

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
  - **UE Découverte Code : UED 3.1**
  - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
  - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
- 

## **CHAPITRE II : PROCÉDES DE TRANSFORMATION ET DE CONSERVATION AGRO-ALIMENTAIRES**

### **II.1 INTRODUCTION**

La plupart des aliments nécessitent, pour être conservés efficacement, une étape de contrôle de leurs biochimies, cela concerne autant les viandes que les poissons, les fruits et légumes que les laitages : il s'agit d'empêcher le développement des bactéries, champignons et autres micro-organismes, et de retarder leurs rancissement et autolyse

**Pour vivre et proliférer, les micro-organismes ont besoin :**

- de nourriture c.à.d des *substances nutritives* (substances organiques comme source d'énergie (C, H, N, O en quantité importante), P, S en quantité plus faible, les sels minéraux en très faible quantité (Ca, Na, K, Mg... etc),
- d'eau sous forme libre : activité de l'eau qui ne représente pas la teneur en eau (ou humidité) mais bien la *disponibilité* de cette eau,
- de chaleur,
- et d'oxygène (sauf pour les bactéries anaérobies).

Tous les **procédés de conservation** ont pour but de les priver de l'accès à un de ces éléments. Une fois la privation réalisée, le maintien dans cet état empêche le processus de dégradation de reprendre, cela s'applique par des règles d'hygiène alimentaire et par un emballage protecteur.

L'altération des aliments est perceptible à des taux supérieures à **10<sup>7</sup> bactéries /g** et **10<sup>5</sup> levures/g**

### **II.2 PRINCIPAUX FACTEURS DE DEVELOPPEMENT DES MICROORGANISMES DANS L'ALIMENT :**

Les facteurs les plus importants qui influencent la croissance des micro-organismes dans les aliments sont : le **pH**, la **température**, l'**activité de l'eau (A<sub>w</sub>)** et la **composition de l'aliment**

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
  - **UE Découverte Code : UED 3.1**
  - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
  - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
- 

**a) Le pH :**

En industrie agro-alimentaire, on classe habituellement les micro-organismes entre ceux qui peuvent se développer au-dessous ou au-dessus d'un **pH de 4,5**. Ce pH permet de séparer les aliments en deux groupes par rapport à leur aptitude de permettre la croissance des principales bactéries pathogènes. Au dessous de ce pH les risques sanitaires sont minimes. Chaque micro-organisme est caractérisé par un seuil de pH en dessous duquel il ne se développe pas.

En résumé :

- Si  $6 < \text{pH} < 7.5$  tous les micro-organismes survivent (pH de la plupart des aliments),
- Si  $4.5 < \text{pH} < 6$  seules les micro-organismes acidotolérants survivent (c'est le pH de beaucoup de fruits),
- Si  $2.2 < \text{pH} < 4.5$  l'activité et la survie des micro-organismes très limitées (concentré de fruits : citrons).

**b) L'activité de l'eau ( $A_w$ ) :**

L'eau contenue dans les aliments peut exister sous deux formes :  **$\text{H}_2\text{O}$  libre et  $\text{H}_2\text{O}$  liée**.

**$\text{H}_2\text{O}$  liée** : Elle fait partie intégrante des cellules vivantes, tout comme les protéines et hydrates de carbone (c'est-à-dire elle est constitutive de la matière). Les bactéries sont incapables de l'utiliser. Certaines méthodes sont utilisées pour diminuer son taux. L'addition de solutés, d'ions et de colloïdes hydrophiles (gels) diminuent la quantité d' $\text{H}_2\text{O}$  liée, tout comme la congélation cristallise l'eau.

**$\text{H}_2\text{O}$  libre** : Nécessaire à toute croissance bactérienne, elle se trouve à l'intérieur mais surtout à l'extérieur des cellules (autrement dit, elle s'utilise pour diverses réactions et le développement de différents microorganismes). La mesure d'eau disponible dans un aliment (quantifié par  $A_w$ ) peut être utilisée pour prévoir le type de bactéries qu'on peut rencontrer.

Les bactéries ont besoin de plus d'eau libre que les levures et moisissures pour croître. A cet usage on donne dans le tableau ci-dessous les valeurs minimales et les besoins en eau de certains microorganismes à leur température optimum :

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
- **UE Découverte Code : UED 3.1**
- **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
- **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**

### Besoins en eau de certains microorganismes à leur température optimum

| Microorganismes             | A <sub>w</sub> minimale | Espèces microbiennes         | A <sub>w</sub> minimale |
|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| La majorité des bactéries   | 0.91                    | <i>Clostridium botulinum</i> | 0.93                    |
| La majorité des levures     | 0.88                    | <i>Staphylococcus aureus</i> | 0.85                    |
| La majorité des moisissures | 0.80                    | <i>Salmonelles</i>           | 0.93                    |
| Bactéries halophiles        | 0.75                    | <i>Escherichia coli</i>      | 0.96                    |
| Levures osmophiles          | 0.60                    |                              |                         |

- Espèce osmophile : espèce résistant à une forte concentration en sucre
- Espèce halophile : espèce résistant à une forte concentration en sel

L'activité de l'eau permet de mettre en œuvre une stratégie de protection des aliments en contrôlant les détériorations physico-chimiques, enzymatiques et microbiennes.

- $0 < A_w < 1$ , elle dépend notamment de la présence d'éléments dissous (sucre, sel) et de la température  $\neq$  teneur en eau
- $A_w < 0.62$  aucun microorganisme ne peut se multiplier (survie possible)

Il est à signaler que les techniques de conservation comme la déshydratation, le salage, l'addition de sucres (confitures), ou congélation reposent en grande partie sur la diminution de l' $A_w$

La notion de disponibilité de l'eau (eau libre) dans un aliment peut être définie aux moyens de :

- L'Humidité Relative d'Equilibre (HRE) :

$$\text{HRE} = \frac{\text{Pression partielle de la vapeur d'eau de l'aliment à la température } \theta}{\text{Pression partielle de la vapeur d'eau saturante à la température } \theta} \times 100$$

$$\text{HRE} = \frac{P_w}{P_{w0}} \times 100 \quad (1)$$

- Ou l'activité de l'eau :

$$A_w = \frac{P_w}{P_{w0}} = \frac{\text{HRE}}{100} \quad (2)$$

L'activité de l'eau  $A_w$  et l'humidité relative d'équilibre **HRE** à la même température  $\theta$  sont donc liés. Ainsi, une humidité relative de 80 % correspond à une activité de l'eau de 0,8.

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
  - **UE Découverte Code : UED 3.1**
  - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
  - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
- 

La  $A_w$  est d'autant plus faible que les forces de liaisons sont intenses et tend au contraire vers l'unité lorsque l'eau se rapproche de l'état libre. Elle permet, en outre, de prévoir et d'éviter les détériorations physicochimiques, les activités enzymatiques et la prolifération des micro-organismes. En ce qui concerne ces derniers, les bactéries, les levures et les moisissures ne peuvent se développer qu'à des  $A_w$  supérieures respectivement à 0,91, 0,88 et 0,80 (voir ci-dessus le **Tableau**).

La teneur en eau et la  $A_w$  sont des grandeurs liées – plus un aliment est riche en eau, plus la  $A_w$  doit être forte –, mais pas forcément linéairement corrélées. Des produits de même teneur en eau peuvent avoir des  $A_w$  différentes (voir ci-dessous quelques données chiffrées sur  $A_w$ ).

| <u>Aliment</u>       | <u>Teneur en eau</u> | $A_w$ |
|----------------------|----------------------|-------|
| Légumes frais        | 95 %                 | 0,99  |
| Légumes surgelés     | 94 %                 | 0,81  |
| Confiture            | 44 %                 | 0,86  |
| Lait concentré sucré | 26 %                 | 0,83  |

### c) **Température :**

On distingue différentes catégories de micro-organismes selon leur optimum de croissance en fonction de la température :

- Psychrophiles : **-5 °C à +15 °C**
- Mésophiles : **+ 15 °C à +40 °C**
- Thermophiles : **+40 °C à +55 °C**

Selon la température le dédoublement (deux fois en quantité) sera rapide comme le montre le tableau suivant dans le lait cru :

### **Temps de dédoublement ( $t_d$ ) en fonction de la température**

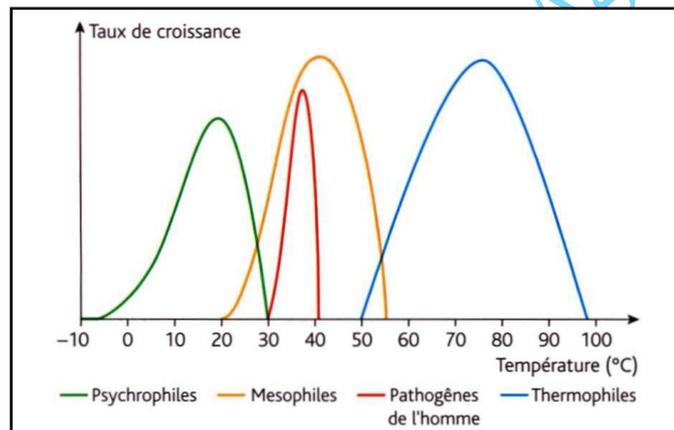
| <b>Température</b> | <b>7 °C</b> | <b>20 °C</b> |
|--------------------|-------------|--------------|
| Streptococcus      | ≥ 12h       | 1,3 h        |
| Pseudomonas        | 4h          | 1,3 h        |
| Escherichia        | ≥ 6         | 1,1 h        |

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
  - **UE Découverte Code : UED 3.1**
  - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
  - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
- 

Le deuxième tableau suivant indique par ailleurs la croissance bactérienne dans le lait cru après 24 h, en fonction de la température :

**Croissance bactérienne en 24 h en fonction de la température ( $N_0 = 2000$ )**

| Température (°C) | $N_{24h}$ |
|------------------|-----------|
| 4                | 2500      |
| 10               | 12000     |
| 20               | 500 000   |
| 35               | 2 500 000 |



**d) Composition de l'aliment :**

- Les aliments riches en hydrates de carbone (pain, confiture, fruits...) sont favorables aux champignons (génèrent peu d'odeurs en général)
- Les aliments riches en protéines et/ou graisses (viande, beurre...) sont favorables aux bactéries

- **COURS : PROCÉDES AGRO-ALIMENTAIRES**
  - **UE Découverte Code : UED 3.1**
  - **L3-Génie Des Procédés/ Département de Génie Matériaux -Fac.Chimie**
  - **Enseignants du module : H. REFFAS et M. HADJ YUCEF**
- 

Les processus de dégradation des aliments sont résumés dans le tableau suivant :

| Substrat            | Aliment        | Processus                 | Produits et effets   |
|---------------------|----------------|---------------------------|--|
| Pectine (polyoside) | Fruits/légumes | Pectinolyse               | Méthanol, acides uroniques<br><i>Perte de structure, pourriture molle</i>  |
| Protéines           | Viande         | Protéolyse, désamination  | Amines biogènes (histamine, putrescine, cadaverine), H <sub>2</sub> S, ammoniac, indole<br><i>Amertume, aigrissement, odeur nauséabonde, viscosité</i> |
| Lipides             | Beurre         | Hydrolyse des acides gras | Glycerol, acides gras mixtes<br><i>Rancissement, amertume</i>  |
| Sucres              | Féculents      | Hydrolyse                 | Acides organiques, alcools<br><i>Aigrissement, acidification</i>   |

Chapitre I-Procédés de Conservation-

aires