

Chapitre 10 : Solubilité et précipitation d'espèces chimiques

1 Dissolution d'une espèce chimique

1.1 Définition

L'espèce chimique dissoute dans un solvant s'appelle le soluté. Le soluté peut être :

- ionique (exemple : chlorure de sodium (NaCl))
- moléculaire (exemple : glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)))

1.2 Dissolution d'un soluté ionique

Lors de la dissolution d'un soluté ionique solide, les ions du soluté sont séparées par le solvant. Ils se retrouvent alors dispersées dans le solvant. Une équation de dissolution permet de décrire cette transformation.

L'équation de dissolution respecte les lois de conservation :

- conservation des éléments chimiques
- conservation de la charge électrique

Exemples :

- dissolution du chlorure de sodium : $\text{NaCl}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Na}_{(\text{aq})}^+ + \text{Cl}_{(\text{aq})}^-$
- dissolution du chlorure de fer III : $\text{FeCl}_{3(\text{s})} \rightarrow \text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+} + 3\text{Cl}_{(\text{aq})}^-$
- dissolution du glucose : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{s})} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{aq})}$

1.3 Concentration en soluté de la solution obtenue

1.3.1 Concentration en masse

La concentration en masse (concentration massique) s'exprime en g.L^{-1} et se note C_m . La concentration massique est donnée par la relation suivante :

Concentration massique d'un soluté

$$C_m = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$$

- C_m : concentration massique (g.L^{-1})
- $m_{\text{soluté}}$: masse de soluté dissous (g)
- V_{solution} : volume de la solution (L)

1.3.2 Concentration en quantité de matière

La concentration en quantité de matière (concentration molaire) C d'une substance S s'exprime en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Cette concentration molaire est donnée par la relation :

Concentration molaire

$$C = [S] = \frac{n}{V}$$

- C : concentration molaire ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)
- n : quantité de matière (mol)
- V : volume de la solution (L)

Remarque : Il existe une relation entre la concentration en quantité de matière C et la concentration en masse C_m :

$$C = \frac{C_m}{M} \quad \text{où } M \text{ est la masse molaire du soluté}$$

2 Solubilité d'une espèce chimique

2.1 Définition

La solubilité d'un solide dans un solvant est la quantité maximale de solide que l'on peut dissoudre dans ce solvant par unité de volume. La solubilité est notée s et s'exprime en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (ou parfois en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$). Elle a pour expression :

Solubilité d'une espèce chimique

$$s = \frac{n}{V}$$

- s : solubilité ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)
- n : quantité de matière (mol)
- V : volume de la solution (L)

Exemple :

Si on considère la dissolution du chlorure de calcium CaCl_2 , on pourra écrire :



On a alors :

$$s = [\text{Ca}^{2+}]_{(\text{eq})} = \frac{[\text{Cl}^-]_{(\text{eq})}}{2}$$

2.2 Solution saturée

Une solution est dite saturée s'il y a coexistence du solide et de ses ions constitutifs en solution. Il y a donc équilibre thermodynamique.

Si la concentration en soluté dissous atteint la valeur de la solubilité, on dit que la solution est saturée.

Une solution est dite saturée lorsqu'il n'est plus possible, à une température donnée, d'augmenter la quantité de matière de soluté dissous dans le solvant. Au-delà de la limite de saturation, il reste du solide non dissous : le mélange est hétérogène.

Exemple : La solubilité massique du chlorure de sodium NaCl dans l'eau, à 20°C, est $s_m = 358,5 \text{ g.L}^{-1}$. Si nous introduisons, dans 1 L d'eau, une masse de chlorure de sodium m_{NaCl} égale à 400 g, la solution obtenue sera saturée et sa concentration en masse égale à $358,5 \text{ g.L}^{-1}$. Il restera alors une masse égale à $400 - 358,5 = 41,5 \text{ g}$ de chlorure de sodium non dissous. Nous obtenons un mélange hétérogène.

2.3 Structure du solvant et solubilité d'un solide

La solubilité d'une espèce chimique dépend de l'affinité avec le solvant dans lequel elle est dissoute :

- Les composés polaires auront une solubilité plus importante dans les solvants polaires.
- Les composés apolaires auront une solubilité plus importante dans les solvants apolaires.
- Pour les composés amphiphiles (partie polaire et partie apolaire), plus la chaîne carbonée augmente, plus la solubilité dans le solvant polaire diminue et plus la solubilité dans solvant apolaire augmente.

Exemple : Solubilité massique du chlorure de sodium à 25°C dans différents solvants :

Solvant	s_{NaCl} à 25°C (g.L^{-1})
Eau	360
Éthanol	0,82
Acétone	$5,4 \times 10^{-4}$

Le chlorure de sodium (solide ionique) est très soluble dans l'eau, qui est un solvant polaire, en raison de l'établissement d'interactions électrostatiques entre l'eau et les ions Cl^- et Na^+ . En revanche, le chlorure de sodium est moins soluble dans l'éthanol et encore moins dans l'acétone, qui sont moins polaires que l'eau.

3 Précipitation d'un solide ionique

3.1 Définition

La précipitation est une transformation au cours de laquelle des ions sont consommés et apparaît un solide ionique. Un solide ionique est un solide dont les entités sont constituées d'ions.

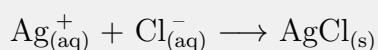
Cette réaction de précipitation est la transformation inverse de la dissolution.

3.2 Équation d'une réaction de précipitation

A partir d'une réaction de précipitation d'un solide ionique, on peut écrire une équation de réaction.

Exemple : Précipitation du chlorure d'argent

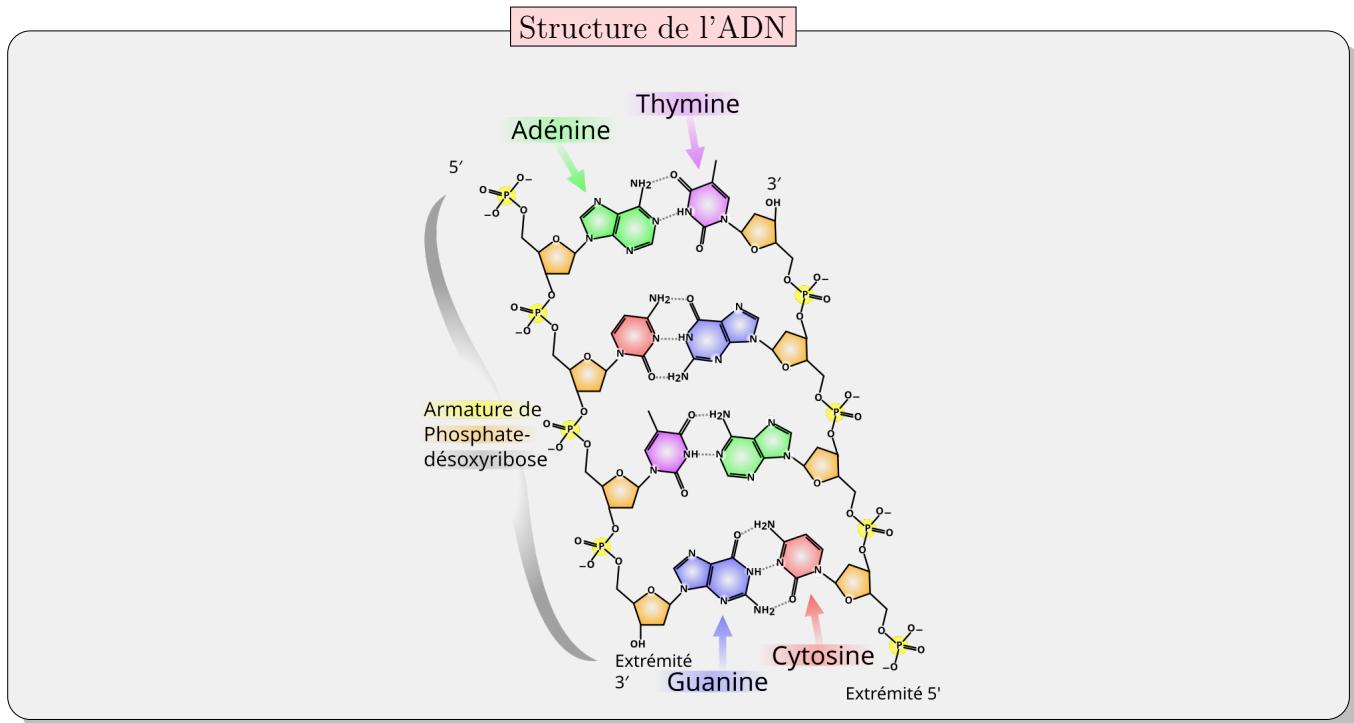
Les ions argent Ag^+ et chlorure Cl^- réagissent pour former un précipité de chlorure d'argent (AgCl), qui est peu soluble dans l'eau.



3.3 Précipitation de l'ADN en présence d'éthanoate de sodium

Lors d'une extraction d'ADN, après avoir brisé les cellules et libéré l'ADN, on cherche à le rendre visible en le faisant précipiter.

L'ADN est une molécule polyanionique, c'est-à-dire qu'il possède de nombreuses charges négatives sur les groupes phosphate de son squelette.



En solution aqueuse, ces charges négatives sont stabilisées car elles attirent les molécules d'eau, ce qui rend l'ADN soluble.

En présence d'éthanoate de sodium, les ions sodium Na^+ sont libérés et se lient aux charges négatives des groupes phosphates. Cette neutralisation des charges réduit la solubilité de l'ADN dans l'eau.

Généralement, l'acétate de sodium est utilisé en présence d'éthanol, qui déstabilisent encore davantage l'hydratation de l'ADN. L'éthanol diminue la polarité du milieu, ce qui diminue la solubilité de l'ADN. L'ADN devient insoluble dans ce milieu moins polaire et précipite. L'ADN apparaît sous forme de filaments ou d'un nuage blanc.