

L'EAU LOURDE ET LES VEGETAUX

par A. A. GUNTZ
Professeur à la
Faculté des Sciences
d'Alger.

et

E. BELTRAN
Professeur à
l'Institut Agricole
d'Algérie.

I.

Les recherches physico-chimiques contemporaines ont introduit dans la science, la notion d'isotopie. Un même élément simple dans la classification périodique peut présenter plusieurs isotopes.

La notion d'isotopie a profondément bouleversé l'idée que les savants du 19^e siècle s'étaient peu à peu, fait des éléments. Les tentatives unitaires de Prout cherchant à considérer les divers éléments simples comme résultant d'une sorte de polymérisation du plus léger d'entre eux — l'hydrogène — avaient échouées. Les mesures plus précises des masses atomiques de Stas, donnaient pour celles-ci des nombres différents de multiples entiers de la masse de l'hydrogène, et, fait aussi important, les masses trouvées étaient toujours immuables, quelle que soit l'origine du corps simple. On était donc arrivé à une double certitude : 1^o l'indépendance totale des éléments ; 2^o la masse atomique était une constante et pouvait, à ce titre, être rigoureusement caractéristique de l'élément. C'est cette double certitude que l'isotopie est venue détruire.

Pour le savant d'aujourd'hui, le nombre des éléments simples défini par l'identité absolue de toutes les propriétés s'est considérablement accru. Cependant, un certain nombre de propriétés admises seulement en relation avec l'intérieur de l'atome n'interviennent aucunement ou d'une façon négligeable dans les manifestations chimiques et physiques habituelles. Sous cette réserve, on peut rassembler sous une même étiquette des éléments, différents

au sens strict du mot, mais dont les différences ne sont pas habituellement sensibles. Nous nous trouvons donc en présence d'un certain arbitraire ; mais le choix est sanctionné entièrement par la pratique, l'expérience ayant montré qu'aucune confusion n'était possible.

Ainsi, il y a plusieurs éléments dont les propriétés s'écartent très peu du plomb, ou plus exactement de ce que l'on est convenu d'appeler plomb normal. La première différence est celle des masses atomiques qui diffèrent entre elles de quelques unités ; mais, pour le reste, les différences sont insensibles et ne permettent *absolument aucune confusion* avec un élément voisin, par exemple l'étain. Aussi, conserverons-nous le nom de plomb à tous ces éléments, et pour les distinguer nous parlerons de *plombs isotopiques*.

Les travaux d'Aston ⁽¹⁾ indiquent que de nombreux corps simples doivent être considérés comme des mélanges de deux ou plusieurs isotopes. Pour certains éléments lourds ce nombre peut être élevé. L'étain a 10 isotopes, le mercure 9, le plomb 8. Le nombre des isotopes stables connus est supérieur à 250. On a pu étudier des isotopes radioactifs comme l'élément potassium ⁽²⁾ de masse 40.

La notion d'isotopie n'aurait été qu'une complication de plus et n'aurait pas le grand intérêt qu'elle présente, si en même temps on ne s'était pas aperçu que les divers éléments simples isotopes étaient *cette fois* affectés de masses que l'on pouvait avec une excellente approximation considérer comme des multiples entiers de la masse du plus léger d'entre eux.

Ce résultat a alors permis de reprendre l'ancienne théorie unitaire de Prout, abandonnée à regret, en lui donnant une nouvelle forme. L'hydrogène n'est plus cependant le constituant fondamental, ce sont d'autres particules dont la connaissance nous est venue par l'étude des phénomènes de la radioactivité (V. note).

Les particules mises en évidence dans les désintégrations atomiques sont assez nombreuses. Citons seulement :

NOTE. — L'étude de la radioactivité a fourni les premiers exemples d'isotopes. Les désintégrations radioactives se produisant à partir de l'uranium d'une part, du thorium de l'autre aboutissaient à deux plombs, de masses atomiques 206 et 208. Les déterminations de la masse atomique du plomb ordinaire indiquent un chiffre voisin de 207,2. La notion d'isotopie était vérifiée par l'expérience. Le plomb ordinaire, de masse atomique fractionnaire, est alors considéré comme un mélange d'isotopes parmi lesquels figurent les plombs 206 et 208.

Les deux particules d'électricité électron et positon porteurs de la charge élémentaire négative pour l'électron, positive pour l'autre.

La particule matérielle électriquement neutre dite neutron dont la masse est sensiblement égale à celle de l'atome d'hydrogène.

Le proton est l'atome d'hydrogène dépouillé de son électron — il porte donc une charge positive élémentaire.

Ces particules, que nous considérerons alors comme réellement élémentaires, sont, pour la plus grande partie, rassemblées au centre de l'atome, y formant ce que l'on a appelé un noyau. Les idées que les savants spécialistes se forment actuellement sur les constituants du noyau sont en pleine évolution, et il vaut mieux, pour le moment, ne pas insister sur ce point, qui représente tout un chapitre d'une chimie spéciale dite chimie nucléaire. Mais nous pouvons être moins réservés, sur la constitution extérieure de l'atome. Celle-ci comprend un certain nombre Z d'électrons (particule négative unitaire d'électricité), ceux-ci apportent une charge électrique totale égale à $-Z$ et la neutralité de l'atome exige que le noyau ait la même charge, mais positive $+Z$. Ce nombre d'électrons, qui se disposent à l'extérieur de l'atome, lui donne son aspect caractéristique lorsque l'on envisage les propriétés usuelles. Ce nombre caractérise donc un élément normal. Mais la constitution du noyau, sous la réserve qu'elle doit apporter les charges positives $+Z$, peut être assez différente. La première des différences porte sur sa masse et l'isotopie serait ainsi expliquée.

La chimie des éléments prend un aspect plus subtil. A deux nombres entiers donnés, peuvent correspondre des atomes isotopes de mêmes propriétés chimiques, mais de masses différentes. Sans que la comparaison puisse être d'une rigueur extrême, il n'est pas impossible d'associer la notion d'isotopie à celle des races des naturalistes.

Il y a des différences entre les divers chiens ; il y en a de même entre les divers chats, et il est cependant impossible de confondre les chiens et les chats.

Dans une même espèce biologique, on admet que certains individus peuvent se différencier d'avantage. Les très nombreuses recherches contemporaines sur ce sujet indiquent de même que les isotopes d'un même corps se différencient quelque peu par leurs propriétés chimiques, physiques, électrochimiques, photochimiques et biologiques ⁽³⁾. En particulier, signalons le comportement de l'organisme végétal, capable de réactions différentes pour les isotopes d'un même élément ⁽⁴⁾.

II.

La représentation moderne de l'hydrogène est devenue classique. C'est un système composé d'un proton central autour duquel gravite un électron. Le rayon moyen de l'orbite électronique est d'environ 10^{-8} cm.

Un isotope de l'hydrogène constituera un système atomique dans lequel le noyau aura la même charge électrique unitaire et autour duquel gravitera un seul électron. Mais ce schéma électrique pourra s'obtenir en constituant un noyau avec un proton et plusieurs neutrons. On obtiendra de la sorte des isotopes de l'hydrogène, avec un seul électron périphérique, et avec des noyaux de masses 2, 3... Ces isotopes, théoriquement possibles, n'avaient pas été obtenus jusqu'à ces dernières années.

En 1932, les savants américains Urey, Brickwedde et Murphy⁽¹⁾, découvrent un isotope lourd de l'hydrogène, de masse atomique 2. C'est un des isotopes prévus par la théorie.

Cette découverte eut un grand retentissement.

En effet, jusqu'à cette date les isotopes que l'on connaissait, et qui avaient été mis en évidence surtout dans les études de radioactivité des éléments lourds, avaient toujours donné, pour un élément, des masses différentes de quelques unités les unes des autres. On supposait que les isotopes d'un même atome avaient des propriétés chimiques extrêmement voisines, car il est admis que ces dernières sont liées à la distribution des électrons périphériques des atomes. Mais s'il apparaît comme très plausible d'admettre, par exemple, que les deux isotopes du mercure, l'un de masse 199 et l'autre de masse 200 aient sensiblement les mêmes propriétés chimiques, il convient de restreindre l'application de ce raisonnement, quand on parle des deux isotopes de l'hydrogène, dont les masses sont proprement *doubles l'une de l'autre*. Si, dans le cas du mercure, l'effet de masse peut être considéré comme identique entre 199 et 200, il n'en est plus ainsi pour les hydrogènes de masses 1 et 2.

L'expérience montre que les propriétés physiques et chimiques de ces deux isotopes de l'hydrogène sont bien différentes. Le nouvel hydrogène de masse 2 s'éloigne de l'hydrogène de masse 1. Il ne peut pas être représenté par le même symbole. Le problème de la dénomination de cet élément nouveau s'est posé. On paraît être

actuellement d'accord pour le désigner sous le nom de deutérium, symbole D. On garde pour l'hydrogène de masse 1, l'appellation d'hydrogène et le symbole H. L'hydrogène naturel, contiendrait, selon E. Darmois ⁽⁶⁾ environ 1/4.000 de deutérium. Par décomposition de l'eau naturelle ordinaire par le fer, et en déterminant au spectroscope de masse le rapport H/D, Bleakney et Gould ⁽⁷⁾ trouvent 1/5.000.

III.

Parmi les composés définis du deutérium, il convient de retenir tout particulièrement, le protoxyde de deutérium D²O, ou encore « *eau lourde* ». Ce composé a des propriétés différentes de celles de l'eau H²O, eau légère.

Dès sa découverte, l'eau lourde devait provoquer la curiosité des physiologistes. Bien que l'eau soit le liquide le plus répandu dans les organismes, bien que la plupart des métabolismes se produisent en milieux aqueux, un grand nombre de faits physiologiques restent inexpliqués. Bien vite, on a voulu voir, dans l'eau lourde, associée dans l'eau ordinaire à l'eau légère, le support des propriétés spéciales qui allaient permettre d'expliquer des faits encore obscurs. Depuis sept ans les expériences se poursuivent. Nous ne pouvons les retenir toutes. Des travaux d'ensemble sur les propriétés physiologiques de l'eau lourde ont été publiés ⁽⁸⁾. On a indiqué, au début de ces recherches, vers 1934, un certain nombre de propriétés toxiques.

Harvey E. N. ⁽⁹⁾ signale, cependant, que l'eau lourde n'empêche pas la phosphorescence de *Vibrio phosphorescens*, mais en retarde la croissance. Elle ne modifie pas sensiblement la rotation protoplasmique des jeunes cellules d'*Elodea*. Certains auteurs ⁽¹⁰⁾ ne lui trouvent pas de pouvoir bactéricide, et en tout cas, un pouvoir très voisin de celui de l'eau ordinaire. Pour d'autres, l'action de l'eau lourde diluée sur les bactéries de la tuberculose conduirait à une activation de leur croissance ⁽¹¹⁾. Cependant, elle gêne la culture du streptocoque ⁽¹²⁾. Pour les champignons, on signale un effet stimulant sur *Aspergillus* ⁽¹³⁾ et quelques observations sur la croissance de la levure ^{(14) (15) (16)}, qui paraît retardée. Les fonctions physiologiques d'échanges furent aussi étudiées ^{(17) (18)}. On a également abordé les actions enzymatiques ^{(19) (20) (21) (22) (23) (24)}.

Mais, la plupart des faits mentionnés ne sont pas très concluants, et comme l'indiquent Plantefol et Champetier ⁽²⁵⁾ l'eau

lourde ne paraît pas troubler les fonctions d'entretien. Elle n'est pas abiotique. Elle trouble cependant les phénomènes de croissance. En somme, dans ce domaine, si complexe, beaucoup de questions restent en suspens. Il nous paraît bien prématuré de décider du sort qu'il convient de réserver à l'eau lourde dans ses interventions biologiques.

IV.

La recherche et le dosage de l'eau lourde dans une eau quelconque pose un problème expérimental délicat. L'étude des propriétés, des réactions chimiques de l'eau lourde n'a pas permis, jusqu'ici, de mettre sur pied une méthode de dosage chimique de ce composé. Il faut, alors, utiliser des méthodes physiques. Dans ce domaine, les constantes de l'eau lourde sont, en effet suffisamment différentes de celles de l'eau légère pour qu'on puisse les utiliser avec une précision acceptable. Le tableau I suivant ⁽²⁶⁾ indique quelques propriétés physiques comparées de l'eau ordinaire et de l'eau lourde.

TABLEAU I
Propriétés de H²O et D²O

	H ² O	D ² O
Densité ²⁵ ₂₅	1,0000	1,1079
T _m (du maximum de densité).....	4°,0	11°,6
Volume moléculaire à T _m	18,015 cc	18,140 cc
Maille cristalline.....	a = 4,525 A" b = 7,39 A" c = 131,0 A"	a = 4,505 A" b = 7,36 A" c = 129,3 A"
P. fusion.....	0°,00	3°,802
Tension superficielle 20" (dynes)....	72,75	67,8
Viscosité (millipoises) à.....	10°C 13,10 20°C 10,09 30°C 8,00	16,85 12,60 9,72.
Indice de réfraction.....	1,33300	1,32828.
Point d'ébullition.....	100°0	101°,42

Les différences de densités et d'indices de réfraction ont fourni des procédés d'analyses isotopiques.

Les recherches sur l'indice de réfraction ont conduit Lewis et Lutten ⁽²⁷⁾ à admettre que l'indice de réfraction des mélanges d'eau légère et d'eau lourde, varie linéairement avec la fraction moléculaire d'eau lourde du mélange. Les mesures sont effectuées à l'interferomètre Zeiss.

Les mesures de densité paraissent avoir fourni la plus grande partie des procédés expérimentaux rapides de dosage. Taylor et Selwood ⁽²⁸⁾ ont donné les valeurs des densités des mélanges des deux eaux. Si on appelle x la fraction moléculaire d'eau lourde — rapport du nombre des molécules lourdes au nombre total des molécules d'eau — le calcul indique ⁽²⁹⁾ la relation suivante, entre la densité à 25° C du mélange, et le rapport moléculaire x

$$d + 0,99701 + 0,1087 x = 0,0012 x^2$$

Une mesure pycnométrique ⁽³⁰⁾ permettra, le dosage des fortes proportions d'eau lourde. Mais, si la teneur en eau lourde est très faible, de l'ordre de celle qui correspond à l'eau normale (1/4.500), il convient de substituer au pycnomètre, des méthodes différentes. Lewis et Mac Donald ⁽³¹⁾ utilisent un flotteur de 10 cc. qu'ils immergent dans l'eau légère et dans l'eau à étudier. Puis ils déterminent les températures auxquelles le flotteur reste en équilibre dans chaque milieu. Ces chercheurs mentionnent qu'une variation de température de 0,006 °C correspond à une variation de densité de 1./1.000.000. La densité F du flotteur est alors, à la température d'équilibre,

$$F = (1-x) d + x. D \quad (1)$$

d : densité de l'eau légère ; D : densité de l'eau lourde à la température d'équilibre du flotteur. De l'égalité (1) on déduit la fraction moléculaire x , d'eau lourde.

Goldfinger et Scheepers ⁽³²⁾ utilisent un microflotteur et déterminent des concentrations en eau lourde de quelques millièmes sur 0,1 à 0,2 cc. Mais, la détermination précise de la température d'équilibre du flotteur est très délicate, en tous cas, très longue dans ces procédés statiques. Un progrès notable a été réalisé par Perpérot et Schacherl ⁽³³⁾, qui étudient la vitesse limite de chute d'un petit flotteur, dans l'eau, à diverses températures. La température

d'équilibre du flotteur s'obtient au point de rencontre de la courbe des vitesses de chute avec l'axe des températures. Gilfillan et Polanyi ⁽³⁴⁾, se servent toujours du flotteur, mais opèrent à température constante. Ils déterminent la valeur de la pression de l'air au-dessus du liquide, pour laquelle le flotteur est en équilibre.

Ces méthodes, ont aussi, conduit à des microdosages de l'eau lourde. On mesure la vitesse de chute d'une goutte de l'eau à analyser, dans un liquide avec lequel elle n'est pas miscible ⁽³⁵⁾.

Enfin, retenons encore, dans cet exposé succinct la méthode de A. et L. Farkas ⁽³⁶⁾. Ces auteurs utilisent la différence de conductibilité des hydrogènes isotopiques. Ils décomposent l'eau sur un fil de tungstène au rouge, recueillent le mélange gazeux, puis, déterminent la température d'équilibre d'un fil de platine placé dans cet atmosphère, à l'aide d'un montage à résistances.

V.

L'étude théorique du mouvement d'une sphère élastique, se déplaçant dans l'eau, montre que sa vitesse limite est très sensiblement fonction linéaire de la pression du gaz au-dessus du niveau de l'eau ⁽³⁷⁾. L'intégration de l'équation différentielle du mouvement de chute, admet une solution linéaire-exponentielle, qui, pour un temps assez grand se ramène à

$$V = A + B H \quad (2)$$

V ; désigne la vitesse limite ; H , la pression du gaz au-dessus de la surface libre de l'eau ; A et B sont des constantes d'intégration qui tiennent compte de la masse de la sphère, de la masse de l'eau déplacée, du rayon de la sphère, de la viscosité de l'eau. Pour rendre le flotteur sensible aux variations de pression H à la surface libre du liquide nous avons aplati la partie ab (figure 1). Dans un tube

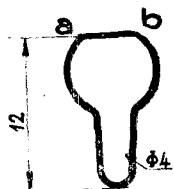


Figure 1

semi-capillaire de verre Pyrex on souffle une petite boule, que l'on écrase ensuite légèrement dans la flamme. Le flotteur est équilibré, par tâtonnements, en usant sa tige à la meule. Pratiquement, pour les dimensions de notre flotteur, voisin d'une sphère de 1 cm. de diamètre maximum, la vitesse limite de la formule ⁽²⁾ s'obtient rapidement. Environ, une minute après le dé-

part⁽³⁷⁾. En opérant à température constante et en faisant varier la pression H nous faisons varier la vitesse limite V de notre flotteur. On peut de la sorte, trouver la valeur h de la pression qui correspond à l'immobilité du flotteur. Pour obtenir h , nous nous sommes inspiré de la méthode de E. Perpérot et F. Schacherl⁽³³⁾. Nous suivons le mouvement de descente du flotteur ; on détermine, pour deux valeurs différentes de la pression H , les vitesses limites correspondantes. Soit par le calcul à l'aide de la relation⁽²⁾, soit par le graphique, on obtient la valeur h pour laquelle la vitesse de chute est nulle.

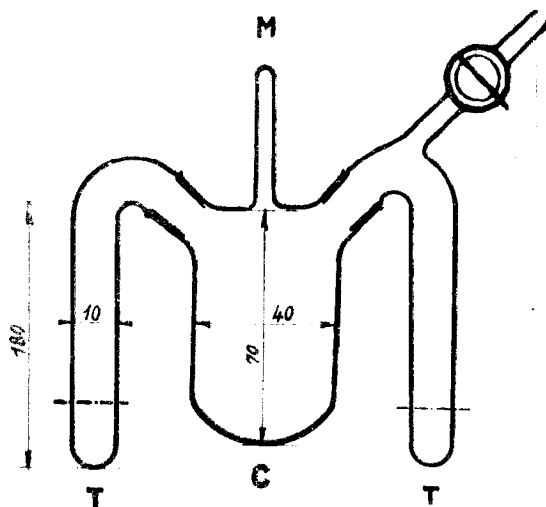


Figure 2

Les eaux que nous avons étudiées sont d'origines diverses. Pour les obtenir dans des conditions de pureté convenable, nous les distillons, après leur extraction, sur de l'oxyde de cuivre au rouge, et dans un léger courant d'oxygène pur. L'eau recueillie était ensuite distillée, sous vide, dans un tube spécial (figure 2). Il se compose d'une partie cylindrique C , sur laquelle on peut adapter par rodages deux tubes T . L'eau est placée dans le centre, on fait le vide par le tube latéral porteur du robinet R . On distille lentement en plaçant le cylindre C dans de l'eau tiède et le tube latéral T dans de la glace. Le flotteur est introduit dans le tube vertical T . Une tige de verre M , soudée au vase C , permet de fixer le dispositif dans

un thermostat E (figure 3). La température de cette enceinte est réglable à 0,01°C près. Des fenêtres latérales F, pratiquées dans les parois du thermostat permettent de suivre, à la lunette, le mouvement de chute du flotteur dans le tube T.

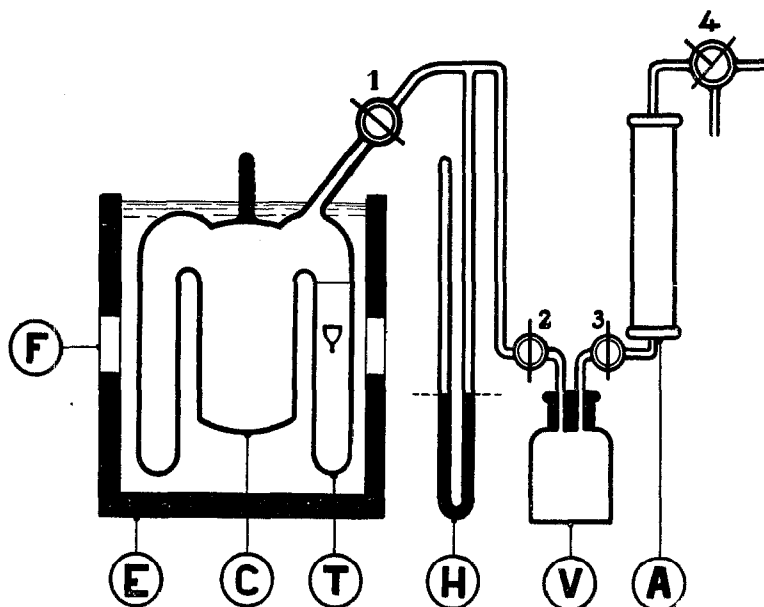


Figure 3

On fait varier la pression H au-dessus de l'eau. Cette opération est conduite facilement, avec les robinets 1, 2, 3, et 4. Ce dernier, peut être mis en service alternativement, sur une trompe à eau, et à l'air libre. L'air est débarrassé de gaz carbonique par passage sur absorbeur à potasse A. Le flacon V sert de réserve et de volant dans la manipulation de l'air. Les pressions sont lues sur manomètre à mercure H, à branche fermée. On se contente d'une seule lecture, sur une des branches du manomètre.

Dans nos mesures nous avons utilisé comme eau de référence, de l'eau de mer, prélevée en surface au large de la baie d'Alger, que nous avons distillée, comme nous l'indiquions précédemment. L'eau obtenue a ensuite été redistillée dans l'appareil spécial de A. A. Guntz⁽³⁸⁾. Sur ce liquide étalon nos essais se sont poursuivis à deux températures différentes, de manière à nous permettre de fixer la précision de notre méthode. Nous avons suivi le flotteur à la mon-

tée, puis à la descente ; nous avons dans tous les cas noté, en vitesse de régime, le temps que met l'image du flotteur dans notre viseur à défiler devant un fil micrométrique horizontal de l'oculaire. Les valeurs de la pression d'équilibre sont calculées avec la relation citée ²⁾. Nos résultats sont inscrits dans les tableaux suivants :

Eau étalon à 25°15				Eau étalon à 25°61			
Descente du flotteur		Montée du flotteur		Descente du flotteur		Montée du flotteur	
H m. m.	temps en sec	H m. m.	temps sec	H m. m.	temps sec	H m. m.	temps sec
577	52	400	49,6	463	45,9	289	58
577,5	52	402	47	460	47	286	56
577	51,5	400	49,6	469	45	291	62,2
576	50	403	53	463	47,8	291	61,4
576	50,2	402	52	468	45,3	288	60,6
576	50	403	53	466	44,2	288	59,4
576	50			466	44,2		

Ces valeurs numériques donnent, comme valeur h de la pression d'équilibre de notre flotteur dans cette eau étalon, à 25° 15, 488,5 millimètres ; à 25°61, 364,2 millimètres.

Or, extraites des Criticals Tables, les valeurs de la densité de l'eau pure, sont, respectivement, pour ces deux températures 0,997061 et 0,996921. Pour une variation de température du thermostat de 0°,46 nous trouvons une différence de pression d'équilibre $H' = 124,2$ m.m., ce qui correspond aussi, à une variation de densité $d' = 0,000140$. Dans notre dispositif, nous obtenons une précision du millimètre de mercure dans l'évaluation des pressions, et ce très facilement, par simple lecture sur règle millimétrée. Nous mettons alors en évidence une variation de densité de l'ordre de $0,000140/124,2 = 0,0000012$. Simple comme construction notre appareillage fonctionne bien, et rapidement. La pression H de l'air s'établit en peu de temps. On peut compter sur une précision certaine allant à la cinquième décimale du chiffre des densités. Dans une heure de temps on réalise vingt lectures, ce qui donne

dix lectures pour chacune des deux valeurs moyennes qui servent au calcul de la pression d'équilibre.

VI.

Si, on néglige la faible non-additivité des densités de l'eau lourde et de l'eau légère dans leurs mélanges, nous pouvons utiliser, comme nous l'avons indiqué, pour le calcul de la teneur en eau lourde l'égalité ⁽¹⁾, qui nous donne

$$x = \frac{F - d}{D - d} \quad (3)$$

Dans notre méthode, la température ne variant pas, le dénominateur de cette fraction a une valeur fixe. Pour la calculer, nous utilisons les densités de l'eau lourde, aux différentes températures, indiquées par Lewis et Macdonald ⁽³⁰⁾. D'une manière très générale, les eaux étudiées renferment très peu d'eau lourde. Les variations de densité introduites, par rapport à la densité d , de l'eau étalon sont alors faibles. Dans ces conditions nous admettons la proportionnalité simple entre les variations de la pression d'équilibre en m.m. de mercure, et la densité du mélange ; on utilise l'égalité approchée

$$x = \frac{0,000001 \times H'}{D - d} \quad (4)$$

Cette méthode nous a permis d'étudier les constitutions isotopiques d'un certain nombre d'eaux extraites de végétaux de l'Afrique du Nord. Nous avons examiné les eaux extraites des pulpes mûres d'orange, de raisin, des sèves élémentaires de différents cépages, des eaux de pluies d'orage de chaleur, des eaux provenant des xerophytes. Nous présentons un certain nombre de nos résultats, parmi les plus caractéristiques, dans le tableau II d'ensemble qui suit, dans lequel, après avoir calculé x par la formule approchée ⁽⁴⁾, nous indiquons la variation de la teneur pour cent en eau lourde X , par rapport à l'eau étalon. Nous avons calculé aussi, le rapport R de l'eau lourde contenue dans l'eau étudiée à l'eau lourde contenue dans l'eau étalon. Les valeurs de ce rapport sont expressives : elles montrent des teneurs en eau lourde variables du simple au double, suivant l'origine de l'eau.

TABLEAU II

	Eau de condensation de frigidaire	Eau d'accumulateurs	Pluie d'orage (au début)	Pluie (fin de l'orage)	Pulpe d'orange	Pulpe de raisin	Mesembryanthemum
Température du thermostat	25°15	25°61	25°61	25°61	25°59	25°59	25°59
Pression d'équilibre	488,7	380,0	387,2	378,2	383,6	383,2	384,5
Pression d'équilibre dans l'eau étalon	488,5	364,2	364,2	364,2	369,6	369,6	369,6
Différence des pressions	0,2	15,8	23,0	14,0	14,0	13,6	14,9
D—d	0,0493	0,0482	0,0482	0,0482	0,0483	0,0483	0,0483
x	0,000004	0,00032	0,00047	0,00028	0,00022	0,00021	0,00030
X %	0,00004	0,032	0,047	0,028	0,022	0,021	0,030
R	1.0001	2.28	2,88	2.12	1.88	1.84	2.20

Dans le tableau III, nous avons résumé, les déterminations sur les eaux extraites de sèves élémentaires (pleurs de quelques cépages). Ces eaux sont plus lourdes que l'eau étalon, avec une teneur en eau lourde assez voisine cependant, pour les différents cépages observés.

VII.

Nos mesures confirment que la teneur en eau lourde est variable avec l'origine de l'eau étudiée. Certains auteurs ont indiqué une séparation naturelle, par gravité. L'eau extraite de la mer ou des lacs aurait des densités variables avec la profondeur à laquelle le prélèvement a été fait ⁽⁴⁰⁾. De même, et ainsi qu'il résulte de notre travail, les premières quantités d'eau recueillies au cours d'une pluie sont plus lourdes que les suivantes. Les eaux de neiges et des glaciers sont plus légères que l'eau ordinaire ⁽⁴¹⁾. Mentionnons et retenons, plus particulièrement, que les êtres vivants paraissent produire un fractionnement partiel des eaux ⁽⁴²⁾. L'eau préparée à partir du lait de vache, du sang des abattoirs, de la transpiration des plantes possède une densité normale. L'eau provenant du bois, des feuilles ⁽⁴³⁾, et comme nous l'indiquons dans nos mesures, de la sève, est plus lourde que l'eau ordinaire. Cet accroissement de densité pourrait être attribué à la différence de vitesse d'évaporation de l'eau lourde ; peut être aussi, à la diffusion différente de ces eaux à travers les complexes cellulaires.

VIII.

Les grands espoirs que l'on a formé au moment de la découverte du deutérium et de l'eau lourde ont-ils été actuellement réalisés ? Au point de vue théorique, en particulier sur le mécanisme des réactions de chimie, des résultats forts importants sont déjà acquis. Les applications pratiques qui auraient, tout de suite satisfait le grand public, ne sont peut-être pas suffisamment nombreuses, nettes, affirmatives à l'heure actuelle, mais la question est extrêmement vaste, le sujet à son début.

TABLEAU III

	Carignan	Clairette	Aramon	Kabyle	Cinsault	Cot de Chéragas
Température du thermostat	25°15	»	»	»	»	»
Pression d'équilibre	494,5	493,0	494,6	494,9	495,5	495,4
Pression d'équilibre dans l'eau étalon	488,5	488,5	488,5	488,5	488,5	488,5
Différence des pressions	6,0	4,5	6,1	6,4	7,0	6,9
D—d	0,04939	»	»	»	»	»
x	0,00012	0,00009	0,000122	0,00013	0,00014	0,000138
R	1.48	1.36	1.48	1.52	1.56	1.55

BIBLIOGRAPHIE

- (1) F. W. ASTON. — Mass spectra and Isotopes. Edw. Arnold and Co, Londres, 1933.
- (2) NEWMANN F. H. et WALKE H. J. — *Phil. Mag.*, 1935-19-767.
KENDALL I SMITH W.W. et TAIT T. — *Nature*, 1933-131-688.
KLEMPERER O. — *Proc. Roy. Soc.*, 1935-148-638.
BELTRAN E. — *Bul. Soc. Agr. Alg.* Données récentes sur le potassium, 1937.
- (3) G. CHAMPETIER. — *Bul. Soc. chim.*, t. 3, n° 10, p. 1723, 1936.
- (4) BREWER A. K. — *J. Amer. chem. soc.*, 1936-58-365.
- (5) H. C. UREY, F. G. BRICKWEDDE, G. M. MURPHY. — *Phys. Rev.*, 1932-39-164 et 40-1.
- (6) E. DARMOIS. — *Bul. soc. chim.*, t. 2, n° 10, 1935, p. 1513.
- (7) W. BLEAKNEY et A. J. GOULD. — *Phys. Rev.*, 1933-44-265.
- (8) FREHNER VON DONGERN M. — *Zeit. Biol.*, 1936-97.
- (9) HARVEY E. N. — *Biol. Bull.*, 1934-66-91.
- (10) DUJARRIC DE LA RIVIÈRE R. et ROUX E. — *C. R.*, 1936-200.
- (11) ITOH M., INOSHITA K., TITANI T. — *Bul. Chem. Soc. Japan.* 1935-10-260.
- (12) DUJARRIC DE LA RIVIÈRE et ROUX E. — *Ann. Inst. Pasteur*, 1936-56-10.
- (13) MEYER S. L. — *Nature*, 1934-134-665.
- (14) RICHARDS O. N. — *J. of Bacter.*, 1934-28-290.
- (15) TAYLOR G. W. et HARVEY E. N. — *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 1934-31-954.
- (16) HUGHES A. H., YONDKIN J., KEMP I. et RIDEAL E. K. — *J. chem. soc.*, 1934, p. 1105.

— 31 —

- (17) SHIBOTA K., WATANABE A. — *Act. polytochim. Japan*, 1936-9-10.
- (18) MELOT G. J. — *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 1934-32-79.
- (19) CALDWELL M. L., DOCTBELING G. — *Proc. Amer. Soc. Biol. chem.*,
30^e Congrès annuel, Washington, mars 1936 (*J. Biol. chem.*
1936-114, n° I XVII).
- (20) BRANDT W. — *Klin. Woch*, 1937-16-23.
- (21) PEREIRA-FORJAZ A., JACOLSON K., TAPADINHAS J. — *Bul. soc. chim. biol.*, 1937-19-1194.
- (22) THUNBERG T. — *Enzymologia*, 1937-3-56.
- (23) FOX D., CRAIG R. — *Proc. soc. exp. Biol. Med.*, 1935-33-266.
- (24) MACHT D. I., BRYAN H. F. — *J. Amer. chem. soc.*, 1936-58-729.
- (25) PLANTEFOL L. et CHAMPETIER G. — *C. R.*, 1935-200.
- (26) E. DARMOIS. — *Bul. soc. chim.*, t. 2, n° 10, p. 1517, 1935.
- (27) LEWIS et LUTEN. — *J. Amer. chem. soc.*, 1935, t. LV, 5061.
LUTEN. — *Phys. Rev.*, 1934, t. VI, p. 161.
- (28) TAYLOR et SELDWOOD. — *J. Amer. chem. soc.*, 1934, t. LVI, p. 998.
- (29) G. N. LEWIS et D. B. LUTEN. — *J. Amer. ch. soc.*, 1933-55.
- (30) WASHBURN, SMITH et FRANDSEN. — *Bur. Stand. J. Research*, 1933,
t. XI, p. 453.
- (31) LEWIS et MACDONALD. — *J. chem. phys.*, 1933, p. 342.
- (32) GALDFINGER et SCHEEPERS. — *C. R.* 1934, t. CXLVIII, 1916.
- (33) E. PERPÉROT et F. SCHARCIEL. — *J. phys.*, 1935, t. VI, p. 319.
- (34) E. S. GILFILLAN et M. POLANYI. — *J. phys. chem.*, 1933, A, 166-254.
- (35) FENGER, ERIKSEN K., KROGH A., USSUIGT. — *Bioch. J.*, 1936-30-
1264.
- (36) A. et L. FARKAS. — *Proc. Roy. Soc.*, A, 1934, t. CXLIV, p. 467.
- (37) DR. W. SAXER. — E. P. F. Zurich. Analyse mécanique. Trad. H.
GESSNER, p. 14.
- (38) A. A. GUNTZ. — X^e Congrès Int. de Chim., Rome, 1938.

- (39) G. N. LEWIS et R. T. MACDONALD. — *J. Amer. chem. soc.*, 1933-56-998.
 - (40) GILLFILLIAN E. S. --- *J. Amer. chem. soc.*, 1934-56-406.
WIRTH, THOMSON et UTTERBACH. --- *J. Amer. chem. soc.*, 1935-57-400.
 - (41) HARADA M. et TITANI T. -- *Bul. soc. chim. Japan*, 1935-10-206.
BARONI E. G. et FJNCK A. --- *Monasch. chem.*, 1935-65-386.
 - (42) G. CHAMPETIER. --- *Bul. soc. chim.*, 1936, 1. 3, 1723.
 - (43) WASHBURN E. W. et SMITH E. R. --- *Bur. Stand. J. Research*, 1934-12-305.
-