

PROPRIETES DIELECTRIQUES DES VEGETAUX

E. BELTRAN

et

R. LEROY

Professeur à l'Institut
Agricole d'Algérie

Ingénieur des Arts
des Manufactures

1. Les propriétés diélectriques des substances (pouvoir inducteur spécifique et coefficient d'amortissement) sont liées à leur structure moléculaire et varient avec elle. C'est pourquoi l'étude des propriétés diélectriques commence à être très utilisée, non seulement dans les laboratoires, mais même dans l'industrie où l'on s'en sert couramment pour suivre certaines réactions chimiques, évaluer la pureté de substances. Jusqu'ici ces études n'avaient pu être poursuivies que sur certaines substances (solides homogènes ou liquides non conducteurs) qui pouvaient être disposés comme diélectriques à l'intérieur d'un condensateur. Nous avons cherché à réaliser des appareils permettant d'effectuer cette recherche sur des substances qui ne pouvaient être étudiées jusqu'ici. Nous avons eu en vue des matières organiques non réduisibles en lames et même des substances que l'on ne peut considérer que comme des diélectriques très approximatifs (graines, farines, fruits, légumes, herbes, etc...) Les résultats que nous avons obtenus paraissent présenter un réel intérêt théorique et pratique.

2. Sans donner ici le détail complet de recherches pratiques et théoriques, qui nous ont conduits assez en dehors du domaine de la physique classique, nous voudrions indiquer sur quelles idées élémentaires, elles ont été basées.

Rappelons d'abord ce que sont les qualités diélectriques des substances.

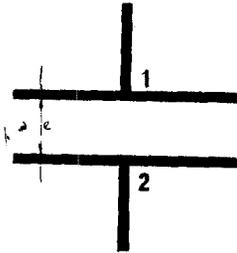


FIGURE 1

Considérons (fig. 1) deux lames métalliques : 1, 2, placées en regard l'une de l'autre. Ces deux lames sont capables d'accumuler une certaine quantité d'électricité si on les porte à un certain potentiel. C'est le phénomène de capacité électrique et l'on sait que la capacité d'un condensateur ainsi formé est régie par la loi :

$$KS = 12,56 e C$$

où C est la capacité électrique, S la surface des lames, e leur écartement, K un coefficient dépendant de la substance placée entre les lames. Ce coefficient K s'appelle pouvoir inducteur spécifique ⁽¹⁾. On conçoit que l'on peut le mesurer en mesurant la quantité d'électricité que prend un même condensateur dans lequel on introduit comme diélectrique des substances différentes. On prend comme unité le pouvoir inducteur spécifique du vide (pratiquement de l'air à la pression atmosphérique) et l'on s'aperçoit qu'en remplaçant l'air par du verre, on obtient une capacité 6 fois plus élevée, par du papier, 5 fois, d'où l'on conclut que le pouvoir inducteur spécifique du verre est 6, du papier 5, environ. ⁽²⁾

3. Les théories électromagnétiques classiques de Maxwell assignent une relation entre le pouvoir inducteur spécifique et l'indice de réfraction. Cette relation est bien observée pour un certain nombre de substances, mais non pour toutes ⁽³⁾. Par exemple, l'eau a un pouvoir inducteur spécifique voisin de 80 mesuré électriquement, 20 fois environ plus élevé que celui que lui assignent les méthodes optiques. Ce fait s'explique parce que l'eau est une substance dipôle, c'est à dire une substance dont la molécule affecte la forme d'une

(1) Dans l'écriture de ce mémoire on emploiera pour la constante diélectrique ou pour le pouvoir inducteur spécifique l'abréviation PIS.

(2) Voici les valeurs admises pour les pouvoirs inducteurs spécifiques :

— du verre : (6,3). W. Anderson. Phil. Mag. 1932. 13.986.

— de l'eau : (79,2). E.P. Lington et O. Mass. J. Am. Chem. Soc. 1932. 54. 1863.

(3) H. BOUSSE. — Cours de Physique. Electroptique, p. 293.

P. DEBYE. — Zur theorie der Anomalen Dispersion im Gebiete der langwelligen elektrischen Strahlung (Verh. d. deutsch. Phys. Ges. t. 15. 1913, p. 777).

petite haltère (fig. 2) dont les deux boules ont des charges électriques opposées. Placées dans le champ d'un condensateur, ces molécules s'orientent. Cette orientation a le même effet qu'un déplacement d'électricité et donne lieu à un accroissement apparent du pouvoir inducteur spécifique. On conçoit que la grandeur de cet accroissement permette d'étudier la forme et la charge électrique de la molécule.

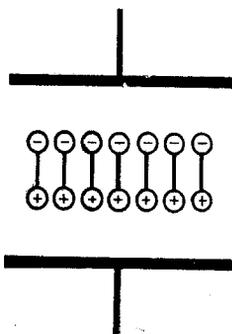


FIGURE 2

Orientation des molécules d'eau dipolaires dans le champ d'un condensateur plan.

4. Il y a plus, supposons que nous appliquions à un tel condensateur un courant alternatif, la molécule va tourner à chaque alternance du courant. Il en résulte des frottements internes, des pertes diélectriques qui fournissent un nouvel élément d'étude.

Faisons croître la fréquence des alternances. La molécule obéira d'abord fidèlement, mais comme elle n'est pas dénuée d'inertie, il arrivera qu'à des fréquences suffisamment élevées, elle ne pourra plus suivre. Ce phénomène nous fournit un autre renseignement sur la molécule, son moment d'inertie ou son degré d'introduction dans des liaisons chimiques.

Nous voyons que l'étude du comportement des substances dans les champs de condensateur présente un très réel intérêt. Par ce moyen, il est possible d'obtenir des résultats qu'aucune autre méthode ne peut donner.

Il se trouve que c'est dans le domaine des corps organiques et même des produits agricoles que cette étude est susceptible de fournir les renseignements les plus féconds. (4) Tous les composés biologiques contiennent de l'eau et nous voyons que l'eau ayant un PIS très élevé par rapport à celui des autres constituants, l'étude du PIS revient en premier lieu à l'étude de l'eau entrant dans leur constitution.

La recherche faite par cette méthode présente un intérêt capital. On peut même dire, si singulier que cela puisse paraître, qu'elle ouvre un domaine nouveau.

(4) S. ARRHENIUS. — Méth. d. Fermentforschg. 1940 (3), p. 700-709.

On a, en effet, jusqu'ici considéré l'eau contenue dans les substances organiques comme une chose sans intérêt, un élément variable n'affectant pas la structure chimique. Il y a fort peu de temps que l'on s'est rendu compte que l'eau entrainait dans les substances vivantes comme un facteur *vital* nécessaire très important dans certains organismes, de moindre valeur dans d'autres. Par exemple, c'est une question qui n'a jamais été résolue, mais qui se pose, de savoir, quelle est, dans la quantité d'eau contenue dans une feuille, la proportion que l'on doit considérer comme une substance vivante. Si cette étude peut sembler bien secondaire pour la feuille, il y a dans la nature des exemples frappants de la valeur de l'eau. Nous citerons la méduse, qui enferme dans son protoplasme plus de 99 % d'eau de mer, eau qui fait absolument partie de l'animal et en est inséparable. Que devons-nous considérer dans cet être comme substance vivante ? Dans quelle mesure ce phénomène se produit-il pour les diverses substances biologiques ?

La première réponse à cette question a été donnée par Nicloux, de Strasbourg, il y a quelques mois. ⁽⁵⁾ Nicloux étudiait par une méthode très précise, dont il est l'auteur, la manière dont l'alcool de solutions très diluées pénétrait dans des substances organiques plongées dans ces solutions. Il s'est aperçu que, tandis que pour les corps morts l'équilibre était parfait et que toujours on retrouvait, exactement, dans l'eau contenue dans le corps la même quantité d'alcool que dans la solution, il n'en était pas de même pour les corps vivants. Par exemple, dans une grenouille, un tiers de l'eau des muscles refuse de se mettre en équilibre avec la solution extérieure, alors que l'urine se met en équilibre et ce phénomène cesse si la grenouille meurt. Les laboratoires de Roskoff ont montré qu'il en était de même avec tous les poissons, et qu'une partie de l'eau qu'ils contiennent semble soustraite aux réactions chimiques. La proportion d'eau ainsi chimiquement immobilisée n'est pas la même pour les poissons d'eau douce que pour les poissons de mer et lorsque l'anguille passe de la mer à la rivière, sa proportion d'eau chimiquement liée change. Ces phénomènes singuliers qui cessent avec la vie, ont sans doute une valeur capitale. Nous commençons seulement à discerner qu'ils existent.

On peut penser que l'eau chimiquement liée à la matière vivante n'a pas le même caractère chimique que l'eau ordinaire. Elle n'aura

(5) NICLOUX. — Bull. Soc. Phil. 1938.

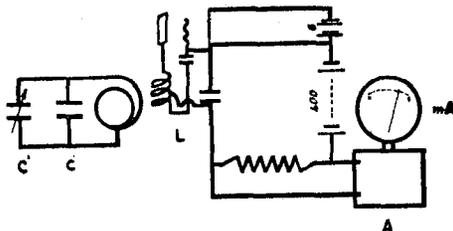
pas les mêmes propriétés physiques. Par conséquent, l'étude des propriétés électriques de l'eau biologique fournira une méthode de recherches fructueuses. C'est une des considérations qui nous a amenés à entreprendre l'étude des propriétés diélectriques des substances vivantes. Nous devons dire de suite que cet espoir n'a pas été déçu et qu'effectivement nous avons pu obtenir des précisions *curieuses*. L'étude électrique révèle une complexité extrême de ces phénomènes, complexité que les méthodes chimiques n'avaient permis que d'entrevoir.

II

5. Notre appareil se compose d'un condensateur double (C) dans lequel on introduit la substance à mesurer. Ce condensateur fait partie d'un circuit oscillant à ondes très courtes comprenant en plus de cet élément un condensateur réglable étalonné (C') et

FIGURE 3

Montage expérimental. A droite l'ensemble émetteur. A gauche le condensateur (C) et le condensateur variable (C').



C' : condensateur variable sur lequel se font les lectures reportées sur les graphiques, suivant avec l'indication de « condensateur ».
 C : condensateur contenant la substance.
 L : lampe oscillatrice.
 mA : milliampèremètre.
 A : dispositif d'amplification.

une self. Cet ensemble est couplé avec un oscillateur à ondes très courtes, de fréquence fixe, comportant un dispositif de mesure de l'absorption, dispositif réalisé au moyen d'un voltmètre amplificateur à lampe. Le schéma est celui de la figure 3.

Le montage est du genre Hartley, ⁽⁶⁾ étudié pour donner une oscillation extrêmement libre. Nous n'avons pas utilisé de stabilisateur à quartz, ceux-ci ne convenant pas aux fréquences très élevées. (La longueur d'onde est de 9 m.). Voltmètre, amplificateur et lampe oscillatrices ont été réunis dans une même ébénisterie.

Notre condensateur à substance est d'un type assez particulier (fig. 4). Il est double, c'est à dire composé de deux condensateurs

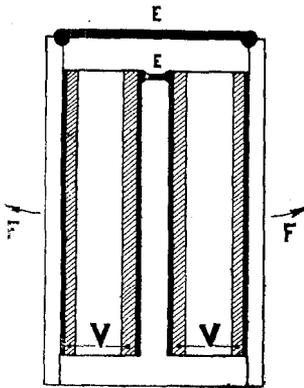


FIGURE 4

Les condensateurs parallélépipédiques portent des armatures de cuivre (E), protégées par des lames à faces parallèles de verre (V). Le remplissage s'effectue en ouvrant les faces (F) suivant le sens des flèches.

adossés. L'armature centrale est fixe, les deux armatures extérieures sont mobiles autour de charnières afin que les deux espaces où l'on place la substance à mesurer soient entièrement accessibles. Les armatures (E) sont protégées par des lames de verre (V) et maintenues à distance rigoureuse au moyen de câles. Le bâti de ce condensateur porte le condensateur étalon et la self. Tous les éléments sont rigoureusement invariables. Des dispositions ont été prises afin de pouvoir introduire dans le condensateur des substances compressibles comme des farines, ou collantes comme des fruits secs.

Nous avons choisi de faire la mesure sur des longueurs d'ondes très courtes. En effet, nous avons à mesurer des substances dont la conductibilité n'était pas nulle, de sorte que si nous avons choisi des courants de basse fréquence, la proportion de courant passant par conductibilité à travers la substance aurait été nettement plus grande que celle passant par effet de capacité, d'où un trouble considérable dans la mesure. Comme la proportion de courant passant par capacité croît proportionnellement à la fréquence, nous avons avantage à choisir la fréquence la plus élevée,

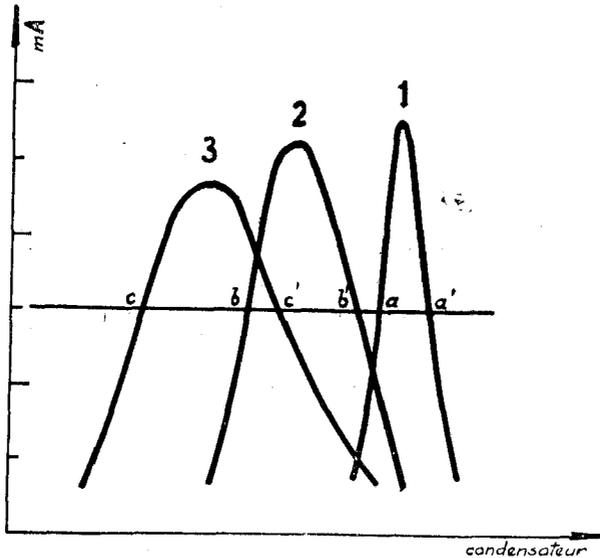
(6) Ce montage comprend un circuit oscillant où la cathode est connectée à un point de la self. On est alors sûr que les potentiels de la grille et de la plaque sont en opposition de phase, le potentiel de référence étant celui de la cathode.

R. PORTRAT. — Radioélectricité, p. 163. 1941.

c'est à dire la longueur d'onde la plus courte, qui soit facilement réalisable. Les longueurs d'onde de l'ordre de 10 m. nous ont donné satisfaction. (7)

6. Avec notre appareil la technique de la mesure est particulièrement simple. Après avoir introduit la substance dans le condensateur (C) et amené le circuit de mesure dans une position repérée par rapport au circuit oscillateur, on agit sur le condensateur étalon (C') et note en fonction des positions de celui-ci les diverses indications de l'aiguille du voltmètre amplificateur (mA). Il est bon de traduire ces résultats par un graphique dans lequel on porte en ordonnées l'indication du voltmètre amplificateur, en abscisses la lecture faite sur le cadran du condensateur étalon. On obtient ainsi des figures telles que celle de la figure 5.

FIGURE 5



En faisant varier la substance placée dans le condensateur, on s'aperçoit que l'on obtient des courbes bien différentes. Elles se déplacent d'autant plus vers la gauche que la substance introduite cause une augmentation plus grande de la capacité et elles s'élargissent d'autant plus que la substance détermine une absorption plus grande. Ainsi, nous obtenons les deux éléments qu'il nous importe de

(7) L. CAGNIARD. — *Memorial des Sciences Physiques*, Fas. XVIII, p. 13.

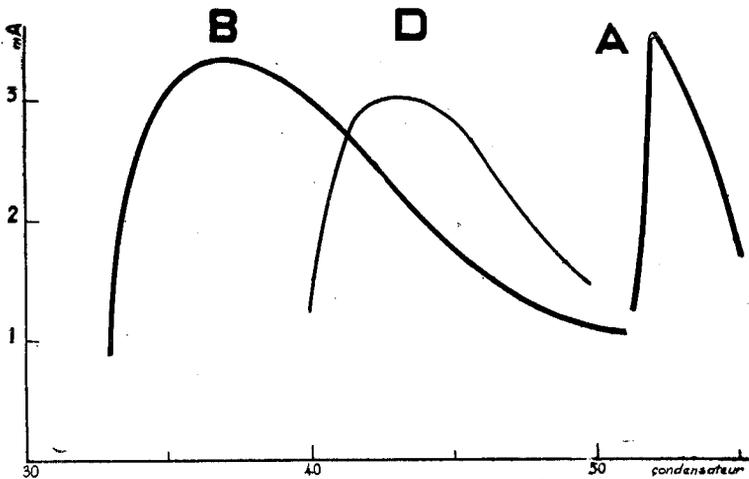
mesurer : d'une part, l'augmentation de capacité créée par la substance, c'est à dire son pouvoir inducteur spécifique, et, d'autre part, l'amortissement qu'elle détermine, c'est à dire son *coefficient d'absorption*.

Par exemple, considérons les courbes ainsi tracées 1, 2, 3. On voit que la capacité était plus petite pour le corps ayant donné la courbe 1 que pour le corps ayant donné la courbe 2. La capacité était encore plus petite avec le corps qui a donné la courbe 3. Par contre, l'amortissement était plus grand en 3, plus petit en 2, encore plus

TABLEAU I
Courbes d'amortissement expérimentales

	Lectures au condensateur variable pour les valeurs suivantes du milliampèremètre						
	1	2	3	4	3	2	1
A. Condensateur (C) vide....	51,2	51,8	52	»	53,1	55	»
D. Condensateur (C) rempli avec des dattes.....	39,8	40,5	43	»	43	47,3	»
B. Condensateur (C) rempli avec du blé.....	34	33,5	34,8	»	40	44	»

FIGURE 5 Bis



Cette figure montre les courbes réelles obtenues par notre dispositif pour le blé (B), les dattes (D) et l'amortissement à vide du condensateur (A).

petit en 1. On pourrait chiffrer ces résultats en lisant la position du maximum de la courbe, mais la précision est plus grande en se référant sur une droite horizontale. Le rapport des grandeurs ab/ac ,

donne une définition plus précise du rapport des capacités que l'observation de la position des maximums. De même, les rapports des amortissements sont plus facilement définis par le rapport des longueurs b' / a' , c' / a' .

Le tableau I donne les valeurs numériques obtenues dans notre montage, et, il est illustré par les courbes réelles de la figure 5 bis.

Il est clair que ce serait un progrès à notre appareil de faire inscrire ces courbes par un galvanomètre à miroir parcouru par le courant du voltmètre ampli, dont le spot réaliserait l'inscription de notre courbe sur un papier photographique entraîné par le tambour du condensateur. Les difficultés présentes ne nous avaient pas encore permis de réaliser ce montage au moment de la publication de ce travail initial. Pour nos travaux ultérieurs l'enregistrement automatique des courbes d'amortissement est réalisé.

III

7. Nous allons d'abord imaginer que nous n'introduisons dans l'appareil que des diélectriques parfaits. Remplissons totalement notre condensateur avec de tels corps et effectuons les mesures. Nous ne faisons rien d'autre que des mesures de PIS sous la forme la plus classique. La difficulté commence au moment où nous introduisons dans le condensateur des substances qui ne le remplissent pas totalement : par exemple des poudres, des grains. Comment allons nous évaluer le vide et le plein et quelle sera la perturbation sur la mesure ?

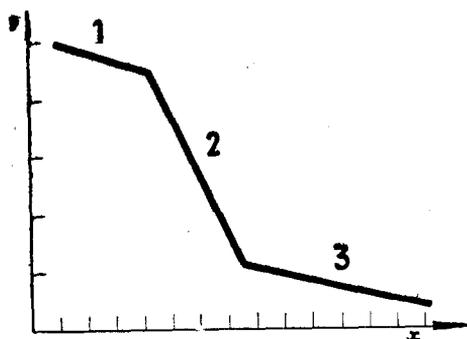
Nous n'avons qu'un moyen d'évaluer la quantité de substance placée dans le condensateur, c'est de la peser. Ainsi nous sommes amenés à considérer non plus le PIS d'un volume donné de substance, comme on le fait en physique classique, mais le PIS d'un poids donné de substance quitte à le ramener au précédent, quand c'est possible, en faisant intervenir la densité.

Le PIS que nous observons divisé par la densité de la matière étudiée est le PIS classique.

On peut démontrer, mais nous n'entrerons pas dans ce calcul que la croissance de capacité du condensateur est une fonction linéaire du poids de substance introduit. La pratique le confirme et montre de plus que la valeur de cet accroissement dépend de la manière

dont s'effectue le tassement. Pratiquement, si l'on porte en ordonnées les différentes lectures faites de la position du point a et en abscisses le poids de substance introduite, on obtient 1, 2, ou 3 segments de droite (1), (2), (3), (fig. 6) qui se raccordent par des arrondis peu accusés. Il importe de faire les mesures en choisissant

FIGURE 6



En abscisse x : poids de substance.

En ordonnée y : variation de la position du point a (voir figure 5).

des poids de substances étudiées, tels que l'on se trouve toujours au cours des mesures dans une partie droite, c'est à dire, de choisir des poids de substance qui correspondent à un régime déterminé du tassement dans le condensateur. Pour les farines, ceci est particulièrement facile, il n'y a qu'un régime de tassement, pour les grains, les morceaux de fruits, etc... un bon remplissage n'atteignant pas le tassement excessif donne toute satisfaction. En se

plaçant dans ces conditions, on peut comparer avec une bonne précision des substances différentes. On peut donc dire, que la question du remplissage plus ou moins complet du condensateur, dans de très larges limites, n'affecte pas le résultat de la mesure.

8. Nous avons vu que nous mesurons la valeur de l'amortissement en comparant les longueurs aa' , bb' . Pour des mesures grossières, on peut se contenter de comparer les ordonnées des maximums de la courbe de résonance. L'une ou l'autre méthode sont équivalentes.

Il est facile, mais indiquer les détails de cette méthode alourdirait par trop ce mémoire, d'étalonner l'appareil et de savoir à combien de watts par gramme correspond l'amortissement créé par telle ou telle substance. Dans les conditions où nous avons opéré on peut dire que la valeur de cet amortissement dépend de la conductibilité électrique. Avec les corps que nous avons utilisés, en effet, le passage du courant peut être schématisé par le dessin de la figure 7. Une partie

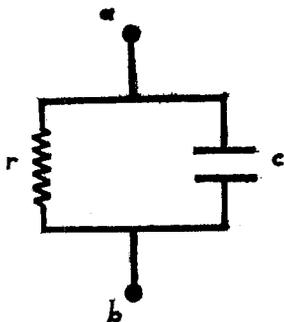


FIGURE 7

très importante du courant de haute fréquence passe de a en b par capacité, mais une faible partie passe par résistivité à travers la substance suivant la voie r. Cette partie de courant passant par résistivité crée des pertes d'énergie par effet Joule, pertes d'autant plus grandes que la résistance est plus petite. La relation entre la valeur de l'amortissement et la conductibilité interne de la substance est linéaire. Cette évaluation est particulièrement facile.

On sait qu'il existe des relations très étroites entre le pH et la conductibilité. (8) La connaissance de cette conductibilité permet dans beaucoup de cas, une évaluation très exacte et facile de l'ionisation des eaux intérieures aux substances vivantes, valeurs qui ne peuvent être étudiées par aucun autre moyen.

IV

9. Pour mieux faire comprendre les méthodes que nous utilisons pour l'étude des substances, nous allons commencer par les exemples des substances les plus simples.

Prenons deux substances, par exemple, de la silice sous forme de sable siliceux et de l'eau. Il ne peut y avoir aucune réaction chimique entre ces deux corps. Seuls, des phénomènes d'advection affectant une très petite partie des masses en jeu peuvent se produire. Supposons que la silice ait un PIS (S) et l'eau un PIS (E), appelons n la fraction unitaire d'eau que nous introduisons dans le sable, le pouvoir inducteur spécifique du mélange est la somme du PIS de la quantité de sable et du PIS de la quantité d'eau, il est alors :

$$\text{PIS (mélange)} = (S) (1 - n) + (E) \cdot n$$

(8) Supposons placé dans le condensateur de mesure (c) un mélange binaire d'un composé organique et d'eau. L'eau considérée comme ionisée partiellement et conductrice modifie la conductibilité de l'ensemble. Il s'ensuit que l'amortissement du système dépend de la teneur en eau et de sa dissociation. En particulier la conductibilité de l'eau est solidaire des sels dissous et de leur ionisation. L'expérience se réalise facilement. On place dans (c) de l'eau distillée pure. On détermine l'amortissement. Avec une trace d'acide l'amortissement diminue, pour croître ensuite. Ce système fonctionne donc comme un détecteur de l'état d'ionisation de l'eau.

On voit que si nous faisons varier la proportion d'eau dans le sable la modification du PIS du mélange doit être linéaire.

Ainsi si nous rassemblons dans un graphique nos résultats (fig. 8)

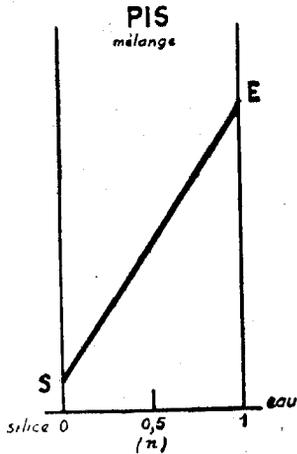


FIGURE 8

en portant en abscisses le pourcentage de (E) dans (S), les valeurs que nous trouvons par nos mesures doivent s'échelonner sur une droite. S'il n'en est pas ainsi, c'est que pour une raison quelconque, il y a une liaison entre les constituants.

La conséquence très importante de cet aspect linéaire de la courbe est que si nous connaissons la proportion de (E) dans (S), mais que nous ne pouvons pas étudier le corps (S) à l'état pur, nous pouvons cependant savoir quel serait le PIS de ce corps amené à l'état de pureté.

En effet, si nous avons tracé quelques points bien déterminés de la courbe, nous pouvons simplement la prolonger et lire immédiatement le résultat sur notre graphique, sur l'axe vertical des valeurs de (S).

Voici le résultat (fig. 9) obtenu pratiquement avec les composants eau-sable. Nous lisons un PIS du sable de 8 (point A), ce

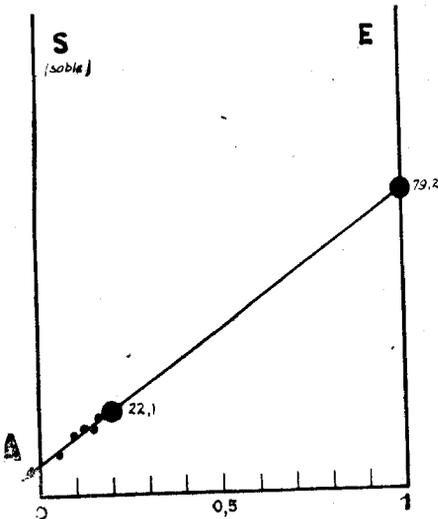


FIGURE 9

chiffre divisé par la densité nous donne par la silice le PIS classique. Nous n'avons pu obtenir de point de la courbe avec une humidité plus grande que 20 %. L'eau se serait en effet séparée du sable et notre mesure n'aurait plus eu de signification, mais en prolongeant la courbe, nous trouvons un PIS de l'eau pure voisin de 80, chiffre qui est bien celui que nous devons trouver.

Nous allons refaire cette expérience avec une autre substance : le papier joseph

— 147 —

(P). En opérant de la même façon, nous trouvons la courbe suivante (fig. 10). Un premier élément de courbe AB; et une droite de pente très faible, se prolongeant jusqu'aux humidités de 42 %. Là, la courbe s'infléchit et se prolonge par un autre élément de droite BC que nous avons pu prolonger jusqu'aux humidités voisines de 66 %. Au-delà l'expérience devenait impossible et la ligne pointillée au-delà de C que nous avons dessinée n'est là que pour faire comprendre notre interprétation de ces résultats.

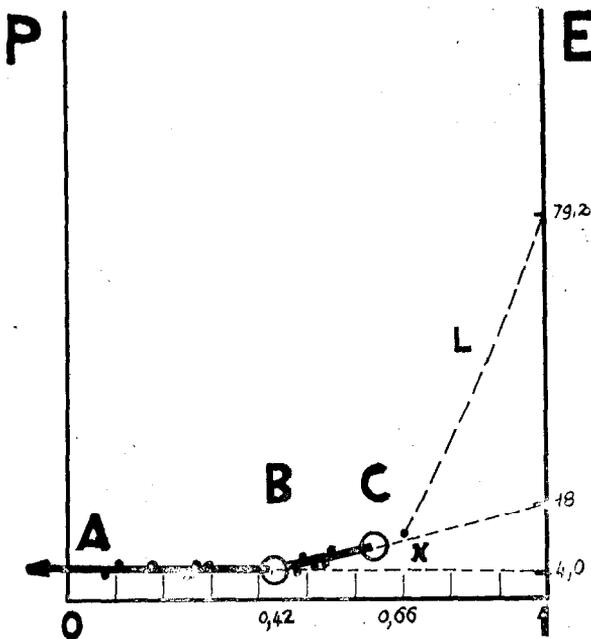


FIGURE 10

La lecture faite au point A nous montre pour la substance-cellulosique constitutive du papier à un PIS de poids de 4,5. L'élément AB de la courbe indique que jusqu'aux humidités de 42 %, l'eau agit comme si elle avait un pouvoir inducteur spécifique de 4.

De B en un point X non mesuré, mais qui est au-delà de 66 %, l'eau agit comme si elle avait un PIS de 18 environ. Il est clair que si nous prolongions notre expérience nous trouverions nécessairement un PIS final pour l'eau pure de 80. C'est à dire que, à partir de ce point X nous obtiendrons un élément de courbe tel que (L).

La chose très curieuse, sur laquelle nous voulons attirer l'atten-

tion est que le PIS de 4, que nous avons trouvé est celui-même qui résulte du calcul fait en se basant sur les propriétés optiques de l'eau, c'est-à-dire exécuté dans des conditions où la molécule d'eau est immobile et ne s'oriente pas dans le champ. Nous devons en conclure qu'entre 0 et 42 %, la molécule d'eau est immobilisée dans le papier joseph.

Nous pensons que l'explication du phénomène est la suivante : Les fibres de cellulose a b c (fig. 11) doivent porter des charges électriques suffisamment fortes pour fixer les molécules d'eau comme nous l'avons figuré. Dans ces conditions les molécules sont immobiles dans le champ relativement faible, que nous utilisons et le PIS mesuré doit logiquement être de 4.

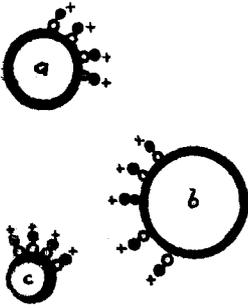


FIGURE 11

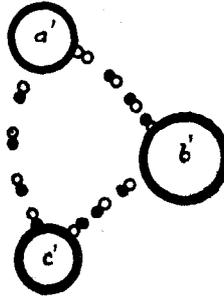


FIGURE 12

Ce phénomène reste le même aussi longtemps qu'il y a une quantité d'eau trop petite pour saturer toutes les charges électriques de la cellulose. Si cette quantité d'eau se trouve dépassée, les molécules se trouvant non fixées sont, cependant, partiellement immobilisées. Elles se forment en chaînes, s'orientant dans le champ électrostatique (fig. 12) comme la limaille de fer s'oriente dans un champ magnétique et dans ces conditions le PIS apparent est plus grand que pour la molécule fixée, mais plus petit que pour la molécule libre.

Nous voyons que cette étude électrique nous a permis, par un moyen très simple, de voir quel était le mécanisme de fixation de l'eau par la cellulose.

V

10. Il était intéressant de rechercher quel était l'état de l'eau dans les végétaux. Nous avons opéré sur des blés, des dattes, des farines, des herbes, et nous avons obtenu en partant des mêmes produits et en faisant seulement croître le poids de produit dans le condensateur, les courbes (B), (D) et (H) de la figure 13 et construites avec les chiffres expérimentaux du tableau II.

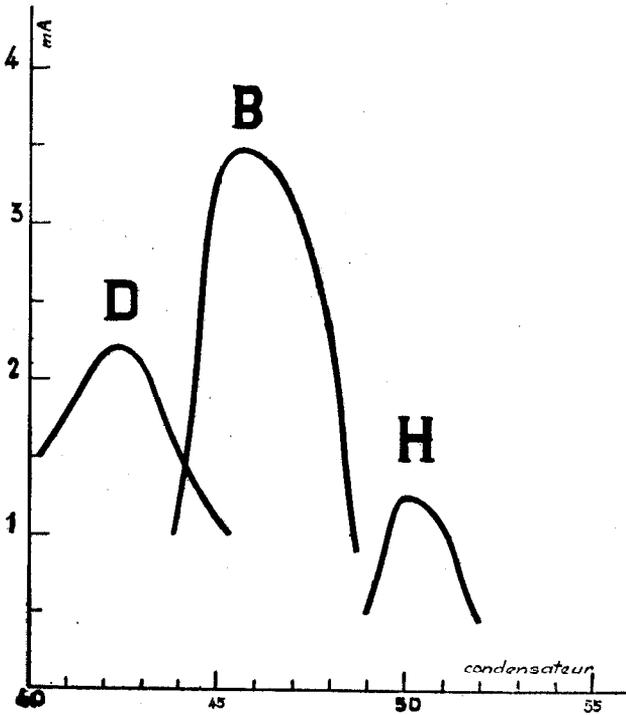
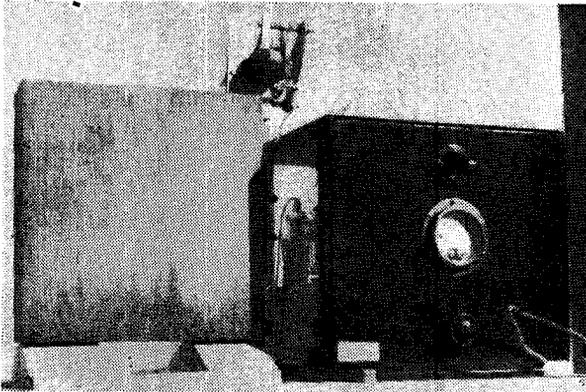


FIGURE 13

Les courbes de la figure 13 indiquent les tracés d'amortissement obtenus dans notre dispositif quand on étudie des substances différentes comme le blé (B), les dattes (D) et l'herbe (H) qui ont une même masse d'eau de 45 g. à leur disposition, introduite dans le condensateur.

Elles montrent qu'à poids égal d'eau introduite dans le condensateur, cette eau ne se comporte aucunement de la même façon et le PIS et l'amortissement sont très différents. L'état de l'eau dans les végétaux n'est donc pas un état simple, mais un état fort complexe. Il est possible d'en faire l'étude par les méthodes de PIS. ⁽⁹⁾



Dispositif de mesure avec le poste émetteur à droite et le circuit d'accord de réception à gauche. Le condensateur rectangulaire renferme la matière à étudier.

⁽⁹⁾ Les mesures systématiques sur les végétaux feront l'objet de mémoires ultérieures. Elles permettent comme nous le montrerons des remarques importantes sur l'étude technologique des substances végétales et de leurs conditionnements. Nous poursuivrons nos travaux sur les blés et sur certains fruits et légumes d'industries.

TABLEAU II

Etude des amortissements en fonction des masses d'eau liées
à différentes matières végétales introduites dans le condensateur.

(a) Matière placée dans le condensateur	(b) Poids d'eau en grammes dans le condensateur	(c) Lectures au condensateur pour les milliampèremètres suivants :						
		1	2	3	4	3	2	1
		—	—	—	—	—	—	—
Blé (courbe B)	16	51	51,1	51,2	»	52,8	53	54
	32	48	48,1	48,2	»	49,7	50,2	51
	48	44	44,5	44,5	»	47,4	48	48,5
	64	40	41,3	41,4	»	43,7	45	45,5
Datte (courbe D)	8	51	52	52	»	53,8	54	54,7
	16	50	50,3	50,4	»	52,7	53,2	53,7
	32	47	47,2	47,2	»	49,8	50,2	51
	48	39	41,5				43,2	45,2
Herbe (courbe H)	18	51	51,2	51,2	»	52,5	53,2	54
	27	50,2	50,5	51,3	»	51,3	52,7	53,5
	36	50	»	»	»	»	»	51,2
	45	49,6	»	»	»	»	»	51,2

Une partie des recherches initiales de ce travail a été poursuivie par M. Leroy, depuis quelques années avec l'aide et les conseils de MM. le professeur Nottin de l'Institut National Agronomique, le professeur Nuret de l'Ecole de Meunerie de Paris, et de M. Hartmann, chef de Laboratoire des Brasseries Tuborg à Copenhague.

Les auteurs de ce mémoire leur expriment leur vive reconnaissance.

Laboratoire de Technologie et de Biophysique
de l'Institut Agricole d'Algérie - 1941.