que le récipient devait offrir une grande surface. J'ai fait usage d'une toile très fine, fixée à des pieux enfoncés en terre. La toile, légèrement déprimée vers son milieu, se trouvait tendue à 1^m,5 d'un sol couvert de gazon. Sous la dépression était placé un entonnoir en fer-blanc, de 80^{cm} en diamètre, terminé par une douille assez petite pour pénétrer dans le goulot d'un flacon. Le cadre qui formait le périmètre de la toile comprenait une aire de 4^{m²},922; 1^{mm} de pluie tombant sur cette surface aurait donc versé dans l'entonnoir 4^{lit},922 d'eau, si la toile ne se fût pas imbibée. J'ai trouvé, pour le volume de l'eau d'imbibition, 80 centilitres (1), qu'il a fallu ajouter au volume de la pluie à la fin de chaque observation.

L'avantage que présente un récipient en toile, consiste en ce que, n'étant déployé qu'au moment où l'on prévoit l'arrivée de la pluie, il est moins exposé qu'un récipient fixe aux éventualités capables d'altérer la nature de l'eau. Lorsque l'air est peu agité, on y mesure la pluie avec une suffisante exactitude; mais il n'en est plus ainsi quand il fait du vent; aussi est-il indispensable d'avoir, à peu de distance, un udomètre dont on connaît la superficie. Celui dont je me suis servi avait une surface de 589^{cm²},1. Le rapport de cette surface à celle du grand récipient était par conséquent :: 1 : 83,57. Pour ramener, comme je l'ai fait généralement pour plus d'uniformité, le volume d'eau mesurée dans l'udomètre à ce que, par un temps calme, il eût été dans le grand récipient, on le multipliait par 83,87. Quand la pluie commençait, on plaçait successivement sous l'entonnoir des

(1) Poids de la toile :	Imbibée d'eau, après une pluie.	kg 1,540
	Séchée à l'air.....	0,740
	Eau d'imbibition.	0,800

vases d'une capacité connue, de manière à fractionner l'eau fournie par l'appareil. Après chaque prise, lorsque le vent agitait la toile, on prenait le volume de la pluie entrée dans l'udomètre; dans 1^{lit} d'eau provenant de chacune de ces prises, on dosait l'ammoniaque.

Je donnerai maintenant le détail des observations faites depuis le 5 août jusqu'au 16 novembre. Durant cet intervalle il n'est pas tombé, au Liebfrauenberg, une pluie qui n'ait été mesurée et examinée.

5 août. — Il n'avait pas plu depuis le 29 juillet. A 8^h du matin, il y a eu une averse dont la durée a été de quelques minutes :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,35	1,75	4,00	7,00	1 ^{re} prise.
0,77	3,8	1,71	6,50	2 ^e prise.
1,12	5,55		13,50	

Ammoniaque dans 1^{lit} de pluie : Moyenne... .. 2^{mgr},43.

14 août. — De 9^h du soir au 15 août à 1^h du matin :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,61	3,0	1,65	4,95	1 ^{re} prise.
0,61	3,0	0,49	1,47	2 ^e prise.
1,58	7,8	0,52	4,06	3 ^e prise.
2,80	13,8		10,48	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne... .. 0^{mgr},76.

15 août. — Pluie de 6^h 30^m à 7^h du matin :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,41	2,0	1,91	3,82	1 ^{re} prise.
0,51	2,5	1,35	3,38	2 ^e prise.
0,92	4,5		7,20	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne..... .. 1^{mgr},60.

Averse à 11^h30^m du matin; a duré quelques minutes; eau légèrement opaline :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,30	1,5	3,49	5,24	une seule prise.

A 3^h30^m de l'après-midi, averse pendant un quart d'heure, suivie d'une pluie très fine qui a duré une demi-heure.

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,41	2,0	1,74	3,48	1 ^{re} prise.
0,67	3,3	1,73	5,51	2 ^e prise.
<u>1,08</u>	<u>5,3</u>		<u>8,99</u>	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne 1^{mgr},70.

L'eau reçue à 7^h30^m du matin était parfaitement limpide. L'eau reçue à 11^h30^m du matin et celle tombée à 3^h30^m de l'après-midi, la première prise légèrement opaline; la seconde prise était claire.

On remarquera que le litre d'eau, qui ne contenait plus que 1^{mgr},35 d'alcali à la fin de la première pluie, en a contenu 3^{mgr},49, lors de l'averse de 11^h30^m, après qu'il eut cessé de pleuvoir pendant quatre heures et demie. Cet accroissement dans la proportion d'ammoniaque, à la suite d'une interruption survenue dans la chute de la pluie, s'est reproduit fréquemment dans le cours de ces recherches.

17 août. — Du 17 au 24 août, il ne m'a pas été possible de fractionner l'eau tombée pendant des averses de très courte durée. La plus forte de ces averses a eu lieu pendant la nuit.

DATES.	PLUIE en millimèt.	EAU REÇUE	AMMONIAQ. dans 1 litre.	AMMONIAQ. dans l'eau reçue.	REMARQUES.
17 août.	mm 2,19	lit 10,8	mgr 1,13	mgr 12,20	Averse de 3 ^h à 4 ^h du matin.
	0,14	0,7	1,19	0,83	Pluie fine à 7 ^h du matin; quelques minutes.
	0,20	1,0	4,03	4,03	Averse à 5 ^h du soir, pen- dant le passage d'un nuage.
24 août.	0,22	1,1	3,38	3,72	Averse pendant quelques minutes, il n'avait pas plu depuis le 17.
26 août.	0,25	1,25	3,75	4,69	Première prise. 4 ^h 30 ^m du soir.
	0,20	1,0	1,91	1,91	Deuxième prise.
	0,20	1,0	1,33	1,33	Troisième prise.
	0,20	1,0	0,61	0,61	Quatrième prise.
	0,20	1,0	0,53	0,53	Cinquième prise.
	0,33	1,6	0,64	1,02	Sixième prise.
	1,38	6,85		10,09	
Ammoniaque dans 1 ^{lit} de pluie : Moyenne..... 1 ^{mgr} ,47					

Le 26 août la pluie a commencé à tomber très lentement à 4^h 30^m du soir; à 5^h, il n'y avait encore que 1^{lit} d'eau dans le récipient. A 6^h, le tonnerre se fit entendre; la pluie tomba alors avec abondance pendant un instant qui a suffi pour recueillir la troisième, la quatrième et la cinquième prises. Ensuite la pluie n'arrivait plus dans le récipient que très lentement et par intermittence. Il était 6^h 15^m quand on enleva la sixième prise; il ne pleuvait plus. A 9^h du soir, il y eut une averse dont la durée fut d'une demi-heure; l'eau de cette averse renfermait une quantité d'ammoniaque à peu près double de celle qu'on avait dosée dans la sixième prise de la pluie tombée deux heures auparavant :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
1,52	7,5	1,20	9,16	averse 9 ^h soir.

27 août. — Averse à 4^h du soir, pendant deux ou trois minutes :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,25	1,25	2,13	2,66	une seule prise.

28 août. — Il n'a pas plu dans la nuit. La pluie a commencé à 7^h 30^m du matin; elle a continué très lentement jusqu'à 11^h. La girouette est tournée vers l'ouest, mais il n'y a pas de vent; le ciel est resté très couvert au sud.

A 6^h du soir, il y a eu une forte averse pendant un quart d'heure; le ciel s'est découvert :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,20	1,0	1,15	1,15	1 ^{re} pr. 7 ^h 30 ^m m.
0,20	1,0	0,77	0,77	2 ^e prise.
0,20	1,0	0,61	0,61	3 ^e prise.
0,20	1,0	0,23	0,23	4 ^e prise.
0,20	1,0	0,14	0,14	5 ^e prise.
0,20	1,0	0,08	0,08	6 ^e prise.
0,20	1,0	0,10	0,10	7 ^e prise.
<u>0,73</u>	<u>3,6</u>	0,03	<u>0,11</u>	8 ^e prise. 11 ^h m.
2,13	10,6		3,19	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne..... 0^{mgr},30.

0,20	1,0	1,38	1,38	1 ^{re} prise. 6 ^h soir
<u>0,47</u>	<u>2,3</u>	0,96	<u>2,21</u>	2 ^e prise.
0,67	3,3		3,59	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne... .. 0^{mgr},83.

29 août. — Il a plu entre minuit et 1^h. De 9^h à 10^h 45^m du matin il est tombé une pluie continue. A partir de 11^h, la pluie tombe avec force. A midi, le ciel est très nuageux; la pluie a cessé. A 4^h 30^m du soir, on entend le

tonnerre, et il commence à pleuvoir; le vent d'ouest, qui a été très faible depuis le matin, souffle avec une grande force à 5^h 30^m; la pluie ne continue pas :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,28	1,4	0,51	0,71	1 seule pr. Min. à 1 ^h .
0,20	1,0	0,58	0,58	1 ^{re} prise. 9 ^h du m.
0,20	1,0	0,48	0,48	2 ^e prise.
0,41	2,0	0,67	1,34	3 ^e prise.
0,41	2,0	0,42	0,84	4 ^e prise.
2,44	12,0	0,14	1,60	5 ^e prise.
0,63	3,1	0,06	0,19	6 ^e prise. Midi.
<u>4,29</u>	<u>21,1</u>		5,11	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne. 0^{mgr},24.

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,20	2,0	0,53	0,53	1 ^{re} p. 4 ^h 30 ^m du s.
0,20	1,0	0,26	0,26	2 ^e prise.
0,43	2,1	0,02	0,04	3 ^e prise.
0,75	3,7	0,19	0,70	4 ^e pr. 5 ^h 30 ^m du s.
<u>1,58</u>	<u>7,8</u>		1,53	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne. 0^{mgr},20.

Je ferai observer que, deux fois dans la journée, l'eau n'a donné, vers la fin de la pluie, que des traces d'ammoniaque, comme, au reste, cela était déjà arrivé le 28, avec l'eau de la huitième prise, dans laquelle il n'y avait plus, par litre, que 0^{mgr},03 d'alcali. •

31 août. — Il n'a pas plu depuis le 29 au soir, mais le vent d'ouest a soufflé avec force. Le 31, à 5^h 30^m du matin, il y a eu une averse qui a produit 2^{lit},3 d'eau dans le récipient : le vent avait cessé. A 10^h du matin, la pluie a commencé avec un très faible vent d'ouest; elle a continué jusqu'à midi. On a vu le soleil, bien que le ciel fût très nuageux. A 2^h, la pluie recommença, et continua jusqu'à

5^h : le temps devint beau ; à 8^h du soir il y eut une petite pluie :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr
0,47	2,3	1,19	2,74 1 seule p. 5 ^h 30 ^m m.
0,41	2,0	1,35	2,70 1 ^{re} prise. 10 ^h du m.
0,41	2,0	0,77	1,54 2 ^e prise.
<u>1,95</u>	<u>4,7</u>	0,48	<u>2,26</u> 3 ^e prise. Midi.
2,77	8,7		6,50
Ammoniaque dans 1 ^{lit} : Moyenne.			... .. 0 ^{mgr} ,75.

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr
0,41	2,0	0,84	1,68 1 ^{re} prise. 2 ^h après-midi
0,41	2,0	0,40	0,80 2 ^e prise.
<u>0,41</u>	<u>2,0</u>	0,69	<u>1,38</u> 3 ^e prise. 5 ^h du soir.
1,23	6,0		3,86
Ammoniaque dans 1 ^{lit} : Moyenne.			... .. 0 ^{mgr} ,64.
0,53	2,6	0,75	1,95 1 seule prise. 8 ^h s.

2 septembre. — La pluie, interrompue depuis le 31 août à 8^h du soir, a repris, le 2 septembre, à 1^h30^m du matin, avec un orage ; elle a duré jusqu'à 11^h : d'abord très abondante, elle se ralentit après que le tonnerre eut cessé. Dans l'après-midi, le temps a été très beau. A 7^h du soir, on a aperçu un orage à l'est-est-sud-est, mais il n'a pas plu au Liebfrauenberg :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr
8,83	43,5	0,45	19,58 1 ^{re} pr. Dep. 1 ^h mat.
<u>1,44</u>	<u>7,1</u>	0,33	<u>2,13</u> 2 ^e prise.
10,27	50,6		21,71
Ammoniaque dans 1 ^{lit} : Moyenne.			... .. 0 ^{mgr} ,43.

3 septembre. — A 1^h30^m du matin, pluie très abondante par un vent d'ouest très violent. Le temps est beau au lever du soleil :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr
5,42	26,75	0,50	13,37 1 seule pr. 1 ^h 30 ^m m.

4 septembre. — A 6^h30^m du matin, averse de courte durée; le temps reste brumeux jusqu'à midi. On trouve dans le vase placé sous l'appareil 1^{lit},9 d'eau provenant du brouillard :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr
0,27	1,35	0,77	1,04 1 seule pr. 6 ^h 30 ^m m.
0,39	1,9	1,72	3,27 eau du brouillard.

6 septembre. — Dans la nuit du 5 au 6 septembre, il y a eu un ouragan des plus violents, des arbres ont été déracinés. Le vent s'est maintenu avec une force extrême en changeant fréquemment de direction, passant subitement de l'est à l'ouest et de l'ouest à l'est. Il commença à pleuvoir à 10^h30^m du matin. La pluie a continué sans interruption jusqu'au 7 septembre :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr
0,20	1,0	1,43	1,43 1 ^{re} pr. 10 ^h 30 ^m m.
0,20	1,0	0,49	0,49 2 ^e prise.
0,41	2,0	0,31	0,62 3 ^e prise.
2,19	10,8	0,31	3,35 4 ^e prise.
6,50	32,0	0,21	6,72 5 ^e prise.
3,55	17,5	0,08	1,40 6 ^e prise.
7,78	38,35	0,08	3,07 7 ^e prise.
<u>20,84</u>	<u>102,65</u>		<u>17,08</u>

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne .. 0^{mgr},17.

La septième prise provenait de l'eau tombée depuis 10^h du soir, le 6 septembre, jusqu'à 5^h30^m du matin, le 7 septembre. On voit que les deux dernières prises de cette pluie continue ne renfermaient plus que des traces d'ammoniaque. La pluie cessa pendant une demi-heure.

7 septembre. — De 6 heures du matin à 8^h30^m on a recueilli 5^{lit},7 d'eau provenant d'une pluie très fine. A 9^h du matin, la pluie, pendant un temps très court, tomba avec force ; mais bientôt elle se changea en une pluie fine, qui a continué jusqu'au 8 septembre à 5^h du matin :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
1,16	5,7	0,36	2,05	pluie très fine. 1 ^{re} prise. 5 ^h à 8 ^h du matin.
1,73	7,5	0,33	2,47	2 ^e prise. 9 ^h du matin.
3,86	19,0	0,29	5,51	3 ^e prise.
<u>12,32</u>	<u>60,7</u>	0,15	<u>9,11</u>	4 ^e prise. 8 sept. 5 ^h mat.
19,07	92,9		19,14	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne. 0^{mgr},20.

A l'occasion de ces observations, je ferai remarquer que, dans les pluies qui tombent très lentement, la proportion d'ammoniaque décroît bien moins rapidement. C'est à cette lenteur dans la chute, qui se manifeste ordinairement vers la fin d'une pluie, qu'il faut probablement attribuer l'augmentation dans la proportion d'ammoniaque que j'ai plusieurs fois constatée dans l'eau des dernières prises.

8 septembre. — Depuis ce matin il n'a pas plu, mais le ciel est couvert, l'air est calme. A 2^h30^m après midi, averse par un vent de nord assez faible ; la pluie a continué jusqu'à 9^h du soir :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,20	1,0	0,58	8,58	1 ^{re} pr. 2 ^h 30 ^m soir
0,61	3,0	0,27	0,81	2 ^e prise.
<u>2,41</u>	<u>11,9</u>	0,03	<u>0,36</u>	3 ^e prise. 9 ^h soir.
3,22	15,9		1,75	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne. 0^{mgr},11.

Ici encore l'ammoniaque avait à peu près disparu dans les 12^{lit} d'eau de la dernière prise.

9 septembre. — Le 8 septembre, à 9^h du soir, après la pluie, il y eut un brouillard très épais qui persista jusqu'au matin. Dans le récipient, je trouvai 2^{lit}, 75 d'eau provenant de ce brouillard :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr
0,56	2,75	0,29	0,80 eau du brouill.

24 septembre. — Depuis le brouillard du 8 septembre, il n'était pas tombé une goutte d'eau. Le temps avait toujours été très beau, et la terre devint assez dure pour rendre les labours extrêmement pénibles. Le 24, par un léger vent d'ouest, il commença à pleuvoir entre 11^h et midi. L'eau tomba d'abord en gouttes très grosses, et si lentement, qu'il fallut une heure pour remplir un flacon de 1^{lit} placé sous le grand udomètre : peu à peu la chute devint plus rapide; il pleuvait à verse à 1^h 30^m. De ce moment, la pluie s'affaiblit graduellement jusqu'à 5^h de l'après-midi, où elle cessa :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,20	1,0	6,59	6,59	1 ^{re} prise.
0,20	1,0	3,07	3,07	2 ^e prise.
0,41	2,0	1,40	2,80	3 ^e prise.
0,41	2,0	0,39	0,78	4 ^e prise.
0,72	3,55	0,36	1,28	5 ^e prise.
<u>1,94</u>	<u>9,55</u>		<u>14,52</u>	
Ammoniaque dans 1 ^{lit} : Moyenne....				1 ^{mgr} , 52.

L'eau du premier litre recueilli était très légèrement opaline; elle l'était moins lors de la deuxième prise : celle de la troisième prise présentait une limpidité parfaite.

Le résultat de l'observation du 24 septembre est inté-

ressant, en ce qu'il montre que la pluie, après une forte sécheresse, est bien plus chargée d'ammoniaque que celle qui tombe par intermittence durant une période pluvieuse.

25 *septembre*. — La matinée avait été belle, il faisait très peu de vent; le ciel s'est couvert à midi. La pluie a commencé à 5^h, et a continué sans interruption jusqu'à minuit. Vers 9^h, la pluie est tombée plus vite par un vent d'ouest des plus impétueux :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,41	2,0	1,06	2,12	1 ^{re} prise.
0,73	3,6	0,73	2,70	2 ^e prise.
<u>7,00</u>	<u>34,5</u>	0,14	<u>4,81</u>	3 ^e prise.
8,14	40,1		9,63	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne... .. 0^{mgr},24.

28 *septembre*. — Toute la journée le ciel est resté couvert. A 5^h du soir, il a commencé à tomber une pluie excessivement fine, une brume qui s'est transformée en un brouillard très épais. A 9^h du soir, on avait reçu 1^{lit},8 d'eau. Le 29 au matin, on reconnut que le brouillard en avait encore produit 0^{lit},5 pendant la nuit; en tout 2^{lit},3. Vent d'ouest à peine sensible; il n'avait pas plu depuis le 25 au soir. L'eau était très légèrement opaline :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr	
0,47	2,3	3,38	7,77	une seule prise.

29 *septembre au 1^{er} octobre*. — La pluie a commencé à 5^h du soir le 29 septembre; c'était une pluie très fine, qui a continué toute la nuit avec un vent d'ouest assez fort. Le 30 septembre, la pluie n'a pas cessé. A 3^h30^m

(198)

après-midi elle tombait plus vite; la vitesse augmenta encore vers 5^h du soir. Le vent d'ouest devint beaucoup plus fort. La pluie s'arrêta le 1^{er} octobre à 5^h30^m du matin :

Pluie en millimètres. mm	Eau reçue. lit	Ammoniaque dans 1 litre. mgr	Ammoniaque dans l'eau reçue. mgr
0,20	1,0	1,84	1,84 1 ^{re} prise. Eau limpide.
4,69	23,1	0,94	21,71 2 ^e prise.
1,22	6,0	0,61	3,66 3 ^e prise.
1,22	6,0	0,73	4,38 4 ^e prise.
1,98	9,75	0,61	6,95 5 ^e prise.
6,09	30,0	0,23	6,90 6 ^e prise.
6,09	30,0	0,08	2,40 7 ^e prise.
9,61	47,35	0,16	7,58 8 ^e prise.
<u>30,90</u>	<u>153,20</u>		<u>55,42</u>

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne. . . . 0^{mgr},36.

DATES.	PLUIE en millimètres.	EAU REÇUE.	AMMONIAQUE dans 1 litre.	AMMONIAQUE dans l'eau reçue.	REMARQUES.
	mm	lit	mg	mg	
1 octob.	3,53	17,4	0,61	10,61	Pluie de 7 ^h à midi. Vent ouest fort.
2 octob.	3,98	19,6	0,50	9,80	Pluie de 2 ^h à 3 ^h du matin.
2 octob.	0,36	1,8	0,99	1,78	Pluie, grêle à 1 ^h après midi.

7 octobre. — A 8^h38^m du matin, il a commencé à pleuvoir très lentement, puisqu'il était 9^h45 quand il y avait 1^{lit} d'eau dans le récipient. Ensuite la pluie est tombée beaucoup plus vite; elle a cessé à 11^h30^m du matin. Il soufflait un vent très faible d'ouest-ouest-sud-ouest.

A 6^h du soir la pluie a recommencé, mais elle n'a duré que quelques minutes :

Pluie en millimètres.	Eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	
mm	lit	mgr	mgr	
0,20	1,0	3,11	3,11	1 ^{re} prise. 9 ^h 45 ^m .
0,41	2,0	1,41	2,82	2 ^e prise.
0,69	3,4	0,84	2,86	3 ^e prise.
<u>1,30</u>	<u>6,4</u>		<u>8,79</u>	

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne 1^{mgr},37.

0,39 1,9 1,49 2,83 Une seule prise. 6^h du soir.

L'eau recueillie était très limpide.

8 *octobre*. — Entre 3^h et 4^h du matin il y a eu une averse qui a fourni 8^{lit},15 d'eau très claire. Dans la matinée, le ciel était découvert; à 4^h après midi, le ciel s'est obscurci par le passage d'un nuage très noir, d'où il est tombé une pluie mêlée de grêlons, tellement abondante, qu'en vingt-cinq minutes elle a donné 61^{lit},1 d'eau. On n'a pas entendu le tonnerre, on n'a pas vu d'éclairs :

DATES.	PLUIE en millimèt.	EAU REÇUE	AMMONIAQ. dans 1 litre.	AMMONIAQ. dans l'eau reçue.	REMARQUES.
	mm	lit	mg	mg	
8 octob.	1,65	8,15	0,70	5,71	3 ^h à 4 ^h du matin. Une seule prise.
	0,20	1,0	1,41	1,41	Première prise. 4 ^h du soir.
	0,61	3,0	0,98	2,94	Deuxième prise.
	1,22	6,0	0,86	5,16	Troisième prise.
	6,09	30,0	0,51	15,30	Quatrième prise.
	4,28	21,0	0,51	10,76	Cinquième prise.
	12,40	61,1		35,57	
Ammoniaque dans 1 litre de pluie : Moyenne..... 0 ^{me} 58					
9 oct...	7,81	38,5	0,53	20,40	Averse à 10 ^h du soir.
12 oct...	3,90	19,2	0,94	18,05	Averse à 9 ^h du soir.
14 oct...	9,47	46,65	0,25	11,66	Averse à 5 ^h du soir.
16 oct...	6,62	32,60	0,90	29,34	Pluie pendant la nuit.
17-18 oct.	4,04	19,9	0,72	14,33	Pluie pendant la nuit.
19 oct. .	2,50	12,3	0,61	7,44	Pluie à 5 ^h du soir.
20 oct...	2,03	10,0	0,61	6,10	Pluie à 3 ^h du soir.
29 oct...	0,81	4,0	1,61	6,44	Averse de 6 ^h à 6 ^h 15 ^m du soir.
6 nov..	1,48	7,2	2,18	15,70	Pluie fine de 6 ^h du matin à midi.

Dans quelques circonstances, assez rares d'ailleurs, la rosée déposée pendant la nuit sur le grand udomètre a été assez abondante pour que j'aie pu en doser l'ammoniaque :

NUIT.	EAU en millimètr.	EAU REÇUE	AMMONIAQ. dans 1 litre.	AMMONIAQ. dans l'eau reçue.	REMARQUE.
	mm	lit	mg	mg	
Du 18 au 19 août.	0,25	1,25	3,14	3,93	
Du 9 au 10 sept.	0,16	0,8	6,20	4,96	
Du 11 au 12 sept.	0,18	0,9	6,20	5,58	
Du 21 au 22 sept.	0,20	1,0	6,20	6,20	
Du 24 au 25 sept.	0,33	1,6	1,02	1,63	Rosée après un jour pluvieux.
Du 27 au 28 sept.	0,18	0,9	6,20	5,58	

Brouillards. — Du 26 octobre dans l'après-midi, jusqu'au 27 à 10^h du soir, il y a eu au Liebfrauenberg un brouillard très épais qui a fourni 1^{lit},7 d'une eau très limpide et sans odeur. Les jours suivants, j'ai saisi les occasions de doser l'ammoniaque dans les eaux déposées par les brouillards, toutes les fois qu'elles se sont présentées :

DATES.	EAU en millimètr.	EAU REÇUE	AMMONIAQ. dans 1 litre.	AMMONIAQ. dans l'eau reçue.	REMARQUES.
26 au 27 octobre.	mm 0,35	lit 1,7	mg 5,28	mg 8,89	Brouill. tr. épais.
27 au 28 octobre	0,07	0,35	7,21	2,53	Brouillard pendant la nuit.
4 novembre...	0,26	1,3	5,13	6,67	Brouill. de 9 ^h du mat. à 5 ^h du s.
6 au 7 novemb.	0,33	1,6	2,56	4,96	Brouillard pendant la nuit.
7 novembre...	0,33	1,6	3,00	4,80	Brouillard pendant la nuit.
8 novembre...	0,24	1,2	4,56	5,47	Brouillard dans la matinée.
14 au 16 novemb.	0,50	2,5	49,71	124,27	

Le brouillard qui a duré du 14 au 16 novembre était remarquable par son étendue, son opacité, son odeur et sa permanence. L'eau qu'il a déposée était d'une grande limpidité; cependant elle contenait la plus forte dose d'ammoniaque que j'aie encore rencontrée dans une eau météorique, puisqu'elle renfermait près de 2^{dgr} de carbonate ammoniacal par litre. Une semblable dissolution devait avoir une réaction franchement alcaline; en effet, l'eau du brouillard du 14 au 16 novembre ramenait instantanément au bleu le papier de tournesol rougi; la plupart des eaux de brouillards que j'ai recueillies

possédaient aussi une réaction alcaline, quoique moins prononcée.

On voit que, sous le rapport de la proportion d'ammoniaque, le brouillard a de l'analogie avec la rosée (1).

J'ai résumé dans un tableau les résultats consignés dans ce Mémoire. Pour chaque pluie, on trouve indiqué le nombre de litres d'eau tombés sur une surface de 4^{mq},922; la hauteur de la pluie exprimée en millimètres; la quantité d'ammoniaque contenue, en moyenne, dans 1^{lit} de la pluie reçue; la quantité d'ammoniaque qu'un litre d'eau contenait au commencement et à la fin de la pluie; enfin, la quantité d'alcali renfermée dans la totalité de la pluie.

(1) Du givre déposé sur le grand udomètre, dans la nuit du 12 au 13 novembre, contenait aussi une assez forte proportion d'ammoniaque. Dans 0^{lit},9 d'eau provenant de la fusion du givre, il y avait, en rapportant à 1^{lit}, 1^{mgr},23 d'ammoniaque.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS.

DATES.	AMMONIAQUE dans 1 litre de pluie.		NUMÉRO d'ordre de la dernière prise.	PLUIE TOMBÉE		AMMONIAQUE dans 1 litre de la pluie reçue.	AMMONIAQUE dans la totalité de la pluie reçue.	REMARQUES.
	Première prise.	Dernière prise.		en litres sur une surface de 4 ^m q,922.	exprimée en millimètr.			
	mgr	mgr		lit	mm	mgr	mgr	
mai 26	»	»	»	78,7	16,00	0,31	24,70	
28	»	»	»	73,8	15,00	0,51	37,64	
29	»	»	»	14,8	3,00	0,35	5,18	
30-31	»	»	»	77,7	15,80	0,25	19,43	
juin 2	»	»	»	44,3	9,00	0,25	11,08	
5	»	»	»	34,4	7,00	0,49	17,06	
21-24	»	»	»	148,1	30,10	0,64	94,78	
30	»	»	»	42,3	8,60	0,43	18,19	
juill. 1-2	»	»	»	56,2	11,40	0,58	32,60	
13	»	»	»	78,7	16,00	0,68	53,52	
16	»	»	»	24,1	4,90	0,00	0,00	
25	»	»	»	70,4	14,30	0,45	31,68	
28	»	»	»	7,9	1,60	0,69	5,45	Orage.
29	»	»	»	53,6	10,88	0,15	8,04	Orage.
août 5	4,00	1,71	2°	5,55	1,12	2,43	13,50	
14	1,65	0,52	3°	13,8	2,80	0,76	10,48	
15	1,95	1,35	2°	4,5	0,92	1,60	7,20	
15	»	»	»	1,5	0,30	3,49	5,24	
15	1,74	1,73	2°	5,3	1,08	1,70	8,99	
17	»	»	»	10,8	2,19	1,13	12,20	
17	»	»	»	0,7	0,14	1,19	0,83	
17	»	»	»	1,0	0,20	4,03	4,03	
18-19	»	»	»	1,25	0,25	3,14	3,93	Rosée.
24	»	»	»	1,1	0,22	3,38	3,72	
26	3,75	0,64	6°	6,85	1,38	1,47	10,09	
26	»	»	»	7,5	1,52	1,20	9,16	
27	»	»	»	1,25	0,25	2,13	2,66	
28	1,15	0,03	8°	10,6	2,13	0,30	3,19	
28	1,38	0,96	2°	3,3	0,67	0,83	3,59	
29	»	»	»	1,4	0,28	0,51	0,71	
29	0,58	0,06	6°	21,1	4,29	0,24	5,11	
29	0,53	0,19	4°	7,8	1,58	0,20	1,53	
31	»	»	»	2,3	0,47	1,19	2,74	

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS.

LIEUX.	AMMONIAQUE dans 1 litre de pluie.		NUMÉRO d'ordre de la dernière prise.	PLUIE TOMBÉE		AMMONIAQUE dans 1 litre de la pluie reçue.	AMMONIAQUE dans la totalité de la pluie reçue.	REMARQUES.	
	Première prise.	Dernière prise.		en litres sur une surface de 4 ^m q,922.	exprimée en millimètr.				
Bût.	3 ¹	mgr 1,35	0,48	3 ^e	lit 8,7	mm 2,77	mgr 0,75	6,50	L'ammoniaque de 2 ^e prise, 0 ^m gr,40.
	3 ¹	0,84	0,69	3 ^e	6,0	1,23	0,64	3,86	
	3 ¹	»	»	»	2,6	0,53	0,75	1,95	
pt.	2	0,45	0,30	2 ^e	50,6	10,27	0,43	21,71	Rosée. Rosée. Rosée. Pluie; il n'avait pas plu depuis le 9. Rosée précédée d'un jour pluvieux. Rosée.
	3	»	»	»	26,75	5,43	0,50	13,37	
	4	»	»	»	1,35	0,27	0,77	1,04	
	4	»	»	»	1,9	0,39	1,72	3,27	
	6	1,43	0,08	7 ^e	102,65	20,84	0,17	17,08	
	7	0,36	0,15	4 ^e	92,9	19,07	0,20	19,14	
	8	0,08	0,03	3 ^e	15,9	3,22	0,11	1,75	
	9	»	»	»	2,75	0,56	0,29	0,80	
	9-10	»	»	»	0,8	0,16	6,20	4,96	
	11-12	»	»	»	0,9	0,18	6,20	5,58	
	21-22	»	»	»	1,0	0,20	6,20	6,20	
	24	6,59	0,36	5 ^e	9,55	1,94	1,52	14,52	
	24-25	»	»	»	1,6	0,33	1,06	1,63	
25	1,06	0,14	3 ^e	40,1	8,14	0,24	9,63		
27-28	»	»	»	0,9	0,18	6,20	5,58		
28	»	»	»	2,3	0,47		7,77		
29	1,84	0,16	8 ^e	153,2	30,90	0,36	55,44		
tob.	1	»	»	»	17,4	3,53	0,61	10,61	Pluie accompagnée de grêle.
	2	»	»	»	19,6	3,98	0,50	9,80	
	2	»	»	»	1,8	0,36	0,99	1,78	
	7	3,11	0,84	3 ^e	6,4	1,30	1,37	8,79	
	7	»	»	»	1,9	0,39	1,49	2,83	
	8	»	»	»	8,15	1,65	0,70	5,71	
	8	1,41	0,51	5 ^e	61,6	12,50	0,58	25,57	
	9	»	»	»	38,5	7,81	0,53	20,40	
	12	»	»	»	19,2	3,90	0,94	18,05	
14	»	»	»	46,65	9,47	0,25	11,66		

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS.

ATES.	AMMONIAQUE dans 1 litre de pluie.		NUMÉRO d'ordre de la dernière prise.	PLUIE TOMBÉE		AMMONIAQUE dans 1 litre de la pluie reçue.	AMMONIAQUE dans la totalité de la pluie reçue.	REMARQUES.
	Première prise.	Dernière prise.		en litres sur une surface de 4 ^m 4,922.	exprimée en millimètr.			
	mgr	mgr		lit	mm	mgr	mgr	
x. 16	»	»	»	32,6	6,62	0,90	29,34	
17-18	»	»	»	19,9	4,04	0,72	14,33	
19	»	»	»	12,3	2,50	0,61	7,44	
20	»	»	»	10,0	2,03	0,61	6,10	
26-27	»	»	»	1,7	0,35	5,28	8,89	Brouillard.
27-28	»	»	»	0,35	0,07	7,21	2,53	Brouillard.
29	»	»	»	4,0	0,81	1,61	6,44	
iv. 4	»	»	»	1,3	0,26	5,13	6,67	Brouillard pendant le jour.
6	»	»	»	7,2	1,48	2,18	15,70	
6-7	»	»	»	1,6	0,33	2,56	4,10	Brouillard pendant la nuit.
7-8	»	»	»	1,6	0,33	3,00	4,80	Brouillard pendant la nuit.
8	»	»	»	1,2	0,24	4,56	5,47	Brouillard le matin.
13	»	»	»	0,9	0,18	1,24	1,12	Givre.
13	»	»	»	4,85	0,98	2,11	10,23	Pluie fine de 5 ^h à 10 ^h du soir.
				1755,75			909,25	

A l'inspection de ce tableau, on reconnaît que, constamment, la proportion d'ammoniaque a diminué à mesure que l'eau avait été recueillie plus longtemps après le commencement de la pluie. On voit aussi, et c'est une conséquence de ce qui précède, que cette proportion est généralement plus faible dans les pluies abondantes. La différence, toutefois, n'est très prononcée qu'à partir des pluies ayant fourni une hauteur d'eau de 1^{mm} à 5^{mm}. En groupant les pluies par séries correspondantes aux mesures

de l'udomètre, on a, pour l'ammoniaque dans 1^{lit} d'eau, les nombres que voici :

	mm	mm	Ammoniaque par litre. mgr
De	0	à 0,5	2,94 (1)
De	0,51	à 1,0	1,37
De	1,01	à 5,0	0,70
De	5,01	à 10,0	0,43
De	10,01	à 15,0	0,43
De	15,01	à 20,0	0,36
De	20,01	à 31,0	0,41

Dans une même journée, et pour un volume d'eau déterminé, la fin d'une pluie tient moins d'ammoniaque que n'en tient le commencement de la pluie qui lui succède, quelque court d'ailleurs que soit l'intervalle pendant lequel la pluie a été interrompue. C'est ce qu'établissent les observations suivantes, que je prends dans le résumé général :

DATES.	PREMIÈRE OBSERVATION.		TEMPS écoulé entre la fin de la première observation et le commence- ment de la seconde.	SECONDE OBSERVATION.	
	AMMONIAQUE dans 1 litre de pluie			AMMONIAQUE dans 1 litre de pluie	
	pris au commen- cement.	pris à la fin.		pris au commen- cement.	pris à la fin.
15 août....	mgr 1,91	mgr 1,35	l m 4,30	mgr 3,49	Une seule pr.
26 août....	3,75	0,64	2,45	1,20	Id.
28 août....	1,15	0,03	7, 0	1,38	0,96
29 août....	0,58	0,06	4,30	0,53	0,19
31 août...	1,35	0,48	2, 0	0,84	0,69
6-7 sept...	1,43	0,08	0,30	0,36	Une seule pr.
7 octobre.	3,11	0,84	6,30	1,49	Id.

(1) En éliminant le résultat fourni par l'eau du brouillard qui a régné du 14 au 16 novembre, et dans laquelle on a dosé, par litre, 49^{mgr},71 d'alcali. En introduisant ce résultat, on aurait 6^{mgr},19 d'ammoniaque par litre de pluie.

Ces faits s'expliquent, d'ailleurs, par la nature même du carbonate qui fournit certainement à la pluie la plus forte proportion de l'ammoniaque qu'elle renferme. Ce carbonate est volatil et soluble; par suite de la première de ces propriétés, l'air le contient à l'état de vapeur, que le sol émet continuellement quand il est convenablement humide. On comprend, dès lors, qu'en raison de sa solubilité, ce sel fasse partie des eaux météoriques, et que la pluie qui commence en contienne plus que celle qui finit. Aussitôt que la pluie a cessé, le sel volatil tend à passer dans l'air en vertu de la tension qui lui est propre, et le passage est d'autant plus rapide, que la température est plus élevée, les conditions physiques et la constitution chimique de la terre plus favorables à l'émission. Un temps très court, pendant lequel il ne pleut pas, suffit pour reporter dans les couches de l'atmosphère les plus rapprochées du sol du carbonate d'ammoniaque, dont la prochaine pluie s'emparera pour le ramener sur la terre. C'est un jeu permanent d'émissions à l'état de vapeur, et de retours à l'état de dissolution. Quant au nitrate d'ammoniaque qu'on rencontre aussi dans les eaux météoriques, il y a sur son origine une distinction à établir.

Depuis les belles expériences de Cavendish, on sait que toutes les fois qu'une étincelle électrique est excitée dans l'air humide, il se forme de l'acide nitrique et de l'ammoniaque. Or, comme dans le cas le plus général, il pleut quand il tonne, le sel est immédiatement dissous. Il y a donc, au sein des nuages orageux, formation de nitrate d'ammoniaque.

Lorsque, il y a plus de quinze ans, je signalais l'influence que devait avoir ce phénomène sur la végétation, je ne dissimulais pas qu'en Europe, où les orages ne sont pas très fréquents, on serait peu disposé à reconnaître à l'électricité des nuages une puissance de production aussi intense que celle que je lui accordais. Mais, à l'époque que je rappelle,

j'établissais qu'en ne tenant même aucun compte de ce qui se passe en dehors des tropiques, en se bornant à considérer la zone équinoxiale, on pouvait prouver que, pendant l'année entière, tous les jours, à tous les instants, l'atmosphère était incessamment traversée par des décharges électriques, à ce point qu'un observateur placé à l'équateur, s'il était doué d'organes assez délicats, y entendrait gronder continuellement le tonnerre. En effet, il résulte des registres météorologiques tenus pendant quarante années par le célèbre botaniste espagnol don Celestino Mutis, des recherches précieuses dont mon illustre ami de Humboldt a enrichi la Science pendant son mémorable voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, et des observations que j'ai pu faire durant un séjour de dix années dans les mêmes régions, que, pour un point situé dans la zone intertropicale, la saison des orages est intimement liée à la position que le soleil occupe dans l'écliptique; elle se manifeste deux fois par an, alors que l'astre est dans la proximité du zénith, c'est-à-dire lorsque la déclinaison du soleil est égale à la latitude du lieu et de même dénomination.

L'ammoniaque du nitrate, amenée dans le sol par la pluie, est transformée en carbonate par l'action des roches calcaires ou de leurs détritits, et devient ainsi un des agents les plus efficaces de la végétation, en concourant à l'élaboration des principes azotés des plantes. Je m'arrêtais à cette conclusion, qu'en définitive c'est une force électrique, la foudre, qui prédispose l'azote de l'atmosphère à s'assimiler aux êtres organisés. Aujourd'hui, je suis d'autant plus porté à maintenir cette conclusion, que les expériences que j'ai exécutées de 1851 à 1859 s'accordent toutes pour établir que le gaz azote n'est pas directement assimilable par les végétaux.

Mais on ne rencontre pas le nitrate d'ammoniaque seulement dans les pluies d'orages; M. Henri Ben-Jones, en

Angleterre, M. Barral, en France, l'ont signalé dans des pluies recueillies à toutes les époques de l'année, et, par conséquent, dans des circonstances où l'atmosphère ne présente aucune trace visible d'électricité. Si ce nitrate était volatil, sa présence serait, comme pour le carbonate, la conséquence de cette propriété : or ce sel est fixe, ainsi que je m'en suis assuré en en mettant un fragment à peine perceptible sous une grande cloche exposée au soleil pendant les mois les plus chauds ; un thermomètre fixé sous la cloche montait souvent à 45°. Pour peu que le sel eût été volatil, il aurait fini par se dissiper ; il n'en a pas été ainsi, et, pendant plus de trois mois d'exposition, la parcelle de nitrate est restée intacte à côté d'un autre petit fragment de chlorure ammonique que j'avais soumis à la même épreuve.

Le nitrate d'ammoniaque étant fixe, il doit donc, comme le sel marin, les iodures et en général toutes les substances solubles et non volatiles qu'on décèle dans les eaux météoriques, avoir fait partie des poussières tenues en suspension dans l'air. Sans doute, on hésite à admettre que des corpuscules solides restent suspendus dans un milieu gazeux ; mais quand on réfléchit à l'extrême ténuité que ces corpuscules acquièrent dans certaines circonstances, l'hésitation devient moins forte. Lorsque, par exemple, des particules d'eau de mer, si petites, qu'il serait difficile de leur assigner un poids, sont enlevées par un vent impétueux à la buée que la vague, en se brisant, fait naître sur un récif, ces molécules liquides qu'Arago considérait comme les poussières de l'Océan, abandonnent bientôt à l'air, en se desséchant, des molécules solides de chlorure bien plus petites encore, puisque l'eau de la mer ne tient guère en dissolution que 0,03 de matières salines. Aussi la pluie qui tombe loin des côtes contient-elle fréquemment, si ce n'est toujours, des indices très appréciables de sel marin.

Les vents et les ouragans, en agitant violemment l'atmosphère, les courants ascendants dus aux inégalités de température, les volcans en émettant d'une manière incessante des gaz, des vapeurs et des cendres tellement divisées, que souvent elles vont s'abattre à de prodigieuses distances, portent et maintiennent dans les plus hautes régions des corpuscules enlevés à la surface du sol ou arrachés à la partie interne et peut-être encore incandescente du globe. Dans les phénomènes liés à l'organisme des plantes et des animaux, ces substances si ténues, d'origines si diverses, dont l'air est le véhicule, exercent vraisemblablement une action bien plus prononcée qu'on n'est communément porté à le supposer. Leur permanence est d'ailleurs mise hors de doute par le seul témoignage des sens, lorsqu'un rayon de soleil pénètre dans un lieu peu éclairé; l'imagination se figure aisément, mais non sans un certain dégoût, tout ce que renferment ces poussières que nous respirons sans cesse, et que Bergmann a parfaitement caractérisées en les nommant les *immondices de l'atmosphère*. Elles établissent en quelque sorte le contact entre les individus les plus éloignés les uns des autres, et bien que leur proportion, leur nature, et, par conséquent, leurs effets, soient des plus variés, ce n'est pas s'avancer trop que de leur attribuer une partie de l'insalubrité qui se manifeste habituellement dans les grandes agglomérations d'hommes.

Les eaux météoriques entraînent ces poussières en même temps qu'elles en dissolvent les matières solubles, parmi lesquelles se trouvent des sels fixes ammoniacaux, comme elles dissolvent la vapeur de carbonate d'ammoniacque et le gaz acide carbonique répandus dans l'air. Une pluie, lorsqu'elle commence, doit donc renfermer plus de principes solubles que lorsqu'elle finit, et si cette pluie se prolonge sans interruption par un temps calme, il arrivera un moment où l'eau ne contiendra plus que de

très faibles indices de ces principes. C'est, en effet, ce qui a lieu, comme l'établissent, pour les sels ammoniacaux, les observations consignées dans ce Mémoire.

Je rechercherai maintenant quelle a été la quantité moyenne d'ammoniaque dans la pluie mesurée au Liebfrauenberg, depuis le 26 mai jusqu'au 8 novembre 1853.

Soixante-dix-sept pluies, en considérant comme telles les rosées et les brouillards, ont apporté dans le grand pluviomètre 1755^{lit},75 d'eau, dans lesquels il y avait 909^{mgr},24 d'ammoniaque, ce qui donne, en moyenne, pour 1^{lit} d'eau météorique, 0^{mgr},42 (1).

Bien que cette proportion soit extrêmement faible, elle est cependant beaucoup plus forte que celle que j'ai dosée jusqu'à présent dans les eaux de rivières et dans les eaux de sources (2). Quant à l'infériorité constatée dans la proportion d'ammoniaque dans les eaux qui reposent sur le sol, j'ai pensé d'abord qu'elle dépendait de l'action que l'air pouvait exercer sur l'alcali volatil, soit en le détruisant, soit en le transformant en acide nitrique. Mais les expériences faites pour constater jusqu'à quel point cette conjecture était fondée, ont montré que de l'ammoniaque ajoutée en très minime quantité à de l'eau pure ne subit aucune modification, alors même que cette eau renferme, par litre, quelques centigrammes de potasse, et que les dissolutions restent pendant un mois au contact d'une atmosphère d'oxygène.

S'il est incontestable que les rivières et les sources proviennent des eaux pluviales, il ne l'est pas moins que

(1) Toujours en ne faisant pas entrer le résultat obtenu avec l'eau extraordinairement chargée d'ammoniaque du brouillard du 14 au 16 novembre. En faisant intervenir ce résultat, que je considère provisoirement comme anormal, on a pour la pluie reçue 1758^{lit},25, et pour l'ammoniaque dosée 13^{gr},03352. Soit pour 1^{lit} d'eau 0^{mgr},59 au lieu de 0^{mgr},52.

(2) Mémoire sur le dosage de l'ammoniaque dans les eaux. (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXIX, p. 257).

les eaux météoriques n'ont d'autre origine que les eaux éparses à la surface du globe. Si l'on emploie de préférence la première définition, c'est que le phénomène de la pluie, dans ses effets sur les fleuves, fait plus d'impression sur l'esprit que le phénomène de l'évaporation dont l'action, en quelque sorte occulte, est de porter dans l'atmosphère les vapeurs invisibles qui engendrent les météores aqueux. La pluie, pour peu qu'on y réfléchisse, est le résultat de la volatilisation des eaux qui sont en contact avec l'air. Or, dans la distillation d'une eau très faiblement ammoniacale, les premières parties de la vapeur liquéfiée par le refroidissement sont toujours les plus chargées d'alcali. Quand, par exemple, avec l'appareil que j'ai décrit, on opère sur 1^{lit} d'eau du Rhin renfermant 0^{mgr}, 17 d'ammoniaque, le premier décilitre reçu par le récipient en renferme déjà 0^{mgr}, 13, soit, par litre, 1^{mgr}, 30; proportion beaucoup plus forte que celle qu'on rencontre généralement dans la pluie. Rien, en effet, ne ressemble plus à ce qui se passe dans la nature qu'une semblable distillation; l'eau, relativement très ammoniacale qu'on reçoit d'abord, vient d'une pluie que produit, en se condensant dans le réfrigérant, la vapeur fournie par l'eau du Rhin. L'analogie se soutient même pendant tout le cours de l'opération, car, à mesure que la distillation avance vers sa fin, l'eau débitée par le serpentín est de moins en moins alcaline, comme cela est constamment arrivé aussi lorsque, par un temps calme, une pluie continue tombait sur un udomètre placé dans la vallée du Rhin.

Il y a, on ne saurait en douter, une connexion évidente entre l'apparition de l'ammoniaque dans l'atmosphère et l'évaporation accomplie à la surface des fleuves, des lacs et des mers. La vapeur, malgré la température peu élevée à laquelle elle se développe dans cette circonstance, nonobstant une affinité énergique que doit encore exalter

la masse considérable du dissolvant, entraîne avec elle une proportion relative d'alcali bien plus forte que celle qui est contenue dans l'eau d'où elle émane, de sorte que cette vapeur, en se condensant, donne un liquide plus alcalin. C'est ce qu'établirait, au besoin, une expérience faite en avril dernier. 1^{lit} d'eau pure, dans lequel on avait introduit 12^{mgr} d'ammoniaque, a été exposé à l'air dans une large capsule de porcelaine ; après un mois, le volume de l'eau était réduit à $\frac{1}{2}$ litre. Si l'ammoniaque s'était dissipée proportionnellement à l'évaporation, l'eau restée dans la capsule aurait dû en retenir 6^{mgr}. Or, par le dosage, on a constaté qu'elle n'en contenait plus que 4^{mgr}. Ainsi, en s'évaporant spontanément, la moitié du liquide avait entraîné les deux tiers de l'ammoniaque. La vapeur émise, si elle eût été condensée, aurait donc produit 0^{lit}, 5 dans lequel on eût trouvé 8^{mgr} d'alcali, proportion répondant à 16^{mgr} pour 1^{lit}, et, par conséquent, bien supérieure à celle de l'ammoniaque contenue dans l'eau soumise à l'évaporation. Si, aux considérations que je viens d'exposer, on ajoute que le sol envoie continuellement à l'atmosphère des vapeurs de carbonate d'ammoniaque et des poussières dans lesquelles se trouvent des sels ammoniacaux fixes, on concevra peut-être pourquoi l'eau de la pluie, des neiges et des brouillards est notablement plus ammoniacale que les eaux des rivières et des sources.

OBSERVATIONS FAITES A PARIS.

Sur une terrasse placée entre deux jardins, dans la proximité de la place Royale, j'ai disposé un udomètre dont le récipient en métal a 80^{cm} de diamètre, soit une surface de 0^{mq}, 50.

Le 3 janvier 1854, vers 9^h du soir, il tomba une pluie très forte. Voici les volumes d'eau reçus successivement et dans lesquels on a dosé l'ammoniaque.

Pluie en millimètres.	Eau reçue.	Ammoniaque dans l'eau reçue.	Ammoniaque dans 1 litre.	
mm	lit	mgr	mgr	
1,34	0,67	3,37	5,03	1 ^{re} prise.
1,70	0,85	3,73	4,39	2 ^e prise.
2,20	1,10	3,30	3,00	3 ^e prise.
1,38	0,69	1,52	2,20	4 ^e prise.
1,52	0,76	0,60	0,79	5 ^e prise.
<u>8,14</u>	<u>4,07</u>	<u>12,52</u>		

Ammoniaque dans 1^{lit} : Moyenne

3^{mgr},08.

BROUILLARD.

J'ai recueilli dans l'udomètre l'eau déposée par les brouillards qui ont apparu à Paris du 18 au 23 janvier.

Le 23 le brouillard était tellement épais, que, dans plusieurs quartiers, à 10^h du matin, on fut obligé d'éclairer les appartements. L'eau obtenue était limpide, mais elle avait une légère teinte ambrée, due probablement aux vapeurs fuligineuses que tient en suspension l'atmosphère de Paris. Cette eau était remarquable par la proportion d'alcali qu'elle renfermait; en effet, dans 1^{lit}, on a trouvé 137^{mgr},85 d'ammoniaque; soit 0^{gr},64 de bicarbonate, proportion près de trois fois aussi forte que celle que j'avais dosée dans l'eau du brouillard observé à la campagne, du 14 au 16 novembre 1853. Une aussi notable quantité d'ammoniaque expliquerait peut-être pourquoi, dans certaines circonstances, le brouillard est doué d'une odeur assez pénétrante pour affecter péniblement les organes de la respiration.

Je présenterai, en terminant, des observations faites sur l'ammoniaque des eaux pluviales à Rothamsted et à Paris. Les premières ont donné des nombres un peu plus forts que ceux constatés dans les recherches que j'ai exécutées à la campagne. Cette différence peut dé-

pendre de ce que l'année 1852 a été extrêmement humide ; il paraît, en effet, que la pluie contient d'autant moins d'ammoniaque qu'elle est plus abondante. Quant à la proportion d'alcali trouvée dans l'eau tombée à Paris, elle est de beaucoup supérieure à celle que l'on a enregistré, soit au Liebfrauenberg, soit à Rothamsted, à cause sans doute des circonstances qui tendent à développer de l'ammoniaque dans un lieu où une grande population est agglomérée.

Ammoniaque dosée dans la pluie tombée à Rothamsted. — En Angleterre, MM. Lawes et Gilbert ont déterminé la proportion d'ammoniaque contenue dans la pluie recueillie dans des udomètres établis dans la ferme de Rothamsted, en suivant un procédé basé sur celui que j'ai décrit précédemment. Voici les résultats obtenus par ces habiles observateurs. L'échantillon examiné était pris dans la pluie tombée pendant le mois.

	Ammoniaque dans 1 litre de pluie. mgr
1853. Mars	1,44
Avril	0,81
Mai.. .. .	1,34
Juin	1,27
Juillet.. . . .	0,94
Août.	0,84
Septembre.. . . .	0,73
Octobre...	0,69
Novembre.. . . .	0,80
Décembre	1,61
1854. Janvier	0,88
Février.	0,95
Mars	0,95
Avril.	0,97
Mai	0,47

Ammoniaque dosée dans la pluie tombée sur la terrasse de l'Observatoire de Paris, par M. Barral (1).

		Ammoniaque dans 1 litre de pluie.
		mgr
1851. Juillet.	.. ..	3,77
Août	.... ..	5,63
Septembre	...	1,82
Octobre....	..	1,08
Novembre..	...	3,85
Décembre..	..	5,45

(1) *Recherches analytiques sur les eaux pluviales.*

SUR LE DOSAGE DE L'ACIDE NITRIQUE

EN PRÉSENCE

DES MATIÈRES ORGANIQUES.

Dans un travail sur la composition de l'eau de la mer Morte (1), ayant été conduit à étudier les divers réactifs proposés pour découvrir ou pour doser l'acide nitrique, je me suis arrêté à l'emploi de l'indigo dissous dans l'acide sulfurique. Le procédé, tel qu'il a été indiqué depuis longtemps par M. Liebig, consiste, comme on sait, à colorer très faiblement avec du sulfate d'indigo quelques centimètres cubes d'un liquide dans lequel on soupçonne un nitrate. Ajoutant ensuite une goutte d'acide sulfurique, et faisant bouillir, on voit la teinte bleue s'affaiblir et disparaître, s'il y a de l'acide nitrique. Une petit fragment de sel marin exalte l'action du réactif, à ce point que l'on peut reconnaître dans une dissolution $\frac{1}{500}$ d'acide nitrique, de sorte que dans 1^{cc} d'eau on constaterait facilement 2^{mgr} d'acide appartenant à un nitrate.

Ce n'est pas là, il s'en faut bien, la limite de la sensibilité de l'acide sulfo-indigotique, et je montrerai qu'en substituant l'acide chlorhydrique à l'acide sulfurique, il est possible de la pousser beaucoup plus loin, non seulement pour déceler les nitrates, mais encore pour les doser

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLVIII. 3^e série, p. 129.

avec une grande exactitude dans les liquides où ils ne se trouvent qu'en très faible quantité.

Lorsque l'indigo est appliqué au dosage de l'acide nitrique, il est indispensable de le faire agir sous l'influence de réactifs qui soient, sinon d'une pureté absolue, au moins exempts de tout ce qui serait capable de le décolorer. Par conséquent, je commencerai par donner les moyens de purifier les agents dont le concours est nécessaire.

Purification de l'indigo. — Cet acide doit être fait avec de l'indigo pur, ou tout au moins débarrassé des matières organiques qui lui sont associées.

On purifie l'indigo du commerce; soit en précipitant par l'action de l'air l'indigo blanc d'une solution alcaline, soit en le traitant par divers dissolvants. C'est à ce dernier procédé que je donne la préférence, parce qu'il est plus rapide, d'une exécution plus facile, et qu'il procure une matière qui, si elle n'est pas absolument pure, ne contient du moins aucun principe capable de troubler la netteté de la réaction qu'il s'agit de produire.

Voici comment on opère :

50^{gr} d'indigo en poudre très fine sont mis en digestion, à la température de 40°, dans 1^{lit} d'eau distillée; au bout de 24 heures, la solution, fortement colorée en brun, est décantée et remplacée par de nouvelle eau, qu'on laisse digérer encore pendant 24 heures. Cette eau, bien moins colorée que celle qui l'avait précédée, est enlevée par décantation : on verse alors sur l'indigo 0^{lit}, 75 d'une liqueur acide formée de parties égales et d'acide chlorhydrique pur et fumant. On fait bouillir pendant une heure, et, après le refroidissement, on recueille la partie non dissoute dans un filtre sur lequel on la lave à l'eau distillée chaude d'abord, à l'eau froide ensuite, jusqu'à ce que ce liquide passe incolore et neutre au papier réactif.

Le résidu, desséché sur le filtre resté dans l'entonnoir, est traité par l'éther (1). Pour prévenir un trop grande déperdition de ce dissolvant, l'entonnoir est placé sous une cloche. L'éther des premiers lavages est fortement coloré en pourpre ; puis à la teinte pourpre succède une teinte bleu-clair due à ce que l'indigo est soluble en minime proportion dans l'éther.

L'éther coloré par les lavages est immédiatement distillé dans un appareil monté à cet effet, puis replacé sur l'indigo. On reconnaît que le lavage est poussé assez loin, quand l'éther n'est plus que faiblement coloré en une teinte franchement bleue. En opérant ainsi, on a obtenu de 50^{gr} d'indigo brut 27^{gr} d'indigo sec et purifié, non pas absolument, puisque, par la combustion, il laissait des cendres formées en grande partie de silice, mais débarrassé des matières solubles, des substances colorantes auxquelles il était mêlé avant le traitement.

Préparation de l'acide sulfo-indigotique. — Sur 5^{gr} d'indigo purifié, placé dans un flacon fermant à l'émeri, on verse peu à peu, en agitant, 25^{gr} d'acide sulfurique de Nordhausen ; on laisse digérer pendant deux ou trois jours dans une étuve dont, durant le jour seulement, on entretient la température à 50° ou 60°. On obtient un produit visqueux d'un bleu intense soluble dans l'eau, en y occasionnant de la chaleur, mais sans laisser de résidu appréciable. C'est avec cet acide que l'on se procure la teinture pour le dosage de l'acide nitrique.

Purification de l'acide chlorhydrique. — L'acide chlorhydrique considéré comme pur dans les laboratoires renferme quelquefois, comme je m'en suis assuré, certains

(1) On a supprimé le lavage à l'alcool, après avoir reconnu que ce que l'alcool dissout est soluble dans l'éther.

principes capables de déterminer la dissolution de l'or et la destruction de l'indigo. Que ces principes soient du chlore ou des produits nitreux, il suffit pour les expulser de faire bouillir l'acide dans un matras jusqu'à ce qu'il ait perdu à peu près le cinquième de son volume. L'acide est nécessairement affaibli par cette ébullition; mais pour les dosages dont il est question, il n'est pas nécessaire qu'il soit concentré, il doit être légèrement fumant.

Il est possible d'obtenir directement de l'acide chlorhydrique propre au dosage de l'acide nitrique, en mettant dans un ballon de 2^{lit} de capacité (*Pl. III, fig. 1*) 1^{lit} d'acide chlorhydrique du commerce; un tube partant du col du ballon se rend au fond d'un flacon maintenu dans une terrine pleine d'eau servant de réfrigérant. L'extrémité du tube plonge dans un peu d'eau distillée. On chauffe jusqu'à l'ébullition, et l'on arrête l'opération quand environ les deux tiers de l'acide ont passé. L'acide distillé est incolore, et n'a ordinairement aucune action sur l'or ni sur la teinture d'indigo. Ce dont toutefois il faut s'assurer par un essai préalable : s'il n'en était pas ainsi, il faudrait mettre l'acide distillé dans un matras, et le faire bouillir pendant quelques minutes.

Préparation de la teinture d'indigo. — L'intensité que doit avoir la teinture bleue est naturellement surbordonnée aux quantités d'acide nitrique qu'il s'agit de doser. Comme pour la commodité des opérations il est convenable de ne pas employer un trop grand volume de liquide bleu, on fait usage de trois sortes de teintures destinées à doser :

	gr		gr	
La première	0,01	à	0,02	de nitrate de potasse.
La deuxième	0,001	à	0,002	
La troisième	0,0001	ou	0,0002	

Ces divisions sont établies pour donner la plus grande

exactitude possible aux dosages, car pour des recherches qui n'exigeraient pas une extrême précision, il suffirait de la première teinture.

La quantité d'acide sulfo-indigotique qu'il convient d'ajouter à un volume d'eau pour en faire de la teinture, dépend de la force de cet acide bleu. Avec celui dont on a précédemment indiqué la préparation, on a :

La 1 ^{re} teinture en en mettant :	200 gouttes dans 100 ^{cc} d'eau	
	distillée.	
La 2 ^e teinture..	...	20
La 3 ^e teinture..	...	2

Après tout, ce n'est qu'en procédant par tâtonnement que l'on arrive à faire une teinture telle qu'on la désire; mais avant d'indiquer comment on en prend le titre, il convient de montrer jusqu'où va la sensibilité de l'indigo comme réactif de l'acide nitrique. Que l'on prenne deux tubes à réaction A et B semblables à celui représenté *fig* 2; ces tubes ont 14^{cm} de longueur et un diamètre intérieur de 1^{cm},5; le verre doit en être peu épais, autrement l'ébullition aurait lieu avec soubresauts. Dans A que l'on mette 1^{cc} d'eau distillée à laquelle on ajoutera $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique purifié; dans B 1^{cc} d'une dissolution contenant 0^{mgr},1 de nitrate de potasse, et qu'on y ajoute aussi $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique. Que l'on colore maintenant les liquides, dans chacun des deux tubes, avec une ou deux gouttes de la troisième teinture, de manière à y faire naître une teinte d'un bleu de ciel très pâle. Si l'on chauffe A à la flamme de la lampe à esprit-de-vin, si l'on fait bouillir, la couleur ne disparaîtra pas, elle ne diminuera même pas d'intensité. Si, au contraire, on chauffe B, où il y a 0^{mgr},1 de nitrate, il suffira de quelques secondes pour rendre le liquide entièrement incolore.

Réservant le tube A, dont le liquide n'a pas été déco-

loré, comme témoin de la teinte initiale, que l'on mette dans le tube B, après l'avoir vidé et bien nettoyé, 1^{cc} d'une dissolution renfermant 0^{mgr},033 de nitrate de potasse, et, comme précédemment, $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique, puis deux gouttes de teinture. Après quelques minutes d'ébullition, lorsque, par l'évaporation, le liquide sera réduit à $\frac{3}{4}$ de centimètre cube, il sera décoloré (1).

Ce n'est pas encore là la limite de la sensibilité du réactif. Ainsi, que l'on introduise dans le tube B 1^{cc} d'eau tenant 0^{mgr},01 de nitrate de potasse et $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique, que l'on colore avec une goutte de la teinture la plus faible, qu'ensuite on fasse bouillir jusqu'à ce que le liquide n'occupe plus qu'un volume de $\frac{2}{10}$ à $\frac{3}{10}$ de centimètre cube, la teinte bleue disparaîtra. La réaction sera de la plus grande netteté. En opérant de la même manière sur 1^{cc} d'eau n'ayant que 0^{mgr},005 de nitrate, on ne parviendra peut-être pas à déterminer une décoloration complète, mais la présence de l'acide nitrique n'en sera pas moins mise en évidence, parce que, lorsque par la concentration dans le tube le volume du liquide sera réduit à $\frac{2}{10}$ de centimètre cube, la teinte bleue sera bien moins intense qu'elle ne l'était avant qu'on eût fait bouillir. L'affaiblissement de la teinte accusera bien certainement la présence de l'acide nitrique, et si dans cette circonstance la décoloration n'est pas achevée, cela provient de ce qu'il y a trop d'indigo. Cela est si vrai, que l'on rend à la réaction toute sa netteté en diminuant la coloration initiale. Par exemple, que l'on dispose tout comme précédemment dans le tube B, en colorant toutefois la liqueur avec une demi-goutte de teinture. La coloration

(1) Ces quantités impondérables de nitrate, il est à peine nécessaire de le dire, sont obtenues au moyen de dissolutions dont on connaît la contenance en nitrate et que l'on étend d'eau de manière à avoir dans 1^{cc} de liquide telle minime quantité de nitrate que l'on voudra.

sera alors si faible, qu'il faudra une certaine habitude pour l'apercevoir. En concentrant, en amenant le liquide à un volume de $\frac{2}{10}$ à $\frac{3}{10}$ de centimètre cube, il ne se manifeste aucune coloration bleue ; l'indigo aura été détruit, et la preuve, c'est que si à 1^{cc} d'eau pure additionnée de $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique, on ajoute une demigoutte de teinture faible, et que l'on concentre, on verra la couleur bleue, presque invisible d'abord, accroître d'intensité à mesure que le liquide diminuera de volume.

J'ajouterai que par un moyen semblable, en agissant par voie de comparaison, on rend parfaitement sensible, dans 1^{cc} de liquide 0^{mgr},001 de nitrate de potasse. Ainsi, à l'aide d'une teinture d'acide sulfo-indigotique, on parvient à découvrir dans de l'eau distillée $\frac{5}{10\ 000}$ de milligramme d'acide nitrique (0^{gr},000 000 54) (1), et cela quel que soit le volume de cette eau, puisque par l'évaporation il est toujours possible de le ramener à quelques centimètres cubes.

Dans la recherche comme dans le dosage des nitrates par la teinture d'indigo, on est obligé de faire bouillir, d'évaporer dans le tube même plusieurs centimètres cubes de liquide. L'ébullition est souvent saccadée, et si l'on maintenait immobile le tube d'essai lorsqu'il est chauffé par la flamme de l'alcool ou du gaz, le liquide en ébullition serait projeté. Il est nécessaire, pour prévenir cette projection, d'agiter continuellement le tube placé sous une certaine inclinaison et serré entre les mâchoires d'une pince en bois (*fig. 3*) ; l'usage apprend bien vite la nature du mouvement qu'il faut imprimer pour que l'ébullition s'accomplisse sans accident. L'opérateur doit avoir à sa portée un verre à pied au fond duquel on a bourré un tampon de papier à filtrer, pour y déposer le tube (*fig. 2*),

(1) Acide nitrique entrant dans 0^{mgr},001 de nitrate de potasse.

puis le flacon contenant l'acide chlorhydrique pur, où plonge un tube effilé divisé vers le bas en capacités de centimètre cube pour puiser l'acide que l'on doit introduire dans le tube (*fig. 4*).

Détermination du titre de la teinture d'indigo. — Prendre le titre d'une teinture d'indigo, c'est chercher combien un poids donné de nitrate de potasse décolorera de cette teinture sous l'influence de l'acide chlorhydrique. Le nitrate introduit dans le tube à essai est dans une dissolution dont on connaît la teneur. On doit avoir, pour ce genre de détermination, plusieurs dissolutions de nitrate de potasse renfermant par volume de 2^{cc}

gr	gr	gr	
0,01	0,001	0,0001	de sel.

Ces solutions sont mises dans des flacons bouchant à l'émeri et gardées avec toutes les précautions que l'on prend pour conserver les dissolutions normales, c'est-à-dire que le flacon ne doit jamais rester ouvert que le temps nécessaire pour y puiser de la liqueur. Lorsqu'on n'en a plus besoin, le bouchon est garni d'une coiffe en caoutchouc pour empêcher l'évaporation que la fermeture en cristal ne prévient pas toujours. Supposons à présent qu'il y ait à prendre le titre d'une teinture destinée à doser l'acide nitrique contenu dans 1^{mgr} de nitrate de potasse, teinture obtenue en laissant tomber dans 500^{cc} d'eau distillée 100 gouttes d'acide sulfo-indigotique⁽¹⁾.

On placera dans le tube à essai 2^{cc} de la dissolution renfermant pour ce volume 1^{mg} de nitrate, en les puisant dans le flacon avec un tube effilé gradué en centimètres cubes, subdivisés en dixièmes assez largement

(¹) La teinture ainsi obtenue est ordinairement limpide ; si par hasard elle ne l'était pas, il faudrait la filtrer.

pour qu'on puisse facilement estimer le demi-dixième. On voit maintenant pourquoi il est préférable d'avoir incorporé dans la dissolution 1^{mgr} de nitrate dans 2^{cc}, et non pas dans 1^{cc} seulement. Avec la graduation du tube effilé dont on se sert pour puiser la dissolution, on répond de $\frac{1}{20}$ de centimètre cube de liquide, représentant $\frac{1}{40}$ de milligramme de nitrate. Si la dissolution renfermait 1^{mgr} de nitrate par centimètre cube, on ne pourrait répondre que de $\frac{1}{20}$ de milligramme de ce sel, précision, au reste, bien suffisante dans la plupart des cas.

De la teinture d'indigo à titrer, et qui doit, une fois son titre déterminé, être employée aux dosages, est mise dans la burette graduée de Gay-Lussac (*fig. 5*). Cette burette, portant une division en dixièmes de centimètre cube, me paraît préférable à toutes celles que l'on a proposées; elle lâche son liquide goutte à goutte, elle est solidement établie, ses dimensions ne sont pas incommodes, on y conserve très bien la teinture si l'on a la précaution de tenir son ouverture fermée avec un bouchon de liège. La meilleure manière, à mon avis, de mettre la burette au repos, c'est de la poser dans une éprouvette à pied assez large au fond de laquelle on a tassé du papier à filtrer. Les 2^{cc} de dissolution tenant 1^{mgr} de nitrate étant introduits dans le tube, on concentre jusqu'à réduction à un volume de 1^{cc} *jugé à l'œil*, puis on ajoute le $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique, et immédiatement après, on laisse tomber dans le liquide acide quelques gouttes de la teinture de la burette. La liqueur à titrer étant suffisamment colorée, on chauffe, et s'il arrive, comme cela serait certainement le cas dans l'exemple que j'ai choisi, que la décoloration ait lieu à la première impression de la chaleur, on s'empresse de verser encore plusieurs gouttes de teinture. Si la liqueur chaude et acide est riche en nitrate, la teinture est décolorée à mesure qu'elle tombe dans le liquide. Lorsque la décoloration n'est plus instantanée, on chauffe, on concentre la liqueur par l'ébullition,

en ajoutant de la teinture à mesure qu'elle se décolore. Il convient même de faire cette addition avant que la décoloration soit complète. Quand on a mis une certaine quantité de teinture, la couleur du liquide n'est plus bleue; elle est d'un vert bleuâtre à cause du mélange de la teinte jaune particulière à l'indigo modifié. La nuance verte est toujours l'indice d'un léger excès d'indigo. En faisant bouillir, en concentrant, la nuance bleue disparaît, en se rapprochant de plus en plus du jaune, indice de l'absence de l'indigo. C'est alors le cas de verser de la teinture, avec précaution, et seulement jusqu'à ce que le bleu domine légèrement. Si l'ébullition ne fait pas virer au vert, on ajoute $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique, qui ordinairement efface aussitôt la prédominance du bleu, et quelquefois même fait virer au jaune. On verse alors une ou deux gouttes de teinture pour faire reparaître le ton bleu, que l'on fera disparaître par l'ébullition, ou, s'il persistait, par l'addition d'un troisième $\frac{1}{2}$ centimètre cube d'acide chlorhydrique. On arrive ainsi à obtenir une teinte permanente vert de chrome. Si, par l'ébullition et la concentration, par l'addition d'acide chlorhydrique, le vert de chrome ne change plus de teinte, on a la preuve que l'acide nitrique était déjà détruit lorsqu'on a formé le vert de chrome par l'addition de la dernière goutte de teinture ajoutée; elle a donc été mise en excès, et il y a lieu de la retrancher, soit en totalité, soit en partie, suivant l'intensité de la nuance persistante, c'est-à-dire indestructible et restant verte malgré l'ébullition, la concentration et le concours de l'acide chlorhydrique; correction peu influente, toujours facile à faire, puisque l'on sait ce que représente la goutte, ou la fraction de goutte mise en excès, en divisions de la burette.

La teinte vert-chrome persistante est tellement définitive, elle est si bien l'indice de l'entière destruction de l'acide nitrique, qu'il n'est plus au pouvoir de l'opérateur,

je ne dis pas de la faire disparaître, mais même de la modifier. Une fois qu'elle est obtenue, il n'y a plus qu'à lire sur la burette pour connaître combien l'acide de 1^{mgr} de nitrate de potasse a détruit de teinture d'indigo.

Voici le résultat d'une prise de titre :

La dissolution contenait 1^{mgr} de nitrate de potasse = 0^{mgr},534 d'acide nitrique.

On a détruit teinture	.....	..	16,3	soit 1,63
Correction pour la teinture mise en excès.			0,3	
			16,0	
Teinture.....			16,0	

Ainsi 16 divisions de la teinture ont exigé, pour être décolorées par l'intervention de l'acide chlorhydrique, l'acide nitrique de 1^{mgr} de nitrate de potasse, soit 0^{mgr},534. Chaque division de la teinture titrée représentait donc 0^{mgr},033 d'acide nitrique, et comme, avec un peu de pratique, l'on estime aisément la décoloration d'une demi-division, on pouvait, avec cette teinture, accuser 1 centième $\frac{1}{2}$ de milligramme d'acide nitrique contenu dans de *l'eau distillée*. Sans aucune habitude du procédé, il est possible de répondre de la décoloration d'une division de teinture; on accuse donc certainement :

$$\frac{0^{\text{mgr}},534}{16} = 0^{\text{mgr}},033$$

d'acide nitrique d'un nitrate dissous dans de *l'eau pure*.

Si l'on faisait usage d'une teinture préparée pour doser l'acide nitrique de 1^{mgr} de nitrate de potasse, teinture obtenue en laissant tomber 200 gouttes d'acide sulfo-indigotique dans 100^{cc} d'eau distillée, que le volume de la teinture détruite fût, par exemple, de 21^{div},4, et qu'on répondît d'une division, on accuserait ainsi l'acide nitrique contenu dans $\frac{1}{21}$ de centigramme de nitrate de potasse, soit 0^{gr},000 25; l'opérateur le moins expert ne pourrait

certainement pas commettre une erreur de 1 division, et l'acide serait, alors même qu'il la commettrait, dosé à $\frac{1}{4}$ de milligramme. En se servant d'une teinture assez faible, celle que l'on prépare avec deux gouttes d'acide sulf-indigotique ajoutées à 100^{cc} d'eau distillée, pour qu'il fallût en ajouter 18 divisions de la burette afin de détruire l'acide nitrique de 0^{gr},0001 de nitrate de potasse, l'acide nitrique correspondant à 1 division de la burette serait 0^{gr},000 003.

On a dû nécessairement se demander si le volume de teinture détruit est proportionnel au poids de l'acide nitrique qui occasionne la destruction. L'expérience a montré qu'il en est ainsi; on rapportera quelques-uns des nombreux essais faits pour s'en assurer.

gr		Teinture div
0,010	de nitrate de potasse ont détruit.	... 21,4
0,005	» »	... 10,2
	On aurait dû en détruire .....	..... 10,7
	Différence.	<u>0,5</u>

La différence, ou, si l'on veut, l'incertitude du dosage, est donc le $\frac{1}{42}$ du poids de l'acide renfermé dans 0^{gr},01 de nitrate : 0^{gr},00012.

Dans une autre expérience :

gr		div
0,01	de nitrate de potasse ont détruit la couleur bleue de	21,4
0,005		10,2
	On aurait dû détruire.	10,7
	La différence a encore été de. ..	<u>0,5</u>

On est arrivé à des résultats semblables en opérant avec des teintures d'indigo plus faibles, parce qu'elles étaient destinées à doser l'acide de 1 ou plusieurs milligrammes de nitrate de potasse :

gr				Teinture
				div
0,001	de nitrate a détruit.	...	..	20,0
0,002	»	..	...	39,0
0,0005	»	..	.....	9,4

Les différences constatées n'ont pas été plus fortes quand on a opéré avec une teinture assez peu colorée pour que 16 à 18 divisions pussent être décolorées, ou plutôt passassent à la nuance vert-chrome par l'effet de 0^{gr},0002 de nitrate de potasse.

Par la teinture forte d'indigo, la première, on ne peut guère doser l'acide de plus de 0^{gr},03 de nitrate de potasse, à cause de la couleur foncée que prend une liqueur quand elle renferme le produit de la réaction; il devient alors difficile de saisir la teinte vert-chrome persistante, qui est l'indice certain de l'absence de l'acide nitrique. Aussi le procédé convient-il surtout pour doser de faibles quantités de nitrates que l'on ne doserait pas par d'autres moyens.

On ne doit pas d'ailleurs s'exagérer la portée de l'erreur que l'on est exposé à commettre en opérant sur peu de matière. La précision que l'on atteint dépend à la fois de l'homogénéité de la substance sur laquelle on agit, et du degré de sensibilité particulier au réactif dont on fait usage. En opérant sur une prise d'essai dont le poids ne dépasse pas 1^{gr}, les essayeurs assignent avec une suffisante certitude la proportion de métaux précieux que tient un lingot de plusieurs kilogrammes. Or il est de fait qu'une dissolution dans laquelle il y a des nitrates est bien autrement homogène qu'un lingot, et que, par conséquent, les quelques centimètres cubes de liquide prélevés pour l'analyse offrent plus de garantie qu'une prise d'essai coupée dans une masse métallique.

Si dans 1^{lit} d'eau il y a 0^{gr},1 de nitrate, on peut, en évaporant, réduire le volume de la dissolution à 10^{cc}. Si

l'on prend maintenant 2^{cc} de la liqueur ainsi concentrée pour y doser l'acide nitrique avec une teinture accusant à $\frac{1}{20}$ près de centigramme le nitrate, 0^{gr},0005 représentera l'erreur probable que l'on commettra, soit dans un sens, soit dans l'autre, erreur qui sera multipliée par 5, puisque l'on a opéré sur le cinquième de la dissolution réduite à 10^{cc}. On pourra donc accuser en nitrate :

	gr
	0,1025
Ou	0,0975
Au lieu de..	0,100

La sensibilité de la teinture d'indigo augmentant à mesure que son intensité en couleur diminue, avec des teintures 10 fois, 100 fois moins intenses, on répondra de $\frac{1}{20}$ de milligramme, de $\frac{5}{1000}$ de milligramme de nitrate.

Une teinture titrée d'indigo, préparée suivant la prescription indiquée et agissant avec le concours de l'acide chlorhydrique pur, permet, sans aucun doute, de doser avec certitude l'acide de quelques centièmes de milligramme de nitrates dissous dans de l'eau distillée; mais lorsque je voulus appliquer ce mode de dosage à la détermination des très faibles proportions de nitrates que les eaux pluviales renferment ordinairement, le réactif indigo présenta les plus singulières anomalies.

Ainsi, de nombreuses expériences ont fait voir que si l'on ajoutait 1^{mgr}, et même une fraction de milligramme de nitrate de potasse à 1^{lit} d'eau distillée, on retrouvait, à quelques centièmes de milligramme près, la minime quantité de sel introduite; mais que si l'on faisait la même addition à 1^{lit} de pluie, on ne retrouvait pas toujours le nitrate ajouté, quelquefois même il était impossible d'en déceler la moindre trace. J'ai eu l'occasion de faire cette remarque, que la perte éprouvée est d'autant plus forte, que l'eau par la concentration acquiert une teinte ambrée plus prononcée. Dans deux essais où l'eau de pluie con-

IV. 0^{gr},001 de nitrate mêlé à 0^{gr},01 d'acide tartrique a détruit

	div
	10,2 de la teinture.
	<u>9,7 titre.</u>
Excédent.....	0,5

		gr
On avait mis nitrate ..	....	0,0001
Trouvé .....	....	<u>0,000105</u>
Excédent .....	.....	0,000005

La présence de l'acide tartrique n'a pas empêché le dosage.

V. 0^{gr},001 de nitrate de potasse, mêlé à 0^{gr},01 d'acide citrique, a détruit 9^{div},7 de teinture, exactement ce qu'il détruisait en l'absence de l'acide citrique.

VI. 0^{gr},001 de nitrate de potasse, mélangé à 0^{gr},01 d'acide

	Teinture
	div
oxalique très pur, a détruit. ..	9,5
Dont le titre était. ...	<u>9,7</u>
Différence ..	0,2 représentant une perte en nitrate de 0 ^{gr} ,00002.

Les résultats de ces expériences étaient à prévoir. Quand une substance de nature combustible se trouve en présence d'un nitrate dissous dans un grand excès d'acide chlorhydrique, l'eau régale formée dans cette circonstance, ou réagira de préférence sur les éléments de la matière organique, les brûlera, et dans ce cas l'indigo ne sera pas attaqué; le dosage par cet agent deviendra dès lors impossible; ou l'eau régale réagira à la fois sur la matière organique et sur l'indigo, dont une partie seulement sera détruite, et dans ce second cas le dosage sera incomplet. Au reste, la propriété éminemment oxydante de l'acide nitrique, aussitôt qu'il est mis en liberté, est l'écueil des procédés recommandés pour doser les nitrates lorsqu'ils sont mêlés à des matières combustibles.

Pour déterminer, au moyen de l'indigo, l'acide nitrique

d'un liquide contenant des substances capables, comme le glucose, de s'opposer à la réaction, je compris qu'il était indispensable d'éliminer, pour plus de sûreté, toutes les matières organiques.

Lorsque l'on brûle une plante, on trouve dans les cendres les bases minérales unies ordinairement à l'acide phosphorique, à l'acide sulfurique, à l'acide carbonique. Les carbonates ne préexistaient pas dans ces végétaux, du moins en proportion notable, leurs bases y étaient combinées à des acides organiques détruits pendant l'incinération et dont le carbone a donné lieu à une production d'acide carbonique.

Si la plante contenait des nitrates, et généralement les plantes en contiennent, on ne les rencontre pas dans les cendres. A leur place il y a des carbonates, l'acide des nitrates étant détruit par le feu, comme le sont les acides organiques, avec cette différence que l'oxygène de l'acide nitrique concourt avec l'oxygène de l'air à la combustion des éléments combustibles, formant de l'eau avec l'hydrogène, et avec le carbone de l'acide carbonique qui s'unit aux bases alcalines des nitrates. Dans les cendres un carbonate est substitué à un nitrate.

Je me suis demandé s'il ne serait pas possible de brûler les éléments d'une matière organique mêlée à un nitrate, en opérant, non plus dans l'atmosphère, mais dans un milieu d'une telle nature, que l'oxygène de l'acide nitrique ne puisse pas intervenir comme comburant, dans des conditions telles, en un mot, que l'on retrouvât les nitrates dans le résidu de la combustion, comme on y retrouve les sulfates, les phosphates, les chlorures alcalins, sauf ensuite, pour la facilité du dosage, à mettre à profit la volatilité de l'acide nitrique pour dégager cet acide de ses combinaisons, l'isoler, le peser.

Il s'agissait, on le voit, de brûler le carbone et l'hydrogène par de l'oxygène naissant, plus actif que l'oxygène

de l'acide nitrique et que l'on obtient si facilement et si abondamment en faisant réagir l'acide sulfurique sur l'acide chromique. Agent d'oxydation tellement efficace, qu'un habile chimiste, M. Brunner, l'a employé avec succès pour brûler et doser le carbone, non seulement du sucre, de l'amidon, matières d'une combustion facile, mais encore le carbone des copeaux de bois, de la houille, de la plombagine. En augmentant jusqu'à certaines limites les proportions d'acide sulfurique et de bichromate de potasse, on n'a plus à craindre qu'il se forme de l'acide formique, tout l'hydrogène, tout le carbone sont transformés en eau et en acide carbonique.

Dans cette combustion énergique et rapide, se réalisant au sein d'un liquide incessamment pourvu d'oxygène naissant, il m'a semblé que l'acide nitrique ne serait pas modifié, ou que s'il l'était momentanément à cause du contact avec la matière combustible, l'oxygène qu'il aurait cédé lui serait immédiatement restitué. Des expériences multipliées m'ont prouvé, en effet, que l'acide nitrique persiste dans le liquide comburant après que la substance organique a été brûlée. Il suffit, alors que le calme est rétabli dans la cornue où a lieu la réaction, ce qui est l'indice de la fin de la combustion, il suffit, dis-je, de chauffer et de recevoir le liquide qui passe à la distillation. Dans ce liquide acide distillé se trouve l'acide des nitrates qui étaient mêlés à la matière organique.

En saturant exactement par une addition d'eau de baryte⁽¹⁾, séparant par le filtre le sulfate mélangé d'un peu de chromate provenant de l'acide chromique et de l'acide sulfurique entraînés, évaporant au bain-marie, l'on obtient le nitrate de baryte dosant l'acide nitrique.

(1) L'eau de baryte préparée par l'action de l'oxyde de cuivre sur le sulfure de barium, afin d'être certain qu'elle ne tient pas de nitrate de baryte en dissolution.

Pour montrer comment il faut procéder, je décrirai deux expériences.

L'appareil consiste en une cornue tubulée dont le col entre dans un petit ballon servant de récipient (*fig.* 6). Si l'on opérât sur une assez forte dose de matières, le ballon devrait porter une tubulure à laquelle on adapterait un tube droit pour porter les gaz sous une cheminée, et pour faciliter la condensation des vapeurs entraînées.

Expérience n° 1.

Dans la cornue on a introduit 5^{gr} de bichromate de potasse pur, en poudre (1), 0^{gr},5 de sucre candi, 0^{gr},5 de nitrate de potasse et 10^{cc} d'eau distillée; dans la cornue on a mis des fragments de verre, jusqu'en V Au moyen d'un tube effilé ajusté momentanément sur la tubulure, on a versé dans la cornue, peu à peu, 6^{cc} d'acide sulfurique pur et surtout exempt de composés nitreux. La réaction a été d'abord assez vive, et pour la modérer il a suffi de plonger la panse de la cornue dans de l'eau froide; bientôt elle s'est calmée. On a ôté le tube effilé, puis, après avoir fermé la cornue avec son bouchon, on l'a chauffée modérément avec la flamme de l'alcool, en prenant la précaution de ne pas appliquer le feu sous la panse, mais tout à l'entour en imprimant un mouvement circulaire à la lampe, un mouvement lent, mais continu, pour prévenir les soubresauts.

La réaction a cessé bientôt d'être tumultueuse, la distillation a eu lieu sans difficultés; la liqueur acide, réunie dans le récipient, était d'abord incolore, puis, vers la fin,

(1) Le bichromate du commerce renferme ordinairement des chlorures, et assez souvent aussi du nitrate de potasse. On le purifie par des cristallisations répétées. Si l'on faisait usage d'un sel qui ne fût pas entièrement exempt de nitrates, il faudrait faire, parallèlement à l'analyse, une expérience à blanc, qui donnerait la correction à appliquer.

légèrement colorée en jaune par de l'acide chromique ou du bichromate entraîné. On a cessé de chauffer lors de l'apparition de quelques vapeurs blanches, indices du passage de l'acide sulfurique. L'appareil étant démonté, on a lavé avec quelques centimètres cubes d'eau l'intérieur du col de la cornue, de manière à réunir dans le récipient tout le liquide acide que l'on a saturé, dans le ballon même, par de l'eau de baryte mise en très léger excès. Pour séparer cet excès de baryte, on a fait passer, pendant quelques instants, un courant d'acide carbonique dans le liquide du ballon à l'aide de l'appareil représenté *fig.* 7 (¹); on a ensuite porté à l'ébullition pour chasser le gaz acide carbonique. Le précipité, peu abondant d'ailleurs, consistait surtout en sulfate mêlé d'un peu de carbonate et de chromate de baryte; c'est à ce dernier sel qu'il devait sa teinte jaune pâle. On a filtré sur un papier Berzelius. Le liquide clair, y compris l'eau de lavage, a été reçu dans une capsule de porcelaine dans laquelle on a évaporé à la chaleur d'un bain-marie; c'est dans cette même capsule que le nitrate de baryte a été complètement desséché.

Le nitrate de baryte a pesé.....	gr 0,6400
Équivalent à nitrate de potasse.....	0,4954
On avait employé nitrate de potasse...	0,5000
Perte en nitrate..	0,0046 = 0 ^{gr} ,002 d'acide nitrique

sur 0^{gr},267 contenus dans 0^{gr},5 de nitrate de potasse.

Donc, malgré la présence d'un corps aussi combustible que le sucre, la perte en acide nitrique ne s'est pas élevée au delà de $\frac{1}{134}$.

(¹) Cet appareil consiste en un flacon, *a*, dans lequel il y a du bicarbonate de soude et de l'eau. Par le tube droit l'on fait arriver de l'acide sulfurique pour décomposer le bicarbonate. Le flacon *b* contient de l'eau dans laquelle est lavé le gaz acide carbonique qui se rend dans le ballon *c* pour précipiter, à l'état de carbonate, la baryte mise en excès.

Cette perte, toute faible qu'elle était, aurait probablement été sinon évitée, du moins atténuée, si l'on ne se fût pas contenté de faire une seule distillation; il pouvait en effet rester encore dans la matière contenue dans la cornue des traces d'acide nitrique; de la vapeur de cet acide faisait peut-être partie des vapeurs blanches que l'on avait considérées comme l'indice de la fin de l'opération. Pour lever les doutes à cet égard, on a entrepris une seconde expérience dans laquelle on augmenta encore la proportion de sucre, afin de placer l'acide nitrique qu'il s'agissait de doser dans des conditions de destruction plus énergiques.

Expérience n° 2.

108^{gr},0 de sucre,
 05^{gr},1 de nitrate de potasse,
 ont été mêlés avec 1005^{gr} de bichromate de potasse pur.

Le mélange a été introduit dans une cornue tubulée dont la panse était plongée dans de l'eau que l'on a maintenue froide. Pour ne pas accroître le volume des matières qui occupaient déjà plus des $\frac{2}{3}$ de la capacité de la cornue, on n'avait pas mis de fragments de verre.

On a versé peu à peu sur le mélange, par un tube effilé adapté à la tubulure, 100^{cc} d'acide sulfurique mêlés à 100^{cc} d'eau. Le mélange avait été préalablement refroidi.

La réaction apaisée, après avoir placé le bouchon sur la tubulure, on a chauffé pour la ranimer et l'entretenir, en appliquant la flamme de l'alcool au pourtour du vase. La distillation a été suspendue quand on a vu s'élever les vapeurs blanches occasionnées par l'acide sulfurique. Lorsque l'abaissement de la température l'a permis, on a fait pénétrer dans la cornue 25^{cc} d'eau, et l'on a continué à distiller jusqu'à l'apparition des vapeurs blanches. On a retiré le feu, laissé refroidir suffisamment afin d'introduire encore

25^{cc} d'eau. L'on a distillé de nouveau, et quand l'indice du passage des vapeurs d'acide sulfurique est devenu manifeste, on a considéré l'opération comme terminée. Le liquide dans le ballon récipient étant légèrement jaune, il a fallu y mettre 50^{cc} d'eau de baryte, pour le sursaturer. L'excès de baryte a été séparé par un courant de gaz acide carbonique; les sels insolubles de cette base, sulfate, chromate, carbonate, ont été enlevés par le filtre, après qu'on eut fait bouillir pour expulser l'acide carbonique.

Après le lavage, la dissolution a été évaporée, d'abord à la flamme de l'esprit-de-vin, et lorsqu'elle a été concentrée, l'évaporation a été achevée au bain-marie; on a obtenu :

	gr
Nitrate de baryte 0 ^{gr} , 131 renfermant : acide nitrique...	0,0541
0 ^{gr} , 1 du nitrate de potasse contenait : acide nitrique.	0,0534
Différence.. . . .	0,0007

On a par conséquent dosé $\frac{7}{10}$ de milligramme d'acide de plus qu'il ne s'en trouvait dans le nitrate de potasse mêlé à 100 fois son poids de sucre. L'intervention de l'oxygène naissant, la précaution d'arrêter la distillation lors de l'apparition des premières vapeurs d'acide sulfurique, l'addition de l'eau vers la fin de l'opération pour empêcher que l'acide nitrique ne soit en contact avec de l'acide sulfurique trop concentré, ont évidemment préservé l'acide nitrique de la destruction.

Le procédé que je viens de décrire me paraît devoir être utilement appliqué dans bien des circonstances, lorsque l'on aura à doser dans certaines matières organiques quelques centigrammes de nitrates. Pour moins de 1^{egr} d'acide nitrique, les manipulations à exécuter pour obtenir le nitrate de baryte pourraient donner lieu à des pertes relativement trop élevées; on n'atteindrait pas le but que je m'étais proposé, le dosage des traces d'acide nitrique renfermées dans les eaux. J'avais d'abord conçu l'espérance

de doser l'acide nitrique passé dans le récipient par une liqueur alcaline titrée, mais l'impossibilité d'obtenir un liquide exempt d'acide sulfurique a empêché de la voir réaliser. On essaya de substituer à l'acide sulfurique, réagissant sur le bichromate, de l'acide phosphorique qui, en raison de sa fixité, ne devait pas passer pendant la distillation. L'acide phosphorique attaque bien le bichromate, mais soit que la vapeur aqueuse l'entraîne ou qu'il passe simplement par projection, toujours est-il qu'on en retrouva constamment dans le récipient, de sorte que l'emploi de cet acide ne fut pas plus avantageux que celui de l'acide sulfurique.

Lorsque, après bien des essais, on fut convaincu que l'on ne parviendrait pas à isoler l'acide nitrique, et que l'acide sulfurique qui l'accompagnait s'opposerait au dosage direct, par la saturation d'une liqueur alcaline titrée, on chercha à le doser, dans le produit distillé, par la teinture d'indigo. La présence de faibles quantités d'acide sulfurique ne devait pas être un empêchement, mais il fallait de toute nécessité éliminer le bichromate ou l'acide chromique entraîné. Le moyen qui se présenta pour opérer cette élimination fut l'addition à la liqueur distillée de quelques gouttes de sous-acétate de plomb, afin de former des composés insolubles, tant avec l'acide chromique qu'avec l'acide sulfurique; mais comme, en opérant ainsi, la liqueur ne pouvait manquer de tenir du sous-acétate de plomb, puisqu'on était obligé d'en mettre un léger excès, on a commencé par s'assurer que la présence de ce sel métallique ne nuirait pas à la précision du dosage par l'indigo. On a essayé de doser, par cette méthode, des mélanges de sucre et de potasse, en agissant sur de petites quantités.

Expérience n° 1.

Dosage de l'acide nitrique du nitrate de potasse mêlé à 10 fois son poids de glucose. — On a introduit dans une petite cornue tubulée, dont la tubulure fermait par un bouchon usé à l'émeri (*fig. 8*), 1^{gr} de bichromate de potasse pur et en poudre, auquel on avait mêlé 0^{gr},1 de glucose. Sur le mélange on a versé 1^{cc} d'eau tenant 0^{gr},01 de nitrate de potasse. Le liquide étant imbibé, on a rempli la panse de la cornue de fragments de verre, jusqu'à un peu au-dessous de la courbure du col, puis on a laissé couler sur les morceaux de verre 1^{cc},1 d'acide sulfurique pur, dilué dans 2^{cc} d'eau distillée; le mélange était refroidi quand on l'a mis dans la cornue que l'on a immédiatement fermée; on a placé, pour récipient, un tube gradué en dixièmes de centimètre cube, assez largement pour que l'on pût estimer des centièmes de centimètre cube (*fig. 8*); le tube a été couvert d'un papier mouillé. Vu le peu de masse des matières, la réaction a été assez calme pour que l'on n'ait pas eu besoin de plonger dans l'eau la panse de la cornue. Quand la température du mélange a baissé, on a chauffé suivant la prescription, et l'on a interrompu la distillation à la première apparition des vapeurs d'acide sulfurique. On a mis 2^{cc} d'eau dans la cornue aussitôt qu'elle a été suffisamment refroidie; on a distillé, interrompu une seconde fois la distillation, pour ajouter encore 3^{cc} d'eau, puis on a chauffé de nouveau jusqu'à l'indice de l'acide sulfurique. Ces deux additions successives d'eau ont eu pour objet d'entraîner l'acide nitrique qui n'aurait pas passé dans la première opération et pour que la distillation n'eût pas lieu avec un liquide trop peu aqueux.

Le liquide distillé était à peine coloré en jaune; il n'y avait eu que fort peu de chromate entraîné. Il occupait dans le tube gradué, après qu'on y eut laissé tomber 4 à

5 gouttes (1) d'une dissolution de sous-acétate de plomb exempt de nitrate, un volume de 7^{cc},84. Jeté sur un petit filtre disposé sur un verre à pied, et aussitôt recouvert d'une petite cloche pour prévenir l'évaporation, le liquide fut séparé du précipité (sulfate et chromate de plomb) qui s'y était formé (*fig.* 9).

On a pris avec un tube gradué effilé 5^{cc},50 de la liqueur filtrée pour y doser l'acide nitrique au moyen de la teinture d'indigo.

21^{div},4 de cette teinture étaient détruites par 0^{gr},01 de nitrate de potasse.

Les 5^{cc},50 de liqueur filtrée ont amené au vert de chrome persistant :

Teinture.....	...	div
		15,2
Correction pour la teinte.		<u>0,3</u>
Teinture décolorée.....		14,9

21^{div},4 : 0^{gr},01 :: 14,9 : $x = 0^{\text{gr}},00696$ de nitrate de potasse contenus dans les 5^{cc},50 du liquide filtré.

Les 7^{cc},84 devaient donc contenir 0^{gr},0099 de nitrate, exactement ce que l'on avait mêlé à 0^{gr},1 de glucose.

Examinons maintenant l'erreur probable que l'on a pu commettre.

La teinture occupant une division de la burette exigeait, pour être détruite, 0^{gr},00047 de nitrate de potasse. Dans la réaction, l'on pouvait répondre de la destruction d'un tiers de division; mais, pour ne rien exagérer, admettons que l'on ne répondait que d'une demi-division = 0^{gr},00023. La totalité de l'acide nitrique, représentant du nitrate après la distillation, les lavages, la concentration, se trouvait dissoute dans 7^{cc},84 de liquide. On a dosé sur 5^{cc},5 de ce liquide; c'est-à-dire qu'il faut multiplier 0^{gr},00696 par 1,42

(1) Les gouttes ont toujours été ajoutées au moyen d'un tube effilé.

pour connaître le nitrate de potasse correspondant aux $7^{\text{cc}},84$ de liquide distillé; l'erreur possible $0^{\text{gr}},00023$ est donc aussi multipliée par ce nombre $1,42$: on peut donc avoir dosé, soit en plus, soit en moins, $0^{\text{gr}},00033$ de nitrate de potasse.

EXPÉRIENCE II.

Dosage de l'acide nitrique du nitrate de potasse mêlé à 50 fois son poids de glucose. — Les dispositions ont été les mêmes que dans l'expérience précédente. On a employé :

Bichromate de potasse pur.	1^{gr} .	
Acide sulfurique	$1^{\text{cc}},1$	étendu de 1^{cc} d'eau.
Glucose	$0^{\text{gr}},100$	
Nitrate de potasse.	$0^{\text{gr}},002$	dissous dans 2^{cc} d'eau.

On a lavé deux fois *par distillation* (¹), chaque fois avec 2^{cc} d'eau.

Le liquide distillé, légèrement coloré en jaune, occupait dans le tube récipient un volume de $6^{\text{cc}},90$.

Après l'addition du sous-acétate, de $7^{\text{cc}},06$.

Soumis au dosage, $5^{\text{cc}},0$ du liquide filtré.

$17^{\text{div}},2$ de la teinture d'épreuve étaient détruites par $0^{\text{gr}},001$ de nitrate de potasse.

La teinture persistante vert-chrome a été obtenue après l'addition de :

	div
Teinture.. .. .	24,0
Correction pour la teinte... ..	<u>0,3</u>
Teinture détruite.	23,7

$17,2 : 0^{\text{gr}},001 :: 23,7 : x = 0^{\text{gr}},001377$ nitrate dans 5^{cc} de dissolution. Dans $7^{\text{cc}},06$:

(¹) J'entends par *lavage par distillation* de 2^{cc} d'eau après l'opération, dans la panse de la cornue, eau que l'on distille ensuite et qui se trouve réunie au produit de la première distillation.

Pour les 4^{cc}, 80 de liquide distillé :

$$\frac{0,201 \times 4,8}{2,75} = 0,87,00351 \text{ d'acide nitrique.}$$

Une partie de l'azote de l'oxalate a donc donné lieu à une production d'acide nitrique.

EXPÉRIENCE II.

On a fait réagir :

Bichromate de potasse pur, 1^{gr}.
Acide sulfurique, 1^{cc}, 7, étendu de 2^{cc} d'eau.
0^{gr}, 01 de gélatine.

On a lavé par distillation, avec 2^{cc} d'eau.

Le volume du liquide distillé, précipité par le sous-acétate de plomb, était 5^{cc}, 2. On en a soumis au dosage 3^{cc}, 5.

21^{div}, 4 de teinture d'indigo équivalaient à 0^{gr}, 00534 d'acide nitrique.

Teinture employée	div 3,0
Correction pour la teinte . . .	0,3
Teinture détruite	<u>2,7</u> = acide nitrique 0 ^{gr} , 00067.

On a pour les 5^{cc}, 2 de liquide distillé :

$$\frac{0,067 \times 5,2}{3,5} = 0,87,001.$$

Ainsi le centigramme de gélatine aurait fourni, par l'oxydation de son azote, 1^{mgr} d'acide nitrique.

Je dois toutefois faire remarquer que la gélatine la plus pure n'est pas toujours exempte de nitrates.

Il y a donc lieu d'exclure l'ammoniaque et les matières organiques azotées des liquides dans lesquels on doit doser l'acide nitrique. C'est sans doute là une compli-

cation, mais on élimine assez facilement l'ammoniaque par une ébullition avec un peu de potasse pure, ou même simplement avec de l'hydrate de chaux lavée. Quant aux matières azotées solubles, les seules que l'on puisse rencontrer en dissolution avec des nitrates, la plupart sont précipitables par le sous-acétate de plomb, ou insolubles dans l'alcool amené à un degré de dilution qui permet facilement la dissolution des nitrates. S'il n'était pas possible d'éliminer par l'un ou l'autre de ces moyens une substance organique azotée, le dosage de l'acide nitrique par le procédé qui vient d'être indiqué serait impossible, puisqu'une partie de l'azote de la substance pourrait être acidifiée.

Substitution de peroxyde de manganèse au bichromate de potasse, pour déceler et doser de faibles quantités de nitrates. — Pour brûler la matière organique en contact avec un nitrate sans que l'oxygène de l'acide nitrique intervînt comme comburant, j'ai cherché un agent d'oxydation dont la présence dans le liquide distillé n'eût pas sur le dosage par l'indigo l'action destructive de l'acide chromique et qui dispensât par conséquent du traitement de ce liquide par le sous-acétate de plomb, avant de faire agir la teinture bleue. Après de nombreux essais faits avec le concours de corps éminemment oxydants, tels que le permanganate de potasse, etc., j'ai substitué le peroxyde de manganèse au bichromate de potasse. L'oxygène naissant dégagé par l'action de l'acide sulfurique sur le peroxyde brûle facilement, sans le concours des nitrates, de faibles quantités de matières organiques mêlées à ces sels, et par la distillation on fait passer la totalité de l'acide nitrique dans un tube servant de récipient où on peut le doser directement par la teinture d'indigo. Cette méthode est surtout très convenable pour doser l'acide des nitrates dans la terre végétale, dans

les eaux météoriques, dans l'eau des fleuves, des sources, où il ne se rencontre généralement que peu de substances organiques, assez toutefois pour empêcher le dosage direct par l'indigo. Ce dosage est devenu par là extrêmement précis, et, dans toutes les expériences synthétiques, on a toujours retrouvé dans le produit de la distillation effectuée avec le concours du peroxyde et de l'acide sulfurique, les proportions d'acide nitrique même les plus minimales que l'on avait ajoutées à de l'eau pluviale. Voici quelques-uns des résultats obtenus, en se plaçant dans des conditions analogues à celles où l'on se trouve quand on opère sur un litre d'eau de pluie :

	mgr	mgr	
Ajouté à de l'eau distillée, acide nitrique.	0,20	} Différ. + 0,01	
Trouvé par le dosage... .. .	0,21		
Eau de pluie contenant, acide nitrique...	0,18		
Ajouté acide.. .. .	<u>0,10</u>		
	0,28	} Différ. + 0,01	
Trouvé par le dosage.... .. .	0,29		
A de l'eau de pluie contenant, ac. nitrique	0,07		
Ajouté acide	<u>0,07</u>		
	0,14	} Différ. — 0,03	
Trouvé par le dosage	0,11		
Dans 1 ^{lit} d'eau de pluie, trouvé ac. nitrique	0,68	} Différ. + 0,05	
Par un deuxième dosage, trouvé.	0,73		
Ajouté à 1 ^{lit} d'eau distillée, acide nitrique	0,20	} Différ. — 0,02	
Trouvé	0,18		
Dans 1 ^{lit} d'eau de pluie, dosé ac. nitrique	0,41	} Différ. — 0,02	
Par un deuxième dosage, trouvé.....	0,39		

Le peroxyde de manganèse, comme le bichromate de potasse, quand il est traité par l'acide sulfurique, dégage de l'oxygène naissant qui empêche la décomposition de l'acide nitrique lorsque l'on décompose un nitrate pour préparer cet acide. On sait que, pendant cette décomposition, il y a, au commencement de l'opération, d'abon-

dantes vapeurs rutilantes dues à l'action de l'acide sulfurique, alors en grand excès par rapport à l'acide nitrique libéré; il y a dégagement d'oxygène et production d'acide hypoazotique,



Les vapeurs rutilantes cessent bientôt, puis elles reparaissent vers la fin, lorsque l'acide sulfurique se concentre, redevient prédominant en même temps que la température augmente. La perte en acide nitrique est très notable. Rien de semblable n'arrive lorsqu'on mêle au nitrate, dans la cornue, du peroxyde de manganèse ou du bichromate de potasse.

I. On a distillé :

6^{gr} de nitrate de potasse,
4^{gr} d'acide sulfurique monohydraté.

Il s'est manifesté de l'acide hypoazotique en grande abondance. La cornue, le ballon récipient étaient remplis de vapeurs rutilantes.

II. On a distillé :

Nitrate de potasse	6 ^{gr}
Peroxyde de manganèse	5
Acide sulfurique	11
Eau	3

Il n'y a pas eu apparition de vapeur d'acide hypoazotique au commencement de la distillation. L'acide nitrique obtenu était incolore; sur la fin de l'opération on a vu quelques vapeurs nitreuses.

III. On a distillé :

Nitrate de potasse	6 ^{gr}
Bichromate de potasse	5
Acide sulfurique	8
Eau	3

Le résultat a été entièrement comparable à celui obtenu avec le peroxyde de manganèse. Si, au lieu de pousser la distillation sans interruption, on l'eût suspendue vers la fin, pour ajouter dans la cornue 2^{gr} ou 3^{gr} d'eau, on aurait certainement empêché l'apparition des traces de vapeurs rutilantes que l'on a remarquées dans la dernière période de l'opération.

L'emploi du peroxyde de manganèse dans la recherche et le dosage de faibles quantités d'acide nitrique exige quelques précautions. Il est indispensable de purifier cet oxyde, qui n'est que bien rarement exempt de nitrates (1). C'est à la présence de ces nitrates, et aussi aux matières organiques que l'on doit attribuer les produits nitreux que renferme très souvent l'oxygène extrait par la calcination du peroxyde, et particulièrement l'eau acidulée d'acide nitrique que l'on voit apparaître au commencement.

Dosage de l'acide nitrique dans le peroxyde de manganèse du commerce. — Le peroxyde était en poudre très fine, obtenue probablement par le bocardage et le lavage.

30^{gr} ont été mis en digestion avec 20^{cc} d'eau distillée. Vingt-quatre heures après, on a jeté sur un filtre, et le dosage a eu lieu sur 5^{cc} du liquide filtré parfaitement incolore. 16 divisions de la teinture d'indigo étaient détruites par 0^{mgr}, 534 d'acide nitrique (1^{mgr}, 0 de nitrate de potasse).

4^{div}, 8 de cette teinture ont été détruites.

16 : 0^{mgr}, 534 :: 4, 8 : x = 0^{mgr}, 16 d'acide nitrique dans le $\frac{1}{4}$ du manganèse. Dans les 30^{gr}, 0^{mgr}, 64; pour 100^{gr}, 2^{mgr}, 133.

(1) Particulièrement l'oxyde de manganèse pulvérisé. Il faut prendre du manganèse de Giessen, en morceaux.

Ainsi, 1^{kg} de ce manganèse contenait 0^{gr},0213 d'acide nitrique, représentant 0^{gr},04 de nitrate de potasse.

Il est d'ailleurs impossible qu'un produit de l'industrie qui a été imbibé d'eau, et ensuite séché, ne renferme pas de nitrates, puisque toutes les eaux, même les eaux pluviales, en contiennent. L'eau d'imbibition, en s'évaporant, laisse naturellement dans la substance qu'elle mouillait les sels qu'elle tenait en dissolution, et parmi eux les nitrates. C'est ainsi que l'on a trouvé, en acide nitrique, dans 1^{kg} de

Papier à filtrer, l'équivalent de	0,007	de nitrate de potasse.
Gélatine..	0,187	
Noir d'os neuf	0,004 à	0 ^{gr} ,048

Il est des oxydes de manganèse dans lesquels il y a beaucoup plus de nitrates. Il y a donc nécessité de le purifier d'abord par des lavages abondants.

Le manganèse ainsi purifié et sec est conservé dans un flacon. Il est assez rare que l'on obtienne un produit qui ne donne pas une trace d'acide nitrique quand on le traite par l'acide sulfurique, même très pur. Ce qu'il y a de mieux à faire, c'est d'exécuter une expérience à blanc avec les mêmes quantités de manganèse et d'acide sulfurique que celles que l'on doit employer dans les dosages : l'acide que l'on dose dans le liquide distillé indique la correction constante que l'on doit appliquer aux résultats. Quand l'acide et l'oxyde de manganèse ont été purifiés avec soin, cette correction ne dépasse pas $\frac{2}{100}$ de milligramme pour l'acide nitrique à retrancher, et comme on prépare à la fois une assez forte quantité des deux réactifs, sa valeur est fixée pour un très grand nombre de dosages.

L'expérience que je vais rapporter montre l'influence que le bioxyde de manganèse, ou plutôt l'oxygène qui s'en dégage par l'action de l'acide sulfurique, a sur la

précision du dosage de l'acide nitrique dans l'eau de pluie.

I. 3^{cc} d'eau concentrée par l'évaporation ont été mis dans une petite cornue avec quelques gouttes d'acide sulfurique pur. On a distillé, lavé deux fois par distillation, et dans le liquide passé dans le tube récipient on a dosé l'acide nitrique par l'indigo.

13^{div}, 5 de teinture étaient détruites par 0^{mgr}, 2 de nitrate de potasse.

Avant la réaction on lisait sur la burette	17,7	div de teinture.
Après la réaction.	<u>21,0</u>	(¹)
Teinture amenée au vert-chrome ..	3,3	
Correction pour la teinte..	<u>0,3</u>	
Teinture décolorée....	3,0	

13^{div}, 5 : 0^{mgr}, 2 :: 3 : $x = 0^{\text{mgr}}, 044$ de nitrate de potasse dans les 3^{cc} d'eau de pluie concentrée.

II. 3^{cc} de la même eau de pluie concentrée ont été introduits dans une petite cornue bouchant à l'émeri, dans laquelle on avait mis 1^{gr} de peroxyde de manganèse. On a rempli la moitié de la capacité de la panse de la cornue avec des fragments de verre (²). On a placé comme récipient un tube à essai, entouré d'un papier mouillé, puis l'on a fait tomber 1^{cc} d'acide sulfurique sur le manganèse, et tout aussitôt, tandis que l'acide coulait sur les fragments de verre, on a bouché la cornue. La distillation a été conduite comme si l'on eût opéré avec le bichromate, en appliquant la chaleur au pourtour du fond

(¹) La graduation de la burette de Gay-Lussac commence par la partie supérieure.

(²) Ces fragments de verre sont d'abord lavés à l'eau distillée, puis séchés en les chauffant dans un test, à une température voisine du rouge sombre.

de la cornue, pour prévenir les soubresauts, et on l'a interrompue aussitôt après l'apparition des vapeurs d'acide sulfurique (*fig* 8). L'appareil étant suffisamment refroidi, on a versé sur le mélange 2^{cc} d'eau distillée, et l'on a chauffé de nouveau jusqu'à l'apparition des vapeurs sulfuriques. On a fait un second lavage par distillation en introduisant encore 2^{cc} d'eau distillée.

Le liquide distillé a été concentré dans le tube même où il avait été reçu, et c'est dans ce tube que l'on a dosé par l'indigo.

13^{div},5 de teinture étaient détruites par 0^{mgr},2 de nitrate de potasse.

	div
Avant la réaction, on lisait sur la burette...	7,0
Après la réaction	<u>17,7</u>
Teinture amenée au vert-chrome	10,7
Correction pour la teinte vert-chrome ...	<u>0,3</u>
Teinture détruite.	10,4

$$13^{\text{div}},5 : 0,2 :: 10,4 : x = 0,154 \text{ mgr de nitrate de potasse.}$$

Correction, résultant d'une
expérience à blanc, pour
l'acide nitrique contenu
dans le manganèse et l'a-
cide sulfurique employés 0,029

0,125 nitrate de potasse,

représentant l'acide nitrique contenu dans les 3^{cc} d'eau de pluie concentrée.

On voit que par le concours du manganèse on a obtenu trois fois plus d'acide nitrique que dans la même eau traitée directement.

Influence des matières organiques sur le dosage de l'acide nitrique, par le procédé dans lequel le bioxyde de manganèse est substitué au bichromate de potasse.

— On a vu que dans le dosage par le bichromate on

retrouvait dans le produit de la distillation la totalité de l'acide du nitrate que l'on avait mêlé à 10 fois, à 50 fois et même à 100 fois son poids de sucre ou de glucose, tant avait été énergique l'action de l'oxygène naissant sur les éléments combustibles du mélange. Il restait à rechercher si l'on obtiendrait le même résultat en substituant le manganèse au bichromate.

I. On a introduit dans la cornue :

	gr
Manganèse.. . . .	1,000
Nitrate de potasse	0,001 dissous dans 1 ^{cc} d'eau.
Sucre.. . . .	0,010
Acide sulfurique...	1 ^{cc} étendu de 1 ^{cc} d'eau.

Après le lavage par distillation, le liquide a été concentré à l'acide nitrique dosé dans le tube-récipient.

15^{div},2 de la teinture employée étaient détruites par 1^{mgr} de nitrate.

Le manganèse et l'acide sulfurique fournissaient une quantité d'acide nitrique équivalente à 0^{mgr},03 de nitrate de potasse.

	div
Avant le dosage, dans la burette, teinture...	43,3
Après.. . . .	<u>57,5</u>
Différence.. . . .	14,2
Correction pour la teinte vert-chrome.. . .	<u>0,3</u>
Teinture détruite.. . . .	13,9

	mgr
15 ^{div} ,2 : 1 ^{mgr} :: 13,9 : x =	0,92 de nitrate.
Correction pour les réactifs	<u>0,03</u>
Nitrate trouvé.	0,89
Nitrate ajouté.. . . .	<u>1,00</u>
Nitrate perdu	0,11

Dans plusieurs expériences faites sur les mêmes quantités de matières, dans les mêmes conditions, c'est-à-dire

dans un mélange de sucre, de glucose et de nitrate, où ce dernier entrait pour $\frac{1}{10}$, la perte en nitrate a été généralement de $0^{\text{mgr}}, 12$.

Il est probable qu'une partie de l'acide nitrique est détruite en brûlant une partie des éléments du sucre, avant que l'oxygène se dégage du peroxyde.

L'acide acétique engagé dans l'acétate de plomb ne se comporte pas comme les matières sucrées vis-à-vis des nitrates.

On a distillé :

Manganèse ...	...	1 ^{gr} .
Nitrate de potasse.		$0^{\text{mgr}}, 2$ dissous dans 2 ^{cc} d'eau.
Sous-acétate de plomb.		$0^{\text{gr}}, 2$ dissous dans 1 ^{cc} d'eau.
Acide sulfurique	....	1 ^{cc} .

On a lavé deux fois par distillation, avec 4^{cc} d'eau.

On a trouvé, en dosant par la teinture d'indigo, le liquide distillé,

L'acide nitrique répondant à	0,18	de nitrate de potasse.
On avait ajouté, nitrate..	<u>0,20</u>	
Différence ..	..	0,02

Lorsque le mélange de sucre et de nitrate est fait à parties égales, la perte en acide nitrique est beaucoup moins forte; elle est à peine sensible quand le nitrate domine. Aussi le procédé par le manganèse est-il très convenable pour doser l'acide nitrique dans les eaux météoriques, dans les eaux de drainage, dans l'eau des fleuves, parce que dans ces eaux il n'y a, relativement aux nitrates, que très peu de matières combustibles. Il est de fait que si, après avoir dosé l'acide nitrique dans de l'eau de pluie, de l'eau de source ou de rivière, on met à la même eau 1^{mgr} à 2^{mgr} d'acide nitrique, on retrouve ce qu'on a mis en sus de ce que l'on avait trouvé d'abord.

Les matières azotées n'apportent pas, dans le dosage de

l'acide nitrique par le manganèse, les mêmes perturbations qu'y apportent certainement les matières analogues au sucre ou au glucose; leur azote ne semble pas non plus s'acidifier en partie, comme cela arrive avec le bichromate de potasse.

Ainsi, un corps très azoté, la gélatine, ne donne pas sensiblement d'acide nitrique quand on la traite par l'oxyde de manganèse et l'acide sulfurique.

Dans une cornue où il y avait 1^{gr} de manganèse, on a mis 0^{gr},2 de gélatine dissoute dans 4^{cc} d'eau;

1^{cc} d'acide sulfurique.

Dans le liquide distillé, on a dosé par l'indigo 0^{gr},000063 d'acide nitrique, et encore ces $\frac{6}{100}$ de milligramme devaient-ils provenir des nitrates contenus dans la gélatine, puisque, d'après le dosage qu'on en avait fait, ils y entraînent pour $\frac{4}{100}$ de milligramme dans les 0^{gr},2 de la matière soumise au traitement.

Dans une autre expérience où 0^{gr},01 de gélatine dissous dans 3^{cc} d'eau fut distillé avec 1^{gr} de manganèse et 1^{cc} d'acide sulfurique, le liquide distillé détruisit 14^{div},2 d'une teinture d'indigo, dont 13^{div},4 étaient décolorées par 0^{mgr},1 de nitrate de potasse. L'acide nitrique dosé dans cette circonstance représentait à très peu près $\frac{1}{100}$ de milligramme de nitrate de potasse.

L'azote de l'ammoniaque ne paraît pas s'oxyder plus que celui de la gélatine sous l'influence du peroxyde de manganèse. On a mis dans une cornue :

2^{mgr} d'ammoniaque contenus dans 3^{cc} d'eau;

1^{gr} de manganèse;

1^{cc} d'acide sulfurique.

Le liquide distillé, essayé par la teinture d'indigo, tenait $\frac{1}{100}$ de milligramme d'acide nitrique, quantité qui est sur la limite des erreurs du procédé.

Admettant qu'une quantité très faible de nitrate, étant

en présence d'un sel ammoniacal, pourrait être détruite comme il arrive dans la purification de l'acide sulfurique, on fait une expérience consistant à distiller :

Manganèse..	...	1 ^{gr}
Nitrate de potasse		0 ^{mgr} ,2
Ammoniaque..	..	0 ^{mgr} ,1 dissous dans 1 ^{cc} d'eau.
Acide sulfurique	..	1 ^{cc}

Dans le liquide distillé, essayé par la teinture d'indigo, on a retrouvé l'acide nitrique équivalent à 0^{mgr},21, précisément ce qu'on avait mis.

0^{gr},02 d'asparagine, traités par le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique, n'ont pas donné d'acide nitrique, et cela était facile à prévoir, puisque, par l'action de l'acide sulfurique, un amide de cette nature produit un sel ammoniacal dont l'azote n'est pas oxydé dans cette circonstance.

Élimination du chlore des dissolutions dans lesquelles on doit doser l'acide nitrique. — En cherchant à doser l'acide nitrique dans une grande quantité d'eau de pluie que l'on avait réduite à un très petit volume, le liquide distillé que l'on obtint, en traitant l'eau concentrée par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique, contenait une proportion de chlore qui empêcha d'employer la teinture d'indigo. Le chlore provenait évidemment des chlorures alcalins dont les eaux météoriques ne sont jamais exemptes, alors même qu'elles sont recueillies loin de la mer. Cet incident dut fixer mon attention, puisque la présence du chlore rendait impossible le dosage de l'acide nitrique par l'indigo. Il y a plus : une dissolution dans laquelle des chlorures seraient mêlés à des nitrates, et que l'on traiterait par le manganèse, par le bichromate et l'acide sulfurique, donnerait naissance à du chlore. C'est ce qui arriverait infailliblement, si l'on appliquait à l'eau de l'Océan

l'un des deux procédés que j'ai décrits. Quand une dissolution contient des chlorures, comme l'eau de mer, il est indispensable d'en séparer le chlore en le fixant dans un chlorure insoluble; on y parvient à l'aide du sulfate ou de l'acétate d'argent, et même de l'acétate de plomb, car le chlorure de ce dernier métal est si peu soluble, le chlore qu'il produit est en si faible quantité, que, comme on le verra bientôt, il est aisé de s'en débarrasser. C'est par le dernier moyen que je suis parvenu à doser, par l'indigo, de fort petites quantités d'acide nitrique dans de l'eau de mer prise à Dieppe.

Quand les dissolutions sur lesquelles on opère ne tiennent que fort peu de chlorures, comme c'est le cas pour les eaux pluviales, pour beaucoup d'eaux de rivières et de sources, pour l'eau avec laquelle on a lessivé de la terre arable, il n'est pas nécessaire de faire subir un traitement préalable, consistant en une addition d'un sel soluble de plomb ou d'argent, traitement qui implique des filtrations, des lavages, etc. Le produit de la distillation dans lequel on dosera l'acide nitrique, tiendra, il est vrai, du chlore, mais il suffira d'y verser quelques gouttes d'une solution d'ammoniaque pour le faire disparaître instantanément, et il n'y aura plus qu'à faire bouillir dans le tube même pour expulser l'ammoniaque en excès.

De l'eau dans laquelle on mit quelques gouttes d'une dissolution de chlore, a décoloré rapidement la teinture d'indigo. En ajoutant à la même eau chlorée un peu d'ammoniaque dissoute, agitant et faisant bouillir pour expulser l'excès d'ammoniaque, on n'a pu, avec cette eau, décolorer une demi-division de teinture d'indigo qui aurait été détruite par 0^{mg}r, 002 d'acide nitrique (1). L'effet de l'ammoniaque est instantané.

(1) L'ammoniaque, considérée comme pure dans les laboratoires, renferme quelquefois de l'acide nitrique; l'ammoniaque du commerce en

Tout liquide distillé, dans lequel on doit faire réagir la teinture d'indigo, doit toujours recevoir préalablement quelques gouttes d'ammoniaque pure; on fait bouillir dans le tube récipient pour chasser l'ammoniaque en même temps que l'on concentre; en saturant l'acide nitrique, on ne risque pas d'éprouver une perte pendant la concentration : aussi il est prudent d'en ajouter au liquide distillé, alors même qu'il n'a pas l'odeur de chlore.

Lorsque, dans l'eau à examiner, il y a une forte proportion de chlorure, comme dans l'eau de la mer, dans des eaux minérales, il convient, comme je l'ai dit, d'éliminer le chlore avant de procéder à la recherche ou au dosage de l'acide nitrique; l'acétate d'argent, l'acétate de plomb, neutre ou basique, conviennent pour effectuer cette élimination. L'acétate d'argent est si peu soluble, qu'il doit être ajouté en poudre à l'eau de laquelle on veut enlever le chlore, et il est bon d'aider la double décomposition en chauffant légèrement.

Il est avantageux, on le conçoit, d'employer un agent à peu près insoluble, parce que le volume du liquide où a lieu la réaction ne change pas sensiblement. Une fois le chlorure d'argent déposé, et après s'être assuré qu'il n'y a plus de chlorure soluble, on prend, par décantation, un volume déterminé du liquide, on évapore, et une fraction du liquide concentré est introduite dans le petit appareil, soit avec du bichromate de potasse, soit avec du bioxyde de manganèse; dans les deux cas, l'acide sulfurique intervient pour produire l'oxygène naissant. Le liquide distillé est exempt de chlore, ce qui ne dispense pas de le saturer

contient toujours, et souvent en forte proportion. Pour s'en procurer exempt de nitrates, il faut en préparer en traitant l'ammoniaque par de l'hydrate de chaux, dans un ballon dont la capacité est trois à quatre fois aussi grande que le volume du liquide sur lequel on opère. Le gaz ammoniacal qui se dégage lorsqu'on vient à chauffer le ballon, est conduit par un tube dans de l'eau distillée.

par l'ammoniaque avant de le concentrer dans le tube-récipient, où l'on fait ensuite réagir l'acide ehlorhydrique et la teinture d'indigo pour doser l'acide nitrique.

L'acétate de plomb sépare, comme l'acétate d'argent, le chlore formant des ehlores alcalins, le sel de plomb peut être employé dissous, et en mesurant le volume de la dissolution ajoutée peu à peu, de manière à n'en mettre qu'un léger excès. On sait quel est le volume de cette eau après la précipitation du chlore, notion indispensable, puisque l'on doit en prendre seulement une partie pour le dosage que l'on a en vue. Le chlorure de plomb précipité n'est pas absolument insoluble eomme le ehlorure d'argent; l'eau que l'on décante en contiendrait, si elle était pure, $\frac{1}{135}$ de son poids; ee ehlorure, lorsque l'on arrive au traitement de l'eau concentrée par l'acide sulfurique et un oxydant, le bichromate ou le bioxyde de manganèse, donne lieu à du ehlore, en faible quantité, il est vrai, vu le peu de solubilité du chlorure de plomb. Ce chlore est d'ailleurs annulé dans ses effets sur l'indigo par l'ammoniaque versée dans le liquide distillé tenant l'acide nitrique.

Influence des précipités formés dans les liquides, sur le dosage de l'acide nitrique. — On sait que lorsqu'on précipite l'acide sulfurique d'un sulfate alcalin par le nitrate de baryte, le sulfate de baryte formé entraîne et retient du nitrate. En précipitant par le sous-acétate de plomb une eau dans laquelle on aurait eu à doser l'acide nitrique, il pouvait arriver que le ehlorure de plomb entraînat et retint aussi des nitrates. D'ailleurs, si cette eau renfermait, outre des ehlores, des sulfates ou des carbonates alealins, il y avait à craindre que le sulfate, le carbonate de plomb n'entraînassent aussi des nitrates. J'étais d'autant plus fondé à soupçonner l'influence fâcheuse des précipités abondants dans le dosage de

l'acide nitrique qu'elle s'était révélée de la manière la plus évidente dans des recherches que M. Barral exécutait dans mon laboratoire sur l'eau de la vallée du Nil. Cette eau, très limpide, précipitait abondamment par le sous-acétate de plomb; le précipité était surtout formé de carbonate.

Dans l'eau préalablement traitée par le sous-acétate de plomb, on avait trouvé par litre :

	mgr
I. Acide nitrique.	0,43
II. —	0,43

Dans la même eau, que l'on n'avait pas traitée par le sous-acétate, on eut par litre :

	mgr
I. Acide nitrique.	2,78
II. —	2,72
III. —	2,34

Le précipité, extrêmement abondant, consistant principalement en carbonate de plomb, avait donc entraîné près des $\frac{2}{3}$ de l'acide nitrique.

Les essais suivants montreront quelle est l'influence des précipités formés par des sels insolubles dans un liquide tenant de minimes proportions de nitrate de potasse.

I. On a incorporé à 200^{cc} d'eau distillée 0^{gr}, 1 de nitrate de potasse.

2^{cc} de la dissolution, dans lesquels il entrait 1^{mgr} de nitrate, ont décoloré 15^{div}, 5 de teinture d'indigo.

II. Dans 194^{cc} d'eau, on a dissous :

gr
0,1 de nitrate de potasse.
1,0 de bichromate de potasse.

On a ajouté 6^{cc} d'une solution de sous-acétate de plomb (1).

2^{cc} du liquide filtré, devant contenir à peu près 1^{mgr} de nitrate, ont décoloré 16^{div}, 1 de teinture d'indigo.

Le sous-chromate de plomb précipité n'avait donc pas entraîné de nitrate.

III. Dans 195^{cc}, 5 d'eau, dissous :

gr
0,1 de nitrate de potasse,
1,0 de chromate de potasse.

Ajouté 5^{cc}, 5 de la solution de sous-acétate de plomb.

2^{cc} du liquide filtré, devant contenir à peu près 1^{mgr} de nitrate, ont décoloré 15^{div}, 2 de la teinture d'indigo.

Le chromate de plomb précipité n'avait pas entraîné de nitrate.

IV Dans 190^{cc} d'eau, dissous :

gr
0,1 de nitrate de potasse,
1,0 de chlorure de sodium.

Ajouté 10^{cc} de solution de sous-acétate de plomb.

2^{cc} du liquide filtré, devant contenir environ 1^{mgr} de nitrate de potasse, ont décoloré 15^{div}, 1 de la teinture d'indigo.

Le chlorure de plomb précipité n'avait pas entraîné de nitrate.

V Dans 195^{cc} d'eau, dissous :

gr
0,1 de nitrate de potasse,
1,0 de sulfate de potasse.

Ajouté 10^{cc} de solution de sous-acétate de plomb.

(1) La dissolution de sous-acétate contenait, par centimètre cube, 0^{gr},491 d'oxyde de plomb.

2^{cc} du liquide filtré, devant contenir à très peu près 0^{mgr},98 de nitrate, ont décoloré 14^{div},8 de teinture d'indigo, représentant 0^{mgr},96 de nitrate.

Le sulfate de plomb précipité n'avait pas entraîné de nitrate.

VI. Dans 190^{cc} d'eau, dissous :

gr
0,1 de nitrate de potasse,
0,5 de bichromate de potasse,
0,5 d'acide sulfurique monohydraté.

Ajouté 10^{cc} de solution de sous-acétate de plomb.

2^{cc} du liquide filtré, devant contenir environ 1^{mgr} le nitrate de potasse, ont décoloré 15^{div},2 de la teinture l'indigo.

Le mélange de sulfate et de chromate de plomb précipité n'avait pas entraîné de nitrate.

VII. Dans 195^{cc} d'eau, dissous :

gr
0,1 de nitrate de potasse,
1,136 d'acide tartrique.

Ajouté 7^{cc} de solution de sous-acétate de plomb.

2^{cc} du liquide filtré, devant contenir à très peu près 1^{mgr} de nitrate, ont décoloré 16^{div},2 de teinture d'indigo.

Le tartrate de plomb précipité n'avait pas entraîné de nitrate.

VIII. Dans 190^{cc} d'eau, dissous :

gr
0,1 de nitrate de potasse,
1,0 de carbonate de soude cristallisé.

Ajouté 10^{cc} de solution de sous-acétate de plomb.

2^{cc} du liquide filtré ont décoloré 11^{div},2 de teinture l'indigo, représentant :

gr
0,07225 de nitrate dans les 200^{cc} de liquide,
0,10000 nitrate contenu.

0,02775 nitrate entraîné par le carbonate de plomb (1).

IX. Dans 190^{cc} d'eau, dissous :

gr
0,1 de nitrate de potasse,
1,0 de carbonate de soude cristallisé.

Ajouté 10^{cc} de solution de sous-acétate de plomb.
2^{cc} du liquide filtré ont décoloré 11^{div},5 de teinture
d'indigo, représentant :

gr
0,0742 de nitrate dans les 200^{cc} de liquide,
0,1000 nitrate ajouté.

0,0258 nitrate entraîné par le carbonate de plomb.

X. Dans 190^{cc} d'eau, dissous :

gr
0,03 de nitrate de potasse,
1,00 de carbonate de soude cristallisé.

Ajouté 10^{cc} de solution de sous-acétate de plomb.
6^{cc} du liquide filtré ont décoloré 5^{div},9 de teinture
d'indigo, représentant :

gr
0,01269 de nitrate dans les 200^{cc} de liquide,
0,03000 nitrate ajouté.

0,01731 nitrate entraîné par le carbonate de plomb.

XI. Dans 195^{cc} d'eau saturée de carbonate de chaux
dissous à la faveur du gaz acide carbonique, dissous :

08^r,1 de nitrate de potasse.

(1) Le nitrate entraîné était vraisemblablement du nitrate de plomb,
de sorte que la différence est ce nitrate exprimé en nitrate de potasse.

Ajouté 7^{cc} de solution de sous-acétate de plomb.

2^{cc} du liquide filtré ont décoloré 13^{div},5 de teinture d'indigo, représentant, dans 200 de liquide :

gr	
0,087	de nitrate,
0,100	nitrate ajouté.
0,013	nitrate entraîné par le carbonate de plomb et le carbonate de chaux.

On voit que, des sels de plomb insolubles formés au sein d'un liquide tenant un nitrate alcalin, le carbonate a été le seul qui ait entraîné de l'acide nitrique; le chromate, le sulfate, le tartrate, le chlorure, en se précipitant, n'ont pas sensiblement diminué la proportion du nitrate contenu dans la dissolution. Il en résulte que lorsqu'on ajoute du sous-acétate de plomb à une eau dans laquelle on doit doser un nitrate, afin d'en éliminer le chlore ou la matière organique, il convient de détruire d'abord les carbonates qu'elle pourrait renfermer, en faisant réagir l'acide acétique, si les carbonates sont alcalins; en la faisant bouillir, si elle contient du carbonate de chaux dissous par du gaz acide carbonique, comme cela avait lieu pour l'eau de la vallée du Nil.

Dosage de l'acide nitrique dans les eaux météoriques. — Pour recueillir les eaux météoriques, j'ai fait usage d'un récipient circulaire en fer-blanc d'une surface de 1^{mq} (1), et percé au centre d'un trou terminé par une douille que l'on introduit dans le goulot d'un flacon

(1) Dans mes expériences sur la détermination de l'ammoniaque des eaux météoriques, je recevais la pluie sur une toile présentant une surface horizontale de 4^{mq}. Mais comme la toile, après son exposition à l'air, donne de nombreux filaments de cellulose qui étaient un inconvénient pour le dosage de l'acide nitrique, j'ai remplacé cette toile par un récipient métallique.

gradué. Ce récipient, solidement établi sur trois pieds, est un entonnoir très évasé, dont le bord relevé n'a pas plus de 2^{cm} en saillie (*Pl. III, fig. 10*).

Lorsque la surface du récipient est *mouillée*, une chute de pluie de 1^{mm} d'épaisseur porte dans le flacon 1 million de millimètres cubes, ou 1^{lit} d'eau; de sorte qu'en recevant seulement dans le flacon $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ de litre d'eau, il devient possible, grâce à l'extrême sensibilité de la teinture d'indigo, de doser l'acide nitrique dans une pluie, même peu abondante, pendant ses diverses phases, depuis le commencement jusqu'à la fin.

Les vases pour recevoir la pluie sont en verre. Une ligne tracée sur le col avec un diamant est l'indice d'une capacité préalablement déterminée. Lorsque le récepteur est établi, il faut l'entretenir dans un état constant de propreté. Si l'on prévoit la pluie, on le frotte avec du papier à filtrer, afin d'enlever la poussière adhérente, qui n'est jamais exempt de nitrates.

Pour empêcher les oiseaux de salir le pluviomètre, il est bon d'attacher à des baleines fixées aux extrémités des supports des petits miroirs mobiles, *m, m, m*, représentés dans la *fig. 10*.

L'eau dans laquelle on doit doser l'acide nitrique est mise à évaporer dans une capsule en porcelaine, dont le fond plat a un diamètre un peu plus grand que celui de l'intérieur du fourneau sur lequel elle est placée (*fig 11*).

Par cette disposition, le fond de la capsule est toujours recouvert de liquide, même quand l'évaporation est poussée très loin, ce qui n'arriverait pas si la capsule était concave; l'on aurait alors à craindre que par l'action directe de la chaleur du foyer sur la matière sèche, il n'y ait des nitrates détruits.

Lorsque l'eau est dans la capsule, on ajoute quelques gouttes d'une solution de carbonate de potasse, exempte

de nitrate (¹); si c'est 1^{lit} d'eau pluviale, $\frac{1}{5}$ de centimètre cube d'une solution contenant 1^{egr} de carbonate suffit pour assurer la transformation du nitrate d'ammoniaque en nitrate de potasse. L'évaporation doit avoir lieu sans ébullition, et l'on cesse d'évaporer quand il n'y a plus que quelques centimètres cubes de liquide.

La capsule étant refroidie, on la pèse avec le résidu de l'évaporation, et connaissant son poids net, on a celui du liquide concentré. Comme il ne serait pas possible d'enlever la totalité de ce liquide, parce qu'il en resterait nécessairement une partie adhérente à la porcelaine, on en prend seulement une partie pour doser l'acide nitrique. Pour éviter une pesée, on l'enlève avec un tube effilé, gradué en vingtièmes de centimètre cube, admettant, ce qui ne saurait être loin de la vérité, que le centimètre cube de l'eau concentrée pèse 1^{gr}

Voici le détail d'un dosage :

Pluie tombée à Paris du 31 janvier au 20 février 1858 :
2^{lit} mis à évaporer après y avoir introduit $\frac{2}{5}$ de centimètre cube de la dissolution de potasse.

	gr
Poids de la capsule . . .	262,9
Avec eau concentrée . . .	<u>279,2</u>
Eau concentrée . . .	16,3

L'eau concentrée est colorée en jaune assez foncé.

2^{cc} distillés avec acide sulfurique, 1^{cc}

Bioxyde de manganèse, 1^{gr}; lavé deux fois par distillation, en ajoutant chaque fois 1^{cc} d'eau distillée.

14^{div}, 2 de la teinture d'indigo étaient détruites par

(¹) Ce carbonate est préparé en brûlant du tartrate acide de potasse. Son utilité consiste en ce que le nitrate d'ammoniaque paraissant, d'après quelques essais, être décomposé en partie pendant une longue ébullition dans l'eau, il est préférable de le changer en nitrate de potasse.

0^{mgr}, 2 de nitrate de potasse, contenant acide nitrique,
0^{mgr}, 107.

	div
Avant on lisait sur la burette de teinture. ...	2,5
Après.....	<u>28,0</u>
Différence...	25,3
Correction pour la teinte verte..	<u>0,5</u>
Teinture décolorée.....	25,0

$$\frac{25^{\text{div}} \times 0^{\text{mgr}}, 107}{14,2} = \text{ac. nitrique } 0^{\text{mgr}}, 19 \text{ dans } 2^{\text{cc}} \text{ d'eau concentrée.}$$

Dans 16^{cc}, 3 d'eau concentrée, représentant 2^{lit} d'eau de pluie, acide nitrique, 1^{mgr}, 55.

Dosage de l'acide nitrique dans l'eau de la Marne, prise à Charenton, le 14 décembre 1857. — Evaporé 396^{cc} d'eau.

	gr
Poids de la capsule ...	420,8
Avec l'eau concentrée..	<u>428,2</u>
Eau concentrée. ...	7,4

L'eau concentrée a une teinte jaune.

Distillé :

Eau concentrée....	3 ^{cc} .
Bioxyde de manganèse. ...	1 ^{gr} .
Acide sulfurique...	1 ^{cc} .

Lavé deux fois par distillation, en ajoutant chaque fois 2^{cc} d'eau distillée dans la cornue.

Avant la concentration dans le tube récipient on sursature le liquide distillé avec quelques gouttes d'ammoniaque pour détruire le chlore; on fait bouillir.

15^{div}, 2 de la teinture d'indigo étaient détruites par 1^{mgr} de nitrate de potasse, contenant 0^{mgr}, 534 d'acide nitrique.

	div
Avant, on lisait sur la burette de teinture.	4,5
Après.. .. .	30,0
Différence.. .. .	25,5
Correction pour la teinte verte	3
Teinture décolorée.....	25,2

$$\frac{25^{\text{div}},2 \times 0^{\text{mgr}},534}{15,2} = 0^{\text{mgr}},8853 \text{ ac. nitrique dans } 3^{\text{cc}} \text{ d'eau conc.}$$

Dans les 7^{cc},4 d'eau concentrée, provenant de 396^{cc} d'eau de la Marne, acide nitrique, 2^{mgr},18.

Dans 1^{lit} d'eau, 5^{mgr},51.

Recherche et dosage approximatif dans l'eau d'un puits de la rue Saint-Landry, à Paris. — Dans les eaux où il y a plusieurs millièmes de nitrates, comme cela arrive souvent dans l'eau des puits placés près des habitations, le procédé par l'indigo permet de les découvrir et même de les doser, en agissant seulement sur 1^{cc} de liquide.

15^{div},3 de la teinture étaient décolorées par 1^{mgr} de nitrate de potasse, contenant 0^{mgr},534 d'acide nitrique.

1^{cc} d'eau d'un puits de la rue Saint-Landry située dans un des plus vieux quartiers de Paris, a été distillé avec 1^{gr} de manganèse et 1^{cc} d'acide sulfurique.

On a lavé deux fois par distillation; la liqueur distillée, avant d'être concentrée dans le tube récipient, a reçu quelques gouttes d'ammoniaque pour détruire le chlore.

	div
Avant, on lisait sur la burette.	1,0
Après	42,8
Différence.. .. .	41,8
Correction pour la teinte verte.....	0,3
Teinture décolorée.. .. .	41,5

$$\frac{41^{\text{div}},5 \times 0^{\text{mgr}},534}{15,2} = 1^{\text{mgr}},458 \text{ acide nitrique dans } 1^{\text{cc}} \text{ d'eau.}$$

Dans 1^{lit}, 1^{gr}, 458 d'acide = nitrate de potasse, 2^{gr}, 731

Dans 1^{mc} de l'eau de puits de la rue Saint-Landry, il y avait en nitrates l'équivalent de 2^{kg}, 731 de nitrate de potasse.

Je ne crois pas que dans la réaction on puisse se tromper, soit en plus, soit en moins d'une demi-division sur le volume de la teinture d'indigo employée; or une demi-division répond à 0^{mgr}, 0017 d'acide nitrique, l'erreur sur l'acide nitrique de 1^{lit} d'eau, quel qu'en soit le sens, ne pourrait dépasser 2^{mgr}. Par tout autre procédé, on n'obtiendrait pas un résultat plus satisfaisant. On opérerait sans doute sur une plus forte quantité d'eau, mais le réactif que l'on ferait agir n'aurait plus l'extrême sensibilité de la teinture d'indigo.

Dosage de l'acide nitrique dans une terre végétale.

— 20^{gr} de terre desséchée au bain-marie ont été mis en digestion dans un flacon avec 20^{cc} d'eau; on a agité le mélange, et, une heure après, on a jeté sur un filtre. Le liquide filtré n'était pas sensiblement coloré, on l'a mis en réserve. 12^{cc} du liquide ont été concentrés dans la petite cornue tubulée où devait avoir lieu le traitement. Lorsque le liquide fut réduit à 3^{cc}, on laissa refroidir, puis on mit dans la cornue 1^{gr} de bioxyde de manganèse et 1^{cc} d'acide sulfurique. On distilla, on lava deux fois par distillation, puis, après avoir introduit un peu d'ammoniaque dans le produit acide de la distillation, on fit agir l'indigo.

21^{div}, 2 de la teinture étaient détruites par 0^{mgr}, 534 d'acide nitrique.

Il y eut de décoloré 40^{div}, 4 de teinture, toutes corrections faites.

$$\frac{40^{\text{div}}, 4 \times 0^{\text{mgr}}, 534}{21, 2} = 1^{\text{mgr}}, 018 \text{ ac. nitrique dans } 12^{\text{cc}} \text{ de solution.}$$

Dans 20^{cc} de solution, contenant les nitrates de 20^{gr} de

terre, acide nitrique, $1^{\text{mgr}}, 70$, soit pour 1^{kg} de terre sèche, $0^{\text{gr}}, 085 =$ nitrate de potasse, $0^{\text{gr}}, 159$.

J'ai pris ce dosage au hasard; généralement on opère sur 500^{gr} ou 1^{kg} de terre sèche que l'on met dans un flacon avec un poids d'eau égal au sien. On prend ensuite un volume de 10^{cc} à 12^{cc} que l'on concentre dans la cornue; mais lorsque la terre est bien homogène, qu'elle a été séparée des débris végétaux et des pierres, il n'est pas nécessaire d'agir sur d'aussi fortes quantités, puisqu'on ne peut, commodément du moins, concentrer plus de 10^{cm} à 12^{cm} de la solution dans la cornue où doit être faite la distillation avec le manganèse et l'acide sulfurique.

Comme l'on pouvait répondre d'une demi-division dans l'appréciation du volume de la teinture décolorée, on voit que dans le dosage opéré sur 12^{cc} de la solution, l'erreur ne devant pas dépasser $0^{\text{mgr}}, 012$ d'acide nitrique.

Le traitement par le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique est rarement indispensable pour doser les nitrates dans une terre arable, dans une marne, dans un guano terreux, en un mot dans des substances pauvres en matières organiques solubles. Voici, au reste, les règles qui doivent guider l'opérateur sur le choix des moyens.

Si une substance terreuse mise en digestion avec de l'eau, donne une solution incolore ou faiblement colorée après la concentration, l'acide nitrique doit être dosé directement par la teinture d'indigo. Si la solution aqueuse est colorée, il faut mettre la substance en digestion dans de l'alcool à 80° centésimaux pendant quelques heures, et si la solution alcoolique, après avoir été additionnée d'eau et concentrée, laisse un liquide peu ou pas coloré, le dosage de l'acide nitrique doit avoir lieu directement. En un mot, il ne faut recourir à l'intervention de

l'oxygène naissant que dans le cas où la solution aqueuse ou alcoolique donne après la concentration une liqueur sensiblement colorée, car alors il y a présence d'une matière ulmique capable de troubler la netteté de la réaction de l'indigo. Pour toute autre matière qu'une terre arable, une marne, l'absence d'une teinte dans la solution aqueuse ou dans la solution alcoolique ne suffirait plus pour conclure à l'absence d'une substance organique : ainsi un suc, un tissu végétal pourraient donner des solutions incolores dans lesquelles néanmoins il y aurait du sucre, du glucose qu'il faudrait brûler par l'action du bioxyde de manganèse, ou du bichromate de potasse avant de faire agir la teinture d'indigo pour doser l'acide nitrique ; mais dans le cas d'une matière terreuse donnant des solutions non colorées, le dosage direct de cet acide est tout aussi exact et beaucoup plus rapide. En voici la preuve.

Terre prise dans le jardin du Conservatoire. — L'échantillon de terre séchée à l'air était homogène, on en avait séparé les débris de plantes.

I. 10^{gr} ont été mis en digestion avec 20^{cc} d'eau ; une heure après on a jeté sur un filtre. 10^{cc} de la liqueur filtrée ont été concentrés dans une petite cornue, en laissant la tubulure ouverte pour favoriser l'évaporation. Le liquide, concentré de manière à occuper un volume de 3^{cc}, avait une teinte brune. On a introduit dans la cornue 1^{gr} de bioxyde de manganèse, 1^{cc} d'acide sulfurique, et l'on a distillé avec les précautions d'usage. Après deux lavages par distillation, on a dosé l'acide nitrique dans le liquide distillé, auquel on avait ajouté quelques gouttes d'ammoniaque avant d'en opérer la concentration dans le tube récipient.

18^{div},7 de teinture d'indigo étaient décolorées par 0^mgr,534 d'acide nitrique.

Teinture dans la burette, lu :	div	
Avant.	1,0	
Après.	14,5	
	<u>13,5</u>	
Différence...	13,5	
Correction pour la teinte	0,3	
Teinture décolorée	13,2	= Ae. nit. dans 10 ^{cc} de solution. 0 ^m gr,38
Dans 20 ^{cc} de solution, répondant à 10 ^{gr} de terre..	..	0 ^m gr,76
Dans 100 ^{gr} de terre, acide nitrique 0 ^{gr} ,0076.		

II. 10^{gr} de la même terre ont été mis en digestion dans 20^{cc} d'alcool; après avoir fortement agité le mélange dans le flacon et laissé digérer pendant quelques heures, on a jeté sur un filtre disposé sous une petite cloche, comme dans la *fig.* 9. On a mis 10^{cc} dans un tube d'essai avec 4^{cc} d'eau, et l'on a concentré jusqu'à réduction à un volume de 2^{cc} (1). Après l'expulsion de l'alcool, la liqueur avait une légère teinte ambrée; on a procédé au dosage direct de l'acide nitrique avec la teinture d'indigo dont 18^{div},7 étaient décolorées par 0^mgr,534 d'acide.

Teinture dans la burette, lu :	div	
Avant.	14,5	
Après.	28,5	
	<u>14,0</u>	
Différence.. ..	14,0	
Correction pour la teinte.. ..	0,4	
Teinture décolorée.	13,6	= Ae. nit. dans 10 ^{cc} de solution 0 ^m gr,388
Dans 20 ^{cc} de solution, répondant à 10 ^{gr} de terre. ...	0 ^m gr,776	
Dans 100 ^{gr} de terre, acide nitrique 0 ^{gr} ,0078.		

On voit que le résultat du dosage direct de l'acide nitrique ne diffère pas de celui auquel on est arrivé en faisant intervenir l'oxygène naissant.

(1) La concentration dans le tube a eu lieu en y mettant d'abord 5^{cc} de la solution et 2^{cc} d'eau; puis, après, 5^{cc} de solution alcoolique et 2^{cc} d'eau.

Dosage de l'acide nitrique dans les plantes. — Ce dosage n'est pas sans difficultés, à cause des matières organiques mêlées à de faibles proportions de nitrates. Je prendrai pour exemple la détermination de la quantité d'acide nitrique contenue dans des feuilles de tabac récoltées dans ma culture, le 10 septembre 1859. Le tabac, indépendamment des substances communes à tous les végétaux, renferme un alcali volatil, la nicotine, qu'il était prudent d'éliminer, circonstance qui a nécessairement compliqué l'opération.

Une grande feuille de tabac fut séchée à l'étuve, immédiatement après avoir été arrachée ; on l'a pulvérisée.

3^{gr} de la poudre ont été mis en digestion pendant quinze heures dans 60^{cc} d'alcool à 80° centésimaux. On a pesé le ballon, on a chauffé pendant un quart d'heure, et, après le refroidissement, on a ajouté de l'alcool, pour rétablir le poids initial du ballon, c'est-à-dire pour remplacer l'alcool vaporisé.

On a filtré sous une cloche (*fig. 9*).

On a pris 40^{cc} de la liqueur alcoolique, dans laquelle il ne devait pas y avoir d'albumine, mais qui tenait en dissolution des sels de nicotine et d'ammoniaque.

50^{cc} d'eau ont été ajoutés aux 40^{cc} de solution alcoolique ; on a fait bouillir pendant un quart d'heure pour expulser la plus grande partie de l'alcool. On a pesé 2^{gr} de chaux vive et, après les avoir éteints, on les a introduits dans la liqueur que l'on a fait bouillir pendant 2^h30^m, en remplaçant de temps à autre l'eau évaporée. Les alcalis étaient volatilisés, du moins on ne percevait plus l'odeur de nicotine. On a jeté sur un filtre pour séparer la chaux. Le liquide filtré, y compris l'eau de lavage, occupait un volume de 100^{cc} dans lequel devaient se trouver les deux tiers des nitrates que renfermaient les 3^{gr} de tabac.

2^{cc}, 5 de liquide ont été distillés avec 1^{gr} de bioxyde de

manganèse et 1^{cc} d'acide sulfurique monohydraté ; ensuite on a procédé aux lavages par distillation, à l'addition de quelques gouttes d'ammoniaque pour détruire les traces de chlore qui auraient pu se trouver dans la liqueur acide distillée.

17^{div},7 de la teinture d'indigo étaient décolorées par 0^{mgr},534 d'acide nitrique, l'acide de 1^{mgr} de nitrate de potasse.

Dans la burette on lisait : Avant...	div	23,0	
Après.....		<u>65,7</u>	
Différence .		42,7	
Correction pour la teinte vert-chrome ..		<u>0,3</u>	
Teinture décolorée.....		42,4	
Représentant acide nitrique ...			1 ^{mgr} ,28
Dans 100 ^{cc} de liquide, répondant à 40 ^{cc} de la solution		alcoolique	51 ^{mgr} ,16
Dans les 60 ^{cc} de solution alcoolique tenant les nitrates		de 3 ^{gr} de tabac	76 ^{mgr} ,74
1 ^{sr} de feuilles de tabac sec contenait acide nitrique...			25 ^{mgr} ,58
Soit pour 100, acide nitrique 2,56 équivalant à 4,79 de nitrate de potasse.			

En réalité on voit que, en agissant sur 2^{cc},5 de la dissolution aqueuse provenant de 40^{cc} de la solution alcoolique, on n'a opéré que sur 1^{cc} de cette dissolution, sur le $\frac{1}{60}$ des nitrates renfermés dans les 3^{gr} de tabac, l'erreur a donc été multipliée par 60. Mais comme cette erreur n'a pas dû dépasser $\frac{0,534}{35,4} = 0^{\text{mgr}},015$ d'acide nitrique, cet acide, dans les 3^{gr} de tabac, a été dosé à 1^{mgr} près.

Le dosage de l'acide nitrique dans les substances végétales est généralement plus simple. Dans le tabac, l'élimination de l'alcaloïde exige le traitement par la chaux que l'on peut supprimer sans inconvénient dans la plupart des cas, parce que la solution alcoolique ne contient plus

assez de matières azotées pour qu'on ait à craindre une production d'acide nitrique pendant la distillation avec le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique. Aussi pour doser les nitrates dans les tiges de maïs, dans des plants d'orties, il suffit, comme je m'en suis assuré, de traiter les matières desséchées par l'alcool à 80° centésimaux, de prendre, après la digestion, une partie de cet alcool, d'ajouter de l'eau et de concentrer dans la cornue où l'on doit opérer la distillation, avec le concours du bioxyde et de l'acide sulfurique, quand le volume du liquide concentré est réduit à 2^{ce} ou 3^{ce}.



RECHERCHES
SUR LA
QUANTITÉ D'ACIDE NITRIQUE

CONTENUE DANS

LA PLUIE, LE BROUILLARD ET LA ROSÉE.

Dans le courant de l'été et de l'automne, en 1856 et 1857, j'ai examiné l'eau de la pluie tombée au Liebfrauenberg, sur le versant d'une ramification des Vosges, dans une contrée très boisée. Le but de cet examen était de déterminer la quantité de nitrates que contiendraient les eaux météoriques recueillies loin des centres de populations, où diverses causes doivent introduire dans l'atmosphère, et par suite dans la pluie, des éléments particuliers.

Dans quatre-vingt-dix pluies reçues au Liebfrauenberg, j'ai pu constater la présence des nitrates. Ce résultat était une confirmation du fait capital découvert par MM. Barral et Bence Jones, que l'on ne rencontre pas l'acide nitrique seulement dans les pluies d'orage, mais encore dans les pluies recueillies à toutes les époques de l'année, et par conséquent dans des circonstances où l'électricité atmosphérique ne se manifeste pas par le bruit du tonnerre ou par la scintillation des éclairs.

J'ai appliqué au dosage des nitrates dans les eaux météoriques les procédés d'analyse décrits précédemment.

Pluie. — Au Liebfrauenberg, dans les mois de juillet, août, septembre, octobre et novembre, on a reçu 970^{lit},49 de pluie dans lesquels on a dosé 0^{mgr},17862 d'acide nitrique, soit 0^{mgr},184 par litre.

Les dix pluies les plus riches en acide sont tombées :

	Acide nitrique dans 1 litre. mgr
Le 16 juillet 1857, commencement d'une pluie ...	6,23
Le 9 octobre 1857.	5,48
Le 25 septembre 1857, petite pluie....	3,74
Le 14 août 1856, pendant la nuit, orage	3,43
Le 9 août 1856, commencement d'une pluie....	3,23
Le 5 août 1857, commencement d'une pluie. ...	2,09
Le 20 juillet 1856, commencement d'une pluie....	2,01
Le 8 septembre 1857, pluie la nuit..	2,00
Le 10 septembre 1857, orage, première pluie...	1,91
Le 9 août 1856, deuxième prise de la pluie	1,88

On n'a pas trouvé d'acide nitrique dans l'eau recueillie :

- Le 1^{er} septembre 1856, à la fin d'une pluie.
- Le 3 septembre 1856.
- Le 7 septembre 1856.
- Le 13 septembre 1856, à la fin d'une pluie d'orage.
- Le 21 septembre 1856.
- Le 23 septembre 1856, à la fin d'une pluie.
- Le 22 juillet 1857, à la fin d'une pluie.
- Le 10 août 1857.
- Le 15 août 1857, à la fin d'une pluie très abondante.
- Le 17 août 1857, à la fin d'une pluie d'orage.
- Les 19 et 20 août 1857.

Quatre ans auparavant, aux mêmes époques, j'avais trouvé dans 1758^{lit},25 d'eau météorique tombée dans la même localité, 1^{gr},03352 d'ammoniaque, environ 0^{mgr},6 par litre.

Ainsi, dans la pluie tombée au Liebfrauenberg, la proportion d'ammoniaque a été plus forte que celle de l'acide nitrique.

En présence de cet excès d'alcali volatil, il est à peu près certain que, dans les eaux météoriques, l'acide nitrique constitue du nitrate d'ammoniaque. De ce que l'on a vu des nitrates de chaux et de magnésic dans le résidu sec provenant de l'évaporation de ces eaux, il n'en faudrait pas conclure que ces sels s'y trouvaient en dissolution. On comprend, en effet, que les bases des carbonates terreux et alcalins, qui font nécessairement partie des poussières entraînées par la pluie, s'emparent de l'acide du nitrate d'ammoniaque, pendant la concentration du liquide. 1^{lit} de la pluie tombée au Liebfrauenberg aurait contenu, dans cette supposition, 0^{mgr}, 27 de nitrate d'ammoniaque ($\text{AzH}^3, \text{HO}, \text{AzO}^5$).

Neige. — Du 27 au 28 novembre 1857, il est tombé de la neige au Liebfrauenberg (1). Par la fusion on a eu 6^{lit}, 42 d'eau dans laquelle on a dosé 2^{mgr}, 73 d'acide nitrique : 0^{mgr}, 42 d'acide ou 0^{mgr}, 62 de nitrate d'ammoniaque par litre.

Généralement la neige renferme plus d'ammoniaque que la pluie; il semblerait aussi qu'elle contînt plus d'acide nitrique. C'est ce que l'observation du Liebfrauenberg, et six observations faites à Paris, tendraient à faire admettre :

Pluies recueillies à Paris.	Acide nitrique dans 1 ^{lit} d'eau. mgr
Le 19 décembre 1857.	1,00
Le 4 janvier 1858.	0,37
Le 10 janvier 1858	1,36
Le 13 janvier 1858.	1,10
Du 14 au 20 janvier 1858.	2,11
Du 20 au 25 janvier 1858.	1,00
Le 30 janvier 1858	0,44

(1) La surface de l'udomètre était de 1^m.

Pluies recueillies à Paris.	Acide nitrique dans 1 ^{lit} d'eau, mgr
Du 30 au 31 janvier 1858..	1,14
Du 31 janvier au 20 février.	0,76
Du 20 au 23 février...	0,44
Du 23 au 24 février...	0,68
Le 2 mars.	0,76
Pluie recueillie en avril.	2,00

Neige tombée à Paris.	Acide nitrique par litre d'eau de neige, mgr
Le 27 février 1858	4,00
Du 28 février au 1 ^{er} mars	1,55
Le 6 mars (le jour)...	2,56
Dans la nuit du 6 au 7 mars.	0,95
Le 9 mars.	0,32
Le 10 mars.....	0,58

Grêle. — Au Liebfrauenberg, le 5 août 1857, la température avait été excessive, l'atmosphère absolument calme. A 5^h du soir, au nord, le thermomètre indiquait 33°, quand le tonnerre commença à se faire entendre. Un vent des plus violents souffla du sud-ouest, en soulevant une poussière assez épaisse pour obscurcir l'air. La pluie tomba, seule d'abord, en très grosses gouttes, et bientôt après accompagnée de grêlons qui fondaient aussitôt qu'ils arrivaient dans le récipient de l'udomètre. Je recueillis 0^{lit},5 de la première pluie, puis ensuite 10^{lit},5 de pluie tombée avec la grêle; elle avait une température de 10°,5.

A 5^h20^m il avait cessé de pleuvoir; il restait 4^{lit},5 de la pluie dans l'udomètre; en vingt minutes, car l'averse ne dura pas davantage, il était tombé 15^{mm},25 d'eau.

L'acide a été dosé dans les trois fractions de la pluie reçue pendant l'orage.

EAU.	EAU en millimè- tres.	EAU mesurée dans l'udo- mètre.	ACIDE nitrique dans l'eau reçue.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.
	mm	lit	mgr	mgr
Première eau.....	0,50	0,50	1,043	2,09
Deuxième eau, mêlée de grêle.	10,25	10,25	2,542	0,25
Troisième eau, sans grêle.....	4,50	4,50	0,850	0,19
	15,25	15,25	4,435	0,29

La grêle fut beaucoup plus abondante dans la plaine qu'au Liebfrauenberg, placé sur la lisière de la forêt; elle causa de grands dégâts.

Le 2 septembre 1857, à 2^h30^m après midi, il y eut un orage très fort dans la vallée de la Saüer, à quelques centaines de mètres au-dessous de l'habitation. Le vent venait du sud-ouest. La foudre tomba sur un noyer. L'odeur d'ozone fut très sensible pendant l'orage, et le papier de Schönbein prit une teinte bleue. Il pleuvait considérablement dans la vallée, mais sur la montagne la pluie ne dura que quelques instants; on en mesura 0^{lit},75 (0^{mm},75). Cette eau, recueillie au milieu d'influences électriques aussi prononcées, ne contenait cependant que 0^{mgr},21 d'acide nitrique, 0^{mgr},3 par litre.

Pendant la nuit du 2 au 3 septembre, il tomba une pluie fine, dans laquelle on ne trouva que des traces d'acide nitrique, 0^{mgr},04 par litre.

Grêle tombée à Paris. — Le 30 avril 1858, il y eut à Paris un orage accompagné de pluie et de grêle. J'avais disposé l'udomètre de façon à ce que les grêlons restassent sur le récepteur. J'ai pu alors examiner séparément la pluie et l'eau provenant de la fusion de la grêle. J'ai cru

qu'il serait intéressant de déterminer les proportions d'ammoniaque et d'acide nitrique. Voici les résultats rapportés à 1^{lit} de liquide :

	Ammoniaque.	Acide nitrique.
	mgr	mgr
Dans la pluie.....	2,16	0,55
Dans l'eau provenant de la fusion des grêlons..	2,08	0,83

La proportion d'ammoniaque a été, à peu de chose près, la même dans les deux cas; mais il y a eu notablement plus d'acide nitrique dans la grêle que dans la pluie qui l'accompagnait. Dans 1^{lit} de la pluie, il y avait par conséquent 0^{mgr},81 de nitraté d'ammoniaque, et 1^{mgr},99 d'ammoniaque à l'état de carbonate. Dans 1^{lit} de la grêle fondue, il y avait 1^{mgr},23 de nitrate et 1^{mgr},82 d'ammoniaque unie à l'acide carbonique.

Brouillard. — Un des résultats les plus curieux des recherches que j'ai faites en 1853 sur les eaux météoriques, a été de constater, dans les brouillards, une proportion d'ammoniaque beaucoup plus forte que dans les pluies.

Dans l'eau de ces météores que j'avais recueillie en octobre et en novembre, j'ai trouvé, par litre, de 3^{mgr} à 9^{mgr} d'ammoniaque. Un brouillard qui s'étendit sur la partie de la vallée du Rhin comprise entre les montagnes de la forêt Noire et la chaîne des Vosges, du 14 au 16 novembre, météore aussi remarquable par son opacité, son odeur, que par sa persistance, en contiut, par litre, jusqu'à 50^{mgr}

Les observations de 1857, faites au Liebfrauenberg, indiqueraient plus d'acide nitrique dans les brouillards que dans la pluie.

Dates.	Acide nitrique dans 1 ^{lit} d'eau provenant du brouillard.
Octobre, le 25 au matin.. . . .	0,39
le 26 dans la nuit.	1,19
le 28, de 7 ^h à 10 ^h du soir ..	0,72
Novembre, le 18...	0,96
Décembre, le 25...	1,08
le 26...	1,83

Brouillards recueillis à Paris. — Le 23 janvier 1854, j'ai examiné un brouillard tellement épais, que, dans plusieurs quartiers, à 10^h du matin, on fut obligé d'éclairer les appartements. L'eau, limpide, d'une teinte légèrement jaune, était remarquable par la proportion d'alcali qu'elle renfermait. Dans 1^{lit} il y avait 138^{mgr} d'ammoniaque équivalant à 0^{gr},64 de bicarbonate, quantité trois fois aussi forte que celle que j'avais trouvée dans le brouillard observé dans la vallée du Rhin, du 14 au 16 novembre 1853. Je fis remarquer alors qu'une aussi notable quantité d'ammoniaque permettait d'expliquer comment, dans certaines circonstances, les brouillards ont une odeur assez pénétrante pour affecter péniblement les organes de la respiration.

J'ai saisi avec empressement l'occasion de doser l'acide nitrique dans un brouillard extrêmement dense qui enveloppa une partie de la capitale le 19 décembre 1857, entre 8^h et 10^h du soir. Telle était l'opacité de la vapeur vésiculaire, que sur le boulevard Beaumarchais il suffisait de se placer à une distance de vingt pas d'un bec de gaz pour ne plus en apercevoir la lumière. L'eau que je trouvai dans l'udomètre, établi sur une terrasse près la place Royale, avait une teinte ambrée, une odeur de suie. Quand on y versa une dissolution de potasse (1) avant de

(1) La potasse employée dans ces expériences ne renfermait pas la plus légère trace de nitrate. On l'avait préparée par l'incinération du tartrate acide de potasse purifié.

proceeder à l'évaporation, il y eut dégagement d'ammoniaque. Cette eau ramenait au bleu le papier de tournesol rougi par les acides.

Le dosage indiqua par litre d'eau 10^{mgr}, 11 d'acide nitrique, équivalant à 15^{mgr} de nitrate d'ammoniaque, AzH³, HO, AzO⁵.

Rosée. — La rosée est un phénomène considérable, non seulement par la quantité absolue qu'en reçoit un point du globe, mais encore par l'étendue des surfaces où elle se manifeste. C'est principalement dans les régions tropicales qu'elle exerce les effets les plus marqués et les plus favorables sur la végétation. Lorsque l'air, saturé de vapeur à la température de 30°, contient plus de 30^{gr} d'eau par mètre cube, elle se dépose abondamment pendant la nuit; elle ruisselle des feuilles, et le matin, dans les steppes du Méta et du Casanare, j'ai vu l'herbe aussi mouillée par la rosée qu'elle eût pu l'être par la pluie.

On constate le plus ou moins d'abondance de la rosée, mais on ne saurait la mesurer, parce qu'elle ne tombe pas comme la pluie. Son apparition dépend du pouvoir rayonnant du corps qu'elle mouille, car elle ne se dépose que sur les substances plus froides que l'air ambiant, et en quantité d'autant plus forte, que la différence de température est plus prononcée.

Quand Flaugergue observa que sur un plateau de fer-blanc peint à l'huile chaque rosée déposait, en moyenne, une couche d'eau de $\frac{5}{100}$ de millimètre d'épaisseur, il enregistrait un fait particulier à une surface de fer-blanc peint à l'huile, et il n'était pas permis le moins du monde d'en conclure que le gazon voisin recevait aussi une tranche de liquide de $\frac{5}{100}$ de millimètre. Les résultats eussent été tout autres, si, comme récipient, le savant météorologiste de Viviers eût fait usage de porcelaine, de verre, de terre vernissée, de toile cirée, par la raison que, chacune de ces

matières étant douée d'un pouvoir spécial pour émettre la chaleur, se serait refroidie à des degrés divers par la radiation nocturne, et eût condensé, dans son contact avec l'atmosphère, des quantités fort différentes de vapeur aqueuse.

L'udomètre n'indiquera donc jamais la rosée qui humectera une contrée, puisque, les conditions de température et d'hygrométrie étant les mêmes, la terre labourée, la jachère, les cultures, les forêts, les roches, le sable, en recevront néanmoins des quantités très variables. Il y a plus : les feuilles n'ont certainement pas dans toutes les plantes une égale faculté émissive ; la rapidité, l'intensité de leur refroidissement, le dépôt de rosée qui en est la conséquence, sont nécessairement liés à la distance où elles se trouvent du sol, à la couleur plus ou moins foncée, au poli ou à la rugosité de leur épiderme. J'ai remarqué plusieurs fois que de la rosée dégouttait des feuilles d'une plantation de betteraves, lorsque dans le champ contigu les fanes de la pomme de terre étaient à peine humides.

Tout en reconnaissant l'impossibilité de mesurer la rosée comme on mesure la pluie, j'ai cependant cherché à évaluer celle qui mouillait un herbage. La manière dont je m'y suis pris n'a assurément rien de scientifique : elle ne donne que des minima, parce qu'elle ne permet pas de tenir compte de l'eau absorbée par le sol.

Après une nuit sereine, lorsque l'atmosphère était restée calme, quand, en un mot, les circonstances avaient été favorables à la radiation nocturne, je me rendais dans les prairies des bords de la Saüer avant le lever du soleil. Là, avec une éponge, on essuyait l'herbe sur une surface de 4^m. L'eau était mise dans un flacon et pesée.

Voici les poids de la rosée obtenue par ce moyen depuis le 14 août jusqu'au 2 octobre de l'année 1857 :

		Rosée prise sur 4 ^m q.	Hauteur de la couche d'eau.
		gr	mm
Août	14	637	0,16
	18	710	0,18
	19	352	0,09
	22	495	0,12
	23	303	0,08
	26	242	0,06
	27	310	0,08
	28	140	0,04
	29	250	0,06
	Septembre . . .	2	402	0,10
7		1072	0,27
16		1080	0,27
17		712	0,18
20		355	0,09
23		1020	0,26
28		670	0,17
Octobre..	2	722	<u>0,18</u>
		Moyenne..	0,14

En moyenne, la rosée recueillie sur la prairie représenterait une pluie de 0^{mm},14, équivalant à 1400^{lit} d'eau tombant sur une surface d'un hectare, volume trop faible, sans doute, pour remplacer l'arrosement, mais qui n'en est pas moins très utile sur les prés comme sur les cultures, en atténuant les mauvais effets causés par des sécheresses prolongées; on en a eu une preuve frappante dans l'été de 1857.

Depuis plusieurs années on n'avait éprouvé une température élevée aussi persistante; il ne pleuvait qu'à de longs intervalles; la terre était poudreuse. Trois plantes seules résistaient parfaitement, le froment, la vigne et le tabac dont la vigueur me rappelait les belles plantations d'Ambalema, des vallées d'Arragua, de Varinas. Je n'ai pas mentionné le houblon, qui occupe toujours un sol foncièrement humide. Quant aux autres cultures, leur

développement était singulièrement retardé; les arbres se dépouillaient, parce que, ainsi que je l'ai observé maintes fois dans les régions équinoxiales, une sécheresse extrême agit sur la forêt comme un hiver rigoureux. Les feuilles des betteraves, des pommes de terre, des topinambours, souffraient considérablement durant ces chaudes journées; elles étaient pendantes et flétries, mais le matin on les trouvait redressées, vivaces, fermes sur la tige. Ce changement, je l'attribue uniquement à l'intervention de la rosée, et non pas, comme on pourrait aussi se l'imaginer, à ce que la transpiration cessant pendant la nuit, l'eau puisée par les racines s'accumulerait dans le tissu des parties aériennes du végétal. Voici le fait sur lequel j'appuie cette opinion. C'est une coutume très répandue en Alsace comme en Lorraine de planter des pruniers dans les champs labourés. Or on remarquait que partout où ces arbres abritaient des betteraves, des topinambours, les feuilles abattues par la chaleur du jour ne se relevaient pas : c'est que l'arbre, en formant écran, s'opposait à la radiation nocturne, au refroidissement qui en est la conséquence, et par suite au dépôt de rosée; il fallait de la pluie pour ranimer les plantes.

En 1853 j'ai dosé dans la rosée à peu près autant d'ammoniaque que dans le brouillard. Les observations de 1858 indiqueraient qu'il y a un peu moins d'acide dans la rosée reçue au Liebfrauenberg que dans le brouillard. Je présenterai ici quelques-uns des résultats.

La rosée examinée a été obtenue par deux moyens : sur le pluviomètre, et sur les plantes. Lorsqu'au point du jour la rosée mouillait les feuilles à large surface, il suffisait de la faire couler dans un vase; mais c'est en passant horizontalement et rapidement un bâton sur le sommet des tiges de trèfle, et inclinant ensuite le bâton vers un entonnoir placé sur un flacon, que l'on se procurait la rosée en abondance : deux opérations en obtenaient

promptement plusieurs litres ; enfin, on a aussi recueilli de la rosée, en exposant pendant la nuit, dans une prairie des bords de la Saüer, de larges plats en terre vernissée.

La rosée la plus riche en acide nitrique a été recueillie sur le trèfle, dans la nuit du 21 au 22 octobre 1857 ; elle en contenait 1^{mgr}, 12 par litre. La moins riche a été celle ramassée dans la nuit du 11 au 12 du même mois, sur le pluviomètre ; la proportion était de 0^{mgr}, 06 d'acide par litre. Je n'ai pas encore obtenu une rosée exempte de nitrates.

La rosée ne diffère donc pas sensiblement du brouillard, au moins par les proportions d'ammoniaque et d'acide nitrique ; l'un et l'autre ont d'ailleurs, au même point de vue, la plus grande analogie avec la pluie quand elle commence à tomber, quand elle est en quelque sorte le premier lavage de l'air. C'est effectivement dans cette eau tombée la première, surtout après une longue sécheresse, qu'il y a le plus d'acide carbonique, de carbonate et de nitrate d'ammoniaque, de ces matières organiques, de ces poussières de toute nature que Bergmann a parfaitement définies en les nommant les immondices de l'atmosphère. A vrai dire, le brouillard, la rosée, ne sont pas autre chose que le commencement d'une pluie, que des particules d'eau résultant de la condensation de la vapeur occasionnée par un abaissement de température, et qui, dans le milieu où elles se sont formées, dissolvent ce qu'il y a de soluble, entraînent ce qui s'y trouve en suspension.

Si un jour on entreprend une étude suivie des substances que l'atmosphère ne renferme qu'en infiniment petites quantités, c'est dans le brouillard, dans la rosée, dans les premières gouttes de pluie, dans les premiers flocons de neige, dans la grêle qu'il conviendra d'aller les chercher ; c'est en un mot dans les météores aqueux qu'on les rencontrera réunies et concentrées.

PLUIES 1856. (Liebfrauenberg.) (1)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimè- tres.	EAU reçue dans le récipi- ent.	ACIDE NITRIQUE	
					dans 1 litre d'eau.	dans l'eau reçue.
illet 1856. 5	Il n'a pas plu depuis le 24 juin; il tombe une pluie continue.....	1 ^{re}	mm 0,25	lit 1,00	mgr 1,331	mgr 1,331
		2 ^e	0,25	1,00	1,042	1,042
		3 ^e	3,70	14,80	0,366	4,973
Nuit. 5-6			0,17	0,68	1,664	1,132
Nuit. 7-8	Pluie tombée la nuit.....		2,01	8,05	1,095	8,804
	8 Pluie tombée en plusieurs averses...		1,45	5,80	1,328	7,702
Nuit. 9-10	Pluie tombée pendant la nuit.....		0,48	1,95	0,496	0,966
	10 Averse à 5 ^h du soir.....		0,34	1,37	0,715	0,979
Nuit. 10-11	Pluie tombée en plusieurs averses...		3,75	15,00	0,306	4,590
Nuit. 11-12	Pluie tombée en plusieurs averses...		2,32	9,30	0,496	4,612
Nuit. 12-13	Pluie tombée dans la nuit.....		4,26	17,15	0,306	5,248
Nuit. 13-14	Pluie fine pendant la nuit; elle cesse le 14 dans la journée.....	1 ^{re}	6,62	26,50	0,175	4,637
		2 ^e	5,61	22,45	0,000	0,000
	20 Il commence à pleuvoir à 7 ^h 30 du matin, il n'a pas plu depuis le 14; la pluie est continue.....	1 ^{re}	0,25	1,00	2,014	2,014
		2 ^e	6,62	26,50	0,146	4,139
		3 ^e	1,77	7,10	0,000	0,000
Nuit. 20-21	Le ciel étant très clair le matin, il peut y avoir mélange de rosée.....		1,20	4,80	0,000	0,000
	24 Tonnerre au sud dès midi; à 1 ^h la pluie tombe en larges gouttes.....		0,26	1,07	1,109	1,186
	24 Après l'averse il y a eu du soleil; orage à 10 ^h du soir par un vent violent du sud-ouest. Le tonnerre tombe à peu de distance de Liebfrauenberg. La pluie est forte et dure peu.....		3,65	14,60	0,146	2,131
	25 Averse du matin et averse du soir réunies.....		1,97	7,90	0,233	1,841
dt. 9	Il n'a pas plu depuis le 25 juillet; le temps est lourd, il commence à pleuvoir à 7 ^h 45 ^m du soir, sans éclairs ni tonnerre; il pleut très fort.....	1 ^{re}	0,25	1,00	3,226	3,226
		2 ^e	0,25	1,00	1,883	1,883
		3 ^e	7,38	29,55	0,204	6,028
	10 De 8 ^h à 9 ^h du matin, pluie fine, fort vent d'ouest.....		0,25	1,00	0,277	0,277
Nuit. 14-15	Il y a eu dans la journée des orages le long du Rhin, le soir on voit des éclairs. Rosée.....		0,24	0,96	3,431	3,400

La surface du pluviomètre était de 4^m.

PLUIES 1856. (Liebfrauenberg.)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimè- tres.	EAU reçue dans le récip- ient.	ACIDE NITRIQUE	
					dans 1 litre d'eau.	dans l'eau reçue
			mm	lit	mgr	mgr
Nuit. 17-18	Orage dans la journée aux alentours, tonnerre à minuit; il commence à pleuvoir très fort. A 1 ^h la pluie cesse.....		4,00	16,02	0,569	9,11
18	Pluie le matin en deux averses.....		0,25	1,00	0,686	0,68
18	La pluie recommence après midi, puis elle cesse.....	1 ^{re}	0,25	1,00	0,350	0,35
		2 ^e	0,25	1,00	0,335	0,33
19	A 4 ^h du soir on entend le tonnerre, la pluie dure peu.....		0,23	0,94	0,481	0,46
19	Après 15 minutes d'intervalle il pleut de nouveau.....		0,06	0,26	0,671	0,17
Nuit. 19-20	Pluie tombée pendant la nuit.....		0,31	1,25	0,378	0,47
20	Pluie tombée le matin de 7 ^h 30 ^m à 8 ^h 30 ^m	1 ^{re}	0,25	1,00	0,209	0,20
		2 ^e	0,25	1,00	0,131	0,13
		3 ^e	0,31	1,25	0,102	0,12
20	Averse à 9 ^h 15 ^m		0,25	1,00	0,189	0,18
20	Deux averses dans la journée, réunies.		1,77	7,10	0,175	1,24
Nuit. 20-21	Pluie dans la nuit, le matin le temps est clair.....		0,66	2,64	0,175	0,46
21	Orage à 2 ^h 30 ^m du soir, on recueille la dernière pluie, 1 litre qu'on dose pour la 4 ^e prise. Pas de vent, la pluie cesse.....	1 ^{re}	0,25	1,00	0,233	0,23
		2 ^e	0,25	1,00	0,175	0,17
		3 ^e	0,25	1,00	0,233	0,23
		4 ^e	0,68	2,74	0,073	0,20
21	Orage à 4 ^h du soir. Vent du nord assez fort. La pluie tombe par torrents, mais ne dure que 45 minutes.....	1 ^{re}	7,25	29,00	0,058	1,68
		2 ^e	6,50	26,00	0,058	1,40
		3 ^e	0,25	1,00	0,102	0,10
21	Après une heure d'intervalle la pluie recommence; il pleut dans la nuit.	1 ^{re}	3,37	13,50	0,116	1,56
		2 ^e	2,25	9,00	0,087	0,68
22	Vent d'ouest. Deux averses de la journée, réunies.....		7,25	29,00	0,029	0,81
Nuit. 22-23	Vent d'ouest très fort. Pluie la nuit..		0,87	3,50	0,048	0,16
26	Pluie forte de 7 ^h à 9 ^h 15 ^m du matin; le vent change beaucoup, puis reste à l'ouest.....	1 ^{re}	0,25	1,00	0,160	0,16
		2 ^e	0,25	1,00	0,102	0,10
		3 ^e	0,25	1,00	0,146	0,14
		4 ^e	2,90	11,60	0,131	1,51

PLUIES 1856. (Liebfrauenberg.)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU	EAU	ACIDE NITRIQUE	
			tombée en millimè- tres.	reçue dans le rédi- pient.	dans 1 litre d'eau.	dans l'eau reçue.
			mm	lit	mgr	mgr
août 26	Pluie fine et plusieurs averses. Vent d'ouest.....		1,23	4,95	0,321	1,588
28	Pluie fine par un vent ouest-sud-ouest très fort.....	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e	0,25 0,25 0,25	1,00 1,00 1,00	0,209 0,175 0,394	0,209 0,175 0,394
Nuit. 28-29	Il a plu dans la nuit par un vent d'ouest-sud-ouest extrêmement fort.....		1,25	5,00	0,306	1,530
septembre 1	Orage violent, éclairs et tonnerre sur le Rhin; à l'ouest et au nord-ouest; les trois prises sont reçues en 30 minutes; à 9 ^h du soir odeur d'ozone.....	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e 5 ^e 6 ^e	0,25 0,25 0,25 7,25 3,95 1,35	1,00 1,00 1,00 29,00 15,80 5,42	1,095 0,365 0,467 0,160 0,000 0,000	1,095 0,365 0,467 4,640 0,000 0,000
	3 Averse à 11 ^h du matin. Pas de vent..		0,25	1,00	0,073	0,073
	3 Averse à 1 ^h du soir, sans vent.....	1 ^{re}	0,25	1,00	Traces.	Traces.
Nuit. 3-4		2 ^e	3,32	13,30	0,000	0,000
Nuit. 3-4	Pluie dans la nuit, temps clair le matin.....		0,88	3,55	0,000	0,000
	5 Pluie à 4 ^h du matin.....		0,25	1,00	0,657	0,657
	7 Temps calme; le soir à 2 ^h 30 ^m tonnerre au loin sur le Rhin. Pluie verticale et continue dans la nuit. Le matin, brouillard.....	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e	0,25 6,70 7,70	1,00 26,80 30,80	0,209 0,146 0,000	0,209 3,913 0,000
	13 Orage venant du nord, pluie verticale.....	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e	0,25 0,25 1,70	1,00 1,00 6,80	0,423 0,467 0,000	0,423 0,467 0,000
Nuit. 13-14	Pluie tombée dans la nuit, vent d'est..		7,70	30,80	0,000	0,000
	16 Pluie fine à 6 ^h du matin, vent d'ouest.....		0,25	1,00	0,876	0,876
	16 Averse à 2 ^h du soir et fin de la pluie précédente.....		1,30	5,20	0,160	0,832
Nuit. 16-17	Pluie fine dans la nuit, vent d'ouest.		2,27	9,10	0,209	1,902
	18 Pluie fine à 6 ^h du matin; elle continue jusque dans la matinée du 19, vent d'ouest.....	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e	0,25 7,25 0,90	1,00 29,00 3,60	0,584 0,263 0,160	0,584 7,627 0,576

PLUIES 1856. (Liebfrauenberg.)

DATES	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimè- tres.	EAU reçue dans le rédi- pient.	ACIDE NITRIQUE	
					dans 1 litre d'eau.	dans l'eau reçue.
			mm	lit	mgr	mgr
Septembre 21	Pluie fine de 9 ^h 30 ^m à midi, vent d'ouest.....		0,57	2,30	0,000	0,000
23	Pluie continue qui dure jusqu'au 24 à 11 ^h du matin; vent d'ouest.....	1 ^{re}	7,50	30,00	0,116	0,348
		2 ^e	2,75	11,00	0,000	0,000
		3 ^e	7,50	30,00	0,000	0,000
		4 ^e	1,95	7,80	0,000	0,000
Nuit. 24-25	Pluie tombée dans la nuit par un vent d'ouest violent.....		2,75	11,00	0,160	1,760

PLUIES 1857. (Liebfrauenberg.) (1)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimè- tres.	EAU reçue dans le rédi- pient.	ACIDE NITRIQUE	
					dans 1 litre d'eau.	dans l'eau reçue.
			mm	lit	mgr	mgr
Juillet	16 Après une longue sécheresse, la pluie commenee à 9 ^h du soir, à 8 ^h on entendait le tonnerre au sud.....	1 ^{re}	0,50	0,50	6,234	3,117
		2 ^e	2,10	2,10	0,408	0,857
22	Quelques gouttes le 17. A 5 ^h du soir il commenee à pleuvoir, la pluie est lente; il pleut dans la nuit.....	1 ^{re}	0,50	0,50	0,408	0,204
		2 ^e	2,00	2,00	Traces	Trace
Août	5 Il n'a pas plu depuis le 22 juillet. A 5 ^h vent de sud-ouest violent. Nuages de poussière, tonnerre, pluie en larges gouttes mêlées de grêlons. A 5 ^h 20 ^m la pluie cesse.....	1 ^{re}	0,50	0,50	2,087	1,043
		2 ^e	10,25	10,25	0,248	2,543
		3 ^e	4,50	4,50	0,189	0,857
6	Pluie d'orage de 4 ^h à 6 ^h du soir, on entend le tonnerre.....	1 ^{re}	0,50	0,50	1,314	0,657
		2 ^e	6,00	6,00	0,438	2,621
7	Averse à 11 ^h du matin. La deuxième prise mêlée à la pluie d'un orage venu du nord-ouest.....	1 ^{re}	0,50	0,50	0,696	0,348
		2 ^e	5,00	5,00	0,116	0,580

(1) La surface du pluviomètre avait 1^m1.

PLUIES 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimè- tres.	EAU reçue dans le récipi- ent.	ACIDE NITRIQUE	
					dans 1 litre d'eau.	dans l'eau reçue.
			mm	lit	mgr	mgr
10	Plusieurs averses dans la journée, pas de vent.....		3,00	3,00	Tra es.	Traces.
14	7 ^h du soir pluie d'un orage dans la vallée du Rhin, vent d'ouest, la pluie cesse dans la nuit.....	1 ^{re}	0,50	0,50	0,759	0,379
		2 ^e	4,25	4,25	0,715	3,039
15	Il commence à pleuvoir à 6 ^h du soir, la pluie continue jusque dans la matinée du 17.....	1 ^{re}	0,50	0,50	1,299	0,649
		2 ^e	30,00	30,00	0,000	0,000
		3 ^e	11,75	11,75	0,102	1,198
	A minuit du 15 au 16 tonnerre ainsi que le 16 à 2 ^h du soir.....	4 ^e	11,00	11,00	0,394	4,333
		5 ^e	10,00	10,00	0,102	1,020
		6 ^e	1,60	1,60	Traces.	Traces.
	Tonnerre à 6 ^h 30 ^m du matin, vent d'est, pluie d'orage à 8 ^h 15 ^m ; la pluie cesse à 11 ^h	1 ^{re}	0,50	0,50	0,232	0,116
		2 ^e	3,10	3,10	Traces.	Traces.
Nuit. 19-20	Pluie fine dans la nuit.....		0,82	0,82	0,000	0,000
20	Averse à 10 ^h 30 ^m , vent du nord; la pluie ne durc que 15 minutes.....	1 ^{re}	0,50	0,50	Traces.	Traces.
		2 ^e	2,50	2,50	Trac es	Traces.
31	Averse à 8 ^h du soir, éclairs à l'horizon à l'ouest.....		0,35	0,35	0,408	0,143
septembre 2	Tonnerre à 9 ^h ; à 10 ^h du matin averse sans tonnerre; à 10 ^h 30 ^m la pluie cesse.....	1 ^{re}	0,50	0,50	0,321	0,160
		2 ^e	2,25	2,25	0,058	0,130
	Tonnerre à 2 ^h 30 ^m , orage violent à 3 ^h du soir, le tonnerre touche à 300 ^m du Liebfrauenberg; à 3 ^h 20 ^m la pluie cesse, odeur d'ozone constatée aussi par le papier Schoenbein.....		0,75	0,75	0,277	0,207
Nuit. 2-3	Pluie fine pendant la nuit.....		1,45	1,45	0,043	0,062
3	Pas de vent, à 3 ^h du soir pluie fine qui cesse pendant la nuit.....	1 ^{re}	0,50	0,50	0,909	0,454
		2 ^e	7,25	7,25	0,160	1,160
		3 ^e	3,50	3,50	0,073	0,255
5	Averse à 9 ^h du soir, la pluie cesse à 9 ^h 45 ^m		0,50	0,50	0,365	0,182
6	Averse d'un quart d'heure à 10 ^h du mat.		0,82	0,82	0,306	0,251
6	A 2 ^h du soir tonnerre au loin à l'ouest, il a plu de 3 ^h à 7 ^h 30 ^m	1 ^{re}	0,50	0,50	0,204	0,102
		2 ^e	4,00	4,00	1,416	5,664

PLUIES 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimè- tres.	EAU reçue dans le récipi- ent.	ACIDE NITRIQUE	
					dans 1 litre d'eau.	dans l'eau reçue
			mm	lit	mgr	mgr
Sept. Nuit. 8-9	Éclairs à l'horizon, il a plu de 8 ^h à 11 ^h du soir.....		0,13	0,13	1,197	0,151
9	Temps clair à 5 ^h du matin, averse de 8 ^h à 9 ^h 15, temps calme.....	1 ^{re} 2 ^o	0,50 0,68	0,50 0,68	0,496 0,102	0,241 0,060
9	Journée d'une chaleur lourde, il a plu de 7 ^h à 10 ^h du soir; tonnerre et éclairs au loin.....	1 ^{re} 2 ^o	0,50 9,00	0,50 9,00	0,248 0,073	0,121 0,651
10	Beau temps; à 7 ^h du soir violent orage sur le Rhin, éclairs sans interruption, de tous côtés; la deuxième prise reçue en 15 minutes; à 10 ^h la pluie cesse.....	1 ^{re} 2 ^o 3 ^o	0,50 12,00 2,70	0,50 12,00 2,70	1,912 0,043 0,058	0,951 0,511 0,151
12	A 7 ^h du matin, il s'élève un brouillard qui disparaît à 8 ^h ; il a plu dans l'intervalle.....		0,18	0,18	0,175	0,031
12	Pluie de 3 ^h à 3 ^h 30 du soir, tonnerre au sud, orage dans la vallée du Rhin.....	1 ^{re} 2 ^o	0,25 0,37	0,25 0,37	0,335 0,233	0,081 0,081
Nuit. 12-13	Orage et tonnerre au sud, le temps est calme.....		0,97	0,97	0,134	0,13
13	A 7 ^h du matin, brouillard.....		0,06	0,06	0,642	0,03
13	Plusieurs averses successives.....		1,56	1,56	0,175	0,27
Nuit. 14-15	8 ^h du soir pluie fine, la pluie cesse dans la nuit, rosée?.....	1 ^{re} 2 ^o	0,50 1,32	0,50 1,32	0,540 0,375	0,271 0,48
Nuit. 24-25	Il pleut de 8 ^h du soir à 7 ^h du matin; à 11 ^h on prend la première prise...	1 ^{re} 2 ^o	0,18 0,26	0,18 0,26	0,700 0,365	0,12 0,09
25	Petite pluie à 5 ^h du soir.....		0,07	0,07	3,737	0,21
Nuit. 28-29	Temps chaud et couvert; petite pluie à 10 ^h du soir.....		0,13	0,13	0,743	0,01
Nuit. 28-29	Pluie fine dans la nuit et le 29 dans le jour.....		2,74	2,74	0,248	0,61
Octobre. 5 et 5-6	Vent du sud-ouest très fort, pluie à 2 ^h 30 ^m du soir.....	1 ^{re}	0,25	0,25	0,511	0,11
	Première prise à 3 ^h , deuxième prise à 9 ^h du soir, troisième prise le 6 à 7 ^h du matin, fin de la pluie à 10 ^h	2 ^o 3 ^o 4 ^o	10,30 14,85 1,19	10,30 14,85 1,19	0,233 0,073 0,073	2,41 0,61 0,01

PLUIES 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	EAU tombée en millimè- tres.	EAU reçue dans le récipi- ent.	ACIDE NITRIQUE	
					dans 1 litre d'eau.	dans l'eau reçue.
			mm	lit	mgr	mgr
Octobre	7 La journée était belle, à 9 ^h du soir il pleut jusqu'au 8 à 11 ^h du matin; première prise en 5 minutes, deuxième prise à 7 ^h du matin, à 11 ^h troisième prise.....	1 ^{re}	0,25	0,25	0,511	0,122
		2 ^e	13,80	13,80	0,233	3,215
		3 ^e	2,70	2,70	0,189	0,510
	9 Averse de 8 ^h à 9 ^h du matin.....		2,80	2,80	0,219	0,613
	9 A 2 ^h il commence à pleuvoir, vent d'ouest très fort, pluie faible mais continue; le 10 au matin elle cesse.	1 ^{re}	3,75	3,75	1,182	4,432
		2 ^e	0,36	0,36	5,475	2,971
	10 Pluie fine de 8 ^h du matin à 6 ^h du soir.	3 ^e	3,00	3,00	0,817	2,451
	21 Brouillard à 6 ^h du soir; à 9 ^h du soir il commence à pleuvoir; à 10 ^h reçu le n° 1, le 22 à 7 ^h du matin, n° 2, à 2 ^h du soir la pluie cesse, n° 3.....	1 ^{re}	0,41	0,41	0,908	0,372
		2 ^e	8,75	8,75	0,221	1,933
		3 ^e	4,10	4,10	0,185	0,758
26 A 7 ^h du soir, pluie et brouillard mêlés, pluie fine qui cesse le 27 à 11 ^h du mat.	1 ^{re}	8,00	8,00	0,390	3,120	
	2 ^e	1,25	1,25	0,395	0,494	
29 A 6 ^h du soir éclairs au sud-ouest, temps couvert pendant la journée; à 8 ^h on entend le tonnerre, il commence à pleuvoir; à 10 ^h la pluie cesse, n° 1 reçu en 20 minutes.....	1 ^{re}	0,50	0,50	0,545	0,272	
	2 ^e	4,00	4,00	0,209	0,836	
Nuit. 30-31	Le soir temps très clair; averse à 11 ^h 30 ^m du soir; le matin le temps est de nouveau clair.....		3,85	3,85	0,116	0,446
Novembre	2-3 Pluie tombée le 2 novembre au soir, la pluie continue pendant la nuit..		0,50	0,50	0,208	0,104
	3 Pluie tombée le soir.....		0,30	0,30	0,599	0,179
	23 Il n'a pas plu depuis le 3 novembre; après midi il commence à pleuvoir.		0,43	0,43	0,268	0,115
	23 Il cesse de pleuvoir, la pluie reprend le soir.....		0,41	0,41	0,107	0,044
	25 Il pleut le matin, la pluie ne dure pas.		0,40	0,40	0,259	0,103
	25 La pluie reprend le soir, mais cesse bientôt.....		0,43	0,43	0,209	0,090
	27 Le temps est couvert et froid, il pleut dans la matinée.....		0,40	0,40	0,458	0,183

NEIGE 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.	OBSERVATIONS.	NEIGE tombée en millimè- tres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE NITRIQUE	
				dans 1 litre d'eau.	dans l'eau reçue.
Novembre 27	La pluie a cessé dans la matinée, le soir il commence à neiger.....	mm	lit	mgr	mgr
28	Le 28 au matin on a encore reçu la neige tombée pendant la nuit....	0,42	0,42	0,448	0,188
		6,00	6,00	0,423	2,538

BROUILLARDS 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.	OBSERVATIONS.	BROUIL- LARD tombé en millimè- tres.	EAU REÇUE dans le récipient.	ACIDE NITRIQUE	
				dans 1 litre d'eau.	dans l'eau reçue.
Octobre 25	Brouillard le matin.....	mm	lit	mgr	mgr
26	Brouillard pendant la nuit.....	0,08	0,08	0,390	0,031
28	Brouillard de 7 ^h à 9 ^h 30 ^m du soir...	0,60	0,60	1,191	0,716
Nov. 7 et 18	Brouillard de 7 ^h à 9 ^h 30 ^m du soir...	0,63	0,63	0,722	0,455
25	Brouillard.....	0,17	0,17	0,959	0,163
26	Brouillard sur le trèfle.....			1,080	
Décembre 19	Brouillard sur le trèfle.....			1,825	
	Brouillard tombé à Paris.....	0,027	0,027	10,108	0,273

PLUIES ET NEIGES, 1857-1858. (Paris.)

DATES.	OBSERVATIONS.	ORDRE des prises.	ACIDE nitrique dans 1 litre d'eau.
Déc. 1857. 19	Pluie mêlée de brouillard.....		mgr 1,004
Janv. 1858. 4	Pluie mêlée de brouillard tombée depuis le 19 décembre.....		0,366
	13 Pluie mêlée de brouillard tombée depuis le 4 janvier.....		1,362
	13 Pluie tombée dans la journée.....		1,102
	14 Pluie tombée dans la journée.....		1,053
	20 Pluie tombée depuis le 14 janvier..		2,114
	25 Pluie tombée depuis le 20 janvier.		0,952
	30 Pluie tombée dans la soirée.....		0,444
	31 Pluie tombée du 30 au 31.....		1,144
Février	20 Pluie tombée depuis le 31 janvier..		0,765
	23 Pluie tombée depuis le 20 février..		0,442
	24 Pluie tombée du 23 au 24 février..		0,678
Mars	2 Il commence à pleuvoir ; la pluie continue sans interruption jus- qu'au 3 mars.....	1 ^o 2 ^o 3 ^o	0,272 0,756 0,423
Févr. 1858. 27	Neige tombée dans la journée.....		3,873
Mars 1 ^{er}	Neige tombée dans la nuit du 28 février au 1 ^{er} mars.....		1,552
	6 Neige tombée dans la soirée.....	1 ^o	2,563
	7 Neige tombée dans la nuit.....	2 ^o	0,952
	9 Neige tombée avant le jour.....		0,316
	10 Grésil tombé au milieu de la jour- née, très abondant.....		0,580

ROSÉES 1857. (Liebfrauenberg.)

DATES.	OBSERVATIONS.	ROSÉE recueillie.	ACIDE NITRIQUE	
			dans 1 litre.	dans la rosée recueillie.
		lit	mgr	mgr
Septembre 16	Rosée recueillie sur les feuilles de choux-raves.	0,120	0,123	0,015
18	Rosée recueillie sur du trèfle.....	1,000	0,068	0,068
22	Rosée recueillie sur du jeune trèfle.....	1,000	0,150	0,150
23	Id. Id.	0,575	0,136	0,078
27	Id. Id.	0,925	0,270?	0,254?
28	Id. Id.	1,000	0,160	0,160
Octobre 1 ^{er}	Id. Id.	1,000	0,146	0,146
2	Id. Id.	1,000	0,144	0,144
3	Ros. rec. sur le jeune trèfle au moy. d'une éponge.	0,780	0,137	0,107
5	Id. Id.	0,382	0,224?	0,085?
12	Id. Id.	Présence constatée, dosage impossib.		
21			1,079	
24			1,121	
Septembre 28	Rosée recueillie dans des terrines exposées dans la vallée.....	0,050	0,121	0,006
Octobre 3	Rosée recueillie sur le pluviomètre en majeure partie, et un peu dans les terrines.....	0,100	0,130	0,013
4	Rosée recueillie dans les mêmes conditions que la précédente.....	0,240	0,049	0,012
11 et 12	Rosée recueillie en deux fois sur le pluviomètre.	0,152	0,060	0,009
15	Rosée recueillie sur le pluviomètre; on y a constaté la présence de l'acide nitrique par le réactif anglais.....	0,220	0,059	0,013
23	Rosée sur le pluviomètre.....	0,149	0,482	0,072
28	Rosée sur le pluviomètre.....	0,261	0,113	0,029
Septembre 28	Rosée recueillie dans les terrines. Vallée.....	0,050	0,284	0,014
Octobre 3	Rosée recueillie sur le pluviomètre et dans les terrines.....	0,100	0,305	0,030
4	Rosée recueillie sur le pluviomètre et dans les terrines.....	0,240	0,115	0,027
11 et 12	Rosée recueillie en 2 jours sur le pluviomètre.	0,152	0,141	0,021
15	Rosée recueillie sur le pluviomètre.....	0,220	0,138	0,030
23	Rosée sur le pluviomètre.....	0,149	0,482	0,072
28	Rosée sur le pluviomètre.....	0,261	0,113	0,029
Novemb. 5 et 6	Rosée recueillie sur le pluviomètre.....	0,390	0,432	0,165
7 et 9	Rosée recueillie sur le pluviomètre.....	0,370	0,678	0,251
16 et 17	Gelée blanche recueillie sur le pluviomètre....	0,350	0,576	0,201

Dans mes recherches sur l'ammoniaque contenue dans les eaux météoriques, j'ai trouvé que la pluie en renferme plus quand elle commence que lorsqu'elle finit. A la fin d'une pluie persistante, l'eau ne donne plus d'ammoniaque.

Les observations consignées dans les précédents tableaux n'indiquent pas d'une manière aussi précise une diminution dans la proportion d'acide nitrique, pendant la chute de la pluie, quoiqu'elles montrent assez souvent qu'il y a eu plus d'acide dans les premières eaux, surtout après une sécheresse assez prolongée.

J'ai fait en 1858 une nouvelle série d'observations. L'eau a été reçue en petites fractions de 0^{mgr},25, sur un udomètre dont le récepteur avait 1^{mq}. On voit dans le tableau où sont réunis les résultats des dosages, qu'en général les premières prises de la pluie contenaient plus d'acide nitrique que les prises subséquentes, mais que la diminution dans les proportions d'acide n'a été ni aussi rapide ni aussi régulière que celle que l'on avait trouvée pour l'ammoniaque.

DATES.	OBSERVATIONS.	PRISES.	PLUIE en millimè- tres.	EAU reçue.	AzO ^s (¹) dans 1 litre.	Az dan l'ea reçu.
			mm	lit	mgr	mg
Juin 1858. 27	Le temps a été très sec depuis fort longtemps. A dater du 15 juin il y avait tous les jours des orages dans la vallée du Rhin, il est tombé en trois fois à parties égales 2 ^{lit} , 075 d'eau, du 17 au 25 juin.....					
27	La pluie commence à 9 ^h 30 ^m du matin, la première en 15 minutes, la deuxième en 5 minutes, la troisième en 5 minutes, vent d'ouest. La pluie cesse dans la journée...	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e	0,250 0,250 0,250 0,782	0,250 0,250 0,250 0,782	1,473 0,738 1,004 0,937	0,34 0,11 0,21 0,71
Juillet 5	Pluie faible par un vent d'ouest peu fort; elle commence à 5 ^h 15 ^m du soir, et cesse à 8 ^h 15 ^m : n° 1 en 1 ^h , n° 2 en 30 minutes, n° 3 en 1 ^h 30 ^m .	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e	0,250 0,250 0,205	0,250 0,250 0,205	0,772 0,276 0,109	0,10 0,06 0,05
6-7	Vent d'ouest, pluie continue; elle commence à 7 ^h 30 ^m du soir: n° 1 en 20 minutes n° 2 en 15 minutes, n° 3 en 6 minutes. La pluie est continue avec des intensités différentes: elle cesse le 7 ^h à 9 ^h 30 du matin.	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e	0,250 0,250 0,250 11,500	0,250 0,250 0,250 11,500	2,028 0,936 0,544 0,164	0,50 0,21 0,11 1,88
6	La pluie commence à 8 ^h du matin, elle tombe goutte à goutte. On a reçu le n° 1 à 1 ^h , alors la pluie tombe plus fort, le n° 2 en 5 minutes, le n° 3 de même. A 3 ^h la pluie cesse, vent d'ouest.....	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e	0,250 0,250 0,250 4,600	0,250 0,250 0,250 4,600	1,488 0,324 0,316 0,170	0,37 0,06 0,07 0,71
10	Il a plu dans la nuit, fort vent d'ouest. La pluie commence à 9 ^h du matin, il pleut pendant 15 minutes; les trois premiers numéros sont reçus en 6 minutes.....	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e	0,250 0,250 0,250 0,330	0,250 0,250 0,250 0,330	0,152 0,080 0,144 0,056	0,01 0,01 0,01 0,01
12	Il a plu un peu hier, il a fait toute la journée du 11 et dans la nuit un vent d'ouest très fort; il commence à pleuvoir à 7 ^h 45 ^m du matin. On reçoit les trois numéros en 10 minutes; la pluie cesse à 9 ^h 45 ^m ..	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e	0,250 0,250 0,250 4,500	0,250 0,250 0,250 4,500	0,148 0,012 0,120 0,003	0,01 0,01 0,01 1,01

(¹) Acide nitrique.

DATES.	OBSERVATIONS.	PRISES.	PLUIE en millimè- tres.	EAU reçue.	Az O ^s dans 1 litre.	Az O ^s dans l'eau reçue.
			mm	lit	mgr	mgr
let 21	Depuis le 12 il est tombé deux fois 0 ^{mm} , 1 de pluie; ce matin il en est tombé 0 ^{mm} , 3; le temps s'est éclairci. La pluie commence très doucement à 3 ^h 20 ^m après un vent sud-ouest qui cesse avec les premières gouttes de pluie: n° 1 en 20 minutes, n° 2 en 5 minutes, n° 3 en 5 minutes, le n° 4 est pris à 10 ^h du soir. La pluie cesse dans la nuit.	1 ^{re}	0,250	0,250	0,872	0,218
		2 ^e	0,250	0,250	0,344	0,086
		3 ^e	0,250	0,250	0,308	0,077
		4 ^e	8,000	8,000	0,188	1,504
		5 ^e	2,700	2,700	0,072	0,191
24	Vent ouest, pluie lente, n° 1 en 40 minutes, n° 2 en 18 minutes, la pluie cesse à midi.....	1 ^{re}	0,250	0,250	0,677	0,169
		2 ^e	0,220	0,220	0,232	0,058
24	Vent d'ouest, il commence à pleuvoir à 1 ^h 30 ^m ; on reçoit le n° 1 en 8 minutes, les autres numéros tombent trop rapidement pour qu'on puisse mesurer le temps. La pluie cesse le soir à 8 ^h	1 ^{re}	0,250	0,250	0,332	0,083
		2 ^e	0,250	0,250	0,112	0,028
		3 ^e	0,250	0,250	0,080	0,020
		4 ^e	12,000	12,000	0,440	5,280
		5 ^e	10,600	10,600	0,024	0,254
28	Il a plu un peu hier et dans la nuit, pas de vent. La pluie commence à tomber à 5 ^h 40 ^m , pluie fine, tombée pendant le brouillard: n° 1 en 30 minutes, n° 2 en 5 minutes, n° 3 en 10 minutes. La pluie cesse à 12 ^h 30 ^m . le n° 5 est la dernière pluie tombée.....	1 ^{re}	0,250	0,250	0,404	0,101
		2 ^e	0,250	0,250	0,220	0,055
		3 ^e	0,250	0,250	0,168	0,042
		4 ^e	6,500	6,500	0,324	2,106
		5 ^e	0,230	0,230	0,056	0,013
8	Il a plu une fois depuis le 28 juillet; averse à 11 ^h 15 ^m du soir.....	unique.	0,166	0,166	2,458	0,308
15	Vent nord-ouest; il n'a pas plu depuis le 8. Pluie à 7 ^h du matin: n° 1 en 45 minutes, n° 2 en 30 minutes, n° 3 en 15 minutes, la pluie cesse.	1 ^{re}	0,250	0,250	2,424	0,606
		2 ^e	0,250	0,250	1,012	0,253
		3 ^e	0,250	0,250	0,592	0,148
19	Pluie en larges gouttes à 5 ^h 20 ^m du matin, tonnerre au nord-ouest: le n° 1 en 1 ^h 25 ^m , n° 2 en 3 minutes, pas de vent, n° 3 en 2 minutes. La pluie cesse à 9 ^h 20 ^m	1 ^{re}	0,250	0,250	3,488	0,872
		2 ^e	0,250	0,250	1,688	0,422
		3 ^e	0,250	0,250	1,580	0,395
		4 ^e	1,150	1,150	0,932	0,233

DATES.	OBSERVATIONS.	PRISES.	PLUIE en millimè- tres.	EAU reçue.	Az O ^s dans 1 litre.	Az da l'e reç
			mm	lit	mgr	m
Août	19 Il commence à pleuvoir à 3 ^h 15 ^m du soir, d'abord faiblement, puis très rapidement. Il a fait chaud dans la journée, mais pas de soleil. Le n° 1 en 5 minutes 2 et 3 aussi rapidement que possible. La pluie cesse à 5 ^h 30 ^m	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e	0,250 0,250 0,250 10,000	0,250 0,250 0,250 10,000	0,544 0,288 0,580 0,316	0, 0, 0, 3,
	20 Vent du sud-ouest, pluie fine à 11 ^h du matin: n° 1 en 30 minutes, n° 2 en 3 minutes, n° 3 en 4 minutes. La pluie cesse à 11 ^h 50 ^m	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e	0,250 0,250 0,250 0,500	0,250 0,250 0,250 0,250	0,688 0,164 0,272 0,208	0, 0, 0, 0,
	20 Pluie fine à 7 ^h 30 ^m du soir, vent d'ouest assez fort: n° 1 en 1 ^h , 2 et 3 chacun en 20 minutes. La pluie cesse dans la nuit.....	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e	0,250 0,250 0,250 4,350	0,250 0,250 0,250 4,350	0,308 0,136 0,228 0,184	0, 0, 0, 0,8
	26 Il y a eu à plusieurs reprises des averses depuis la dernière pluie; hier dans la nuit et ce matin à 10 ^h 45 ^m du matin averse de 10 minutes..	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e	0,250 0,250 0,250	0,250 0,250 0,250	0,184 0,112 0,104	0, 0, 0,
	26 Il est tombé deux averses formant ensemble 1 ^{lit} ,250; à 1 ^h 40 ^m forte averse du nord: on a reçu les trois premières prises en 7 minutes. La pluie cesse à 2 ^h 15 ^m	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e	0,250 0,250 0,250 0,580	0,250 0,250 0,250 0,580	0,124 0,056 0,044 0,072	0, 0, 0, 0,
	26 A 3 ^h 40 ^m tonnerre au nord-ouest, pluie à 3 ^h 45 ^m ; entre la dernière et celle-ci il y a eu une averse, puis du soleil: n°s 1, 2 et 3 chacun en 1 minute. La pluie cesse à 4 ^h	1 ^{re} 2 ^e 3 ^e 4 ^e	0,050 0,052 0,250 1,000	0,050 0,052 0,250 1,000	0,620 0,557 0,092 0,108	0, 0, 0, 0,
ROSÉE.						
Août	20 Rosée sur le pluviomètre.....		0,0467	0,0467	1,626	0,

EXPÉRIENCES ENTREPRISES

POUR RECHERCHER

SI L'AZOTE QUI EST A L'ÉTAT GAZEUX

DANS L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

INTERVIENT DANS LE DÉVELOPPEMENT DES MYCODERMES.

Dans les recherches sur la terre végétale ⁽¹⁾ j'ai dit que l'on pouvait attribuer la disparition d'une partie de l'acide nitrique et de l'ammoniaque formés durant la jachère, soit à l'union des éléments de l'alcali aux acides bruns du terreau, constituant ainsi des composés azotés stables, soit à une invasion de mycodermes dont j'avais pu suivre le développement, appuyant cette dernière opinion sur les observations de M. Bineau dans lesquelles il a vu disparaître, sous l'influence d'une végétation cryptogamique, les nitrates et les sels ammoniacaux que de l'eau tenait en dissolution. C'est ainsi que j'ai cherché à me rendre compte de ce fait constaté par deux années d'observations : à savoir que l'azote acquis par une terre riche en humus, convenablement humectée et exposée à l'air, n'est

(1) *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, t. I, p. 344.

pas représenté par l'azote de l'acide nitrique et de l'ammoniaque développés dans ces conditions. On comprendra néanmoins que j'aie dû me demander si les mycodermes eux-mêmes n'étaient pas doués de la faculté de fixer directement l'azote qui est à l'état gazeux dans l'atmosphère, et l'on verra par la date des expériences dont je vais rendre compte, que déjà mon opinion était suffisamment arrêtée sur cette question.

Première expérience.

Le 27 mai 1860 j'ai coagulé du lait à l'aide de l'acide acétique. J'ai laissé déposer le caséum; quand le petit-lait fut devenu à peu près limpide, je le filtrai. J'obtins alors un liquide parfaitement homogène, d'un jaune verdâtre, et qui, grâce à l'acidité qu'il possédait, contenait tout ce qui est indispensable à la végétation, c'est-à-dire de l'albumine comme engrais azoté; des phosphates, de la potasse, de la soude, de la chaux, de la magnésie, de l'oxyde de fer et de l'eau; en un mot, de l'azote assimilable et les substances minérales sans lesquelles la production végétale est incomplète, si elle n'est pas impossible, ainsi qu'on le sait depuis longtemps. Le liquide que j'avais préparé constituait donc réellement un milieu fertile, apte à recevoir et à nourrir les semences mycodermiques dont l'air est le véhicule, ainsi que l'a surtout établi M. Pasteur, dans cette admirable série de recherches que je range parmi les plus belles qu'on ait faites en physiologie végétale depuis le commencement du siècle.

J'ai mis dans une capsule de porcelaine 50^{cc} de sérum du lait, A, auxquels j'ajoutai, pour retenir l'ammoniaque des sels ammoniacaux volatils qui pouvaient s'y trouver, 0^{gr}, 1 d'acide oxalique cristallisé contenant 0^{gr}, 067 d'acide sec. Les 50^{cc} de liquide furent évaporés au bain-marie, et le résidu, d'un brun clair, cristallin, ayant l'aspect du

sucré de lait brut, fut desséché dans une étuve chauffée à 100°.

B, 50^{cc} du même sérum furent introduits dans un matras qu'on laissa ouvert et que l'on plaça dans une chambre du laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers, le 27 mai.

Quelques jours après, le liquide abandonné à l'air libre perdit sa transparence; il était ensemencé et tous les phénomènes si bien décrits par M. Pasteur ne tardèrent pas à se manifester. Il se dégagait très peu de gaz; on vit apparaître à la surface du liquide d'abondantes moisissures, des granules sphériques se déposèrent au fond du vase, et le 25 juin, alors qu'il s'était formé des penicilliums en abondance, d'un vert sale et recouverts d'une sorte de poussière d'une odeur de moisi très caractérisée, on mit fin à l'expérience.

Le liquide était devenu visqueux, lactescent, nauséabond, d'une réaction alcaline. On le versa dans une capsule de porcelaine, et après y avoir dissous, pour retenir l'ammoniaque, 0^{gr}, 1 d'acide oxalique cristallisé contenant 0^{gr}, 067 d'acide sec, on l'évapora au bain-marie; le résidu fut desséché dans l'étuve chauffée à 100°

J'ai pesé les deux résidus secs, A et B, et j'en ai dosé l'azote (1).

(1) Dosage de l'azote par la chaux sodée. Acide sulfurique équivalent à azote, 0^{gr}, 05833.

Résidu A. Opéré sur la moitié de la matière, 1^{gr}, 523.

Titre de l'acide : Avant.....	34 ^{cc} , 2	
Après.....	17 ,9	
Différence.....	6 ^{cc} , 3	= azote 0 ^{gr} , 0278 dans la moitié. 0 ^{gr} , 0556 dans la totalité.

Résidu B. Opéré sur la totalité de la matière, 1^{gr}, 074.

Titre de l'acide : Avant.....	34 ^{cc} , 2	
Après.....	5 ,1	
Différence.....	29 ^{cc} , 1	= azote 0 ^{gr} , 0496.

A, avant la végét. mycodermique (1).	3,046,	cont. azote	0,0556
B, après la végét. mycodermique....	1,074,	— —	0,0496
Perte en mat. gazeuses et volatiles..	1,972.	Diff.en azote	0,0060

Ainsi, par l'effet du développement de la végétation mycodermique, en un mois, près des deux tiers de la matière organique des 50^{cc} de sérum du lait avaient disparu, il y avait eu élimination de 0^{gr},006 d'azote.

Cette expérience ne me satisfaisait pas complètement. Vers la fin, le liquide visqueux et moisi avait une réaction alcaline, et l'odeur nauséabonde qui le caractérisait devait faire craindre qu'il n'y ait eu de l'azote dissipé à l'état d'ammoniaque; j'ai cru nécessaire de la recommencer à la campagne, en prenant la précaution de ne pas laisser développer dans les liquides la réaction alcaline.

Le sérum a été préparé en ajoutant de l'acide acétique à du lait, immédiatement après sa sortie du pis.

50^{cc} de ce sérum filtré ont été mis dans une capsule en porcelaine A', après avoir ajouté 0^{gr},05 d'acide oxalique cristallisé renfermant 0^{gr},034 d'acide sec. On a évaporé et séché le résidu dans l'étuve chauffée à 100°; il était brun clair et cristallin.

50^{cc} du même sérum ont été exposés à l'air libre dans une capsule B'

50^{cc} ont été exposés à l'air libre dans une capsule C.

On était alors au 7 août. Ces liquides se couvrirent de moisissures beaucoup plus lentement qu'à Paris, le 15 août ils étaient troubles, et l'on y apercevait des granules; ce ne fut que vers le 24 que l'on y vit les *Penicillium glaucum*.

Le 19 septembre, ils répandaient l'odeur de la levûre de bière, ils étaient très acides et couverts de moisissures abondantes, d'un vert assez foncé; les granules blancs étaient fort nombreux.

(1) Déduction faite de 0^{gr},067 d'acide oxalique sec que l'on avait ajoutés à A et B avant l'évaporation.

On introduisit dans la capsule B' 0^{gr}, 1 d'acide oxalique cristallisé contenant 0^{gr}, 068 d'acide sec, dans la crainte qu'il n'y ait eu de l'acétate d'ammoniaque formé; on évapora et l'on sécha le résidu dans l'étuve chauffée à 100° Ce résidu sec était d'un vert sale; son odeur, en sortant de l'étuve, rappelait celle du pain chaud.

Le 13 octobre, des moisissures verdâtres tapissaient les parois de la capsule C; elles avaient 0^m, 01 de longueur. Des granules jaunâtres étaient déposés dans une matière très visqueuse, d'une saveur fade, d'une odeur de levûre. Cette matière ayant une réaction alcaline extrêmement faible, on jugea prudent de la dessécher à l'étuve après y avoir délayé 0^{gr}, 1 d'acide oxalique cristallisé réduit en poudre, dans lequel il entra 0^{gr}, 068 d'acide sec. Le résidu, desséché et chaud, répandait aussi l'odeur du pain à la sortie du four.

Les trois résidus secs ont été pesés et soumis à l'analyse pour en doser l'azote (1). Voici les résultats :

(1) Dosage de l'azote par la chaux sodée. Acide sulfurique équivalent à azote, 0^{gr}, 875.

Résidu A', pesant 3^{gr}, 763. Opéré sur le $\frac{1}{3} = 1^{gr}, 2543$.

Titre de l'acide : Avant.....	32 ^{cc} , 1
Après.....	25 , 6
Différence.....	6 ^{cc} , 5 = azote 0 ^{gr} , 0177
Dans la totalité.....	0 ^{gr} , 0531

Résidu B', pesant 2^{gr}, 390. Opéré sur la totalité.

Titre de l'acide : Avant...	32 ^{cc} , 10
Après...	13 , 15
Différence..	18 ^{cc} , 95 = azote 0 ^{gr} , 05165, soit, pour 100, 2, 16.

Il était resté 0^{gr}, 019 de matière tellement adhérente à la capsule de porcelaine dans laquelle la dessiccation avait eu lieu, qu'il fut impossible de les enlever; le poids de cette matière adhérente a été déterminé en pesant la capsule avant et après l'avoir nettoyée. Les 0^{gr}, 019 de matière devant contenir 0^{gr}, 00041 d'azote, on a pour l'azote du résidu A' 0^{gr}, 0522.

Résidu C, pesant 1^{gr}, 232. Opéré sur la totalité.

Titre de l'acide : Avant.....	32 ^{cc} , 1
Après.....	14 , 4
Différence.....	17 ^{cc} , 7 = azote 0 ^{gr} , 0483.

A' avant la végét. mycodermique.	3,763 (^{gr} ⁽¹⁾)	cont. azote	0,0532 (^{gr})
B' après 42 jours de végétation..	2,390	— —	0,0522
Perte en mat. gazeuses et volat ..	2,373.	Diff. en azote	0,0010
C après 66 jours de végétation ...	1,232		0,0483
Différence avec le résidu A', perte			
en matières gazeuses et volat...	2,531.	Diff. en azote	0,0049

On voit que, pendant la végétation des mycodermes, et particulièrement du *Penicillium glaucum*, au sein d'un liquide fertile, il n'y a pas eu acquisition d'azote, mais plutôt une légère perte de ce principe que l'on ne saurait attribuer à une émanation d'ammoniaque.

J'ai institué une autre série d'expériences dans le but d'étudier, au même point de vue, le développement des mycodermes dans de la terre végétale.

(¹) Le poids de l'acide oxalique ajouté avant la dessiccation étant retranché dans les trois résidus, A', B', C.

RECHERCHES ENTREPRISES EN ANGLETERRE

POUR DÉCIDER

SI L'AZOTE QUI EST A L'ÉTAT GAZEUX

DANS L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

EST DIRECTEMENT ASSIMILABLE PAR LES VÉGÉTAUX ⁽¹⁾,

PAR MM. J.-B. LAWES, J.-H. GILBERT ET E. PUGH.

En cultivant sans interruption la même plante sur la même terre, sans faire intervenir du fumier, MM. Lawes et Gilbert ont constaté : que le froment, durant une période de 14 années, a donné des récoltes contenant un peu plus de 30 livres ⁽²⁾; l'orge, durant une période de 6 ans, un peu moins; le foin d'une prairie, pendant 3 ans, près de 40 livres; les haricots, pendant 11 ans, près de 50 livres d'azote par acre ⁽³⁾ et par an; le trèfle ou d'autres légumineuses, cultivés pendant 3 ou 4 années, ont contenu annuellement 120 livres d'azote; les *turnips*, pendant 8 cultures consécutives, en ont apporté 45 livres, toujours par acre et par an.

Les récoltes de céréales obtenues sans engrais azoté, pendant les mêmes périodes de temps, n'ont pas diminué,

(1) Extrait des *Proceedings of the Royal Society*, June, 21; 1860.

(2) La livre anglaise = 0^{kil},4534.

(3) L'acre = 0^{hect},405.

tandis que les récoltes de légumineuses ont été considérablement amoindries.

Les turnips, au contraire, ont semblé s'approprier largement l'azote assimilable de la terre. Dans les mêmes conditions, la quantité d'azote fixée par les légumineuses et par les cultures-racines a été remarquablement augmentée par l'application des *engrais minéraux*, tandis qu'elle ne l'a été que faiblement dans les graminées.

En discutant les résultats de six rotations comprises dans un même assolement suivi à Bechelbronn, Boussingault a trouvé, en moyenne dans les récoltes, un tiers et même la moitié plus d'azote qu'il n'en avait été apporté par les engrais. L'excès d'azote a été le plus prononcé dans les légumineuses ; et les céréales ont constamment offert un rendement supérieur, quand, dans le cours de la rotation, elles étaient précédées par une sole de trèfle. A Rolhamsted, MM. Lawes et Gilbert ont observé des faits analogues. Ainsi les céréales venues sans interruption sur le même terrain renfermaient par année et par acre 30 livres d'azote, et la récolte d'une légumineuse beaucoup plus. Néanmoins le rendement de la céréale était presque doublé quand elle succédait à une sole de légumineuses ; il était encore à peu près doublé lorsque la céréale venait sur une jachère. Enfin une rotation faite sans le concours d'aucun engrais a donné des récoltes dans lesquelles il y avait à peu près deux fois autant d'azote que dans une culture consécutive de céréales.

Cependant les engrais azotés ordinaires ont été peu avantageux et souvent nuisibles aux légumineuses. D'un autre côté, les céréales, dont la teneur en azote est comparativement beaucoup plus faible, ont acquis un développement considérable par l'application des mêmes engrais azotés, et cela soit qu'elles succédassent à une récolte de légumineuses, très riche en azote, ou à une jachère. Toutefois, quand on a fait usage d'engrais azotés

pour accroître le rendement des céréales, l'azote de l'excédent de produit s'élevait à peine à 40 pour 100 de celui qu'on avait introduit par la fumure, et la seconde année, dans l'excédent de produit, on ne retrouvait guère plus que le $\frac{1}{10}$ de l'azote qui était resté inactif durant la première année. On est arrivé aux mêmes conséquences pour la récolte de la prairie, dans laquelle on a constaté une quantité d'azote dépassant à peine celle qui faisait partie de l'engrais. La proportion d'azote récupérée par les récoltes paraît être moindre pour les légumineuses que pour les cultures-racines. On a donné plusieurs explications vraisemblables de cette perte réelle ou apparente de l'azote apportée par les engrais. A cette occasion diverses questions ont été posées :

Quelle est l'origine de l'azote fourni par les récoltes en sus de celui attribuable aux engrais dont le sol a été pourvu ?

On peut citer, parmi les sources certaines ou présumables de cet élément, quelques principes minéraux de la terre ; les composés azotés répandus dans l'atmosphère et amenés par les eaux météoriques, ou accumulés dans le sol par d'autres influences, ou absorbés par les végétaux ; la formation de l'ammoniaque dans le sol par l'azote libre et l'hydrogène naissant ; la nitrification de l'azote ; l'assimilation directe, par les plantes, de l'azote qui est à l'état gazeux dans l'air.

En discutant ces diverses sources capables de fournir de l'azote aux végétaux, on trouve que celles sur lesquelles on possède quelques notions de quantité doivent être insuffisantes pour expliquer l'excédent d'azote fourni annuellement par les récoltes faites sur une surface donnée de terrain, et l'on rencontre trop de difficultés lorsque l'on essaye d'estimer, même approximativement, ce que peuvent fournir d'azote assimilable les sources sur lesquelles on n'a aucune donnée quantitative. C'est pour-

quoi il a paru important, pour répondre à de semblables questions, d'examiner si une partie de l'immense masse d'azote gazeux appartenant à l'atmosphère ne contribuait pas directement à l'accroissement des végétaux.

On a suivi, dans ces recherches, en la modifiant plus ou moins, la méthode générale imaginée par Boussingault, et qui consiste : à faire développer des graines ou des jeunes plants dont la teneur en azote a été déterminée sur des échantillons pris dans les mêmes conditions et aussi similaires que possible, dans un sol et de l'eau exempts l'un et l'autre de composés azotés, ou bien n'en contenant que des quantités déterminées ; à pourvoir d'air purifié de tous composés azotés la plante mise à l'abri de la pluie et de la rosée, ou à la placer dans une atmosphère confinée d'un volume assez limité pour que l'on pût négliger l'influence des composés azotés qui pouvaient s'y trouver ; enfin à doser l'azote dans la récolte, le sol, le vase, afin de déterminer s'il y a eu un gain ou une perte de cette substance dans le cours de la végétation.

En discutant les conditions à remplir pour résoudre la question principale, en éliminant les causes d'erreurs, en tenant compte d'un certain nombre de circonstances accessoires portant sur le point principal comme sur le résultat définitif, en cherchant à ramener la solution générale à une simple question pouvant être résolue par un ensemble d'expériences finales, on a dû prendre en considération :

1° La préparation du sol ou du milieu destiné à porter les plantes et à recevoir les engrais qui leur étaient destinés ;

2° La préparation des engrais comprenant des substances minérales, certaines solutions et l'eau ;

3° Les conditions de l'atmosphère dans laquelle les plantes devaient vivre, l'appareil que l'on devait employer, etc. ;

4° Les changements éprouvés par une matière orga-

nique azotée pendant sa décomposition, dans des situations plus ou moins analogues à celles dans lesquelles les plantes soumises à l'observation avaient végété ;

5° L'action de certains agents, de l'ozone par exemple, et l'influence d'autres circonstances pouvant affecter la quantité d'azote combiné en relation avec les plantes, indépendamment de l'action directe de la végétation.

Dans la plupart des expériences le sol était formé par une terre argileuse, calcinée à l'air libre, bien lavée à l'eau distillée et calcinée de nouveau ; dans quelques cas seulement on a fait usage de pierre ponce calcinée et lavée.

Les substances minérales introduites dans le sol étaient des cendres de végétaux appartenant à l'espèce sur laquelle portait l'observation, ou tout au moins d'un genre très voisin.

L'eau employée pour le lavage de toutes les parties importantes de l'appareil, ainsi que pour subvenir aux besoins des plantes, avait été purifiée par la distillation, en prenant la précaution de rejeter le premier tiers de l'eau sortant du serpentín ; après avoir obtenu le second tiers, on y ajoutait de l'acide phosphorique et on le distillait de nouveau.

La plupart des pots à fleurs, faits en terre poreuse, portaient sur le fond et sur les parois, près du fond, de nombreuses ouvertures. On les plaçait dans un vase en grès vernissé (*stone-ware*), rétréci vers le haut afin de diminuer l'évaporation de l'eau.

La substance minérale qui devait remplir l'office du sol, préalablement chauffée au rouge, recevait les cendres récemment calcinées, et le mélange avait lieu dans le pot même, rougi au feu, qu'on mettait ensuite refroidir sous une cloche, en présence de l'acide sulfurique. Le sol refroidi était alors humecté avec de l'eau pure, puis on laissait s'écouler un jour avant d'y déposer la graine ou d'y

fixer le jeune plant. On a choisi avec soin, tant pour l'expérience que pour le dosage de l'azote, des graines ayant exactement le même poids et le même volume.

L'air donné aux plantes était privé d'ammoniaque par un lavage dans de l'acide sulfurique suivi d'un parcours au travers de la pierre ponce imbibée du même acide : l'air ainsi lavé, avant de parvenir dans l'appareil, traversait une solution de carbonate de soude; quand il en sortait, il traversait de nouveau de l'acide sulfurique.

L'acide carbonique, indispensable à la végétation, provenait du marbre sur lequel on faisait agir des quantités connues d'acide chlorhydrique; il entrait dans l'appareil mélangé à l'air, après avoir traversé des purificateurs à acide sulfurique et à bicarbonate de soude.

La grande cloche en verre sous laquelle la plante se développait, reposait dans une rainure remplie de mercure et pratiquée sur une plaque en ardoise (*slate*) ou en terre cuite vernissée (*glazed earthenware stand*), sur laquelle reposait un vase dans lequel était placé le pot à fleurs. Des tubes, en traversant cette plaque, pénétraient sous la cloche pour l'introduction eomme pour la sortie de l'air, ainsi que pour l'arrosage ou pour l'extraction de l'eau qui se déposait.

On avait acquis la conviction que, dans un appareil ainsi disposé, les plantes se développaient tout aussi bien que dans le sol d'un jardin, de même que l'on avait vu la preuve que le sol artificiel était approprié au but que l'on se proposait d'atteindre, dans ce fait que, dans ce même sol placé dans l'atmosphère artificielle, les plantes offraient une végétation vigoureuse pour peu qu'elles eussent à leur disposition un engrais azoté.

Parmi les recherches accessoires, la première devait répondre à cette question : y aurait-il assimilation de l'azote gazeux de l'air, dans les conditions énoncées plus haut, si l'on faisait intervenir l'ozone, soit parce qu'il agi-

rait tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la plante, ou sur l'atmosphère ambiante, ou enfin dans le sol, l'ozone étant considéré comme doué de la faculté d'oxyder l'azote et de le rendre ainsi assimilable par les végétaux.

En supposant la présence de l'ozone, on pouvait supposer que, dans ces expériences, il opérerait indirectement comme une source d'azote combiné et assimilable, soit en oxydant l'azote dissous dans l'eau condensée dans l'appareil, soit en formant de l'acide nitrique par son contact avec un sol humide, poreux et alcalin, soit enfin en oxydant, dans les anciennes racines, l'azote libre que renferment leurs cellules, ou celui qu'elles laissent dégager pendant leur décomposition.

Des expériences ont été entreprises dans le but de déterminer, dans des circonstances variées, l'action de l'ozone sur certaines matières organiques et sur certains corps poreux alcalins. On fit passer un courant d'air ozoné sur ces substances, pendant plusieurs jours pour les unes, pour d'autres pendant plusieurs mois, et, dans un seul cas sur onze, on parvint à constater la formation d'une trace d'acide nitrique, notamment dans de la terre de jardin; mais on reconnut que cette terre contenait déjà des nitrates avant d'avoir été soumise à l'action de l'ozone.

On n'a pas conclu de là que l'acide nitrique ne saurait prendre naissance par l'action de l'ozone sur certains composés azotés, sur l'azote naissant ou sur l'azote gazeux en contact avec des matières poreuses et alcalines, ou même dans l'atmosphère. Cependant, en présence du résultat obtenu, malgré l'emploi de grandes quantités d'air ozoné agissant pendant un temps très long sur des matières organiques, sur le sol, etc., dans les conditions les plus variées, on a dû admettre que cette action n'a introduit aucune erreur capable d'affecter la recherche spéciale que l'on avait en vue.

De nombreuses expériences ont été entreprises dans le

but de déterminer s'il y a émission d'azote pendant la destruction des matières organiques azotées.

Dans la première série, comprenant six observations, du froment, de l'orge, de la farine de féverole ont été mêlés séparément à de la pierre ponce, à de la terre calcinée, et abandonnés durant plusieurs mois à la décomposition, dans un courant d'air, avec une disposition propre à recueillir l'ammoniaque émise et à la doser. Le résultat a été que, dans cinq cas sur six il y a eu émission plus ou moins prononcée de gaz azote, s'élevant dans deux cas à 12 pour 100 de l'azote contenu dans la substance.

La seconde série, comprenant neuf observations, a de même été faite avec du froment, de l'orge, des féveroles, le sol étant constitué comme précédemment par de la pierre ponce ou de la terre calcinée. Dans plusieurs cas on a mis les graines entières, elles se sont développées, et les plantes, après leur mort, ont été abandonnées à la décomposition. Dans d'autres on a fait usage de graines concassées ou moulues. Les degrés d'humectation ont été différents. On a continué ces expériences pendant plusieurs mois, pendant lesquels des matières ont perdu de 60 à 70 pour 100 de leur carbone. Dans huit expériences sur neuf, il y a eu émission d'azote libre, s'élevant dans la plupart des cas à $\frac{1}{7}$ ou $\frac{1}{8}$, et dans un cas à 40 pour 100 de l'azote constituant de la substance. La décomposition de la matière organique a toujours été très complète, et la proportion de carbone perdu a été relativement uniforme. Il paraîtrait d'après cela que si dans de rares circonstances il peut ne pas y avoir émission d'azote pendant la décomposition des matières organiques azotées, le plus ordinairement la perte peut être considérable ; c'est là, il faut le remarquer, un fait important, en ce qu'il touche à l'aménagement des fumiers dans les fermes.

Des expériences multipliées ont montré que les mêmes matières organiques azotées, quand elles se décomposent

sous l'eau, à l'abri de l'oxygène libre, n'émettent pas de gaz azote. Cette émission paraît donc être due à un phénomène de combustion.

D'autres expériences ont fait voir que les graines germées renferment, à peu de chose près, la totalité de l'azote qu'elles contenaient avant la germination.

Il est à observer que, dans les circonstances mentionnées plus haut, où il y a eu une forte émission d'azote libre, la matière organique a été soumise aux effets de la putréfaction durant plusieurs mois, et qu'elle a perdu les deux tiers de son carbone. Dans les recherches relatives à la question d'assimilation, une très faible partie de la matière organique éprouve une décomposition analogue, et cela pendant un temps très court, au bout duquel elle a conservé sa forme et presque tout son carbone. On peut donc admettre que, dans les expériences sur l'assimilation, on n'a pas eu à redouter une erreur sérieuse attribuable à une émission de gaz azote libre par suite d'une altération de la matière azotée pendant la germination et la végétation. Ces faits toutefois donnent une explication vraisemblable des petites pertes d'azote qui peuvent se manifester quand certaines graines n'ont pas levé ou que des feuilles ou d'autres matières mortes ont été altérées, et ils font naître une objection contre l'intervention des matières organiques azotées dans ce genre de recherches. Quoiqu'il n'y ait pas à mettre en doute l'émission d'hydrogène pendant la décomposition des substances végétales dans certaines conditions, et bien qu'il soit admis depuis longtemps que l'hydrogène naissant est apte à s'unir avec l'azote gazeux pour constituer de l'ammoniaque, néanmoins, d'après diverses considérations établies avec détail dans ce travail, on est autorisé à croire qu'il n'y a pas eu lieu de se préoccuper, dans le cours de ces expériences, d'aucune erreur provenant d'un surcroît d'ammoniaque formée sous l'influence de l'hydrogène

naissant dégagé par le fait de la décomposition de la matière organique.

Revenant aux expériences relatives à la question de l'assimilation directe de l'azote qui est à l'état gazeux dans l'air, on a examiné si les conditions seraient plus favorables à cette assimilation quand la plante ne disposerait que de l'azote constitutif de la graine, ou lorsqu'on lui fournirait de l'azote à l'état de combinaison, soit en quantité fort restreinte, soit en excès? Puis, à quelle phase de la végétation cette assimilation aurait lieu avec le plus d'intensité : si ce serait pendant la période la plus active de la croissance, ou quand la plante, après avoir acquis plus de développement, approcherait de la maturité? En tenant compte de ces diverses circonstances, on devait espérer d'en déduire un certain nombre de conditions spéciales dans l'une desquelles peut-être l'assimilation d'azote libre se réaliserait si cette assimilation était possible.

Il était difficile de supposer qu'il y aurait assimilation d'azote libre par une plante qui en aurait suffisamment à sa disposition à l'état de combinaison. Cependant il convenait d'instituer une large série d'expériences variées, où, dans les unes, la plante ne disposerait que de l'azote de la graine, dans les autres où l'on permettrait à la plante de prendre un développement plus considérable en lui fournissant un surcroît limité d'azote assimilable, où dans d'autres, enfin, l'azote combiné fourni à la plante dépasserait la quantité nécessaire à la végétation.

Dans ces recherches sur l'assimilation de l'azote, il convenait de choisir des plantes qui, tout en étant capables de se plier aux conditions artificielles de température, d'humidité, etc., dans lesquelles on allait les placer, offrissent néanmoins un intérêt agricole. On a pour cette raison donné la préférence aux deux grandes familles des graminées et des légumineuses, qui, d'après

ce que l'on a rappelé précédemment, semblent différer essentiellement dans leurs relations avec les engrais azotés incorporés au sol.

On a fait treize expériences (quatre en 1857 et neuf en 1858) dans lesquelles les plantes n'ont pas eu d'autre azote que celui qui appartenait à la graine. Dans douze de ces expériences, le sol était formé avec de la terre préparée comme il a été indiqué plus haut; dans la treizième, il consistait en pierre ponce.

Neuf expériences faites sur les graminées, une avec du froment et deux avec de l'orge, ont été exécutées en 1857. Dans l'une des expériences sur l'orge on a pu constater un gain en azote de $0^{\text{gr}},0016$, dans l'autre un gain de $0^{\text{gr}},0026$. Dans deux cas seulement on a eu un gain en azote dans les expériences entreprises en 1858 sur les céréales, et dans ces deux cas ce gain n'a pas dépassé une faible fraction de milligramme. En réalité, on n'a jamais trouvé, tant en 1857 qu'en 1858, plus d'azote dans les *plantes elles-mêmes* que n'en contenait la graine qui leur avait donné naissance. On n'a constaté un excès d'azote qu'autant qu'on faisait intervenir, dans le calcul des résultats, l'azote du sol et du pot dont le poids s'élevait à 1500^{gr} , et cet excès n'est arrivé à 1^{mgr} que dans les expériences de 1857, quand on fit usage d'ardoise (*slate*) au lieu de terre cuite vernissée (*earthenware stands*) pour supporter la cloche dans le but de clore l'appareil, et il y a des raisons pour croire que ce léger excès était dû à cette circonstance. Dans aucun des autres cas, l'excès d'azote n'a dépassé les limites des erreurs possibles de l'analyse. On est donc arrivé à ce résultat que, dans aucun cas, on n'a pu constater dans ces expériences un gain en azote permettant de supposer qu'il y ait eu assimilation de l'azote qui est à l'état gazeux dans l'air. Les plantes cependant ont végété pendant plusieurs mois; le plus souvent même elles ont triplé

la quantité de carbone originairement contenue dans la graine et n'ont, sans aucun doute, été limitées dans leur développement que faute d'un surcroît d'azote assimilable sous une forme quelconque. Cependant les plantes, dont quelques-unes avaient donné des graines, étaient restées durant plusieurs mois dans une atmosphère contenant de l'azote libre où leurs cellules étaient remplies de liquides saturés de ce gaz. On remarquera que les résultats de ces expériences sur les céréales confirment ceux déjà obtenus par M. Boussingault.

Dans les mêmes conditions, les légumineuses ne se sont pas développées aussi bien que les céréales. Toutefois, dans trois cas où les plantes n'avaient pas eu d'autre azote que celui qui existait dans les semences, le carbone fixé a dépassé de beaucoup celui que renfermait la graine, dans un plant il a été plus que triplé. Jamais cependant il n'y a eu le moindre indice d'une assimilation d'azote libre, ainsi qu'il était arrivé pour les céréales venues dans les mêmes circonstances (1).

Une expérience faite avec du sarrasin, n'ayant à sa disposition que l'azote de la graine, n'a pas donné davantage l'indice d'une assimilation de l'azote gazeux pendant la végétation.

En considérant l'ensemble de ces recherches, où les plantes n'ont eu à leur disposition d'autre azote que celui de la graine, on en tire cette conclusion, basée sur l'invariabilité de la quantité, qu'il n'y a eu ni émission ni

(1) Ces résultats sur les légumineuses s'accordent tout aussi bien avec mes expériences que ceux obtenus sur les céréales par MM. Lawes, Gilbert et Pugh. En faisant développer des haricots dans une atmosphère renouvelée et purifiée, en arrosant le sol préalablement calciné avec de l'eau distillée *exempte d'ammoniaque*, je n'ai pu découvrir le moindre indice de l'assimilation de l'azote libre. Mais en cultivant la même plante en plein air, dans un sol stérile humecté avec de l'eau pure, j'ai toujours constaté sensiblement plus d'azote dans la récolte qu'il n'y en avait dans la semence. Ce gain en azote, pour un seul plant, a varié de 0^{gr},003 à 0^{gr},011. (B.)

assimilation d'azote ; mais on ne peut pas en conclure qu'il n'y aurait pas eu émission si de l'azote à un état assimilable avait été donné en excès à la plante.

On mentionnera ici les résultats d'un grand nombre d'expériences dans lesquelles on a fourni aux plantes des quantités plus ou moins grandes d'azote à l'état de combinaison, soit sous la forme de sels ammoniacaux, soit sous celle de nitrates. Dix expériences ont été faites avec des céréales, quatre entre 1857 et six en 1858. En 1858 on a fait trois expériences avec des légumineuses et plusieurs autres avec des plantes diverses.

Pour les céréales particulièrement, le surcroît d'azote à l'état de combinaison a produit un développement considérable, à tel point que la matière végétale élaborée dépassait de 8, 12 et même 30 fois celle qui avait été élaborée par les mêmes plantes végétant dans un sol stérile, et la quantité d'azote fixée par l'organisme était toujours plusieurs fois, même jusqu'à 30 fois aussi forte. Il est donc hors de doute qu'on avait rempli, sauf le manque d'azote à l'état assimilable, toutes les conditions propres à déterminer une végétation vigoureuse, et que l'arrêt de la croissance était bien dû uniquement au manque d'engrais azoté.

Dans deux expériences, sur les quatre faites avec les céréales en 1857, on avait reconnu un léger gain en azote dépassant la limite des erreurs possibles de l'analyse ; mais on n'a constaté aucun gain dans aucune des expériences entreprises en 1858, quand dans l'appareil on eut substitué la terre vernissée à l'ardoise. On en a conclu qu'il ne s'était fait aucune assimilation d'azote libre. Dans quelques cas l'engrais azoté n'a été ajouté que lorsque la plante donnait des signes évidents de dépérissement, et après chaque addition il se manifestait aussitôt de la vigueur dans la végétation. Dans d'autres cas, l'engrais azoté a été ajouté plus tôt et à plus forte dose.

De même que les légumineuses qui ont végété dans un sol stérile, celles qui ont eu à leur disposition un engrais azoté, ont paru végéter moins vigoureusement que les graminées ; mais dans aucun cas on n'a vu l'indice d'une assimilation de l'azote libre.

Dans les expériences faites avec l'intervention d'un engrais azoté sur des plantes autres que les graminées et les légumineuses, les résultats n'ont pas indiqué davantage qu'il y ait eu assimilation de l'azote libre.

Ainsi, dans dix-neuf expériences faites sur les graminées, neuf sans et dix avec un surcroît d'azote combiné ; dans six expériences sur les légumineuses, trois avec et trois sans addition d'un engrais azoté, et en outre dans plusieurs expériences faites avec diverses plantes et dans des conditions les plus variées, il n'a pas été possible de constater l'indice d'une assimilation, par la plante, de l'azote qui est à l'état gazeux dans l'air atmosphérique.

Devant l'évidence de la non assimilation de l'azote *libre* par les plantes, il est fort à désirer que les diverses sources d'où peut provenir l'azote *combiné* soient recherchées avec la plus grande attention, tant sous le rapport qualitatif que sous le rapport quantitatif.

S'il est établi que les végétaux ne fixent pas l'azote libre dans leur organisme, on ne peut expliquer encore (1),

(1) Voici, au reste, le texte des conclusions générales de l'important travail exécuté par MM. Lawes, Gilbert et Pugh :

The conclusions from the whole inquiry may be briefly summed up as follows :

The yield of nitrogen in the vegetation over a given area, within a given time, especially in the case of Leguminous crops, is not satisfactorily explained by reference to the hitherto quantitatively determined supplies of *combined* nitrogen.

The results and conclusions hitherto recorded by different experimenters on the question whether plants assimilate *free* or *uncombined* nitrogen, are very conflicting.

The conditions provided in the experiments of the Authors on this

d'une manière satisfaisante, l'origine de la masse considérable d'azote combiné qui se rencontre soit à la surface du globe, soit dans l'atmosphère.

question were found to be quite consistent with the healthy development of various Gramineous Plants, but not so much so for that of the Leguminous Plants experimented upon.

It is not probable that, under the circumstances of the experiments on assimilation, there would be any supply to the plants of an unaccounted quantity of combined nitrogen, due to the influence either of ozone, or of nascent hydrogen.

It is not probable that there would be a loss of any of the combined nitrogen involved in an experiment on assimilation, due to the evolution of free nitrogen in the decomposition of organic matter, excepting in certain cases when it might be presupposed.

It is not probable that there would be any loss due to the evolution of free nitrogen from the nitrogenous constituents of the plants during growth.

In numerous experiments with Gramineous plants, under a wide range of conditions of growth, in no case was there any evidence of an assimilation of free nitrogen.

In experiments with Leguminous plants the growth was less satisfactory, and the range of conditions was, therefore, more limited. But the results with these plants, so far as they go, do not indicate any assimilation of free nitrogen. It is desirable that the evidence of further experiments with such plants, under conditions of more healthy growth, should be obtained.

Results obtained with some other plants, are in the same sense as those with Gramineous and Leguminous ones, in regard to the question of the assimilation of free nitrogen.

In view of the evidence afforded of the non-assimilation of *free* nitrogen by plants, it is very desirable that the several actual or possible sources whence they may derive *combined* nitrogen should be more fully investigated, both qualitatively and quantitatively.

If it be established that plants do not assimilate free or uncombined nitrogen, the source of the large amount of combined nitrogen known to exist on the surface of the globe, and in the atmosphere, still awaits a satisfactory explanation.



SUR LA PRÉSENCE
DE
L'AMMONIAQUE ET DE L'ACIDE NITRIQUE
DANS LA ROSÉE ARTIFICIELLE.

Je nomme rosée *artificielle* l'eau que dépose l'air plus ou moins complètement saturé de vapeur, quand il est en contact avec une surface suffisamment refroidie, bien qu'en réalité je ne fasse aucune distinction entre cette rosée et celle qui mouille les plantes durant une nuit chaude, calme et sereine, c'est-à-dire lorsque l'état de l'atmosphère favorise le rayonnement calorifique des objets placés sur le sol. La rosée est peut-être le seul météore aqueux que l'homme produise à volonté; son origine est toujours la même : la vapeur contenue dans l'air; son apparition est toujours déterminée par la même cause : un abaissement de température éprouvé par les corps sur lesquels elle se condense.

En se liquéfiant, la vapeur entraîne nécessairement les substances volatiles et solubles disséminés dans l'atmosphère. C'est ainsi que l'on constate dans les caux météoriques, et particulièrement dans la rosée, une notable proportion d'ammoniaque.

En 1853, j'ai trouvé que de la rosée recueillie au Liebfrauenberg contenait, par litre :

Rosée reçue dans la nuit du

		mgr	
18 au 19 août..	..	3,1	d'ammoniaque.
9 au 10 septembre	....	6,2	»
11 au 12 septembre	..	6,2	»
21 au 22 septembre	...	6,2	»
24 au 25 septembre	...	1,0	».
27 au 28 septembre	..	6,2	»

Quoique la rosée apparaisse très fréquemment, comme l'indique l'humidité dont l'herbe est ordinairement couverte avant le lever du soleil, les cas où il est possible de s'en procurer en assez grande abondance pour l'examiner ne sont pas aussi fréquents qu'on pourrait le supposer. D'ailleurs les circonstances où la vapeur dissoute dans l'atmosphère pénètre et se condense dans un sol desséché sans que cependant la rosée soit manifeste, sont fort communes, et il y a lieu de croire que, dans le cours d'une année, la terre reçoit par le seul effet de sa faculté hygroscopique une quantité d'eau considérable, ayant tout porte à le penser, la constitution de la rosée. Il y a plus : la plupart des matières poreuses absorbent de l'air atmosphérique et, avec cet air, de l'eau de rosée. Aussi, toutes les fois qu'il y a pénétration et condensation de vapeur aqueuse dans un corps poreux, il y a apport d'une certaine dose d'ammoniaque, car dans le fait il y a dépôt de rosée. C'est par cette absorption d'air accompagnée d'eau ayant existé en vapeur dans l'atmosphère qu'il est possible d'expliquer l'apparition de l'ammoniaque dans des substances poreuses exposées à l'air après avoir été calcinées à une forte chaleur rouge, comme il résulte d'expériences fort délicates que j'ai exécutées à l'occasion des recherches sur la végétation (1). Ainsi, j'ai trouvé que

(1) BOUSSINGAULT, Recherches sur la végétation. (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XLIII, p. 149, 3^e série.)

1^{lgr} de matière pulvérisée et exposée à l'air, pendant deux à trois jours, après la calcination, a pris

	mgr	
La brique.....	0,5	d'ammoniaque.
Le sable..	0,8	»
Le phosphate de chaux...	0,8	»
Le charbon de bois.....	2,9	»

J'ai reconnu, en outre, que lorsque les mêmes matières avaient été humectées avec de l'eau bien pure immédiatement après la calcination, lorsque par cette imbibition on détruisait en quelque sorte leur porosité, elles n'acquerraient plus d'ammoniaque.

Toutefois il restait à démontrer que l'eau condensée provenant de l'atmosphère contenait de l'ammoniaque. C'est ce qui m'a porté à rechercher cet alcali dans la rosée artificielle que je me suis procurée par le procédé suivant.

J'ai chargé de glace un vase cylindrique en verre de 77^{cm} de hauteur et 60^{cm} de circonférence; comme la hauteur de l'eau à 0° ne dépassait pas 66^{cm}, la surface réfrigérante était de 3960^{cm}². Le vase reposait sur un entonnoir très évasé aboutissant à un flacon où se rendait l'eau provenant de la condensation de la vapeur.

L'appareil a été établi dans une salle ouvrant sur une terrasse du Conservatoire des Arts et Métiers, où on l'a laissé exposé en renouvelant la glace, du 20 au 21 mai. La température de la salle s'est maintenue entre 24° et 26° centigrades. On a obtenu $\frac{1}{2}$ litre de rosée artificielle; c'était de l'eau parfaitement limpide, sur laquelle surnageaient deux particules impondérables de suie. Cette eau n'était pas troublée par des sels de baryte. Le nitrate d'argent y occasionnait un léger louche. Le sous-acétate de plomb y formait un précipité indiquant la présence d'acide carbonique. Elle n'avait ni odeur ni saveur particulière.

Traitée avec toutes les précautions convenables dans

l'appareil dont je me sers pour examiner les eaux pluviales ⁽¹⁾, j'en ai retiré une quantité d'ammoniaque répondant à 10^{mgr},8 pour 1^{lit}, proportion très forte si on la compare à celle qu'a fournie la rosée recueillie au Liebfrauenberg. Une recherche spéciale faite sur le résidu de la distillation a indiqué la présence non douteuse de l'acide nitrique.

L'eau a pris, par la concentration au centième de son volume initial, cette teinte jaune d'ambre caractéristique des eaux météoriques. Dans de la rosée précipitée de l'atmosphère du Conservatoire des Arts et Métiers, l'origine de l'acide nitrique était naturellement suspecte. Cet acide pouvait être attribué aux vapeurs des laboratoires. Pour lever tous les doutes, j'ai fait déposer de la rosée, non plus à Paris, mais dans un lieu très éloigné de toute habitation.

En septembre 1858 j'ai monté un appareil réfrigérant dans la forêt de Mitehdorff, près de la source de la Sultzbach (Bas-Rhin). Comme je n'avais pas de glace, j'ai produit du froid par l'évaporation d'un corps très volatil.

J'ai mis dans un ballon de verre quelques kilogrammes de sulfure de carbone. Un tube prenant l'air à l'extérieur traversait le bouchon de fermeture et plongeait au fond du ballon; un autre tube courbé à angle droit, partant du même bouchon, communiquait avec un tonneau de 400^{lit} de capacité, rempli d'eau, devant servir d'aspirateur. En laissant écouler l'eau, on déterminait le passage de bulles d'air à travers le sulfure, et, par suite de ce passage, le refroidissement de tout le système. C'était, comme on voit, l'hygromètre condensateur de Regnault établi sur une proportion colossale. Tel était, au reste, le pouvoir réfrigérant de cet appareil, que, en le faisant fonctionner

⁽¹⁾ *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, t. II, p. 170: 2^e édition.

en plein soleil, on abaissait rapidement la température du sulfure de carbone à -5° , quoique un thermomètre, exposé à l'ombre, marquât $+31^{\circ}$. Il n'y avait d'ailleurs aucun avantage, pour le but qu'on se proposait d'atteindre, d'abaisser autant la température; il y avait même un inconvénient, et c'est que, comme l'air qui traversait le sulfure de carbone n'était pas sec, le tube par lequel il pénétrait ne tardait pas à être bouché par la glace qui se déposait dans son intérieur. En modérant la vitesse du passage de l'air, on maintenait facilement la température à 1° ou 2° au-dessus de 0° ; le ballon était alors couvert d'une rosée qui, n'étant pas congelée, coulait dans un flacon récepteur posé sous l'appareil.

La rosée obtenue par ce moyen le 21 et le 22 septembre était d'une limpidité parfaite, incolore et sans odeur; concentrée, elle s'est à peine colorée, cependant elle n'était pas exempte de cette substance organique brune, particulière à toutes les eaux météoriques, surtout quand elles commencent à tomber, et qui s'oppose au dosage exact de l'acide nitrique par l'indigo. Aussi comme, à cause du peu d'humidité de l'air, je n'avais pu condenser que 60^{cc} de liquide, j'ai dû me borner à y constater la présence de cet acide; on pouvait néanmoins l'estimer à une proportion de $0^{\text{mgr}},05$ à $0^{\text{mgr}},1$ par litre de rosée d'après la teinture décolorée. Mais il est hors de doute que l'on en aurait dosé davantage s'il eût été possible de distiller avec du bioxyde de manganèse et de l'acide sulfurique pour détruire la matière organique.

Dans de la rosée *naturelle* recueillie à la même époque au Liebfrauenberg on a trouvé, en distillant, une proportion d'acide nitrique répondant à $1^{\text{mgr}},2$ par litre. Ainsi dans la rosée artificielle, obtenue loin des lieux habités, en pleine forêt et en condensant la vapeur aqueuse de l'atmosphère, il y aurait des traces d'acide nitrique.

J'ai souvent émis cette opinion, que l'examen des mé-

téores aqueux conduira à la connaissance de certains principes que l'atmosphère ne renferme qu'en proportions excessivement faibles, quoique leur action sur les êtres organisés soit évidente et quelquefois funeste.

Dans un travail exécuté en 1853, j'ai fait voir que la pluie, surtout quand elle commence, entraîne des substances qu'on tenterait en vain de doser par l'analyse directe. La rosée, mieux encore que la pluie, condense et concentre ces substances; et comme on peut provoquer sa formation partout et dans toutes les conditions météorologiques, elle facilitera, sans aucun doute, l'étude des matières si diverses dont l'air est à la fois le réceptacle et le véhicule.

SUR LE GISEMENT

DU NITRATE DE SOUDE DU PÉROU.

LETTRE DE M. MARIANO DE RIVERO A M. BOUSSINGAULT.

La province de Tarapaea, dans le département de Moquehua, situé entre 19° et 21°,30 de latitude sud, et 68°,15 et 70°,22 de longitude ouest, longe au nord la province d'Arica, à l'est la République Bolivienne, au sud le désert de Yatacama, et à l'ouest l'océan Pacifique. Iquique est son principal port. Du temps de la domination espagnole, elle faisait partie de la province d'Arequipa.

Cette partie de la République Péruvienne est une des plus intéressantes, tant par ses mines d'or, d'argent, de cuivre et de plomb, que par les substances salines, qui sont aussi une véritable richesse.

On y connaît les mines de Huantajaya et de Santa-Rosa, découvertes, d'après ce que l'on prétend, en 1556 et en 1778; elles produisirent, à l'époque de la colonisation, des centaines de mille marcs d'argent. Les premiers qui en firent la découverte furent des Espagnols établis à Arica. Les familles Loaysa et de Fuente sont celles qui, dans le siècle passé et au commencement de celui-ci, les exploitèrent avec le plus d'avantages. Un des descendants de la dernière de ces familles, Don Baltazar Fuente, est celui qui les exploite aujourd'hui. Le minerai consiste en chlorure d'argent (lune cornée) mêlé à du chlorure de cuivre et à du sulfure d'argent, disséminés dans une gangue de carbonate de chaux; on en a rencontré des blocs (*papas*) du poids de 800 livres espagnoles; il y en avait un au Cabinet minéralogique de Madrid pesant plusieurs arrobas (1); il avait été trouvé dans le *Panizo*, roche tendre formée d'argile et de débris de coquilles.

Suivant les comptes de la trésorerie d'Arequipa, on y fondit, en 1827, 7922 marcs d'argent, et, en 1828, 2590 marcs seulement :

(1) L'arroba = 25 livres espagnoles.

quantités que l'on considérera comme exorbitantes, attendu que depuis l'année 1820 toutes les *pinas*, résidus de la distillation de l'amalgame d'argent que produisaient ces mines, s'écoulaient en contrebande, et il est notoire que, de 1815 à 1825, la seule exploitation d'*Areos* a rendu plus de 3 millions de francs.

La province de Tarapaca, si riche en minerais argentifères, ne l'est pas moins en substances salines, dont une, le nitrate de soude, le salpêtre d'Iquique, a plus particulièrement attiré l'attention du commerce, à cause de son importance dans la fabrication des produits chimiques et de l'emploi qu'en font les cultivateurs pour fertiliser leurs terres.

En 1821, je fis connaître en Europe cette remarquable matière, dont un échantillon m'avait été donné par mon compatriote M. Pedro Fuente, qui s'était occupé de l'épuration de ce produit dans la province de la Concepcion, au Chili (1). Le savant minéralogiste Haüy, auquel j'eus la satisfaction d'en offrir une petite quantité, en détermina la forme cristalline. J'annonçai alors que ce salpêtre se trouvait sur un vaste territoire, facile à exploiter, et que le commerce européen en tirerait de grands profits. Cette prévision se réalisa complètement. L'extraction du salpêtre a occupé beaucoup de bras, a fourni des chargements à un grand nombre de navires, et enfin de bonnes récoltes aux populations de Tarapaca, qui en ont fait usage pour l'amendement du sol.

Cependant de 1827 à 1830 les premières exportations, dirigées sur l'Angleterre et sur les États-Unis, furent loin d'être lucratives; elles rencontrèrent peu d'acheteurs, par la raison qu'on ne connaissait pas d'emploi pour le nitrate de soude. Ce fut seulement en 1831, qu'en France on reconnut la valeur de cette matière; on la vendit plus de 30 francs le quintal espagnol. Dès cette époque, l'exploitation du nitrate commença sur une plus grande proportion, et, dans les cinq années suivantes, l'exportation s'éleva à 3 260 475 quintaux.

Dans la plaine aride de la province de Tarapaca, qui s'étend du nord au sud le long du littoral, en faisant suite au désert de Yatacama, on trouve le *nitrate de soude*, le *sel commun*, le *borate de chaux*, recouverts de sable mouvant ou de *caliche* (conglomérat de sable, d'argile et de sel), à la hauteur de 1000^m au-dessus du niveau de la mer et de 25 à 30 milles de la côte.

(1) *Annales des Mines*, année 1821, p. 593. *Phillips Mineralogy*, London, 1823; 3^e édition.

Je ne vous parlerai pas de l'origine de ces matières salines : les uns la voient dans l'évaporation de l'eau de la mer ; les autres dans des alluvions descendues des Cordillères.

C'est dans le pampa de Tamarugal, dont le nom vient des tamarins et des *Algarovas* (mimosas), que sont situées les nitrrières du nord, du centre et du sud. A la surface on rencontre tantôt des galets, tantôt du sable, des amas de sel marin, de nitrate de soude, du limon. L'eau se trouve à différents niveaux ; les puits de Ramirez ont 20^m. Il est à remarquer que la nappe aquifère est plus abondante et plus rapprochée de la superficie dans la proximité des collines de l'est, ce qui indiquerait que les infiltrations viennent de la Cordillère. La saveur de ces eaux est faiblement salée.

Les ravins dont la pampa est sillonnée sont le Pisagua, le Tamarraona, le Loa, dont les eaux peu abondantes vont se jeter dans l'océan Pacifique.

Les principaux dépôts de nitrate de soude commencent à Quiviche et s'étendent au sud jusqu'à Quillagua ; ils sont séparés par des amas de sel marin que l'on voit apparaître aux extrémités du plateau del Tamarugal ; on en voit aussi dans les anfractuosités du terrain. On les reconnaît jusqu'à 18 milles de la plage ; ils ne semblent pas dépasser cette limite, hors de laquelle on ne rencontre plus que des amas de sel commun.

Le *nitrate caliche* présente des gisements d'une étendue de 100^m à 600^m sur 2^m à 3^m d'épaisseur ; dans certains parages le minerai est si dur, qu'on est obligé de l'attaquer à la poudre. Ces masses compactes sont quelquefois formées de nitrate de soude pur.

Les variétés de nitrate caliche, d'après M. Bollaert qui en a fait un examen attentif, peuvent être classées ainsi :

- 1° La blanche compacte renfermant 64 pour 100 de nitrate ;
- 2° Le jaune, dont la couleur est due à la présence d'iodates ;
- 3° La grise compacte, légèrement ferrugineuse et iodifère, renfermant 46 pour 100 de nitrate ;
- 4° La grise cristallisée, variété la plus abondante, renfermant de 20 pour 100 à 25 pour 100 de nitrate et des traces d'iodate ;
- 5° Le caliche blanc cristallin : c'est le nitrate de soude.

Toutes ces variétés contiennent plus ou moins de sel marin, de sulfate et du carbonate de soude, de chlorure de calcium et fréquemment du borate de chaux, que l'on trouve ordinairement sous les couches de nitrate de soude.

Pour obtenir le salpêtre propre à l'exportation, on a employé

les procédés imparfaits et coûteux, car les fourneaux, semblables à des foyers de cuisine, laissent perdre beaucoup de chaleur. Deux ou trois chaudières en cuivre ou en fonte, quelques royaux, des leviers en fer (*varas*), des pioches, des paniers, étaient les seuls ustensiles employés pour l'exploitation et la purification du salpêtre.

Après avoir concassé le caliche en petits morceaux et l'avoir mis dans une chaudière avec la quantité d'eau suffisante, on le fait bouillir pour opérer la dissolution des substances salines; le sable et les autres matières insolubles se déposent au fond des chaudières quand l'ébullition cesse. On transvase alors la liqueur dans un autre vase évaporatoire, et lorsqu'elle est suffisamment concentrée, on la laisse refroidir pour déterminer la cristallisation du nitrate. Souvent l'évaporation est achevée en exposant la dissolution aux rayons solaires.

Lorsque le sel est sec, on en remplit des sacs, que l'on transporte à la côte à dos de mulets.

Dans les environs de la Nueva Noria, on a établi plus de cent petites usines où l'on traite les caliches.

Le combustible employé à cet objet est le bois de l'algarrobo (caroubier) et du tamarinier, les seuls arbres de la pampa de Tamarugal; on fait aussi usage de bois fossile assez abondant dans ces parages, provenant probablement d'une immense forêt enfouie depuis un temps immémorial.

La pampa de Tamarugal pourrait fournir à l'Europe entière le salpêtre dont elle a besoin, car les gisements sont intarissables, et bien que leur origine soit encore inconnue, il est probable que ces éléments atmosphériques ont eu et ont encore une grande part dans la formation du salpêtre. Ainsi, on croit avoir remarqué qu'après un certain laps de temps il apparaît encore du nitrate de soude là où on l'avait enlevé.

Le port d'Iquique, le principal de la province, situé par 20°47' de latitude sud et 70°14' de longitude ouest, a pris une telle importance depuis la découverte des nitrières, que, malgré l'aridité du sol et le manque d'eau douce ⁽¹⁾, sa population est devenue assez considérable, et il y a toujours quelques navires en chargement dans sa baie. Le Chili fournit les vivres à la population, et les

(1) Les habitants vont chercher l'eau au rio Pisagua. On a établi, à Iquique, une usine dans laquelle on distille l'eau salée, pour obtenir de l'eau douce qu'on livre à la consommation.

fourrages nécessaires au nombre considérable de bêtes de somme employées aux transports.

Vous verrez par les documents ci-joints, que je tiens de bonne source, le nombre de quintaux de salpêtre expédiés de ce port depuis l'année 1830 jusqu'à la fin de 1854 et les quantités reçues par les différentes nations et les colonies depuis 1850 jusqu'à 1854 inclusivement; vous y remarquerez que l'extraction, mois par mois, pendant l'année 1854, s'est élevée au total de 710 407 quintaux.

Le prix du salpêtre d'Iquique dépend d'ailleurs de la consommation qu'on en fait en Europe. C'est ainsi qu'on l'a vu vendre, il y a quelques années, de 4 réaux à 6 réaux le quintal par ceux qui avaient besoin d'avances pour travailler, de sorte que les expéditeurs et les spéculateurs sont les seuls, on peut le dire, qui trouvent un bénéfice plus qu'ordinaire dans ce monopole. Sa valeur, quand il y a des demandes, est de 2 piastres à 18 réaux le quintal (12 fr. 50 c.).

Le borate de chaux a été découvert dans la plaine de Tamargal, sous la couche du caliche nitrate de soude et à la profondeur de 1^m à 2^m. C'est un sel qui pourra atteindre une assez grande valeur, parce qu'il entrera nécessairement dans la fabrication du borax. Il en a été expédié quelques tonneaux pour l'Europe.

D'après une note communiquée au gouvernement Péruvien à la fin de 1853 par le préfet de Moquehua, il paraît que le borate a été reconnu sur une étendue de plusieurs milles, que son extraction ne coûte pas au delà de 2 piastres à 2 piastres $\frac{1}{2}$ le quintal, et qu'après l'exploitation on forme, sur le terrain où se trouvait le borate de chaux, des jardins potagers qu'il n'est pas nécessaire d'arroser, à cause de la constante humidité du sol.

Salpêtre exporté de la baie d'Iquique de 1830 à 1854.

De 1830 à 1834 inclus.	361 385 quintaux espagnols.
De 1835 à 1839 »	761 349 »
De 1840 à 1844 »	1 592 306 »
De 1845 à 1849 »	2 060 592 »
De 1850 à 1854 »	3 260 475 »
	<hr/>
	8 036 108

Exportation pendant l'année 1854.

Pour l'Allemagne.... ..	80 036	quintaux espagnols.
l'Australie..... ..	7 000	»
le Chili..	14 086	»
la Californie... ..	5 242	»
les États-Unis.. ...	48 555	»
la France..... ..	96 446	»
la Grande-Bretagne.	431 635	»
la Hollande..	14 791	»
le Pérou..... ..	1 198	»
Ordres?... ..	11 418	»
	<hr/>	
	710 407	



DE L'EFFICACITÉ DE LA FUMÉE

POUR PRÉSERVER LES VIGNES

DES GELÉES DU PRINTEMPS.

Je lisais ce passage dans un journal que le hasard avait placé entre mes mains :

« Voici un moyen original de préserver les vignes de la gelée, qui vient d'être tenté sur plusieurs points de l'arrondissement de la Rochelle, et paraît avoir complètement réussi. Il consiste à couvrir le vignoble d'un nuage de fumée avant que la désorganisation des tissus soit commencé, c'est-à-dire avant le lever du soleil.

« Tous ceux, dit l'*Écho Rochelois*, qui ont commencé à faire de la fumée vers 3^h du matin et l'ont maintenue jusqu'à 5^h,30^m, ont obtenu le plus complet succès. Il suffira de citer un seul cas; la renommée fera le reste.

« Une vigne de 4 hectares, entourée d'autres vignes, couverte d'une nappe de fumée depuis 3^h jusqu'à 5^h,30^m, est complètement sauvée, ainsi qu'une portion de celle du voisin, sur laquelle la fumée s'étendait. Toutes les autres sont gelées.

« Ces faits sont assez importants pour les porter à la connaissance des vigneronns que l'inconstance de la température tient dans l'anxiété. Un jardinier de Lafond, pour garantir ses fraises, a enfumé son jardin. »

L'article que je viens de transcrire signale un résultat d'expérience des plus intéressants; il laisse cependant plusieurs lacunes que j'essaierai de combler.

Il ne faudrait pas s'imaginer, par exemple, que la fumée possède le pouvoir d'empêcher la vigne de périr pendant un hiver très rigoureux. Il est évidemment question ici de prévenir ces gelées printanières, se manifestant pendant la nuit, alors même que la température de l'atmosphère est supérieure au point de congélation, et dont les effets s'exercent particulièrement sur les bourgeons délicats, sur les organes floraux non seulement de la vigne, mais de toutes les plantes.

A la première vue, il doit sembler assez singulier qu'un bourgeon, qu'une fleur gèle, lorsque le thermomètre indique quelques degrés au-dessus de zéro, en un mot, qu'une plante soit détruite par la gelée quand il ne gèle pas, en apparence du moins.

Mais c'est un fait capital, découvert par Wells, que les corps, et par conséquent les bourgeons, les fleurs, par un temps serein, en l'absence du soleil, sont plus froids que l'air qui les baigne. C'est sur ce fait, échappé à ses devanciers, que le célèbre physicien anglais a fondé son ingénieuse théorie de la formation de la rosée.

Pendant la nuit, lorsque l'atmosphère est absolument calme, le ciel sans nuages, les plantes se refroidissent et acquièrent bientôt une température très notablement inférieure à celle de l'air qui les environne. Dans de semblables conditions, les plantes, ainsi que tous les corps, envoient vers les parties visibles du ciel plus de chaleur qu'elle n'en reçoivent, car les hautes régions de l'atmosphère sont excessivement froides, comme le prouvent et le rapide décroissement de la chaleur à mesure que l'on s'élève au-dessus des vallées, et les neiges dont sont éternellement couvertes les cimes des hautes montagnes. Aussi, le firmament a-t-il été comparé, avec raison, à l'intérieur d'une sphère de glace dont la température était de 40° à 50° au-dessous de zéro. Dans les circonstances météorologiques que je viens de signaler, un ther-

momètre, couché sur le gazon, accuse fréquemment une température inférieure de 7° à 8° à celle qu'indique un thermomètre suspendu dans l'air; la différence est d'ailleurs d'autant plus forte que le gazon, situé dans un lieu bien découvert, *rayonne* vers une plus grande étendue du ciel. Toutes les causes qui agitent l'air, troublent sa transparence, masquent ou rétrécissent le champ de l'hémisphère visible, atténuent le rayonnement nocturne.

C'est surtout au printemps que les effets du rayonnement sont le plus nuisibles aux plantes, par la raison toute simple que le refroidissement nocturne peut être tel, qu'il amène leurs organes à plusieurs degrés au-dessous de zéro. C'est pourquoi, en France, pendant cette saison, dans les nuits sereines, on ne voit que trop souvent les jeunes pousses perdre leur couleur verte, les fleurs se faner et tomber après avoir été gelées. Les jardiniers attribuent ce résultat fâcheux à la lumière de la *Lune rousse*; à la lune qui, commençant en avril, devient pleine à la fin de ce mois, ou plus ordinairement dans le courant de mai, et leur opinion est fondée sur cette observation dont personne ne contestera l'exactitude, que, par un ciel couvert, lorsque les rayons de notre satellite n'éclairent pas les plantes, les effets pernicieux ne se manifestent pas.

Sur les stations élevées des Cordillères, les cultivateurs attribuent aussi à la lumière de la lune les mêmes effets nuisibles sur la végétation; il y a cette seule différence que, selon eux, l'influence pernicieuse persiste durant toute l'année. J'ai eu l'occasion de faire remarquer (1) qu'en France la température moyenne des mois où la lune *roussit* les plantes représente précisément celle du climat

(1) BOUSSINGAULT, *Économie rurale*, t. II, p. 710; 2^e édition.

constant des Cordillères, où l'on redoute, pour les cultures, les effets de la gelée : 10° à 14°

Arago a montré que le froid attribué à la lumière de la lune est uniquement la conséquence de la radiation, dans une saison durant laquelle, pendant la nuit, le thermomètre, dans l'air, se maintient fort souvent à 5° ou 6°. Il en résulte que, en *rayonnant* vers les espaces célestes, un végétal peut être facilement refroidi à plusieurs degrés au-dessous de zéro, et, par conséquent, souffrir de la gelée. L'abaissement de température n'aura lieu que par un temps serein, et c'est seulement dans cette condition que la lune est visible; on ne le verra jamais dans les conditions défavorables au rayonnement. Ainsi, l'observation des jardiniers n'est point inexacte, mais elle est incomplète, car il est de la dernière évidence que dans les mois d'avril et de mai les plantes gèlent quelquefois pendant la nuit, alors même que la lune n'est pas sur l'horizon.

Si la gelée des organes les plus délicats des végétaux, dans des circonstances où l'air ambiant est à plusieurs degrés au-dessus de zéro, est réellement due à l'émission de rayons calorifiques émanés de la plante vers l'espace céleste, il doit arriver qu'un écran, en masquant le ciel, empêchera, ou tout au moins affaiblira le refroidissement. C'est effectivement ce qui a lieu. Ainsi, d'après les belles expériences de Wells, un thermomètre posé sur une planche assez épaisse, située horizontalement à 1^m au-dessus du sol, marque quelquefois, par un temps calme et un ciel pur, 5° de moins qu'un second thermomètre fixé à la face de la planche tournée vers la terre. Dans cette disposition, le premier thermomètre se refroidit, parce qu'il rayonne vers le ciel. Ce résultat explique l'utilité des nattes, des paillassons, des châssis, en un mot, de tous ces abris légers avec lesquels on protège les plantes contre le froid. « J'avais souvent souri, avec cette présomption qui accompagne les demi-connaissances, dit

Wells, en voyant par quels moyens les jardiniers espèrent garantir les plantes les plus délicates de l'action du froid ; car il me semblait impossible qu'une natte mince ou tel autre abri aussi léger pût les empêcher d'acquérir la température de l'atmosphère, la seule qui me semblait devoir leur nuire ; mais, lorsque j'eus découvert que les corps placés à la surface de la terre deviennent plus froids que l'atmosphère, dans les nuits calmes et sereines, en rayonnant leur chaleur vers le ciel, je sentis aussitôt l'importance d'une pratique qui jusque-là m'avait semblé inutile. »

Toutefois, pour acquérir des notions plus exactes sur ce sujet, Wells fixa dans le sol de minces piquets de 0^m. 1 de longueur aux quatre coins d'un carré de 0^m, 6 de côté, aux extrémités desquels on attacha horizontalement un mouchoir de batiste extrêmement fine. Il arriva que le gazon placé sous ce léger tissu était quelquefois de 6° plus chaud que celui qui n'était pas abrité.

La grêle, que l'ouragan et le tonnerre accompagnent toujours, est sans doute un terrible fléau ; en quelques instants, elle anéantit souvent les plus belles espérances du cultivateur. Bien que se manifestant dans le calme le plus absolu de la nature, la gelée par rayonnement est peut-être plus redoutable encore. Un nuage orageux ne lance des grêlons destructeurs que sur une zone ordinairement assez circonscrite, tandis que les effets désastreux de la radiation nocturne embrassent des régions entières. Des vignobles, des vergers sont subitement frappés pendant la nuit, pendant même un instant de la nuit, non pas par le froid de l'atmosphère, mais parce que le ciel est étoilé et que l'air est stagnant.

Quand on connaît les causes qui déterminent la gelée par radiation nocturne, on est naturellement porté à se demander s'il n'y a pas un moyen de préserver de son action destructive les cultures trop étendues pour être abritées par des écrans. Ce moyen existe ; il consiste à

troubler la transparence de l'atmosphère, et les Indiens, de temps immémorial, l'ont appliqué avec le plus grand succès.

Les indigènes du Haut-Pérou sont plus exposés qu'aucun autre peuple à voir leurs récoltes détruites par l'effet de la radiation nocture. Les plateaux qu'ils habitent, élevés de 2000^m à 4000^m au-dessus de l'océan Pacifique, ont, malgré la proximité de l'équateur, à cause même de leur grande altitude, une température moyenne et à peu près constante de 7° à 14°. Les Incas, ces civilisateurs des Andes, avaient parfaitement déterminé les circonstances où l'on doit redouter que les plantes gèlent pendant la nuit. Ils avaient reconnu, par exemple, que la gelée se manifeste toujours sous un ciel pur et dans une atmosphère tranquille; lorsque la nuit s'annonçait de manière à la faire craindre, c'est-à-dire quand les étoiles brillaient d'un vif éclat et que l'air n'était pas agité, les Indiens mettaient le feu à des tas de paille humide, à du fumier, afin de produire de la fumée pour troubler la transparence de l'air, dont ils redoutaient les effets sur les jeunes plants ou sur les fleurs du maïs, base de leur nourriture.

Cette pratique est décrite par l'*Inca Garcilaso de la Vega*, dans ses *Commentarios reales*, où il traite de l'origine de la race royale du Pérou, de son idolâtrie, de ses lois, de son gouvernement, en paix comme en guerre, de ses conquêtes et de la vie de l'avant-dernier des Incas, *Inticusitituiupanqui*.

Garsilaso, fils d'un des *conquistadores* du Pérou et d'une noble Indienne, était né dans la cité impériale de *Cusco*. Dans son enfance, il avait vu maintes fois les Indiens faire de la fumée pour préserver les plantes de la gelée. Voici le curieux passage des *Commentarios* :

« Dans une solennité, le *cusquieraimi*, on offrait un sacrifice au soleil, en le suppliant d'ordonner à la gelée de ne pas brûler le maïs. Lorsque, à la nuit tombante, le

ciel était découvert, les Indiens, craignant alors la gelée, brûlaient du fumier afin de produire de la fumée, et chacun d'eux, en particulier, tâchait de faire de la fumée dans son enclos, parce qu'ils disaient que la fumée empêche la gelée en remplissant, comme les nuages, l'office d'une couverture. Ce que je rapporte ici, je l'ai vu pratiquer dans le *Cusco*. Si les Indiens le pratiquent encore aujourd'hui, je n'en sais rien; je n'ai jamais su non plus s'il est vrai que la fumée empêche la gelée, car alors j'étais trop jeune pour chercher à approfondir ce que je voyais faire aux Indiens (1). »

Ce sont ces mêmes Incas, qui, dans leurs conquêtes, avançant du Pérou à Quito, propagèrent sur leur passage l'art agricole. Aussi, comme l'observe de Humboldt, la culture de la pomme de terre suit-elle la marche des conquérants pour aller s'établir sur les plateaux de Pasto et de Cundinamarca; et « c'est un spectacle intéressant, ajoute l'illustre voyageur, que de voir le précieux tubercule descendre ensuite des montagnes situées sous l'équateur, s'avancer vers le pôle et résister plus que les graminées à tous les frimas du Nord (2). »

Les heureux effets de la fumée, pour prévenir la congélation nocturne, ont aussi été signalés par Pline :

(1) GARCILASO DE LA VEGA, *Commentarios reales*, t. I, p. 227. Voici le texte :

« La tercera fiesta solene se llamaba cusquieraimi. Hacia-se quando ya la Sementera estava hecha, y nascido el maiz. Ofrescian al sol muchos corderos, ovejas machorras, y carneros, suplicandole, mandase al yelo no les quemase el maiz...

« Viendo los Indios à prima noche el cielo raso, sin nubes, temiendo el yelo pegaban fuego à los muladares, para que se hiciese humo, y cada uno en particular procuraba hacer humo en su corral; porque decian, que con el humo se escusaba el yelo, porque servia de cubija, como las nubes, para que no elase. Yo vi esto que digo en el Cosco : si lo hacen oi, no lo sè, ni supe ni era verdad, ò no, que el humo escusase el yelo, que como muchacho no curaba saver tan por extenso las cosas que veia hacer à los Indios. »

(2) BOUSSINGAULT, *Économie rurale*, t. I, p. 364; 2^e édition.

« La conjonction et la pleine lune, dit le grand naturaliste, ne sont nuisibles, même pendant les nuits, que lorsque le temps est serein et l'air parfaitement calme; car avec des nuages ou du vent, la rosée ne tombe pas. Encore est-il des remèdes contre ces influences.

« Quand vous avez des craintes, brûlez dans les vignes et dans les champs des sarments ou des tas de paille, ou des herbes, ou des broussailles arrachées : la fumée sera un préservatif.

« La constellation que nous avons nommée Canicule décide du sort des raisins. On dit alors que la vigne charbonne, brûlée par la maladie comme par un charbon. On ne peut comparer à ce fléau ni les grêles ni les orages, ni les accidents qui ne produisent jamais les chertés; ces coups frappent des champs isolés, tandis que le charbon (la gelée par radiation) frappe des pays entiers (1). »

On a vu que, près de la Rochelle, la fumée vient d'être employée avec un avantage décidé pour prévenir les effets de la gelée printanière; j'ai appris du savant directeur du jardin de botanique de Montpellier, M. Martins, qu'on s'en servait encore dans les environs d'Avignon pour garantir les oliviers, et l'on assure que dans plusieurs localités du Wurtemberg et du Palatinat, les vigneron ont recours au même expédient pour protéger leurs cépages contre le refroidissement occasionné par la radiation nocturne.

Il résulte de ce qui précède que le moyen de soustraire les cultures aux effets désastreux d'un abaissement trop rapide de la température, en troublant la diaphanéité d'une atmosphère stagnante, a été pratiqué dans l'ancien comme dans le nouveau monde. Ce moyen n'est en aucune façon une suggestion de la théorie, et c'est à bon droit

(1) PLINE, traduction de Littré; livre XVIII, p. 694 à 697.

que l'on doit s'étonner de le voir presque généralement abandonné aujourd'hui, même sur les sommets des Andes.

Sous le règne des Incas, enfumer l'air dans des circonstances prévucs, se reproduisant fréquemment, et cela pour assurer les subsistances, était évidemment une mesure de salut public prescrite par un gouvernement paternel, sans doute, quoique de forme essentiellement théocratique. Tant que dura l'empire des *filis du soleil*, quelque temps même après sa chute, Garcilaso l'affirme, la prescription fut suivie. Une impulsion acquise depuis un grand nombre de siècles ne s'arrête pas tout à coup ; mais, quoique éminemment utile, comme la mesure n'était plus obligatoire, on la négligea, puis on l'abandonna d'autant plus facilement que la race cuivrée des Cordillères est d'une nature trop apathique pour exécuter le moindre travail, alors même qu'il est dans ses intérêts, quand elle n'y est pas contrainte par une autorité puissante devant laquelle elle se prosterne toujours.

La conquête renversa naturellement le culte des Incas. Il n'était plus permis aux Indiens de conjurer les effets pernicioeux du froid nocturne en offrant des sacrifices à leurs divinités ; on cessa d'allumer des feux dans les champs, ce que l'on considérait sans doute comme une idolâtrie, tant on était éloigné des admirables expériences de Wells. On pria, cependant, pour détourner une calamité sans cesse menaçante ; mais les prières sans la fumée n'ont pas toujours été efficaces.

En Europe, une des causes qui ont contribué à faire renoncer à prendre, dans l'intérêt des cultures, une précaution dont les excellents résultats ne sauraient être révoqués en doute, c'est, j'en suis convaincu, la difficulté d'être toujours prêt à la prendre à temps. La gelée par radiation nocturne est un phénomène instantané, et l'on n'a pas constamment à sa portée le combustible néces-

saire, surtout un combustible convenable, brûlant lentement en fumant beaucoup. Un vigneron d'ailleurs ne se décidera pas volontiers à sacrifier le fumier dont il n'a jamais trop, et lorsqu'il s'agira de l'allumer, il montrera toute l'apathie d'un Indien. Les feux de paille humide peuvent être assez dispendieux et, s'ils venaient à prendre une certaine intensité, ils présenteraient le double inconvénient d'être aussi dangereux qu'inutiles, car il ne s'agit pas de faire de la flamme.

Quelles sont les matières à très bas prix répandant le plus de fumée? Cette question, je l'ai posée devant plusieurs de mes confrères de l'Académie des Sciences. Le résultat de la discussion a été que l'on devrait employer, comme combustibles susceptibles de troubler, en brûlant, une grande masse d'air, le goudron de houille, la naphthaline, la résine, les bitumes, la tourbe. Ces substances ont une très faible valeur; avec les matières bitumineuses, avec les résines, on pourrait en former soit des torches, soit des lampions, dont quelques-uns suffiraient certainement pour troubler la transparence d'une couche d'air reposant sur un hectare de terrain. La naphthaline, substance blanche, solide, cristalline, comparable à la cire, dont on ne sait que faire, précisément parce qu'elle fume trop quand elle brûle, aurait sur les goudrons la qualité très appréciable d'un transport facile et celle de ne pas salir ce qui serait en contact avec elle.

On objectera peut-être qu'il faudrait brûler une quantité considérable de ces combustibles pour en obtenir assez de fumée, de manière à remplacer celle que le vent entraînerait au loin, pour peu qu'il se fût sentir et que, dès lors, malgré le bas prix des matières, le moyen proposé finirait par devenir très dispendieux. L'objection ne serait pas sérieuse; car, si l'on a bien compris les faits que j'ai exposés précédemment, on sera convaincu que l'intervention de la fumée pour prévenir la radiation noc-

turne n'est justifiée qu'autant que le ciel est découvert et l'atmosphère dans un calme parfait ; cette dernière condition est précisément celle où il faut très peu de fumée pour troubler une énorme masse d'air. Si l'air était en repos et le ciel couvert de nuages ; il n'y aurait pas lieu d'allumer les combustibles, les nuages, pour me servir de l'expression des Indiens, remplissant exactement les fonctions d'une couverture ; si la nuit était sereine, le firmament étoilé, qu'en même temps il fit un peu de vent, il ne faudrait pas les allumer davantage, la fumée serait faite en pure perte, car les plantes ne gèlent pas au printemps, même par une belle nuit, quand l'air est agité.

Ce qu'il faudrait par tous les temps, c'est que, le soir, les combustibles fussent toujours prêts, afin de les allumer si les apparences météorologiques faisaient prévoir une radiation nocturne, si le ciel était pur et l'atmosphère calme.

Quand, par une expérience suffisamment prolongée, on sera parvenu à troubler l'air à volonté, et pour ainsi dire instantanément, par un emploi judicieux de combustibles ayant très peu de valeur, on trouvera probablement que la fumée est l'écran le plus économique pour abriter, lorsque l'abri est nécessaire, soit les fleurs d'un jardin, soit les arbres d'un verger : écran qu'on n'aurait pas à transporter, à déplacer, et, par cela même, infiniment moins embarrassant que les paillassons, que l'on ne sait où placer une fois que l'on n'en a plus besoin.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
DU TERREAU ET DE LA TERRE VÉGÉTALE.....	1
Proportions de nitrates contenues dans divers terreaux	5
Proportions de nitrates dans diverses terres salpêtrées	5
Utilité de la nitrification accomplie dans le terreau de ferme.	7
Nitrification de la terre végétale.....	8
Préparation du terreau des maraichers.....	11
Constitution chimique de plusieurs terreaux et terres végétales.	13
Constitution de diverses terres végétales de la vallée des Amazo- zones (Brésil).....	17
Constitution de la terre végétale des îles du Salut et de la Martinique.....	18
Azote, ammoniacque et nitrates dans un hectare de terre de diverses localités.....	19
INSTRUCTION SUR L'ÉTABLISSEMENT DES NITRIÈRES....	22
Emplacement et construction des hangars.....	23
Choix des terres à nitrifier; formation de la couche... ..	26
Arrosage des couches	33
Salpêtre fourni par une nitrière.....	37
DES NITRATES DANS LE SOL ET DANS LES EAUX.....	40
Nitrates dans le sol forestier.....	42
— dans le sol de prairies.....	44
— dans les terres labourées	45
— dans la terre de serres chaudes.....	50
— dans les marnes.....	53
— dans le plâtre.....	54
— dans l'eau des lacs, des fleuves, des sources et des puits.....	54

	Pages.
Tableau général des quantités de nitrates dosées dans le sol et dans les eaux	61
SUR LA COMPOSITION DE L'AIR CONFINÉ DANS LA TERRE VÉGÉTALE.....	68
Extraction de l'air confiné et dosage de l'acide carbonique....	70
Dosage de l'oxygène et de l'azote dans l'air confiné.....	73
Description des expériences.....	74
Somme de l'oxygène et de l'acide carbonique dans 100 volumes d'air concentré.....	112
Détermination du volume d'air confiné dans 1 ^{mc} de terre végétale.....	114
Air et acide carbonique confinés dans un hectare de terre ..	115
SUR LES PROPRIÉTÉS ABSORBANTES DE LA TERRE ARABLE.....	117
Résumé des observations de MM. Huxtable, Thompson et Way.	117
Observations de M. Liebig	122
Absorption de l'ammoniaque par trois espèces de terres végétales.....	127
Absorption par l'humus, la tourbe, le noir animal.....	128
Destruction d'une partie de l'ammoniaque absorbée par l'humus et la tourbe.....	134
Dispersion de l'ammoniaque absorbée pendant la dessiccation de la terre végétale.....	138
Nitrification d'une partie de l'ammoniaque absorbée par la terre végétale.....	139
Ammoniaque et acide nitrique dans 1 ^{ksr} de terre de diverses provenances.....	145
Influence du carbonate de chaux sur la décomposition des sels fixes d'ammoniaque dans leur contact avec la terre arable.....	147
SUR LE DOSAGE DE L'AMMONIAQUE DANS LES EAUX....	150
Appareil distillatoire pour extraire l'ammoniaque de l'eau ...	152
Dosage de l'ammoniaque dans l'eau sortie de l'appareil.....	155
Préparation de la liqueur acide et de la liqueur alcaline pour le dosage.....	156
Degré de sensibilité donné à la méthode de dosage.....	158
Précautions à prendre pour doser l'ammoniaque en très faible proportion dans un liquide.....	160
Épreuve du procédé.....	161
Relation simple entre les proportions d'ammoniaque contenues dans les produits successifs de la distillation d'une eau faiblement ammoniacale	168
Ammoniaque contenue dans l'eau de rivière.....	171

	Pages.
Ammoniaque contenue dans l'eau de source	172
Ammoniaque contenue dans de l'eau de pluie tombée au Liebfrauenberg.....	176
Quantités comparatives d'ammoniaque, dans des eaux pluviales, des eaux de rivière et des eaux de source.....	177
Dosage de l'ammoniaque dans de l'eau à laquelle on avait ajouté des matières organiques azotées.....	178
Ammoniaque contenue dans l'eau sulfureuse d'Enghien et dans l'eau ferrugineuse de Niederbronn (Bas-Rhin).....	182
Ammoniaque dosée dans de l'eau de mer prise à Dieppe.....	183
Quantité d'ammoniaque portée chaque jour par le Rhin à la mer	183
Quantités d'ammoniaque trouvées dans de la neige ramassée sur une terrasse et dans de la neige ramassée dans un jardin.	184
 SUR LA QUANTITÉ D'AMMONIAQUE CONTENUE DANS LA PLUIE, LA NEIGE, LA ROSÉE ET LE BROUILLARD REÇUS AU LIEBFRAUENBERG	
Ammoniaque dosée; diminution de la proportion d'alcali pendant la chute de la pluie.....	188
Ammoniaque dosée dans la rosée.....	200
Ammoniaque dosée dans le brouillard.....	201
Résumé des observations.....	203
Fixité du nitrate d'ammoniaque	209
Dispersion de l'ammoniaque dissoute dans de l'eau exposée à l'air	211
Dosage de l'ammoniaque dans de l'eau tombée à Paris; diminution de l'alcali pendant la chute de la pluie.....	213
Ammoniaque dosée dans l'eau d'un brouillard observé à Paris.	214
Ammoniaque dans la pluie reçue à Rothamsted.....	215
Ammoniaque dans la pluie tombée sur la terrasse de l'Observatoire de Paris.....	216
 SUR LE DOSAGE DE L'ACIDE NITRIQUE EN PRÉSENCE DES MATIÈRES ORGANIQUES.....	
Purification de l'indigo.....	218
Préparation de l'acide sulf-indigotique... ..	219
Purification de l'acide chlorhydrique.....	219
Préparation de la teinture d'indigo.....	220
Sensibilité de la teinture d'indigo comme réactif de l'acide nitrique.....	221
Détermination du titre de la teinture d'indigo.....	224
Le volume de teinture détruit est proportionnel au poids de l'acide nitrique.....	228
Anomalies produites par des matières organiques dans le dosage de l'acide nitrique par la teinture d'indigo.....	230

	Pages.
Combustion préalable des matières organiques par l'oxygène naissant; dosage de l'acide à l'état de nitrate de baryte....	232
Dosage de l'acide de 0 ^{sr} ,5 de nitrate de potasse mêlé à 0 ^{sr} ,5 de sucre.....	233
Dosage de l'acide de 0 ^{sr} ,1 de nitrate de potasse mêlé à 10 ^{sr} de sucre.....	237
Dosage de l'acide de 0 ^{sr} ,01 de nitrate de potasse mêlé à 0 ^{sr} ,10 de glucose, l'acide déterminé par la teinture d'indigo.....	240
L'oxalate d'ammoniaque et la gélatine brûlés par l'oxygène naissant dégagé du bichromate de potasse par l'acide sulfurique donnent lieu à une formation d'acide nitrique.....	243
Substitution du peroxyde de manganèse au bichromate de potasse pour déceler et doser de faibles quantités de nitrates.	245
Dosage de l'acide nitrique dans le peroxyde de manganèse...	248
Présence des nitrates dans le papier à filtrer, dans la gélatine, dans le noir animal.....	249
Purification du bioxyde de manganèse, persistance de traces d'acide nitrique dans le bioxyde purifié.....	249
Dosages comparatifs de l'acide nitrique dans la même eau de pluie, en faisant et en ne faisant pas intervenir l'oxygène naissant dégagé du bioxyde de manganèse par l'acide sulfurique.....	250
Influence des matières organiques sur le dosage de l'acide nitrique par le procédé dans lequel le bioxyde de manganèse est substitué au bichromate de potasse.....	251
Élimination du chlore des dissolutions dans lesquelles on doit doser l'acide nitrique.....	255
Influence des précipités formés dans les liquides, sur le dosage de l'acide nitrique.....	258
Dosage de l'acide nitrique dans les eaux météoriques. ...	263
Dosage de l'acide nitrique dans l'eau de la Marne....	266
Recherche et dosage approximatif dans l'eau d'un puits de la rue Saint-Landry, à Paris.....	267
Dosage de l'acide nitrique dans une terre végétale.....	268
Dosage de l'acide nitrique dans une terre de jardin....	270
Dosage de l'acide nitrique dans les plantes.....	272
Dosage de l'acide des nitrates contenus dans des feuilles de tabac....	273
RECHERCHES SUR LA QUANTITÉ D'ACIDE NITRIQUE CONTENUE DANS LA PLUIE, LE BROUILLARD, LA ROSÉE ET LA GRÊLE.....	275
Pluie tombée au Liebfrauenberg.	276
Neige tombée au Liebfrauenberg.	277
Pluie et neige tombées à Paris.....	278
Grêle tombée au Liebfrauenberg.....	278

	Pages .
Grêle tombée à Paris	279
Brouillard observé au Liebfrauenberg	280
Brouillards recueillis à Paris.....	281
Rosée recueillie dans la vallée de la Saüer (Bas-Rhin).....	282
Poids de la rosée recueillie sur 4 ^m d'une prairie dans la vallée de la Saüer.....	284
Résumé des observations faites sur la pluie, au Liebfrauen- berg.....	287
Résumé des observations faites sur la neige, au Liebfrauenberg.	294
Résumé des observations faites sur les brouillards, au Lieb- frauenberg.....	294
Résumé des observations faites sur la pluie et la neige, à Paris.	295
Résumé des observations faites sur la rosée, au Liebfrauenberg.	296
Observations, faites au Liebfrauenberg, sur la quantité d'acide nitrique contenu dans la pluie, à diverses époques de sa chute.	297
 EXPÉRIENCES ENTREPRISES POUR RECHERCHER SI L'AZOTE QUI EST A L'ÉTAT GAZEUX DANS L'AIR ATMO- SPHÉRIQUE, INTERVIENT DANS LE DÉVELOPPEMENT DES MYCODERMES..	
Première expérience faite à Paris.....	301
Deuxième expérience faite à la campagne	304
 RECHERCHES ENTREPRISES EN ANGLETERRE POUR DÉ- CIDER SI L'AZOTE QUI EST A L'ÉTAT GAZEUX DANS L'AIR ATMOSPHÉRIQUE EST DIRECTEMENT ASSIMI- LABLE PAR LES VÉGÉTAUX.....	
Conclusions générales de ces recherches.	307
 SUR LA PRÉSENCE DE L'AMMONIAQUE ET DE L'ACIDE NITRIQUE DANS LA ROSÉE ARTIFICIELLE	
Ammoniaque absorbée par des corps poreux exposés à l'air, après leur calcination	322
Ammoniaque contenue dans la rosée artificielle obtenue à Paris.....	324
Acide nitrique constaté dans la rosée artificielle obtenue dans une forêt.. ..	324
une forêt.. ..	325
 SUR LE GISEMENT DU NITRATE DE SOUDE DU PÉROU...	
Variétés des nitrates caliches.	328
Exportations du salpêtre du Pérou... ..	330
 DE L'EFFICACITÉ DE LA FUMÉE POUR PRÉSERVER LES VIGNES DES GELÉES DU PRINTEMPS.....	
Conditions du refroidissement des plantes par le rayonnement nocturne.....	334
	336

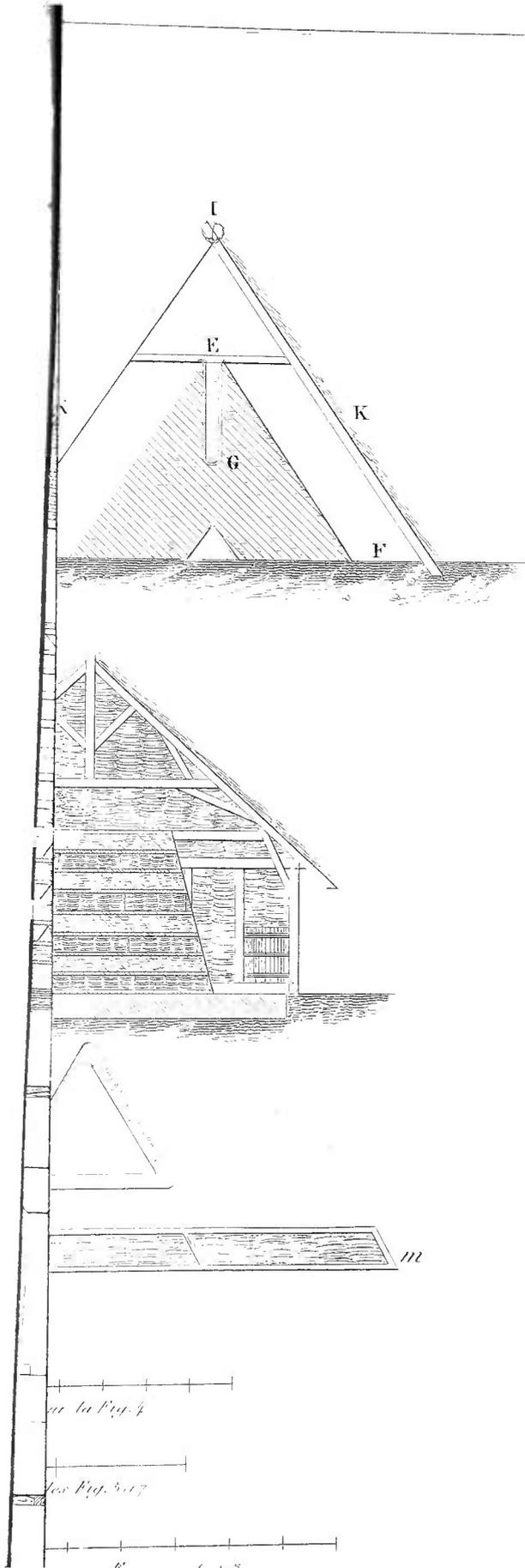
	Pages
Opinion d'Arago sur la cause de refroidissement attribuée à la lune rousse	337
Moyen employé par les Indiens du haut Pérou pour préserver leurs cultures de la gelée.....	339
Passage tiré des <i>Commentarios reales</i> de Garcilaso de la Vega.	339
Passage tiré de Pline sur les heureux effets de la fumée pour prévenir la congélation nocturne.....	341
Combustibles proposés pour produire de la fumée.....	343

PLANCHES.

PLANCHE I. — Nitrières artificielles.

PLANCHE II. — Composition de l'air confiné dans la terre végétale. — Dosage de l'ammoniaque dans les eaux.

PLANCHE III. — Dosage de l'acide nitrique en présence des matières organiques.



as les autres

Fig. 2.

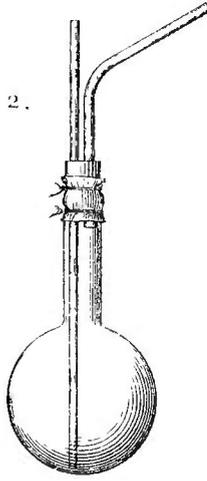
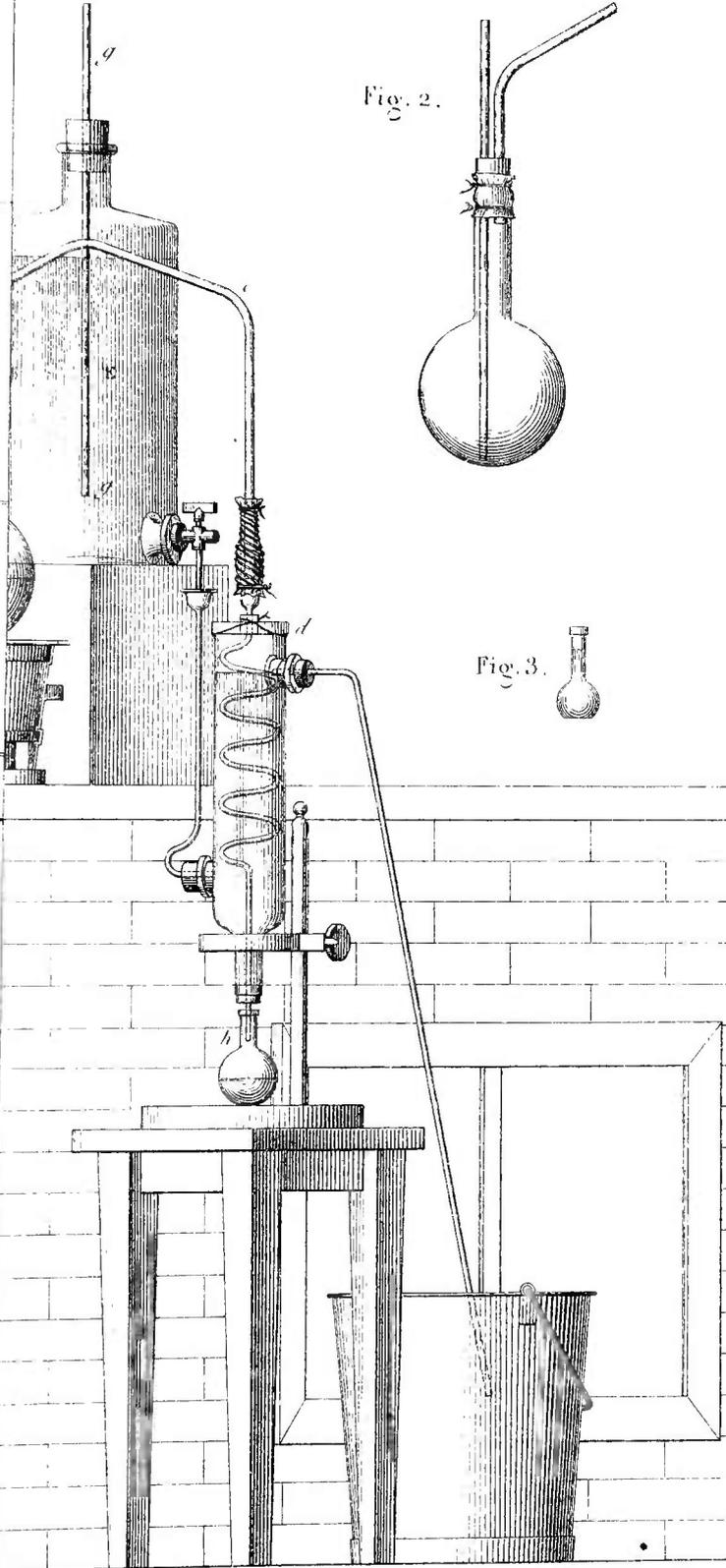
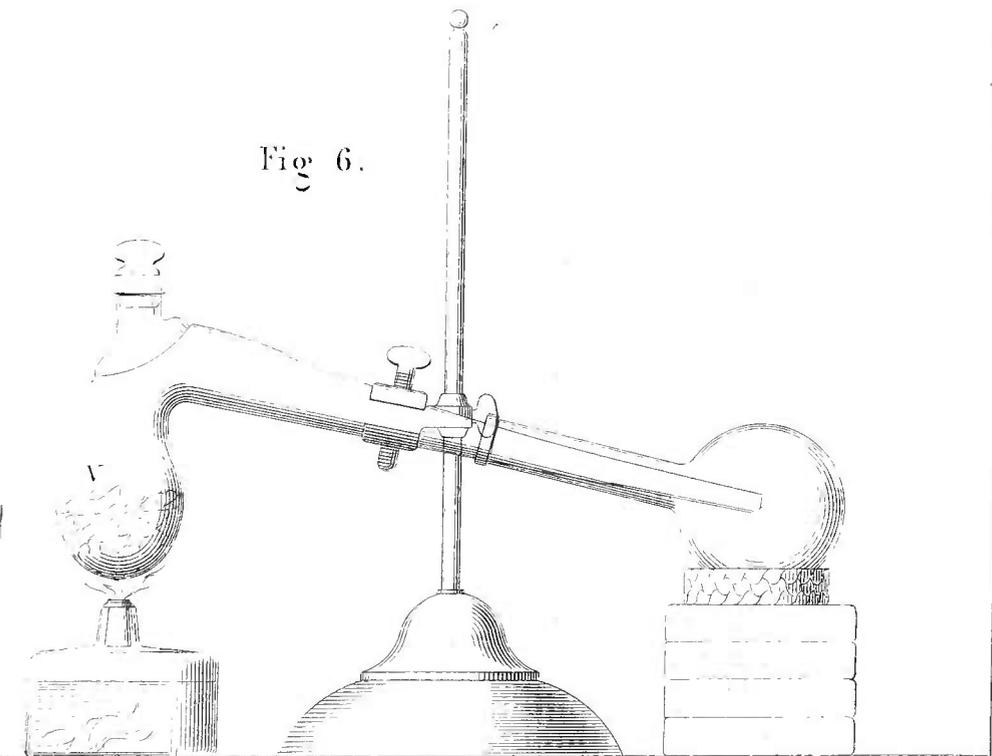
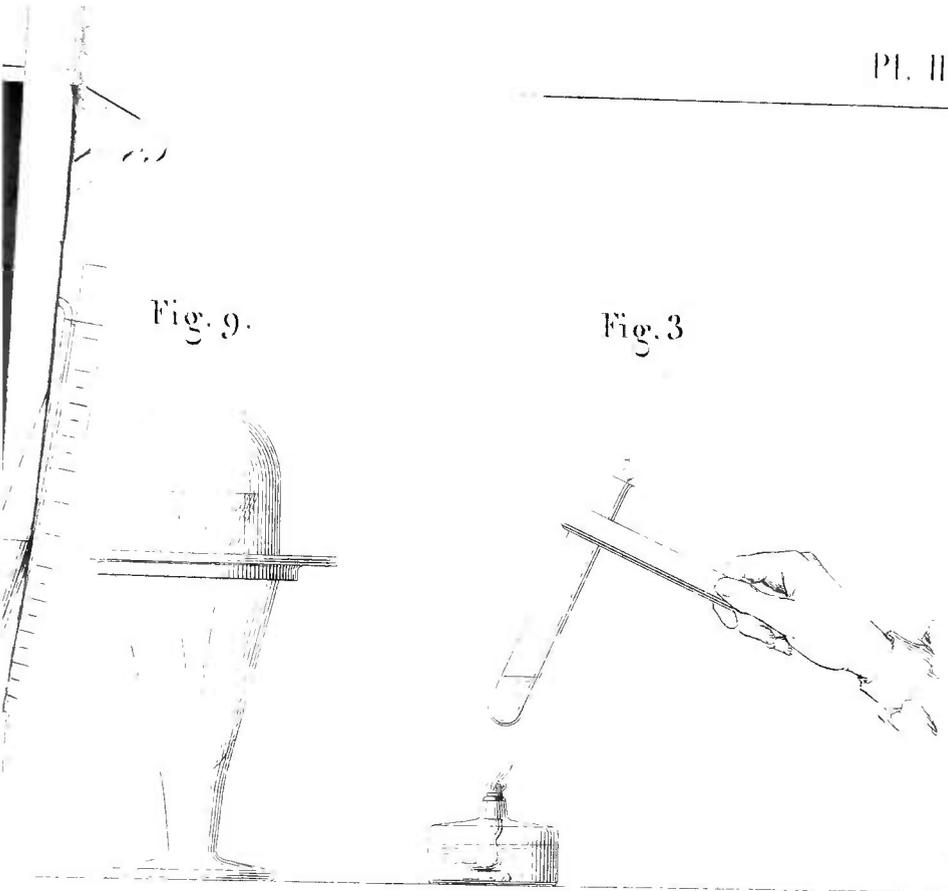


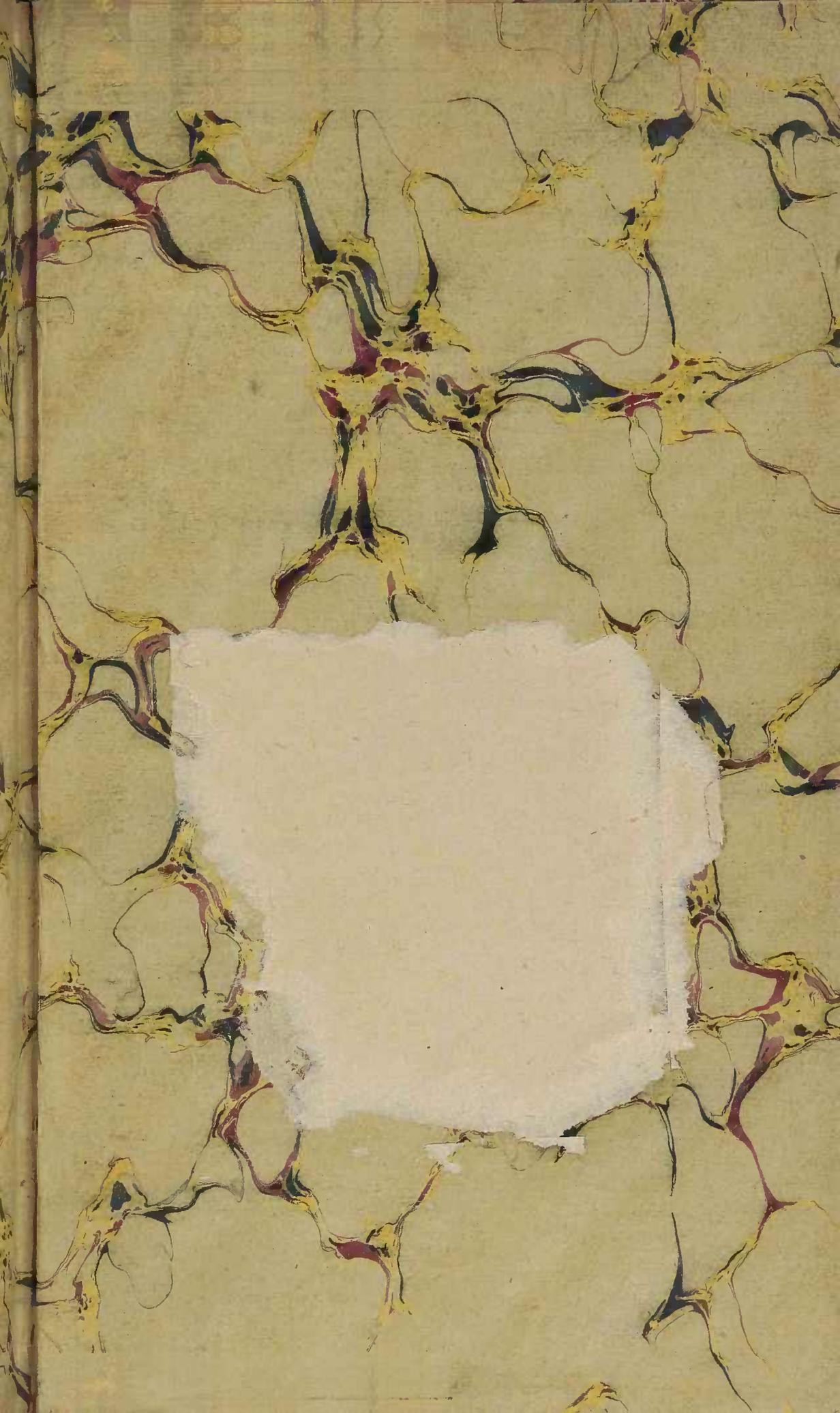
Fig. 3.





et la Fig. 10 au 1/20^e







ORIENTAÇÕES PARA O USO

Esta é uma cópia digital de um documento (ou parte dele) que pertence a um dos acervos que fazem parte da Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP. Trata-se de uma referência a um documento original. Neste sentido, procuramos manter a integridade e a autenticidade da fonte, não realizando alterações no ambiente digital – com exceção de ajustes de cor, contraste e definição.

1. Você apenas deve utilizar esta obra para fins não comerciais. Os livros, textos e imagens que publicamos na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP são de domínio público, no entanto, é proibido o uso comercial das nossas imagens.

2. Atribuição. Quando utilizar este documento em outro contexto, você deve dar crédito ao autor (ou autores), à Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP e ao acervo original, da forma como aparece na ficha catalográfica (metadados) do repositório digital. Pedimos que você não republique este conteúdo na rede mundial de computadores (internet) sem a nossa expressa autorização.

3. Direitos do autor. No Brasil, os direitos do autor são regulados pela Lei n.º 9.610, de 19 de Fevereiro de 1998. Os direitos do autor estão também respaldados na Convenção de Berna, de 1971. Sabemos das dificuldades existentes para a verificação se uma obra realmente encontra-se em domínio público. Neste sentido, se você acreditar que algum documento publicado na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP esteja violando direitos autorais de tradução, versão, exibição, reprodução ou quaisquer outros, solicitamos que nos informe imediatamente (dtsibi@usp.br).