

Ce cours est destiné à la promotion 2^{ème} année LMD pour l'année 2020/2021

ACTIVITE DE L'EAU

Auteur : Dr Touati-Mecheri Djamila

L'eau, étant un élément essentiel à toute forme de vie, est présente en quantité variable dans les aliments que nous consommons et bien qu'elle n'apporte pas de valeur énergétique, elle en influence leurs caractéristiques et notamment leur susceptibilité à la dégradation. L'eau a aussi un impact sur l'aspect, la texture et la saveur de l'aliment. Cela permettra de comprendre la biochimie des aliments

SOMMAIRE

I/	Généralités	3
II/	Définitions	4
III/	Influence de l'activité de l'eau sur les produits alimentaires	4
	III-1 L'eau	4
	III-2/ Teneur en eau des aliments	5
	III-3/ Propriétés fonctionnelles de l'eau dans les aliments	6
IV/	Expression de la qualité de l'eau dans les aliments	6
V/	Isotherme de sorption	7
VI/	Activité de l'eau et conservation des aliments	9
	VI-1 Activité de l'eau et les réactions d'oxydation	10
	VI-2 Activité de l'eau et le brunissement non enzymatique (Réaction de Maillard)	10
	VI-3 Activité de l'eau et le brunissement enzymatique	11
	VI-4 Activité de l'eau et les activités microbiennes	11
VII/	Mesure de l'activité de l'eau	13
	a/Quelle influence a l'activité de l'eau sur les produits alimentaires?	
	b/Comment mesure-t-on l'activité de l'eau?	
	c/A quel moment mesurer l'activité de l'eau?	
	d/Mesure indirecte du contenu de l'eau	
VIII/	Conclusion	16

ACTIVITE DE L'EAU

L'eau présente dans les aliments est plus ou moins en interaction avec les constituants. Elle conduit aux notions « d'eau libre » et « d'eau liée ».

Diverses observations montrent que l'eau dite « liée » peut elle-même être liée plus ou moins fortement et que l'état de l'eau a autant d'importance pour la stabilité d'un aliment que la teneur totale en eau.

L'**activité de l'eau** (AW pour Activity water) indique la disponibilité d'eau « libre » d'une matrice alimentaire. Il ne s'agit donc pas de la teneur exacte en **eau** d'un **aliment**, mais seulement de l'**eau** susceptible d'intervenir dans des réactions chimiques, biochimiques ou microbiologiques.

I/ GENERALITES

Les propriétés des aliments, leur durée de conservation, leur activité microbienne, etc. peuvent être contrôlés à l'aide d'un paramètre : l'activité de l'eau, appelé aussi humidité relative en équilibre.

L'activité de l'eau donne des indications souvent plus intéressantes que la teneur en eau

- * Ce paramètre est très utilisé pour les mesures sur les produits alimentaires (il joue notamment sur la durée de conservation)

- * La mesure ne fait pas appel à des techniques vraiment originales mais elle demande des précautions de mise en œuvre et une instrumentation adaptée

- * La plupart des matériaux, poudres et liquides sont hygroscopiques et ils contiennent de l'eau. Cette humidité a une grande influence sur leurs propriétés physiques, mécaniques et chimiques et elle a même une incidence sur le prix de vente de certains produits (par exemple, le prix du maïs payé au céréalier est pondéré en fonction de sa teneur en eau). Mais la teneur en eau ne suffit pas pour expliquer l'influence réelle de l'eau sur un produit. Par exemple, elle ne permet pas de connaître la stabilité ou la durée de conservation d'un aliment. Pour cela, on utilise un deuxième paramètre : **l'activité de l'eau**.

Introduit il y a une trentaine d'années, ce paramètre permet de décrire l'état de l'eau dans son environnement. L'activité de l'eau est aussi appelée "**humidité relative d'équilibre**" (ERH), ou "eau libre", ou encore "**eau disponible**". Elle indique le "degré de liberté" de l'eau absorbée dans un matériau. Grâce à la connaissance de l'activité de l'eau, on peut prévoir les échanges d'eau entre un produit et l'environnement dans lequel il se trouve (air, emballage, autres produits, etc.).

L'activité des micro-organismes dans les aliments, les caractéristiques de cohésion ou d'agglomération d'un produit dépendent directement de l'activité de l'eau.

II/ DEFINITIONS

L'activité de l'eau (a_w) correspond au rapport entre la pression de la vapeur d'eau de l'aliment (pression de la vapeur d'eau à la surface du produit) et la pression de la vapeur d'eau pure à la même température

$$a_w = \frac{\text{pression partielle de l'eau dans l'aliment à } \theta^\circ}{\text{pression partielle de l'eau pure à } \theta^\circ} \quad \text{ou} \quad a_w = p / p_0$$

La valeur de l'activité de l'eau varie entre 0 (produit sec au point que toute l'eau est liée à l'aliment, et donc sans qualité réactive) et 1 (eau pure et sans soluté, difficile à atteindre et surtout à maintenir).

L' a_w d'une solution peut être calculée par la formule de RAOULT : $a_w = n_1 / (n_1 + n_2)$

n_1 = nombre de moles du solvant (eau).

n_2 = nombre de moles du soluté.

L'activité de l'eau a_w et l'humidité relative d'équilibre ERH sont liés par la relation :

$$\text{ERH} = 100 \cdot A_w$$

L'activité de l'eau est un paramètre qui caractérise la disponibilité d'eau "**libre**" dans une substance solide ou liquide - par exemple dans un produit alimentaire - elle doit être distinguée de l'humidité absolue du produit (g d'eau par g de substance).

Ainsi, une humidité relative de 80 % correspond à une activité de l'eau de 0,8.

III/ INFLUENCE DE L'ACTIVITE DE L'EAU SUR LES PRODUITS ALIMENTAIRES

L'activité de l'eau donne des informations sur la stabilité physique, mécanique, chimique et microbiologique d'un produit. Elle influence le taux de croissance des organismes indésirables comme bactéries ou champignons, lesquels produisent des "toxines" ou d'autres substances nocives. Elle influe aussi sur d'autres réactions chimiques / biochimiques (par exemple la réaction Maillard) qui se produisent en fonction du taux disponible d'eau libre.

III-1 L'EAU

L'eau, de formule chimique H_2O (figure1), est le constituant majeur de la plupart des aliments. Bien qu'elle n'apporte aucune valeur énergétique aux aliments, son existence joue un rôle très important. Elle influence la structure, l'apparence, le goût des aliments et leur susceptibilité à la dégradation. La notion d'« eau liée » a par ailleurs été confrontée par la connaissance de la structure dipolaire de l'eau et de ses possibilités d'interactions aux différents groupements chimiques d'autres constituants

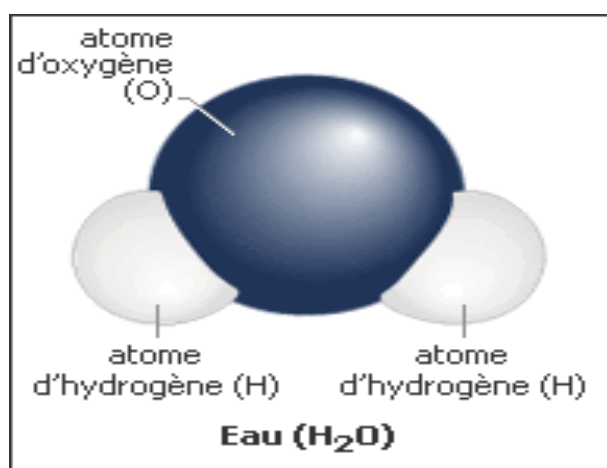


Figure1 : Formule chimique de l'eau

III-2/ TENEUR EN EAU DES ALIMENTS

La connaissance de la teneur en eau des produits alimentaires est souvent nécessaire et ce pour :

- Nécessité technologique : La connaissance de la teneur en eau des aliments est nécessaire pour la conduite rationnelle des opérations de récolte, de séchage, de stockage ou de transformation industrielle. C'est un paramètre essentiel pour l'évaluation et la maîtrise des risques d'altération pendant l'entreposage des denrées alimentaires.
- Nécessité réglementaire : Dans le cas où des textes réglementaires fixent la teneur limite en eau de certains aliments pour des raisons d'hygiène ou pour garantir la loyauté des transactions commerciale.
- Nécessité contractuelle : Dans le cas où des contrats commerciaux exigent une teneur limite en eau dans un aliment.

- Nécessité analytique : Les résultats d'analyse des produits alimentaires sont souvent exprimés par rapport à une base fixe (matière sèche ou teneur en eau standard comme le montre le tableau 1 de certains aliments (%)).

- **Tableau1** : teneur en eau de certains aliments

Aliments	Teneur en eau (%)
Viandes de bœuf	50 à 70
Viande de poulet	74
Poisson	65 à 81
Poires	80 à 85
Pommes, pêches, oranges	85 à 90
Tomates, fraises	90 à 95
Avocat, banane	74 à 80
Carotte, pomme de terre	80 à 90
Laitue, lentilles	90 à 95
Miel	20
Confiture	28
Farine, riz	12
Poudre de lait	4

III-3/ PROPRIETES FONCTIONNELLES DE L'EAU DANS LES ALIMENTS

L'eau a trois fonctions principales dans les aliments. Ces fonctions sont :

- Fonction de solubilisation (ou dispersion) : L'eau dans les aliments est le solvant des constituants hydrophiles.
- Fonction de structuration : L'eau joue un rôle essentiel dans la configuration des macromolécules alimentaires, notamment les protéines et les glucides. L'eau détermine également la structuration de certains constituants en micelle. C'est le cas, par exemple, des caséines dans le lait.
- Fonction de mobilisation : L'eau, par rapport aux autres fluides, est le facteur de mobilité le plus répandu dans les produits alimentaires.

IV/ EXPRESSION DE LA QUALITE DE L'EAU DANS LES ALIMENTS

- Teneur en eau

La teneur en eau, ou l'humidité, d'un aliment est la quantité d'eau perdue par la substance lorsqu'on l'amène en équilibre vrai avec une pression de vapeur nulle (Humidité relative égale à 0%).

La quantité d'eau perdue est constituée de l'eau fixée par des liaisons hydrogène (eau de sorption, eau retenue par effet capillaire ou osmotique, eau des solutions, eau occluse dans des mailles cristallines et eau de cristallisation) ; l'eau chimiquement liée par des liaisons covalentes est exclue.

La teneur en eau d'un échantillon d'aliment s'exprime en % de la masse d'eau rapportée soit à la masse de matière sèche contenue dans l'échantillon, soit à la masse totale de la matière humide de l'échantillon.

Le tableau ci-dessous donne la valeur de ***a_w*** de solution de différentes concentrations de NaCl et de saccharose, mesurée à 25 °C.

Tableau2 : Relation entre *a_w* et concentration de NaCl et saccharose

<i>A_w</i>	NaCl	Saccharose
0,99	1,75	1
0,96	7,01	25
0,94	10,34	93
0,92	13,5	120
0,90	16,5	144
0,85	23,6	208

L'activité de l'eau d'un aliment dépend de la température. Un changement de 10°C peut causer un changement dans l'*a_w* de 0,03 à 0,2 dépendant du type du produit. Ainsi, la modification de la température peut avoir un effet sur la stabilité d'un produit et joue un rôle important dans la conservation des produits dans un emballage hermétique.

V/ISOTHERME DE SORPTION

A l'équilibre, la relation entre la teneur en eau et l'activité de l'eau (a_w) d'un produit alimentaire à une température constante peut être représentée par une courbe appelée isotherme de sorption. Pour chaque valeur de a_w , l'isotherme donne la teneur en eau (X_{eq}) du produit à une température donnée (figure2)

L'isotherme de sorption présente deux courbes distinctes (phénomène appelé hystérésis).

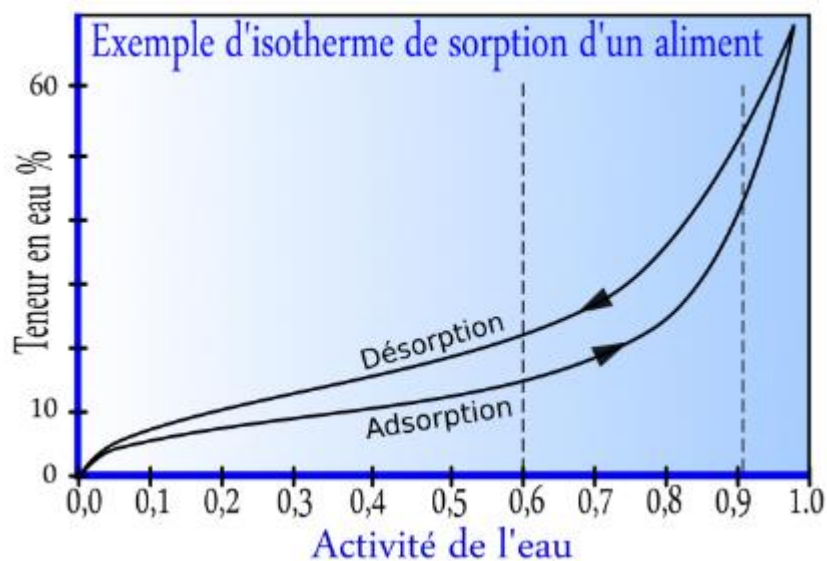


Figure2 : Isotherme de sorption d'un aliment

Bien que l'activité de l'eau soit en corrélation avec la teneur en eau d'un produit, le rapport entre ces deux grandeurs n'est pas linéaire, et dépend étroitement de la nature du produit considéré.

Une courbe de désorption signifie qu'on part d'un produit saturé en eau avec une opération de séchage qui entraîne des modifications de structure et de porosité irréversibles.

Une courbe d'adsorption signifie qu'on part d'un produit sec avec une addition d'eau.

L'eau présente dans le produit se lie donc d'une manière plus forte avec sa matrice lors d'un séchage que lors d'une réhydratation.

Ce qui signifie que la teneur en eau ne suffit pas à qualifier un produit en regard de son aptitude à la conservation. Autrement dit, la mesure de l'activité de l'eau est beaucoup plus précise que la mesure de teneur en eau concernant la maîtrise de la qualité et de la sécurité sanitaire.

Les isothermes de sorption sont divisés en trois zones (figure3)

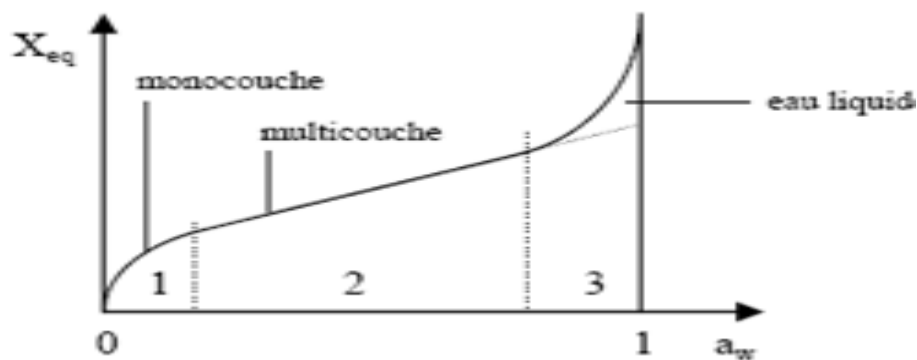


Figure3 : Phases de l'isotherme de sorption

- Zone 1 ($a_w < 0,3$) : correspond à l'eau « fortement liée », dite aussi « de constitution ». L'eau est intimement liée aux composants biochimiques par des liaisons hydrogène et forces de Van der Waals et ne peut être séparée que par des techniques très sévères. Cette eau n'est pratiquement pas disponible comme solvant ou réactif et correspond à la première couche (monocouche) qui entoure la matière sèche d'aliments.
- Zone 2 (a_w entre 0,3 et 0,7) : correspond à l'eau « faiblement liée », sous forme de couches polymoléculaires (multicouche) recouvrant partiellement la surface du substrat sec. Bien qu'elle soit aussi disponible tant comme solvant que réactif, elle est moyennement réactive.
- Zone 3 ($a_w > 0,7$) : correspond à l'eau « libre » ou « eau liquide » qui n'est retenue à la surface du substrat sec que par des forces capillaires. Cette eau est disponible tant comme solvant que réactif. C'est uniquement sous cette forme que l'eau est utilisée par les microorganismes et peut permettre les réactions enzymatiques.

VI/ACTIVITE DE L'EAU ET CONSERVATION DES ALIMENTS

L'importance de l'activité de l'eau pour la stabilité des denrées alimentaires lors de traitements et entreposage est illustrée de manière très évidente ci-après (figure 3). D'une manière générale, une stabilité optimale est obtenue lorsque l' a_w est située entre 0,2 et 0,3.

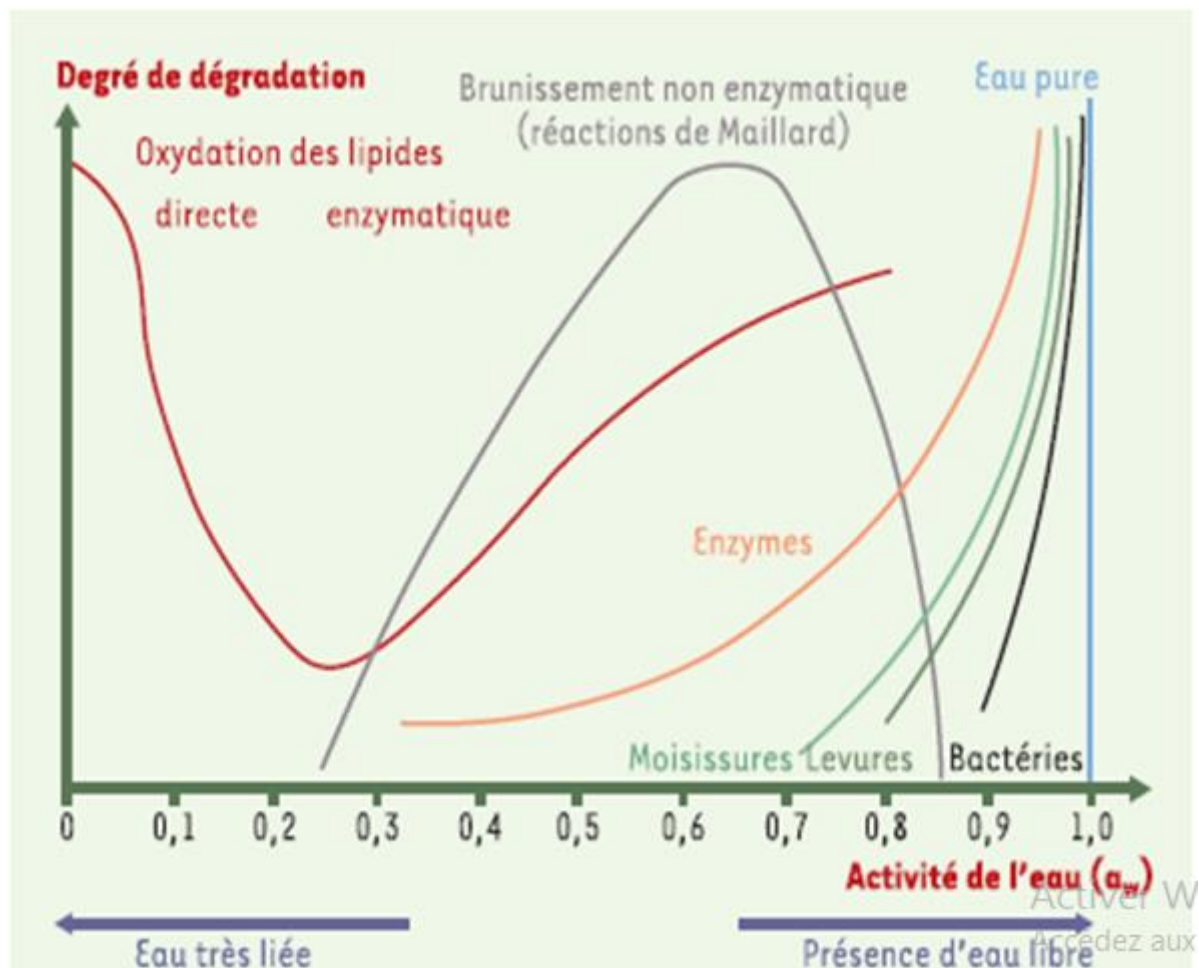


Figure3 : Risques de détérioration des aliments en fonction de l' a_w

VI-1 Activité de l'eau et les réactions d'oxydation

- Le rancissement est une des principales réactions de détérioration des aliments à faible ou moyenne teneur en eau ; il s'observe même pour des activités d'eau comprises entre 0 et 0,2 environ (courbe en rouge).
- L'oxydation des lipides constitue souvent le facteur limitant de la conservation de certains aliments déshydratés ou à teneur moyenne en eau. L'addition d'antioxydants ou une élévation de la teneur en eau peut modifier ces données et aboutir à faire dépendre la stabilité d'autres réactions d'altérations en particulier le brunissement non enzymatique.

VI-2 Activité de l'eau et le brunissement non enzymatique (Réaction de Maillard)

La vitesse de brunissement non enzymatique augmente rapidement avec l'activité de l'eau et atteint un maximum à des activités comprises entre 0,5 et 0,7 (courbe en gris). Au delà de ces valeurs, la vitesse de cette réaction diminue. Tout comme l'oxydation des lipides, le BNE est

souvent le facteur limitant de la conservation des aliments à teneur moyenne en eau. C'est aussi une réaction de détérioration gênante lors des opérations de déshydratation où il faut traverser la zone critique le plus rapidement possible et à une température minimale.

VI-3 Activité de l'eau et le brunissement enzymatique

- L'activité enzymatique (courbe en orange) et le taux final d'hydrolyse s'élèvent considérablement lorsque l'activité de l'eau dépasse 0,7.

Pour éviter l'effet indésirable de l'activité enzymatique qui peut avoir lieu lors de l'entreposage des aliments même à l'état déshydraté ou congelé, on pratique généralement un blanchiment, avant la déshydratation ou la congélation, qui a pour but principal la destruction des enzymes.

VI-4 Activité de l'eau et les activités microbiennes

- La croissance des bactéries (figure 3, courbe en noir) est généralement impossible lorsque l' $a_w < 0,90$. Les moisissures et les levures (courbes en vert clair et vert foncé) sont inhibés respectivement vers une a_w de 0,7 et 0,8 sauf certaines moisissures et levures osmophiles qui peuvent se développer jusqu'aux des a_w de 0,6 (tableau3).
- Dans la plupart des cas, l' **a_w limite de croissance** d'un microorganisme est différente de l' **a_w limite nécessaire** pour la production de sa toxine comme le montre le tableau 4.

Tableau3 : A_w de microorganismes

	Definition des microorganismes	A_w
Bactéries	Banales	1.00 – 0.90
	Halophiles	0.90 – 0.75
Levures	Banales	0.95 – 0.88 – 0.85
	Osmophiles	0.85 – 0.60
Moisissures	Banales	0.95 – 0.80
	xérophiles	0.85 – 0.65

- **Tableau4** : l'effet de l'*aw* sur la croissance et la formation de quelques moisissures :

Moisissure	Toxines	Aw minimum pour	
		La croissance	La toxinogénèse
<i>Aspergillus flavus</i>	aflatoxine	0.78 – 0.80	0.83
<i>Penicillium patulum</i>	Patuline	0.81	0.85
<i>A. ochraceus</i>	Ochratoxine	0.77	0.85
<i>A. ochraceus</i>	Acide pénicillique	0.76	0.81
<i>Stachybotrys</i>	Stachybotryne	0.94	0.94

Le tableau suivant présente les différentes plages de l'*aw* des aliments ainsi que les microorganismes impliqués .

Tableau5 : Aw, aliments concernés et microorganismes impliqués

Aw	Aliments concernés	Microbes rencontrés
1.00	Eau pure	
0.99 – 0.95	Viande fraîche, poisson, lait, jaune d'œufs, crème, pâtisserie, fruits et légumes (macédoine), lait concentré, fromage frais, charcuteries, jambon blanc	<i>Pseudomonas</i> Clostridies, <i>Bacillus</i> Salmonelles, coliformes Production de toxines par les Staphylocoques
0.95 – 0.91	Fromages à pâte cuite, salami et bacon peu secs	Staphylocoques, <i>Cocci</i> Flore lactique
0.91 – 0.60	Lait concentré sucré, confiture, saucisson, jambons bien secs, viandes de grison, morue salée, fruits secs, farine, céréales, noix	Levures, Moisissures
< 0.60	Confiserie, biscuits secs, lait sec, poudre d'œuf, pâtes	

Dans un aliment, une activité de l'eau de 0,7 est considérée comme une limite inférieure présentant toutes les garanties de stabilité microbienne.

Cependant 0,91 est une limite en dessous de laquelle le développement des microorganismes est très fortement freiné. C'est cette limite qui a été retenue par la directive communautaire de 1977 pour la conservation des aliments à température ambiante ; elle est même relevée à 0,95 à condition toutefois qu'elle s'accompagne d'un pH inférieur ou égal à 5,2.

Mais le plus utile à savoir c'est que

- les bactéries « normales » ont besoin de beaucoup d'eau libre :
Bactéries $0,93 < a_w < 0,99$
- les coques tolèrent mieux le sec que les bacilles, et *S. aureus* est la plus "dromadaire" des bactéries pathogènes
- *Staphylococcus aureus* : a_w limite 0.86 mais croissance au dessus de 0.90
- les levures arrivent à croître au dessus de 0.8
- les moisissures sont les plus résistantes au sec, et poussent au dessus de 0.7, mais lentement .

Pour les **bactéries pathogènes les seuils minimaux de croissance** sont

- $a_w > 0.95$ *Clostridium perfringens*
- $a_w > 0.94$ *Salmonelles*
- $a_w > 0.93$ *Clostridium botulinum* (correspond à 10% de NaCl)
- $a_w > 0.90$ *Staphylococcus aureus* (on trouve aussi la valeur 0.86 car il pousse au dessus de 0.90, mais « résiste » au dessus de 0.86, et ne fabrique de toxine qu'à + de 0.93)

Réglementation :

Préparation alimentaire stabilisée si $a_w \leq 0.91$ Stable aussi si $a_w < 0.95$ et $pH < 5.2$

VII MESURE DE L'ACTIVITE DE L'EAU

Auparavant, la mesure de l'activité de l'eau était longue et frustrante. Les nouvelles technologies de mesure ont grandement amélioré la rapidité, la précision et la fiabilité des mesures.

L'activité de l'eau dans un produit est le rapport entre la pression de vapeur d'eau à la surface du produit (p_v) et la pression de vapeur de l'eau pure (vapeur saturée, p_s) à la température T du produit.

$$a_w = HRe/100.$$

L'activité de l'eau dans un produit est donc aussi l'humidité relative d'un air en équilibre (HRe) avec ce produit. L'intérêt de cette grandeur (HRe) est qu'elle varie faiblement avec la température alors que la pression de vapeur d'eau en surface (p_v) varie fortement.

La valeur d'humidité relative est importante en génie des procédés, plus particulièrement dans les opérations unitaires faisant intervenir l'air comme agent séchant. En effet, c'est la valeur d'humidité relative de l'environnement, qui comparée à l'activité de l'eau d'un produit solide ou liquide va permettre de connaître le sens des échanges d'eau entre l'air et le produit ainsi que la valeur d'équilibre. Classiquement, l'air ambiant sera chauffé (diminution de son humidité relative et donc augmentation de son pouvoir séchant) avant d'être mis en contact avec le produit à sécher.

La mesure rapide de l'activité de l'eau par **le point de rosée** mesure l'équilibre de la phase liquide de l'eau d'un échantillon avec la phase vapeur, dans une chambre hermétique. Un échantillon est placé sur une coupelle insérée dans un bloc contenant des capteurs. Le capteur du point de rosée mesure la température du point de rosée de l'air alors que le thermomètre infrarouge mesure la température de l'échantillon. A partir de ces mesures, l'humidité relative est calculée en tant que rapport entre la température du point de rosée et la température de conservation de l'échantillon.

Cette méthode de mesure par le point de rosée présente deux atouts majeurs : la vitesse et la précision puisqu'on se base sur la détermination de la température (nota : une précision de 0,01aw est généralement suffisante pour les applications liées au domaine alimentaire). Pour certaines applications, les lectures rapides permettent aux fabricants d'effectuer un contrôle en ligne de l'activité de l'eau d'un produit, en vue de réaliser les changements de traitement nécessaires en cours de production.

a/Quelle influence a l'activité de l'eau sur les produits alimentaires?

L'activité de l'eau donne des informations sur la stabilité physique, mécanique, chimique et microbiologique d'un produit ; elle influence le taux de croissance des organismes indésirables comme bactéries ou champignons, lesquels produisent des "toxines" ou d'autres substances nocives.

Elle influe aussi sur d'autres réactions chimiques/biochimiques (par exemple la réaction Maillard) qui se produit en fonction du taux disponible d'eau libre.

Fondamentalement les caractéristiques suivantes du produit dépendent de l'aw. :

- ☐ Stabilité microbiologique (croissance)
- ☐ Stabilité chimique (voir graphique)
- ☐ Contenu de protéines et vitamines
- ☐ Couleur, goût, et valeur nutritive
- ☐ Stabilité de la composition et durabilité

- ☐ ☐ Stockage et emballage
- ☐ ☐ Solubilité et texture

L'optimisation et la stabilisation des propriétés du produit demandent des valeurs précises d' a_w . Avec l'ajout des substances appelées « humectants » par exemple sucre, polyols, aminoacide ou aussi protéines, la valeur a_w d'un produit peut être modifiée et optimisée pour une meilleure stabilité.

b/Comment mesure-t-on l'activité de l'eau?

Pour déterminer l'activité de l'eau (valeur a_w) il faut utiliser des instruments de laboratoire spécifiques à la mesure l'humidité de l'air, directement au-dessus d'un échantillon dans une chambre de mesure fermée après avoir obtenu l'équilibre d'humidité (Equilibrium).

Les mesures de l'activité de l'eau sont faites principalement dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique, mais elles peuvent avoir un intérêt insoupçonné dans d'autres domaines d'application. Qui penserait que l'on mesure l'activité de l'eau du cuir des sièges de voiture pour optimiser leur durée de vie? Même si l'activité de l'eau n'est pas encore suffisamment connue, on trouve de plus en plus d'applications où ce paramètre est mesuré, par exemple:

- Viande (fraîche et traitée)
- Poisson
- Produits de boulangerie
- Fromage, lait et produits laitiers
- Chocolat et confiserie
- Produits pharmaceutiques
- Produits cosmétiques
- Pâtes et produits séchés

c/A quel moment mesurer l'activité de l'eau?

Quand mesure-t-on l' a_w ? Cette mesure dépend directement du processus de travail, les mesures sont généralement faites à différentes étapes de ce processus, néanmoins une mesure en fin de processus est toujours réalisée.

Pour pouvoir garantir des produits stables avec une qualité élevée en évitant une contamination, les directives d'hygiène selon HACCP doivent être surveillées en permanence. La mesure de la valeur d' a_w fait partie prenante de ces directives internationales.

d/Mesure indirecte du contenu de l'eau

Pour avoir une information sur les caractéristiques hygroscopiques d'un produit, il y a la possibilité de définir manuellement une isotherme de sorption avec les instruments de mesure pour l'activité de l'eau.

L'isotherme de sorption montre la relation entre le contenu d'eau et l'activité de l'eau.

Ce moyen est une véritable alternative aux mesures d'humidité traditionnelles, qui en plus a le mérite d'être non destructible pour l'échantillon.

VIII/ CONCLUSION

La mesure de l'activité de l'eau est déterminante concernant la sécurité sanitaire de produits conservés dans un milieu non stérile. Elle peut remplacer ou compléter avantageusement la mesure de teneur en eau d'un produit et permet d'optimiser un process de fabrication.

L'influence de l'activité de l'eau sur la texture, la saveur, la microbiologie, la migration de l'eau, les réactions enzymatiques, de brunissement et d'oxydation ainsi que sur le mottage des poudres prouve que sa maîtrise est précieuse dans de nombreuses situations.