Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 7 (1925)

Artikel: Quelques problèmes d'énergétique en relation avec le problème de l'acension de la sève

Autor: Guye, C.E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-740723

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 25.12.2025

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

sera particulièrement grande lorsque, par suite de conditions favorables (rapprochement des atomes dans les molécules) des groupements fortement exothermiques à partir de leurs atomes, tels que H_2O, CO_2, HCl, N_2, etc. seront libérés. Dans les atomes, ces phénomènes de stabilisation seront encore incomparablement plus exothermiques lorsque se produiront des occasions favorables pour la formation du groupement représenté par l'atome d'hélium, qui, comme on l'a prouvé, est extraordinairement stable.

Il n'est donc pas nécessaire d'avoir recours à une cause extérieure agissant sous forme de radiations, pour expliquer l'origine de l'énergie dégagée dans les transformations radioactives, *cette énergie se trouvant à disposition dans l'atome même.* Mais la cause extérieure (les radiations) pourrait naturellement intervenir pour déclancher le phénomène.

D'autres rapprochements peuvent encore être faits entre les transformations subies par les molécules chimiques et les transformations radioactives: notamment l'existence d'une évolution des molécules chimiques comparable à l'évolution des atomes radioactifs et la répartition en diverses réactions simultanées des décompositions moléculaires, phénomène que l'on retrouve sous le nom de bifurcation en radioactivité.

C. E. Guye. — *Quelques problèmes d'énergétique en relation avec le problème de l'ascension de la sève* [1].

Les biologistes semblent en général d'accord pour attribuer à l'évaporation qui se produit particulièrement à la partie supérieure des végétaux et à la surface des feuilles, la cause principale de l'ascension de la sève.

Le but de cette note est de préciser d'abord en s'appuyant sur des considérations d'énergétique, les hauteurs possibles d'ascension, compatibles avec les divers processus généralement invoqués (capillarité, imbibition, osmose).

[1] Mon collègue, M. le professeur R. Chodat a bien voulu me signaler l'intérêt qu'il y aurait à reprendre d'un point de vue purement physique, le problème de l'ascension de la sève, problème que les physiciens semblent avoir délaissé depuis nombre d'années. C'est ce qui m'a engagé à présenter cette courte note.

1er PROBLÈME. — CAS DE LA CAPILLARITÉ (fig. 1). — Soit un tube (vaisseau capillaire) mouillé par le liquide (sève) et terminé à sa partie supérieure par une surface d'évaporation, mouillée également par le liquide (fig. 1).

Si la sève mouille les tissus, elle s'étalera à leur surface comme l'huile s'étale à la surface de l'eau; c'est-à-dire *en libérant de l'énergie.*

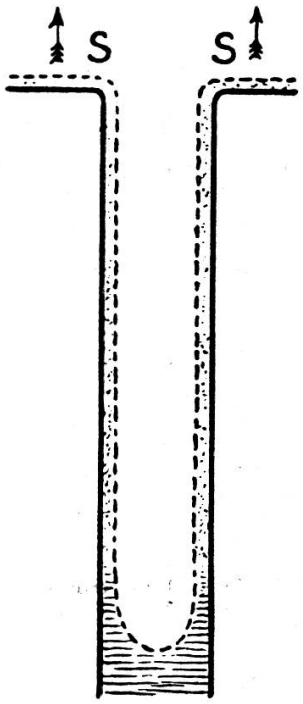

Fig. 1.

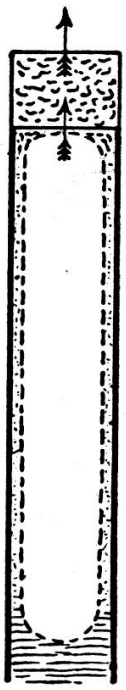

Fig. 2.

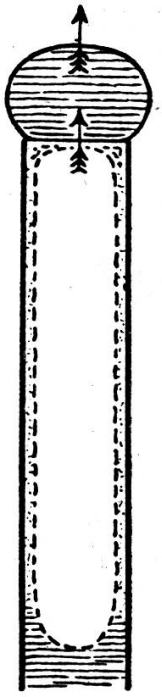

Fig. 3.

Soit E ergs l'énergie libérée par l'étalement de la sève sur un cm² de la surface d'évaporation; S la grandeur de cette surface.

Chaque fois que le soleil dessèche la surface S, l'énergie potentielle des forces capillaires augmente; chaque fois que la *sève la recouvre*, il y a diminution d'énergie potentielle et libération d'énergie SE, et cette énergie libérée est susceptible de soulever d'une hauteur h le long des tissus mouillés ou imbibés, une masse de sève m donnée par la relation

$$SE = mgh$$

$$m = \frac{SE}{gh},$$

Si le soleil évapore N fois la surface S dans une heure, la masse de sève soulevée serait

$$M = \frac{NSE}{gh} .$$

On voit que toutes conditions égales, cette masse est inversement proportionnelle à la hauteur d'ascension, ce qui se conçoit aisément, puisque le travail à fournir est proportionnel à cette hauteur.

En réalité, il n'y a pas alternance entre le dessèchement du tissu et l'étalement de la sève, mais dès que la couche de sève, par suite de l'évaporation, s'amincit au point de devenir de l'ordre d'épaisseur ε de la couche active (ε = un vingt-millième de mm. environ) les forces capillaires interviennent à nouveau pour la reconstituer par un apport constant de molécules. Or, cet apport de molécules se fait comme on sait avec libération d'énergie et cette énergie libérée peut déterminer le mouvement d'ascension de la sève le long des tissus mouillés ou imbibés.

Désignons par m_0 la masse de sève correspondant à un cm² de couche active (soit approximativement $m_0 = 0{,}000005$ grammes en supposant la densité de la sève égale à l'unité); on a pour la hauteur possible correspondante

$$h_0 = \frac{E_1}{gm_0} .$$

Pour fixer les idées, posons $E_1 = 25$ ergs (étalement de l'huile sur l'eau) $g = 981$; on trouve h_0 en cm.

$$h_0 = 50 \text{ mètres environ} .$$

La hauteur ainsi calculée n'est pas à proprement parler une hauteur limite, car pour connaître exactement cette hauteur, il faudrait connaître la loi suivant laquelle varie l'énergie de surface lorsque la couche active passe progressivement de l'épaisseur ε à l'épaisseur zéro [1].

[1] De façon plus générale, la hauteur limite a pour expression $h = \frac{1}{g}\frac{dE_1}{dm_0}$ la valeur de $\frac{dE}{dm_0}$ variant suivant le degré d'évaporation de la couche active.

On voit qu'*indépendamment des autres causes généralement invoquées*, ce processus serait capable de faire monter la sève à une hauteur qui dépend de l'épaisseur que l'on attribue à la couche active et à la valeur de l'énergie libérée E_1, correspondant à l'étalement de la sève.

Quant à la vitesse d'ascension, elle dépendra, comme nous venons de le voir, de l'activité avec laquelle se produira l'évaporation, mais elle peut dépendre également dans une certaine mesure, de la *viscosité de la sève* et des dimensions des vaisseaux qui font intervenir une résistance dont nous n'avons pas tenu compte dans le problème statique.

2me PROBLÈME. — CAS DE L'IMBIBITION (fig. 2). — Supposons qu'à l'extrémité d'un tube mouillé par la sève se trouve une substance susceptible d'absorber la sève par imbibition et de l'évaporer par sa face supérieure.

L'ascension pourra de même se produire à la condition que l'imbibition s'effectue avec libération d'énergie.

Supposons que tel soit le cas [1].

Si toute l'énergie libérée par l'imbibition était utilisée à ce travail d'élévation, la hauteur maximum d'élévation serait

[1] L'expérience suivante permettrait de s'en rendre compte. Un morceau de plâtre ou toute autre substance susceptible d'être imbibée est placé un peu au-dessus d'une cuve d'eau; les deux soudures d'un couple thermo-électrique étant placées l'une à l'intérieur du plâtre sec, l'autre à l'intérieur de l'eau.

Immergeons la face inférieure du morceau de plâtre dans l'eau qui l'imbibe et le transforme; s'il y a libération d'énergie, la soudure dans le plâtre s'échauffera et le galvanomètre déviera.

En négligeant la chaleur spécifique du plâtre par rapport à celle de l'eau égale à l'unité, la quantité de chaleur ΔQ dégagée par l'imbibition sera en appelant m l'augmentation du poids du plâtre, c'est-à-dire le poids de l'eau imbibée

$$\Delta Q = mc\Delta t$$

Δt étant l'élévation de température observée au galvanomètre; c la chaleur spécifique de l'ensemble formé par le plâtre et l'eau qui l'imbibe. Si l'imbibition doit soulever le liquide, il y aura un travail effectué contre la pesanteur et la chaleur dégagée dans le plâtre sera moindre ; de même que la chaleur dégagée par l'explosion d'une charge de poudre est moindre lorsqu'elle doit mettre en mouvement un projectile.

déterminée par l'équation

$$E \Delta Q = mgh$$

$$h = \frac{E \Delta Q}{mg}$$

$E = 4.187 \times 10^7$ ergs

$\Delta Q =$ chaleur dégagée par l'imbibition

$m =$ masse de l'eau imbibée

$g = 981$

Si la température de l'eau dans l'expérience de la note ci-dessus s'élevait de 1°, la hauteur maximum serait de 427 mètres; pour 0,1° on aurait 42,7 mètres environ.

Comme dans le problème précédent, la vitesse d'ascension dépendra de l'activité de l'évaporation, de la viscosité de la sève, de la longueur et de la structure des canaux.

3me PROBLÈME. — CAS DE L'OSMOSE (fig. 3). — Soit comme précédemment un tube mouillé par la sève et terminé par une cellule, l'évaporation se produisant par la surface extérieure de cette cellule; soit p_0 la pression osmotique à son intérieur, pression sensiblement proportionnelle à la concentration et supposons le régime permanent établi.

L'évaporation fera alors sortir autant d'eau par la membrane extérieure qu'il en entrera par osmose par la membrane intérieure, de sorte que la concentration et, par conséquent, la pression osmotique restera invariable; néanmoins de l'énergie doit constamment être fournie au système pour effectuer le travail d'ascension de la sève. Il est facile de la calculer.

Lorsque l'énergie solaire fait sortir un volume Δv d'eau de la cellule, elle tend à produire, indépendamment du travail d'évaporation, une augmentation de la concentration et, par conséquent, de l'énergie osmotique. Cette augmentation d'énergie osmotique est égale $p_0 \Delta v$. Au contraire, lorsque le même volume d'eau pénètre par osmose dans la cellule, il tend à diminuer la concentration et produit une diminution d'énergie osmotique, avec libération d'énergie. C'est cette énergie libérée et sans cesse renouvelée par l'action du soleil que l'on pourra envisager comme la cause de l'ascension de la sève.

La hauteur d'ascension sera alors déterminée par la relation

$$p_0 \Delta v = gh . \Delta m ,$$

Δm étant la masse d'eau (sève) correspondant au volume Δv.

Comme, d'autre part, on a $\Delta m = \rho \Delta v$; ρ étant la densité de l'eau (sève), on a finalement

$$h = \frac{p_0}{\rho g}.$$

La hauteur est ici limitée par la pression osmotique, c'est-à-dire par la concentration à l'intérieur de la cellule.

Si l'évaporation cesse ou diminue (pendant la nuit) l'ascension continue, mais la cellule se distend, la concentration diminue et avec elle la vitesse d'ascension.

Cette vitesse d'ascension est d'ailleurs soumise aux mêmes réserves que dans les problèmes précédents, si l'on envisage le problème dynamique.

Remarque essentielle. — Les hauteurs ainsi calculées sont des hauteurs maxima; elles supposent que toute l'énergie libérée par les forces capillaires, l'imbibition ou l'osmose à la partie supérieure des végétaux, est utilisée au travail d'ascension de la sève contre la pesanteur.

Il convient donc de faire deux réserves essentielles:

1° La première, c'est que nous n'avons tenu aucun compte du travail que peut nécessiter le déplacement de la sève dans les canaux ou le long des parois de ces canaux par suite principalement de la viscosité. Ce travail, qui doit être effectué également aux dépens de l'énergie libérée peut dépendre de la largeur, de la dimension et de la structure des canaux, de la vitesse d'ascension du liquide; il sera, en particulier, très différent, si le liquide remplit complètement les canaux (approximativement loi de Poiseuille) ou s'il se trouve des vacuoles d'air qui doivent être mises en mouvement ou déformées, ou enfin si le liquide se déplace seulement le long des parois mouillées ou imbibées. Nous reviendrons prochainement sur ce point.

2° Secondement, pour que l'énergie libérée puisse être utilisée au travail d'ascension de la sève, il est nécessaire que le système satisfasse à certaines conditions qui rendent le phénomène possible. Supposons par exemple que le liquide remplisse entièrement le canal d'ascension et ne mouille pas ses parois (comme le mercure dans le verre), l'évaporation qui se produit à la partie supérieure pourra bien par l'un des mécanismes invoqués, soulever une colonne liquide d'une certaine hauteur. Mais lors-

que cette colonne devient trop lourde pour la cohésion que présente le liquide pour lui-même, la colonne se rompra et la continuité avec le liquide qui est à sa base étant interrompue, toute nouvelle ascension devient impossible. Au contraire, si l'on suppose que le liquide mouille ou imbibe les parois des canaux, sans qu'il soit nécessaire qu'il les remplisse totalement, il semble que la continuité sera toujours assurée et que tout ou partie de l'énergie libérée à la partie supérieure pourra être ainsi utilisée à l'ascension de la sève. Mais c'est là un point qu'il serait intéressant de contrôler par quelques expériences directes.

Séance du 19 mars 1925.

L. Duparc, P. Wenger, G. Graz. — *Etude de la solubilité du fluorure de calcium dans l'acide acétique.*

Au cours d'une étude sur la séparation de l'acide phosphorique et du fluorure de calcium, nous avons pu constater que la méthode basée sur l'insolubilité de CaF_2 dans l'acide acétique nous conduisait toujours à des résultats inexacts, dus probablement à une solubilité plus ou moins grande de CaF_2 dans ce réactif. Il nous a donc paru indispensable de procéder, avant de continuer notre travail, à une étude complète de la solubilité de ce composé dans l'acide acétique et de vérifier en même temps le pouvoir dissolvant des acides chlorhydrique et nitrique.

Nos expériences, qualitatives d'abord, puis quantitatives, ont porté sur la solubilité de la fluorine, séchée à 100° puis calcinée pour enlever toute trace d'humidité, dans:

1. de l'*acide chlorhydrique* de concentration 2N, N, $\frac{N}{2}$;
2. de l'*acide nitrique* de concentration 2N, N, $\frac{N}{2}$;
3. de l'*acide acétique* de concentration 2N, N, $\frac{N}{2}$.

Expériences avec acide chlorhydrique.

Nous avons pris 0,5 gr de fluorine très finement pulvérisée et calcinée que l'on chauffe à ébullition pendant 15 minutes dans 25 cm^3 d'acide chlorhydrique de différentes concentrations.