

La toxicité

Définition :

La toxicité se réfère à la propriété d'une substance d'être capable d'empoisonner un organisme vivant. Cela signifie que la substance peut causer des effets néfastes sur la santé ou le fonctionnement normal de l'organisme lorsqu'elle est exposée à des doses suffisamment élevées. La toxicité peut varier en fonction de la nature de la substance, de sa concentration, de la voie d'exposition et de la durée de l'exposition.

- La toxicité est le degré auquel une substance chimique ou un mélange particulier de substances peut endommager un organisme. La toxicité peut faire référence à l'effet sur un organisme entier, tel qu'un animal, une bactérie ou une plante, ainsi qu'à l'effet sur une sous-structure d'un organisme, telle qu'une cellule (cytotoxicité) ou un organe (toxicité pour les organes).

Mesure de la Toxicité : Méthodes et Approches

La **toxicité** d'une substance peut être évaluée à différents niveaux biologiques (moléculaire, cellulaire, physiologique, écologique) en utilisant diverses méthodes **in vitro**, **in vivo** et **in silico**.

1. Méthodes Générales d'Évaluation de la Toxicité

1.1 Tests de Toxicité Aiguë et Chronique

- **Toxicité aiguë** : Effets immédiats ou à court terme après une **exposition unique** ou de courte durée.
- **Toxicité sub-aiguë**
- **Toxicité chronique** : Effets à long terme dus à une exposition prolongée à de faibles concentrations.

1.2 Courbe Dose-Réponse

- Relation entre la dose administrée et l'effet observé.
- Permet de déterminer :
 - **DL50 (Dose Létale 50)** : Dose provoquant la mort de 50 % des organismes testés.
 - **CL50 (Concentration Létale 50)** : Concentration d'une substance dans un milieu (eau, air, sol) entraînant la mort de 50 % des organismes exposés.
 - **NOEC (No Observed Effect Concentration)** : Concentration maximale sans effet observé.
 - **LOEC (Lowest Observed Effect Concentration)** : Plus faible concentration entraînant un effet significatif.

2. Méthodes d'Évaluation de la Toxicité des Substances sur les Plantes

1. Test de Germination (Méthode In Vivo)

 **Principe** : On observe si les graines peuvent germer normalement en présence d'une substance toxique.

 **Expérience simple** :

1. Prenez **trois groupes** de graines (ex. lentilles, blé, radis).
 2. Placez-les dans des boîtes de Pétri avec du coton humide.
 3. Arrosez chaque groupe avec des solutions différentes :
 - **Groupe 1** : Eau propre (contrôle).
 - **Groupe 2** : Eau contenant **du sel (NaCl)** (pollution des sols).
 - **Groupe 3** : Eau contenant **des pesticides dilués**.
 4. **Après 5-7 jours**, observez combien de graines ont germé et la longueur des racines.
-  **Résultat attendu** : Moins de germination et des racines plus courtes dans les groupes exposés aux toxines.

2. Test de Croissance des Racines et des Feuilles

 **Principe** : Une substance toxique peut ralentir la croissance des plantes.

 **Expérience simple** :

1. Plantez des **jeunes plants de haricot** dans **trois pots** avec du terreau.
 2. Ajoutez dans chaque pot :
 - **Pot 1 (Contrôle)** : Eau propre.
 - **Pot 2** : Eau contenant **des métaux lourds** (ex. sulfate de cuivre, 0,1 g/L).
 - **Pot 3** : Eau avec **un excès d'engrais** (ex. nitrate d'ammonium).
 3. **Après 10-15 jours**, mesurez la hauteur des plantes et observez les feuilles.
-  **Résultat attendu** :
- **Métaux lourds** → Feuilles jaunes et racines réduites.
 - **Excès d'engrais** → Brûlures sur les feuilles.

3. Test de la Chlorophylle (Méthode Spectrophotométrique)

 **Principe** : Les toxines réduisent la quantité de chlorophylle, ce qui impacte la photosynthèse.

 **Expérience simple** :

1. Prenez **des feuilles de laitue ou d'épinard** et broyez-les dans de l'alcool.
2. Filtrez le liquide vert (chlorophylle) et placez-le dans des tubes.
3. Exposez les tubes à différentes conditions :
 - **Tube 1 (contrôle)** : Rien.
 - **Tube 2** : Ajout de **polluants** (ex. eau de javel diluée).
 - **Tube 3** : Ajout de **métaux lourds** (ex. sulfate de fer).

4. **Comparez la couleur** après 1 heure.

 **Résultat attendu** : Décoloration plus rapide dans les tubes avec des substances toxiques.

4. Test des Bioindicateurs (Observation Visuelle sur Plantes Sensibles)

 **Principe** : Certaines plantes réagissent rapidement aux polluants.

 **Exemple concret** :

- **Les lichens** disparaissent en cas de pollution de l'air (dioxyde de soufre).
- **Le trèfle** montre des taches noires en présence d'ozone.
- **Le blé** a des racines courtes en présence de pesticides.

 **Utilité** : Ces plantes servent d'alerte naturelle pour détecter la pollution.

5. Test des Biomarqueurs (Stress Oxydatif chez les Plantes)

 **Principe** : Les toxines génèrent des **espèces réactives de l'oxygène (ROS)** qui abîment les cellules végétales.

 **Expérience simple** :

1. Prenez des feuilles d'épinard et divisez-les en deux groupes.
2. Exposez un groupe à **des fumées d'usine (ex. gaz d'échappement)** pendant 1 heure.
3. Ajoutez une solution de **DAB (3,3'-diaminobenzidine)**, un réactif qui colore les ROS en brun.
4. Observez les feuilles au microscope : **plus elles sont brunes, plus il y a de stress oxydatif.**

 **Résultat attendu** : Les feuilles exposées aux gaz seront plus colorées.

 **Tests de viabilité cellulaire** :

Test MTT : Mesure de l'activité mitochondriale des cellules exposées ; Le **test MTT** est une méthode **colorimétrique** utilisée pour mesurer la **viabilité cellulaire** en évaluant l'activité mitochondriale. Ce test repose sur la capacité des cellules **vivantes** à réduire un composé chimique (MTT) en un **produit coloré** (formazan). Plus une cellule est active, plus elle produit de formazan, ce qui permet de mesurer sa viabilité.

 **Test de perméabilité membranaire** : Observation de la fuite d'électrolytes. Le **test de perméabilité membranaire** permet de mesurer l'intégrité des membranes cellulaires après exposition à une substance toxique. Lorsque la membrane est endommagée, elle **perd sa sélectivité** et laisse fuir des ions et des molécules. Une des façons simples de mesurer cette perméabilité est d'évaluer la fuite des **électrolytes (ions K⁺, Ca²⁺, etc.)** ou la libération de **pigments intracellulaires** comme les anthocyanes.

2.2 Méthodes In Vivo (Expérimentation sur Plantes Entières en Conditions Réelles ou Simulées)

 **Analyse de la chlorophylle** : Mesure de la teneur en chlorophylle par spectrophotométrie. L'analyse de la **chlorophylle** est une méthode essentielle en **écotoxicologie végétale** pour évaluer l'effet des

polluants sur les plantes. La chlorophylle est un **pigment essentiel à la photosynthèse**, et sa diminution indique souvent un **stress environnemental**, causé par des substances toxiques comme les **métaux lourds, pesticides, ozone, ou pollution industrielle**.

✓ **Photosynthèse et fluorescence chlorophyllienne** : Étude de l'efficacité de la photosynthèse via un fluorimètre.

✓ **Dosage des marqueurs de stress oxydatif** :

- Production de **ROS (espèces réactives de l'oxygène)**.
- Activité des **enzymes antioxydantes** (superoxyde dismutase, catalase, peroxydase).

2.3 Bioindicateurs et Biomarqueurs Végétaux

✓ **Bioindicateurs** : Plantes sensibles ou résistantes utilisées pour détecter la présence de toxines (ex. lichens pour la pollution atmosphérique).

✓ **Biomarqueurs génétiques** : Expression de gènes liés au stress (ex. gènes de détoxification).

3. Méthodes Physico-Chimiques et Modélisation

3.1 Techniques Analytiques pour Mesurer la Toxicité

✓ **Chromatographie (GC-MS, HPLC)** : Détection et quantification des toxines dans les tissus végétaux.

✓ **Spectroscopie UV-Vis/NIR** : Analyse des pigments chlorophylliens et de la photosynthèse.

✓ **ICP-MS (Spectrométrie de Masse à Plasma à Couplage Inductif)** : Analyse des métaux lourds dans les plantes.

3.2 Approches In Silico (Modélisation et Simulation)

✓ **QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationship)** : Prédiction de la toxicité en fonction de la structure chimique.

Le **QSAR** (Quantitative Structure-Activity Relationship) est une méthode utilisée en **toxicologie et chimie environnementale** pour **prédire la toxicité** d'une substance chimique en fonction de sa **structure moléculaire**.

◆ **Principe** : Les propriétés **physico-chimiques** d'une molécule (ex. poids moléculaire, solubilité, hydrophobicité) influencent son **activité biologique**.

◆ **Objectif** : Trouver une relation mathématique entre la **structure chimique** et l'**effet toxique** sur des organismes vivants.

✓ **Modélisation moléculaire** : Simulation des interactions entre toxines et biomolécules végétales.