

Généralités

L'eau possède des propriétés physiques et chimiques uniques : on peut la faire geler, fondre, évaporer ou chauffer et la mélanger. Dans des conditions normales, l'eau est un liquide composé de molécules faites d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (H_2O). À l'état pur, l'eau est incolore, insipide et inodore; elle se solidifie à 0 °C et s'évapore à 100 °C. Elle a une densité de un gramme par centimètre cube (1 g/cm³) et se classe parmi les meilleurs solvants. Sans eau, il n'y aurait pas de vie. Plus de la moitié du corps humain est constituée d'eau. Si une personne peut se passer de nourriture pendant plus d'un mois, sans eau, c'est la mort assurée au bout de quelques jours. Tous les organismes vivants, de l'insecte le plus minuscule à l'arbre le plus gigantesque, ont besoin d'eau pour survivre.

L'eau – simple et complexe : L'eau est à la fois le solvant, le milieu et un participant dans la majorité des réactions chimiques qui se produisent dans notre environnement. L'eau est à la fois simple et complexe. Une molécule d'eau est simple en soi : elle est composée de trois atomes, deux d'hydrogène et un d'oxygène. Son symbole chimique est H_2O . La configuration de ces composantes produit une molécule dotée de propriétés presque magiques. Etats physiques de l'eau Sur terre, on retrouve l'eau sous forme liquide, solide (glace) ou gazeuse (vapeur d'eau invisible). Dans la nature, l'eau ne disparaît pas ; elle décrit un cycle en passant d'un état à un autre avant de revenir à son état initial.

- La fusion est le passage de l'état solide à l'état liquide. La solidification est le changement d'état inverse.
- La vaporisation est le passage de l'état liquide à l'état gazeux. La liquéfaction (ou condensation) est le changement d'état inverse.

II.1. STRUCTURE ET PROPRIÉTÉ :

1/- Structure :

À l'état de vapeur la molécule d'eau est un monomère.

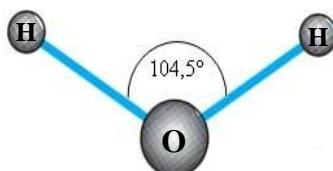


Figure.2. Monomère de la molécule d'eau.

À l'état solide (glace) les molécules d'eau sont liées entre elles par des liaisons hydrogènes d'où la formation d'un polymère de structure cristalline (réseau cristallin) dans laquelle chaque molécule monomère est liée à 4 autres

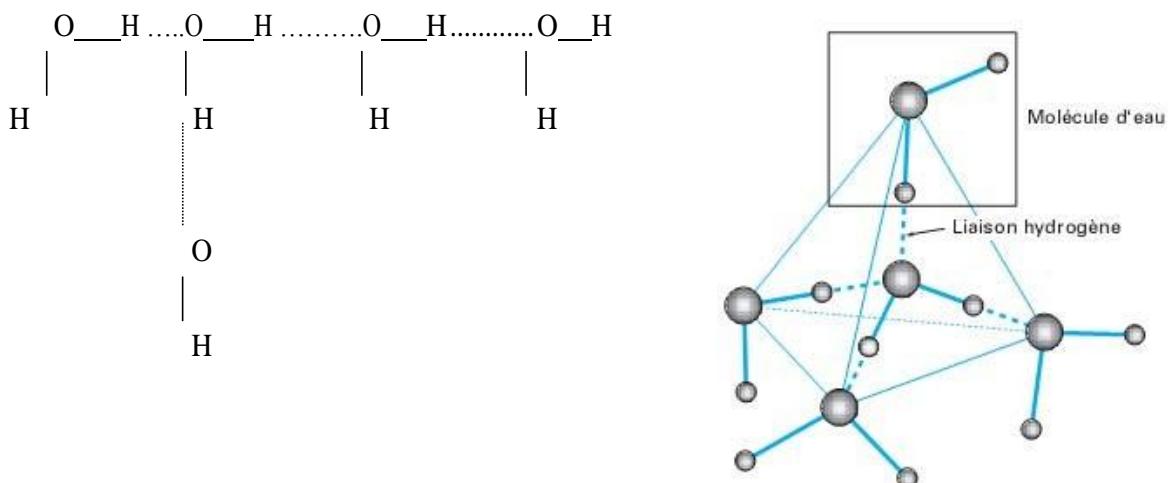


Figure.3. Structure de la glace (Polymère d'eau de structure cristalline).

À des températures inférieures à -183°C toutes les liaisons hydrogène possibles se trouvent engagées (super cristallisés), à 0°C il n'y en aurait que 50% sont libres et même à 100°C il en existerait encore un certains nombre de liaisons hydrogènes

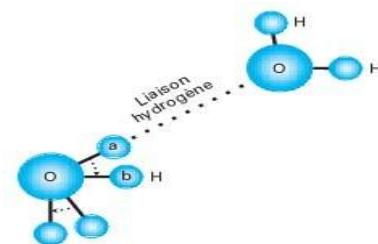


Figure.4. Liaison hydrogène limitée par les rotations moléculaires.

2/- propriétés physiques et chimiques :

Les molécules d'eau sont attirées les unes vers les autres, créant ainsi des **liaisons hydrogène**. Ces liaisons très fortes déterminent à peu près toutes les propriétés physiques de l'eau ainsi que nombre de ses propriétés chimiques.

Lors de la cuisson, de la stérilisation, de la concentration, de la déshydratation ou de la congélation des aliments ce sont les propriétés concernant les changements d'état et le transfert de chaleur et de matière qui sont impliqués. La chaleur spécifique, chaleur latente de fusion, vaporisation et conductibilité thermique, viscosité.

La chaleur spécifique : La capacité thermique est une propriété physique intrinsèque qui détermine le niveau de chaleur nécessaire pour modifier la température d'une substance d'une quantité prédéfinie. La chaleur spécifique fait référence au rapport entre la capacité thermique d'un matériau et sa masse, qui régit la quantité d'énergie nécessaire pour éléver la température d'un gramme d'un degré Celsius (ou Kelvin). Cette grandeur physique est utile pour différents objectifs, par exemple pour optimiser des procédés techniques ou évaluer les risques thermiques. Généralement, la chaleur spécifique est mesurée en joules par gramme-kelvin, ou J/gK.

Pour calculer la capacité thermique d'un matériau, on utilise l'équation suivante :

$$c_p = q / (m \cdot \Delta T)$$

Où c_p = chaleur spécifique, m = masse en grammes, q = énergie perdue ou produite, et ΔT = changement de température

Chaleur latente de fusion

Une substance pure passe de l'état solide à l'état liquide à une température qui lui est propre: sa température de fusion T_f . Un apport de chaleur peut augmenter la température d'un corps. Mais s'il se trouve à sa température de fusion, un apport de chaleur n'augmente pas sa température, mais cette chaleur est utilisée pour le faire passer de l'état solide à l'état liquide en brisant les liaisons intermoléculaires.

La chaleur δQ échangée avec le milieu extérieur lors d'un changement d'état : solidification, fusion, ébullition... est la chaleur latente L . Quand on l'exprime pour 1 kg de matière, c'est la chaleur latente massique. Elle s'exprime en Joules par Kilogramme. Quand on l'exprime pour 1 mol, c'est la chaleur latente molaire. Elle s'exprime en moles par Kilogramme.

Rappel : On définit la capacité thermique massique C de l'eau comme la quantité d'énergie qu'il fait apporter à 1kg d'eau pour augmenter sa température de $1^\circ C$. Pour l'eau liquide, $C = 4185 J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$.

Vaporisation

La vaporisation est l'une des six transformations fondamentales de la physique. Il s'agit du passage d'un corps de l'état liquide à l'état gaz. En phytothérapie et aromathérapie, cette technique permet d'extraire les huiles essentielles et principes actifs des plantes médicinales sous forme de vapeur, sans passer par la combustion qui est très nocive pour la santé (goudrons, co2 et des centaines d'autres produits, responsables de beaucoup de maladies)

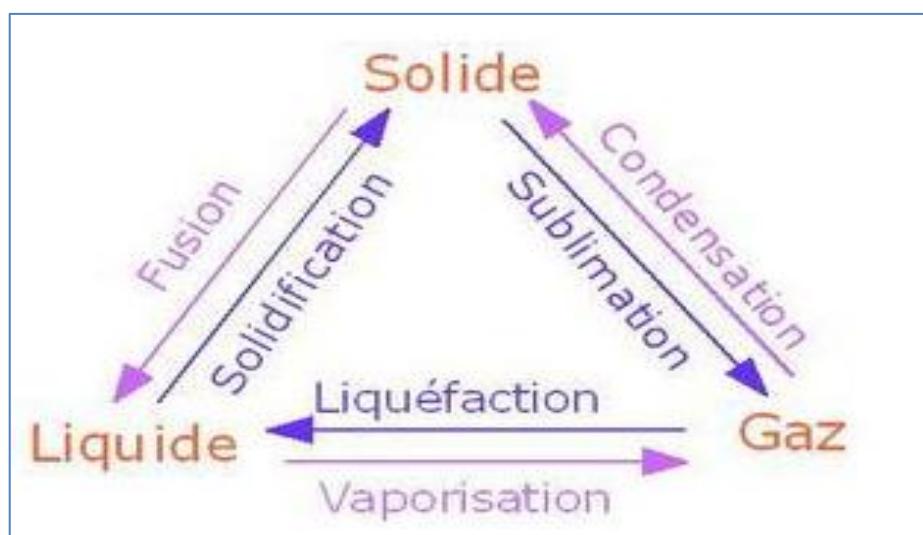


Figure .5. Six transformations fondamentales de la physique

Conductivité thermique (ou conductibilité thermique)

Est une grandeur physique qui caractérise la capacité à diffuser la chaleur dans les milieux sans déplacement macroscopique de matière. C'est le rapport de l'énergie thermique (quantité de chaleur) transférée par unité de temps et de surface sous un gradient de température.

L'eau et la vapeur sont des fluides couramment utilisés pour l'échange de chaleur dans le circuit primaire (de la surface des barres de combustible au flux de liquide de refroidissement) et dans le circuit secondaire. Il a été utilisé en raison de sa disponibilité et de sa grande capacité calorifique, tant pour le refroidissement que pour le chauffage. Il est particulièrement efficace de transporter la chaleur par vaporisation et condensation de l'eau en raison de la très grande chaleur latente de vaporisation .

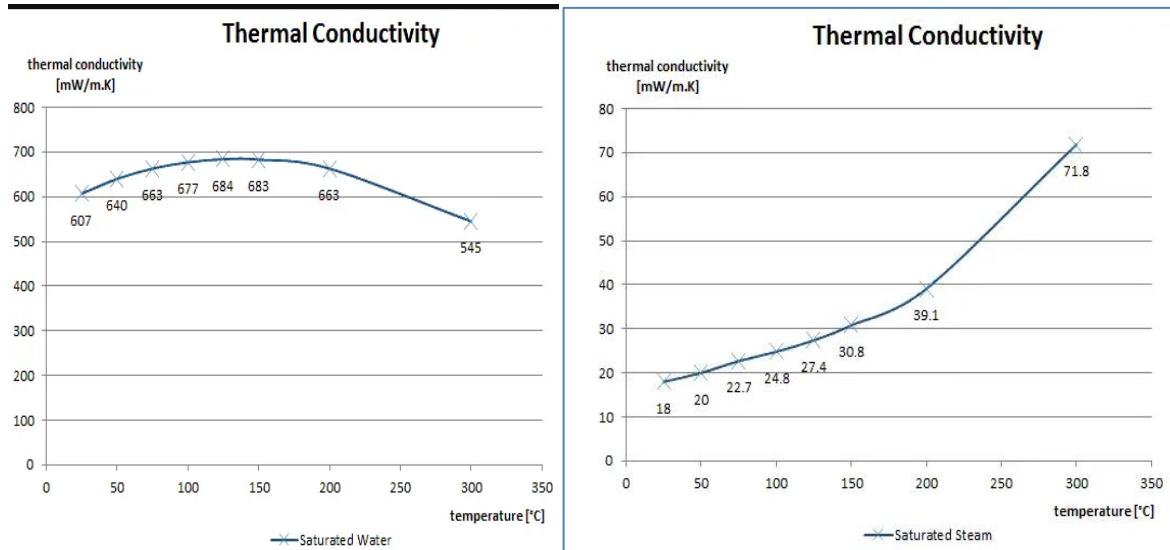


Figure.6. Conduction thermique de l'eau et de la vapeur.

Convection

La convection est l'ensemble des mouvements internes (verticaux ou horizontaux) qui animent un fluide et qui impliquent alors le transport des propriétés des particules de ce fluide au cours de son déplacement. Elle peut être due à des différences de température, une agitation mécanique, un pompage etc.

Un exemple de convection est celui du chauffage de l'eau dans une casserole. Les groupes de particules de fluide en contact avec le fond de la casserole sont chauffés (par conduction). Ils se dilatent, donc deviennent moins denses (cf. masse volumique) et se mettent en mouvement spontané vers le haut, car la poussée d'Archimède qui s'exerce sur eux devient prépondérante par rapport à leur poids. Les groupes de particules de la surface de la casserole sont refroidis par contact avec l'air ambiant, se contractent et gagnent en densité, puis plongent. Le transfert thermique que la convection engendre est plus efficace que celui de la conduction thermique ou du transfert radiatif.

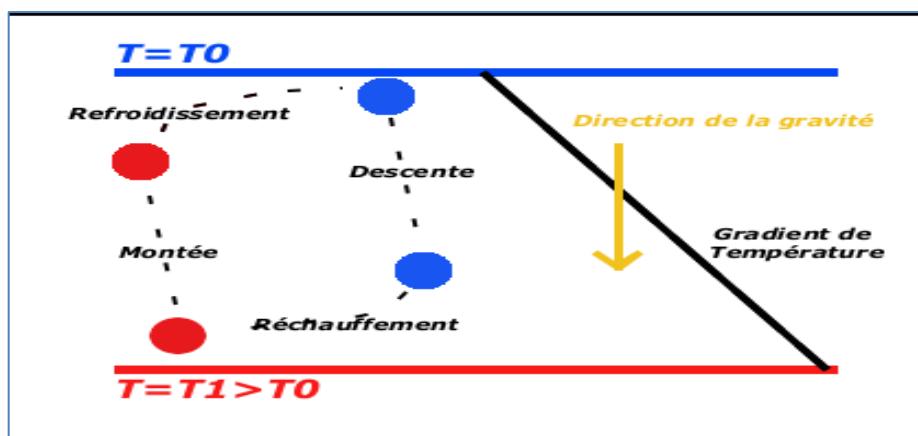
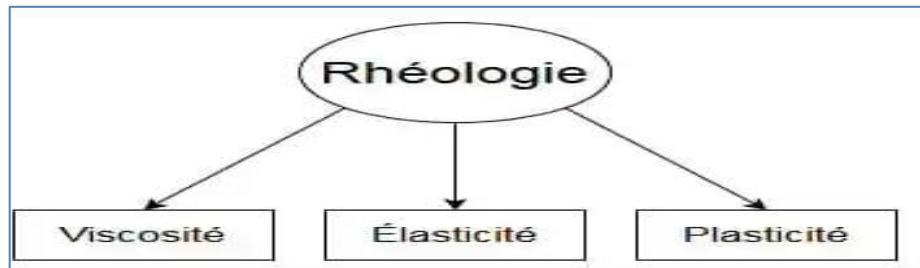


Figure .7. Principe de la convection

Viscosité

La viscosité est une des propriétés permettant de caractériser un fluide, mais il en existe d'autres, telles que la plasticité ou l'élasticité. Toutes ces disciplines sont rassemblées sous la même science appelée rhéologie, qui est l'étude de la déformation et de l'écoulement de la matière.



La viscosité caractérise la friction à l'intérieur d'un fluide, due à l'attraction moléculaire, ce qui fait que le fluide résiste à son propre écoulement. Physiquement, la viscosité est la mesure du frottement des couches de fluides les unes sur les autres. Plus ce frottement est important, plus le fluide sera visqueux, et ainsi, plus il faudra déployer de force pour déplacer le fluide. Et inversement, si ce frottement est moins important, il s'écoulera plus facilement, et sera moins visqueux.

Ébullition et gel

Au niveau de la mer, l'eau pure bout à 100 °C et gèle à 0 °C. À de plus hautes altitudes (pressions atmosphériques moins élevées), le point d'ébullition de l'eau décroît. Lorsqu'une substance est dissoute dans l'eau, le point de congélation baisse également. Voilà pourquoi nous répandons du sel dans les rues en hiver pour empêcher la formation d'une couche de glace.

Propriétés thermiques

Les différences de température entre les lacs et cours d'eau et l'air ambiant peuvent avoir divers effets. Par exemple, du brouillard ou de la brume se formera probablement à proximité d'un lac si celui-ci rafraîchit suffisamment l'air ambiant pour causer la saturation, entraînant ainsi la suspension de gouttelettes d'eau dans l'air.

Les grandes masses d'eau comme les océans ou les Grands Lacs exercent une profonde influence sur le climat. Elles constituent les grands réservoirs et échangeurs de chaleur et la source de la majeure partie de l'humidité qui retombe sous forme de pluie ou de neige sur les terres avoisinantes.

Lorsque l'eau est plus froide que l'air, les précipitations et les vents diminuent et des bancs de brouillard se forment.

Tension superficielle

La tension superficielle est une mesure de la force du film de la surface de l'eau. Les molécules d'eau sont liées entre elles, créant un film très fort dont la tension est supérieure à celle de tout autre liquide, sauf le mercure.

La tension superficielle est essentielle au transfert de l'énergie éolienne à l'eau pour former les vagues. Celles-ci sont à leurs tours nécessaires, car elles permettent la diffusion rapide de l'oxygène

dans l'eau des lacs et des mers.

Molécules en mouvement

Les molécules d'eau adhèrent les unes aux autres et à de nombreuses autres substances, dont le verre, le coton, les plantes et les sols. C'est ce qu'on appelle le **phénomène d'adhérence**. Dans un mince tube de verre, par exemple, lorsque les molécules près du rebord se rapprochent des molécules de verre et y adhèrent, elles entraînent avec elles d'autres molécules d'eau.

En retour, la surface de l'eau attire l'eau à un nouveau niveau jusqu'à ce que le mouvement descendant de la force de la gravité soit trop fort pour y résister. Ce processus a pour nom la **diffusion capillaire**. Sans cette propriété, les éléments nutritifs indispensables aux plantes et aux arbres demeuraient dans le sol.

Agent de dissolution universel

La propriété la plus remarquable de l'eau est son aptitude à dissoudre d'autres substances. Il n'existe à peu près aucune substance connue qui n'ait été trouvée en solution dans les eaux de la planète. C'est cette propriété de dissolution qui rend la vie possible sur terre ; l'eau véhicule les éléments nutritifs indispensables aux animaux et aux plantes.

En tombant, une goutte de pluie dissoute les gaz atmosphériques. Les précipitations ont donc une incidence sur la qualité des terres, des lacs et des cours d'eau.

II.3. Activité de l'eau :

Définition 1 : Les constituants biochimiques peuvent mobiliser partiellement l'eau en l'empêchant de se vaporiser et en diminuant sa réactivité chimique.

L'état de l'eau dans un aliment à au plus d'importance pour la stabilité de l'aliment que de la teneur totale de l'eau. La mesure de cette moins ou grande disponibilité de l'eau dans divers aliments est l'activité de l'eau symbolisé par (a_w : activity of water)

Définition 2 : La disponibilité de l'eau mesurée par l'activité de l'eau a_w est un critère largement utilisé en agroalimentaire. Cette activité de l'eau mesure de façon globale la force de liaison entre l'eau et l'aliment.

L'activité de l'eau se définit par la relation suivante : $a_w = P/P_0$

Où : P : Pression partielle de vapeur d'eau d'une solution ou d'un aliment

P_0 : Pression partielle de vapeur d'eau pure à la même température.

L'activité de l'eau pure étant fixée par convention égale à l'unité $a_w = 1$, donc L'activité de l'eau d'une solution ou d'un aliment est toujours inférieure à 1.

II.4. Activité de l'eau et congélation

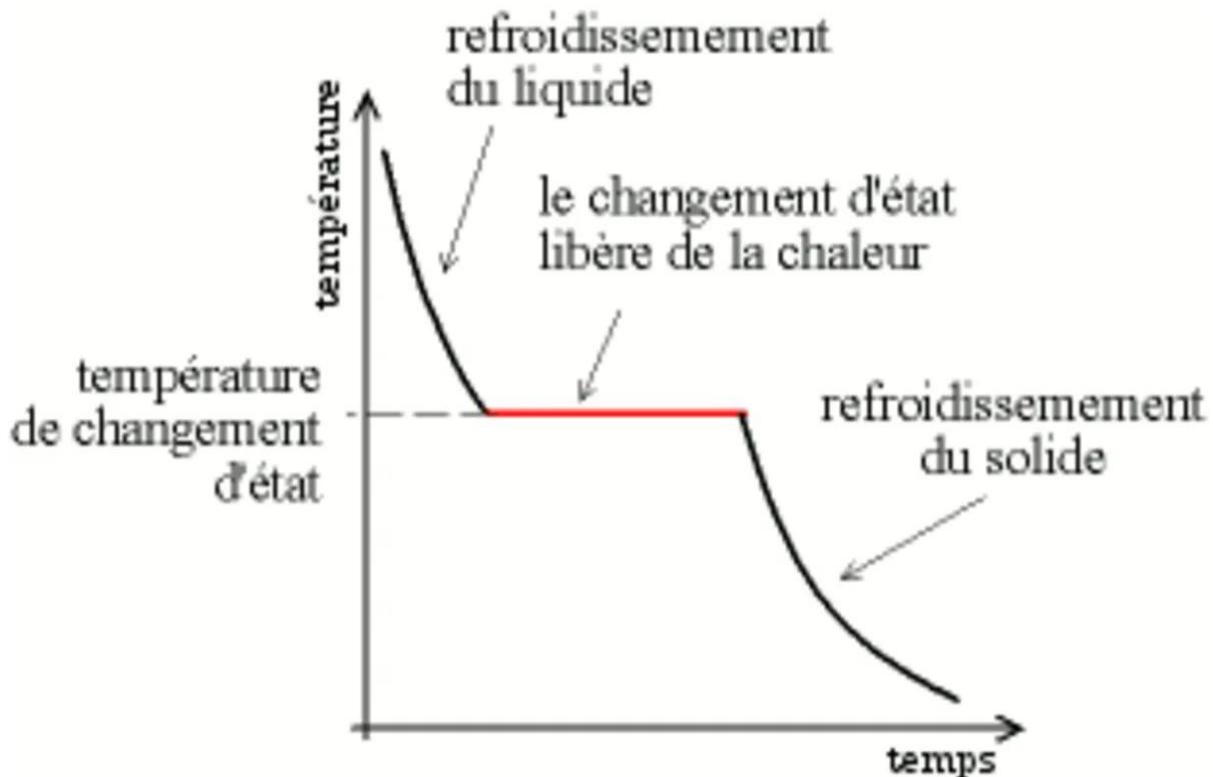
Dans une solution diluée (cas des aliments), l' a_w de la phase liquide résiduelle ne dépend que de T et non de la concentration initiale.

Dès que la congélation commence, il se forme des cristaux de glace ± pure, d'où concentration des solutés qui se trouvent exclus de cette phase:

- à P constante, la pression de vapeur d'eau est uniquement déterminée par T (relation de Clapeyron - Clausius; cf. infra)
- La congélation étant en équilibre thermodynamique, la pression partielle de la solution résiduelle doit être en équilibre avec celle de la glace: si la température diminue, la pression

partielle de la glace diminue, donc la pression partielle de l'eau doit diminuer, donc (d'après la loi de Raoult), la concentration en solutés augmente, par congélation d'une fraction supplémentaire d'eau pure.

Point eutectique: la concentration en soluté devient supérieure à sa solubilité et le soluté précipite (sauf dans certains cas comme les sucres, où il y a surconcentration).

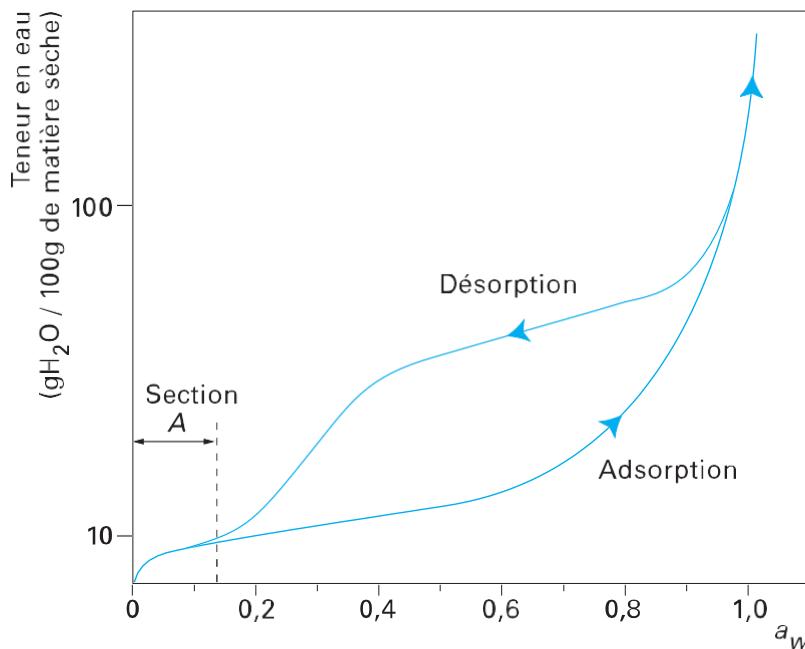


Un eutectique est un mélange de deux corps purs qui fond et se solidifie à température constante, contrairement aux mélanges habituels. Il se comporte en fait comme un corps pur du point de vue de la fusion. C'est aussi le point du diagramme (mélange avec une proportion donnée) pour lequel le mélange est à sa température minimale en phase liquide. Cette température est propre à chaque mélange.

L'eutectique le plus connu est l'eutectique eau+sel ; on sale les routes en hiver afin que la glace forme un eutectique avec le sel, eutectique qui est liquide à des températures négatives modérées.

II.5. Isotherme de sorption

Définition : C'est la courbe qui indique à l'équilibre et pour une température déterminée : La quantité d'eau retenue par un aliment donnée en fonction de l'humidité relative de l'atmosphère qui l'entoure ou inversement, la pression partielle de vapeur exercé par l'eau de l'aliment en fonction de la teneur en eau de celle-ci.

**Figure.8.** Isotherme de sorption.

L'ordonnée de chaque point indique en g pour 100g de produit sec, la teneur en eau de l'aliment. L'abscisse correspondante donne à l'équilibre et pour une température déterminée l'activité de l'eau dans l'aliment.

- **Isotherme d'adsorption**, si elle a été déterminée expérimentalement en partant d'un produit sec.
- **Isotherme de désorption**, si elle a été déterminée expérimentalement en partant d'un produit saturé en eau.

Isotherme et états de l'eau dans un aliment :

Les isothermes de sorption peuvent être divisés en 2 parties :

1/- Pour $0 < a_w < 0.2-0.3$:

L'eau fortement liée (eau retenue) : à la surface de molécules de soluté sous forme d'une couche monomoléculaire d'eau fixée sur des groupes polaires : ---NH + et --- COO- de protéines, --- OH de glucides, eau de cristallisation des sels et des glucides, cette eau représente 3 à 10g/100g de poids sec. L'eau de cette couche est difficile à enlever, n'est pas congelable, non disponible ni étant que solvant, ni étant que réactif.

2/- Pour $a_w > 0.2-0.3$:

L'eau faiblement liée (eau plus ou moins libre) : Il s'agit des couches successives d'eau fixées sur la première couche par l'intermédiaire de liaisons hydrogène, à cette eau on peut ajouter un vapeur d'eau condensée dans les pores des aliments.

Cette eau présente des propriétés habituelles au traitement dite : elle est disponible tant comme solvant que comme réactif, pour cette raison on considère qu'il n'y a pas une différence fondamentale entre l'eau faiblement liée et l'eau libre dont l'activité est proche de celle de l'eau pure, elles sont capables de s'échanger entre elles très rapidement, cependant, cette eau pour libre quel que soit ne sort pas spontanément des tissus animaux ou végétaux.

Elle se trouve -eau plus ou moins libre- en très grande partie sous forme de gel, tant à l'intérieur de cellules que dans les espaces inter cellulaires, sa rétention est fortement influencée par :

- pH ;

- La force ionique ;
- La nature de sel et certaines altérations.

II.6. Phénomène d'hystérésis :

On remarque que sur la figure précédente que l'isotherme de désorption pour un produit donné et pour une température, le **phénomène d'hystérésis**, ne se manifeste que pour des valeurs d' $a_w > 0,2$. C.-à.-d au l'eau ne serait que faiblement liée. L'hystérésis s'explique par deux observations :

- Les pores des aliments sont en général plus petits en surface qu'en profondeur. La pression de vapeur d'eau nécessaire au remplissage est plus élevée que celle à laquelle les pores se vident ;
- L'hystérésis est surtout marquée dans les fruits et les légumes car les sucres de ces aliments forment des solutions sursaturées qui ne précipitent pas lors de la déshydratation.

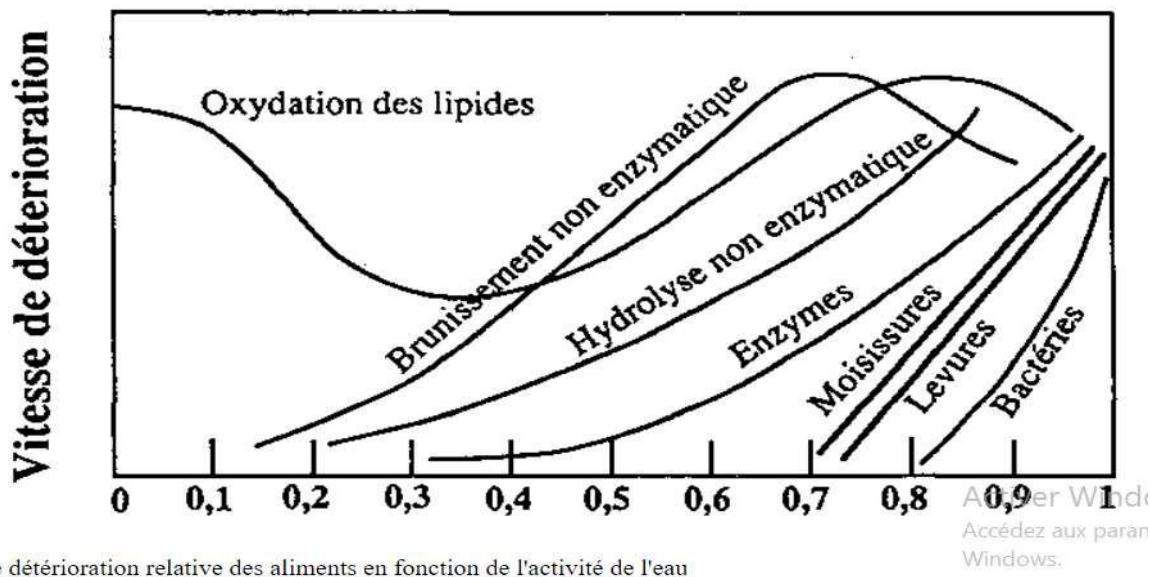
II.7. Intérêt des isothermes en technologie alimentaire

- Du point de vue thermodynamique, les isothermes d'adsorption fournissent des informations sur les enthalpies de "sorption" et sur le type de liaison de l'eau avec la matière sèche du produit ;
- Du point de vue structurel, elles permettent de mieux comprendre le rôle de la taille des particules, de l'état amorphe, et de la surface spécifique dans les phénomènes de désorption ou adsorption de la vapeur d'eau ;
- Du point de vue technologique, elles sont utiles à la prédiction de la durée de conservation des aliments, au contrôle du séchage et à la prévention de certains accidents **comme le collage ou la prise en masse des produits alimentaires pulvérulents**. C'est la composition relative en protéines, amidons, sels minéraux et saccharose qui détermine les isothermes d'adsorption. L'objectif étant d'atteindre des a_w faibles ; pour cela, on peut faire appel à divers additifs comme le sel, le saccharose pour abaisser l' a_w sans changer la teneur en eau. Ces additifs sont précieux pour les aliments à humidité moyenne $< 35\%$ et $0,6 < a_w < 0,8$. Ils sont stables plusieurs semaines en emballage étanche (saucissons secs, fruits secs, biscuits,...).

Par ailleurs, l'état d'un composé influence sur le taux de fixation de l'eau ; par exemple, à humidité donnée, le saccharose amorphe retient plus d'eau que le saccharose cristallisé car la transition d'un état à l'autre provoque une expulsion d'eau à mesure que le cristal s'ordonne. Cette transformation est liée à la fois à l'humidité et à la température. Lors de la cristallisation, l'eau libérée dissout les cristaux des couches externes, alors que les couches internes consolident leur cristallisation et se prennent en masse. L'eau expulsée du cristal peut aussi se re-localiser sur d'autres constituants et donne une masse collante. On peut citer les exemples suivants :

- Le café soluble déshydraté prend en masse en vieillissant (surtout lorsque l'emballage n'est plus étanche) ;
- Le lait en poudre subit la même transformation ;
- Les bonbons deviennent collants à l'extérieur (les cristaux passent à l'état amorphe) et durs à l'intérieur par cristallisation et expulsion d'eau vers l'extérieur.

Plus l' a_w dans un aliment est faible, mieux il se conserve, car la prolifération microbienne et les réactions chimiques sont limitées (**Figure suivante**). Les courbes des isothermes sont utiles pour prévoir le comportement des aliments suite aux traitements technologiques et aux conditions de stockage.



Oxydation des lipides

Nous voyons sur la figure 9 que le rancissement se produit à de très basses et à de moyennes activités de l'eau. Le rancissement est dû à l'action de l'oxygène sur les acides gras non saturés par l'intermédiaire de mécanismes impliquant successivement les radicaux libres, les peroxydes lipidiques et les composés carbonylés. Les réactions produisent des composés volatiles à odeur indésirable, détruisent les vitamines liposolubles et forment des composés toxiques.

Comme ces réactions affectent les produits à faible et à moyen a_w qui contiennent des matières grasses, les produits qui sont affectés sont dans le cas des produits à faible a_w : les biscuits et dans le cas des produits à a_w moyen: les crémages à gâteaux, mayonnaise, beurre, margarine, etc.

Cette oxydation des lipides est très rapide et constitue en général le facteur limitant de la conservation de tels produits. Il faut remarquer que l'action des anti-oxydants tel le BHA, le BHT ou les séquestrants comme l'EDTA est d'autant meilleur que le a_w augmente.

Brunissement nonenzymatique

Le brunissement non-enzymatique provient en général d'une réaction entre un composé à fonction carbonylée tels les oses et un composé aminé tel les protéines (réaction de Maillard). Les réactions aboutissent à la formation de polymères bruns qui sont soit désirables (comme dans les biscuits, la croûte de pain, les pommes de terre frites et les chips), soit indésirables (comme dans le lait déshydraté, les viandes séchées, la farine de poisson et les fruits déshydratés). Ces réactions s'accompagnent d'une baisse de la valeur nutritive de l'aliment.

La vitesse de brunissement augmente rapidement avec le a_w pour atteindre un maximum à des a_w de l'ordre 0,5 à 0,7. Au-dessus de ces valeurs le brunissement diminue (facteur de dilution).

Pour favoriser ces réactions de brunissement, on peut agir sur le pH (entre 6 et 8) et mettre en présence des composés capables de réagir ensemble (industrie des amuse-gueule extradés). Pour empêcher ces réactions de brunissement, il faut quand c'est possible abaisser le pH (2,5 à 3,5) et ajouter du SO₂ ou des sulfites.

Réactions enzymatiques

Les réactions enzymatiques sont étroitement liées à l'activité de l'eau. C'est ainsi que l'on n'observe pas de réaction d'hydrolyse dans la section A des courbes de sorption, c'est-à-dire pour de faibles a_w .

Par contre, la vitesse d'hydrolyse augmente considérablement au-dessus d'une a_w de 0,7. Il en est de même pour beaucoup de réactions enzymatiques (action des glucoses oxydases ou de polyphénols oxydases). Cependant, certains enzymes comme la lipase agissent même à des activités de l'eau très faibles (elle agit même à l'état congelé dans le cas des poissons). Pour empêcher ces réactions enzymatiques, avant de déshydrater ou de congeler un produit, on effectue un blanchiment qui est un traitement thermique destiné à détruire les enzymes. Cependant de tels traitements ne sont guère applicables aux graines. C'est ainsi que le soya, l'arachide et les graines d'oléagineux en général nécessitent un séchage poussé pour ralentir l'action des lipases.

Croissance des microorganismes

Le développement des microorganismes dans les aliments est lié étroitement à l'activité de l'eau, en raison de l'influence de la pression osmotique qui agit sur les échanges entre les microorganismes et le milieu. On peut dire qu'en général, la valeur optimale pour la croissance des microorganismes est située entre 0,92 et 0,99. Endessous, la croissance est retardée ou inhibée, ce qui explique la bonne conservation de certains aliments traditionnels, tels la confiture, certains fromages et certaines charcuteries.

Le tableau 4 nous donne une idée des activités de l'eau minimum nécessaire à la croissance des diverses classes de microorganismes. Le tableau 5 nous donne plus en détails ces mêmes renseignements.

Si l'on considère les bactéries responsables de l'empoissonnement alimentaire, on peut dire que pour une a_w inférieure à 0,95, les bactéries du genre *Shigella*, les salmonelles, *Escherichia coli* et les *Clostridium* responsables de la production de toxines (*botulinum* type A, B et C) sont inhibées. Par contre, *Staphylococcus aureus* dans les conditions aérobie peut pousser jusqu'à une a_w de 0,86.

En ce qui concerne les levures, elles sont capables dans le cas des levures osmophiles de se développer jusqu'à des activités de l'eau de 0,65. Elles peuvent croître dans des milieux liquides contenant de 50 à 60% de sucre ou 10 à 15% de NaCl. En général, plus le a_w sera bas, plus la croissance de ces levures sera inhibée donc plus le temps de conservation sera augmenté.

Comme la plupart du temps, les produits liquides dans lesquels peuvent se développer des levures subissent un traitement thermique; s'il y a développement de levure, cela ne peut provenir que d'une contamination lors de l'utilisation du produit. Lorsqu'on ne fait pas de traitement thermique ou pour éviter les recontaminations, on peut utiliser des agents de conservation tel le SO₂ et ses sels, les acides benzoïque, parabenzoïque et sorbique et leurs sels. Un des problèmes de l'utilisation de ces acides est que leur action n'est vraiment efficace qu'à des pH inférieurs à 4,5.

Les moisissures sont un des problèmes majeurs concernant les produits à humidité intermédiaire car ceux-ci ne subissent aucun traitement thermique (noix, certaines charcuteries, fruits séchés, etc). Comme les moisissures ne se forment qu'en surface, il faut considérer l'activité de l'eau à la surface et non à l'intérieur du produit (cas des gâteaux, des fruits séchés, etc). Pour empêcher le développement des moisissures, on peut conditionner le produit, lorsque c'est possible, dans une atmosphère qui ne contient pas d'oxygène. Dans les autres cas, on peut utiliser des agents de conservation tel les esters de l'acide parahydroxybenzoïque (méthyle, éthyle et butyle parabene) qui sont actifs à tous les pH, tandis que les autres, comme les acides benzoïque, pripionique et sorbique et leurs sels ne sont actifs qu'à des pH inférieurs à 5.