

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1995 سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955-SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologique

Spécialité : Ecotoxicologie animale

Intitulé :

*Évaluation de l'effet cytotoxique et génotoxique de l'extrait  
hydrométhanolique de la soie de maïs Zea mays L.*

Présenté Par : Arroud Ibtissem  
Bouregaa Meriem  
Bourouba Rokaya  
Denhadji Yasmina

**Membre de Jury:**

Pr. Djerrou Zohir	Prof.	Président	Université 20 Août 1955-Skikda
Dr. Gabli Zahra	MCA	Examinatrice	Université 20 Août 1955-Skikda
Dr. Becheker Imène	MCA	Promotrice	Université 20 Août 1955-Skikda

Année universitaire 2022/2023

## Remerciements

*Tout d'abord, nous voudrions remercier Dieu Tout-Puissant et le Dieu Très Miséricordieux qui nous a donné la force et la patience pour accomplir ce travail.*

*en seconde lieu , nous sommes honorées d'être parmi vos élèves et de bénéficier de vos informations précieuses, vos qualités pédagogiques et humaines sont un exemple pour nous, votre gentillesse et votre disponibilité ont toujours été au rendez-vous, veuillez accepter nos remerciements pour le grand honneur que nous avons eu pour nous guider dans ce travail, nous tenons à remercier chaleureusement Dr. Imen d'avoir accepté de nous encadrer.*

*Enfin, nous tenons à remercier tout particulièrement les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Roukaya*



## Dédicaces

*Avec nos sentiments de gratitude les plus profonds, on dédie ce modeste travail :*

*À nos très chers parents, on n'aurait pas pu être ce qu'on est sans eux,  
En reconnaissance de leurs efforts, leurs amours et leurs encouragements  
durant toutes nos études et nos recherches.*

*À nos chers frères et sœurs, qui nous ont porté le bonheur.*

*À tous nos amis pour leur présence et encouragements*

*A tous le personnel de département science de la nature.*

*Roukaya*



## Remerciements

*Chers tous,*

*Je tenais à prendre un moment pour exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à la réussite de mon Master 2. Votre soutien, vos encouragements et votre présence ont été essentiels tout au long de ce parcours.*

*On remercie premièrement Allah tout puissant qui ne cesse de nous protéger, et de nous aider durant notre chemin.*

*La présentation de ce travail nous offre l'occasion d'exprimer notre profonde gratitude à M<sup>me</sup> imene becheker notre encadreur de mémoire, qui a su nous diriger, et guider ce travail pendant toute la durée de l'expérimentation, nous écouter, nous conseiller et qui a toujours été présente pour répondre à notre question.*

*Tout d'abord, je voudrais adresser mes sincères remerciements à mes très chers parents. Votre amour inconditionnel, votre confiance et vos sacrifices ont été la fondation sur laquelle j'ai pu bâtir ma réussite académique. Votre soutien indéfectible a été ma source de motivation et de détermination.*

*Je souhaite également exprimer ma reconnaissance envers mes formateurs et mes professeurs qui ont partagé leurs connaissances et leur expertise avec passion. Vos enseignements ont élargi mes horizons et m'ont permis d'approfondir mes compétences dans mon domaine d'études.*

*Un immense merci à mes amis*

*yasmina*



## Dédicaces

*Je tiens à dédier ce travail à mes très chers parents, qui ont fait d'innombrables sacrifices pour assurer ma réussite et m'ont guidé avec leurs précieux conseils. Vous êtes la lumière qui éclaire mes jours, la source de mes efforts, la flamme qui brûle dans mon cœur. Ma vie et mon bonheur vous appartiennent.*

*À mes chères cousines, qui sont à la fois mes meilleurs amis : Nada, Meriem, Fairouz, Sarra, Rania, Ferial, Manel, Nina. Votre présence dans ma vie a été une bénédiction. Votre amitié, votre soutien et votre affection sincère ont été des piliers solides dans mon parcours.*

*mes cousine : ferial manel nina maroua miya et les autres*

*Enfin, je n'oublie pas de mentionner mes grands-parents, qui ont joué un rôle essentiel dans ma vie. Votre amour, vos enseignements et votre sagesse ont été une source d'inspiration constante. Je vous suis profondément reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour moi*

*yasmina*

## **Résumé :**

Les plantes supérieures sont d'excellents modèles génétiques pour détecter les mutagènes et sont fréquemment utilisés dans plusieurs tests. Parmi ces espèces *Allium cepa* a été utilisé pour évaluer les dommages de l'ADN, tel que les aberrations chromosomiques et les perturbations dans le cycle mitotique.

Le présent travail a pour but l'évaluation des effets cytotoxique et génotoxique de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs utilisant le test d'*Artemia salina* et le test *Allium cepa* respectivement.

Les nauplii d'*Artemia salina* ainsi que les bulbes d'oignon ont été exposées à différentes concentrations 15,62, 31,25, 62,5, 125, 250, 500 et 1000µg/ml.

Après 24h d'incubation nous avons calculé la CL50 par le logiciel Prism 6. La CL50 est égale à 1679 µg/ml >100µg/ml indiquant ainsi l'absence de cytotoxicité.

Pour le test de génotoxicité, une mesure de la longueur des racines de chaque bulbe à été réalisée à 18, 24, 48 et 72h d'exposition. Les résultats montrent qu'aucune inhibition de la croissance des racines n'est notée par rapport aux témoins, aux concentrations testées.

Donc aucune génotoxicité n'a été enregistrée. De plus, un effet antigénotoxique significatif a été observé à une dose de 100µg/ml de l'extrait en présence de 100µg/ml d'azide de sodium, ce qui suggère que l'extrait de la soie de maïs a un potentiel protecteur de l'ADN contre l'action de l'azide de sodium (agent génotoxique).

**Mots clés :** *Allium cepa*, *Artemia salina*, Cytotoxicité, Extrait hydrométhanolique, Génotoxicité, Soie de maïs.

**Abstract :**

Higher plants serve as excellent genetic models for detecting mutagens and are frequently employed in various tests. Among these species, *Allium cepa* has been utilized to evaluate DNA damage, including chromosomal aberrations and disruptions in the mitotic cycle.

The present study aims to assess the cytotoxic and genotoxic effects of the hydromethanolic extract of corn silk using the *Artemia salina* test and the *Allium cepa* test, respectively.

Nauplii of *Artemia salina* and onion bulbs were exposed to different concentrations of 15.62, 31.25, 62.5, 125, 250, 500, and 1000 µg/ml.

After 24 hours of incubation, the LC50 was calculated using Prism 6 software. The LC50 was determined to be 1679 µg/ml, indicating the absence of cytotoxicity at concentrations greater than 100 µg/ml.

For the genotoxicity test, measurement of the root length of each bulb was conducted at 18, 24, 48, and 72 hours of exposure. The results demonstrate no inhibition of root growth compared to the controls at the tested concentrations.

Thus, no genotoxicity was recorded. Furthermore, a significant antigenotoxic effect was observed at a dose of 100 µg/ml of the extract in the presence of 100 µg/ml of sodium azide, suggesting that the corn silk extract has a potential protective effect on DNA against the action of sodium azide (a genotoxic agent).

**Keywords:** *Allium cepa*, *Artemia salina*, Cytotoxicity, Hydromethanolic extract, Genotoxicity, Corn silk.

## ملخص

النباتات العليا هي نماذج وراثية ممتازة للكشف عن الطفرات و كثيرا ما تستخدم في العديد من الاختبارات. من بين هذه الأنواع تم استخدام *Allium cepa* لتقييم تلف الحمض النووي ، مثل الانحرافات الصبغية والاضطرابات في الدورة الانقسامية.

يهدف العمل الحالي إلى تقييم التأثيرات السامة للخلايا والسمية الجينية للمستخلص التحليل الميثانولي لحريير الذرة باستخدام اختبار *Artemia salina* واختبار *Allium cepa* على التوالي.

تم تعريض نبات الأرتيميا سالينا وبصيلات البصل لأشكال مختلفة

تركيزات 15.62 ، 31.25 ، 62.5 ، 125 ، 250 ، 500 و 1000 ميكروغرام / مل.

بعد 24 ساعة من الحضانة ، قمنا بحساب CL50 باستخدام برنامج Prism 6. CL50 متساوية

عند 1679 ميكروغرام / مل ؛ 100 ميكروغرام / مل مما يشير إلى عدم وجود سمية خلوية.

بالنسبة لاختبار السمية الجينية ، تم قياس طول جذور كل بصيلة أجريت في 18 و 24 و 48 و 72 ساعة من التعرض. تظهر النتائج أنه لا يوجد تثبيط لم يتم ملاحظة نمو الجذر مقارنةً بالضوابط ، عند التركيزات المختبرة.

لذلك ، لم يتم تسجيل أي سمية جينية. بالإضافة إلى ذلك ، له تأثير كبير على المستضدات لوحظ بجرعة 100 ميكروغرام / مل من المستخلص بوجود 100 ميكروغرام / مل من أزيد الصوديوم ، مما يشير إلى أن مستخلص حريير الذرة له إمكانية حماية الحمض النووي ضد التأثير أزيد الصوديوم (عامل سام للجينات).

**الكلمات المفتاحية :** *Allium cepa* ، *Artemia salina* ، السمية الخلوية ، مستخلص الميثانول

المائي ، السمية الوراثية ، حريير الذرة.



# SOMMAIRE

Liste des tableaux.  
Liste des Figures.  
Liste des abréviations.  
Résumé.  
Introduction.

*Partie I:* Synthèse bibliographique.

*Chapitre I:* La cytotoxicité et la génotoxicité.

<b>1. La cytotoxicité :</b> .....	<b>3</b>
<b>2. La génotoxicologie :</b> .....	<b>4</b>
<b>3. La génotoxicité :</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Les risques génotoxiques :</b> .....	<b>4</b>
<b>5. Les agents génotoxiques :</b> .....	<b>5</b>
<b>5.1. Agents physiques :</b> .....	<b>5</b>
<b>5.2. Agents biologiques :</b> .....	<b>6</b>
<b>5.3. Agents chimiques :</b> .....	<b>6</b>
<b>6. Génotoxicité et conséquences :</b> .....	<b>6</b>
<b>6.1. Génotoxicité et cancer :</b> .....	<b>6</b>
<b>6.2. Génotoxicité et infertilité :</b> .....	<b>7</b>
<b>7. Les tests de génotoxicité :</b> .....	<b>8</b>
<b>7.1. Exemples de tests de génotoxicité:</b> .....	<b>9</b>
<b>7.1.1. Le test d'Ames (test de mutations inverses) :</b> .....	<b>9</b>
<b>7.1.2. Test du micronoyau sur cellules de mammifères (TG487) :</b> .....	<b>10</b>
<b>7.1.3. Test d'aberrations chromosomiques utilisant des cellules de mammifères (TG473) :</b>	<b>11</b>
<b>7.1.4. Test du micronoyau érythrocytaire :</b> .....	<b>11</b>
<b>7.1.5. Teste des comètes :</b> .....	<b>12</b>
<b>8. Importance des tests de génotoxicité :</b> .....	<b>16</b>
<b>9. L'antigénotoxicité :</b> .....	<b>16</b>

**Chapitre 2:** La soie de maïs.

<b>1. Description botanique du maïs</b> .....	<b>17</b>
<b>2. La soie de maïs</b> .....	<b>18</b>
<b>3. Propriétés thérapeutiques de la soie de maïs</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1. Activité anti-oxydante</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2. Activité antidiabétique</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3. Activité neuroprotectrice</b> .....	<b>19</b>
<b>3.4. Activité diurétique</b> .....	<b>19</b>
<b>3.5. Activités analgésique et antispasmodique</b> .....	<b>20</b>
<b>3.6. Activité anti-fatigue</b> .....	<b>20</b>

**Partie II :** Travail expérimental.

<b>1. Matériel et méthode</b> .....	<b>21</b>
<b>1.1. Matériel biologique</b> .....	<b>21</b>
<b>1.1.1. La soie de maïs</b> .....	<b>21</b>
<b>1.1.2. L'Artemia salina</b> .....	<b>22</b>
<b>1.1.3. L' Allium cepa</b> .....	<b>22</b>
<b>1.2. Méthodes</b> .....	<b>23</b>
<b>1.2.1. Préparation de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs</b> .....	<b>23</b>
<b>1.2.2. Le test de cytotoxicité utilisant l'Artemia salina</b> .....	<b>24</b>
<b>1.2.3. Le test de génotoxicité Allium cepa</b> .....	<b>25</b>

**Partie III :** Résultats et discussion.

**conclusion.**

**Références Bibliographiques.**

## Liste des tableaux

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>Tableau 1</b>	Les différents tests de génotoxicité et types d'altérations	<b>9</b>
<b>Tableau 2</b>	Activités biologiques des différents extraits du maïs	<b>20</b>
<b>Tableau 3</b>	Caractéristiques organoleptiques de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs.	<b>31</b>
<b>Tableau 4</b>	Résultat de l'évaluation de l'effet cytotoxique de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs vis-à-vis des nauplii <i>d'Artemia salina</i> .	<b>32</b>
<b>Tableau 5</b>	Le taux de croissance des racines des bulbes <i>d'A. cepa</i> traitées par les différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs ainsi que les témoins.	<b>33</b>

## Liste des figures

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>Figure1</b>	Nauplii d'Artemia salina	<b>3</b>
<b>Figure 2</b>	les risques génotoxiques	<b>5</b>
<b>Figure 3</b>	Mécanismes d'action des agents génotoxiques cancérogènes	<b>7</b>
<b>Figure 4</b>	Effets des agents génotoxiques sur l'infertilité et le cancer	<b>8</b>
<b>Figure 5</b>	Teste d'Ames	<b>10</b>
<b>Figure 6</b>	Mutations possibles avec délétion	<b>11</b>
<b>Figure 7</b>	Schéma de la formation des micronoyaux	<b>12</b>
<b>Figure 8</b>	Test des comètes sur des cellules de la vessie	<b>13</b>
<b>Figure 9</b>	Test de l'Allium cepa et les aberrations chromosomiques	<b>15</b>
<b>Figure 10</b>	Un pied de maïs	<b>17</b>
<b>Figure 11</b>	La soie de maïs	<b>18</b>
<b>Figure 12</b>	La soie de maïs	<b>21</b>
<b>Figure 13</b>	<i>L'Artemia salina</i>	<b>22</b>
<b>Figure 14</b>	<i>Allium cepa L</i>	<b>23</b>
<b>Figure 15</b>	Macération	<b>24</b>
<b>Figure 16</b>	Filtration sur papier filtre	<b>24</b>
<b>Figure 17</b>	Extraction hydro-méthanolique de la soie du maïs	<b>24</b>
<b>Figure 18</b>	Elimination de la première pelure et coupure des racines du bulbe d'oignon	<b>25</b>
<b>Figure 19</b>	Germination des bulbes d' <i>Allium cepa</i> après 48h	<b>26</b>
<b>Figure 20</b>	Germination des bulbes d' <i>Allium cepa</i> après 72h	<b>27</b>
<b>Figure 21</b>	Fixation des extrémités racinaires dans la solution de Carnoy	<b>28</b>
<b>Figure 22</b>	Conservation des extrémités racinaires dans l'éthanol 70%	<b>28</b>
<b>Figure 23</b>	La coloration des extrémités racinaires	<b>29</b>

# ***INTRODUCTION***

Les plantes médicinales sont utilisées dans la médecine populaire depuis des millénaires. Seulement, ces derniers temps, des études scientifiques de leurs effets ont été faites, révélant que certaines d'entre elles peuvent avoir des effets indésirables ou interagir avec d'autres médicaments. En outre, on dispose de peu d'informations sur les risques potentiels de ces plantes sur la santé (**Zink et Chaffin, 1998**).

Compte tenu de leur utilisation à long terme par l'homme, on s'attendait à ce que les plantes utilisées dans la médecine traditionnelle soient peu toxiques. On sait que les plantes vertes en général sont une source primaire d'antimutagènes et d'agents toxiques naturels. Des études récentes ont révélé que de nombreuses plantes utilisées dans l'alimentation ou dans la médecine traditionnelle ont des effets mutagènes et des effets cytotoxiques et génotoxiques en se basant sur des essais *in vitro* et *in vivo*. Cela soulève des inquiétudes liées à ces risques suite à l'utilisation à long terme de ces plantes. De nombreuses plantes contiennent des substances mutagènes et/ou cancérigènes corrélées à un taux élevé de formation de tumeurs chez certaines populations humaines (**Askin Celikand et Aslant, 2010**).

Le maïs (*Zea mays* L.) est une plante herbacée monoïque, annuelle de la famille des Poaceae. Il est originaire de l'Amérique et aujourd'hui présent sur tous les continents. Il représente environ 75% de la production céréalière mondiale. L'espèce est très appréciée pour ses multiples valeurs nutritives et est consommée sous plusieurs formes (**Zohoungbogbo et al., 2020**). La soie de maïs est généralement considérée comme un déchet et n'est pas utilisée à des fins nutritionnelles. Cependant, elle a une grande importance médicinale en raison de la présence de composés phytochimiques bioactifs précieux (**Nawaz et al., 2018**).

La soie de maïs est traditionnellement utilisée pour le traitement de plusieurs affections en raison des diverses activités pharmacologiques présentées par ses extraits. On a constaté qu'elle possédait des activités antioxydantes, antidiabétiques, antiprolifératives, antimutagènes, anticoagulantes, antifongiques, antiadipogènes, antiobésitaires, antihypertensives, antihyperlipidémiques, antilithiatiques, antibiotiques, antibactériennes, antiseptiques, anti-inflammatoires, antidépressives et antifatigue. Elle possède également des activités antihyperglycémique, antihyperlipidémique, diurétique, neuroprotectrice, hépatoprotectrice et uricosurique (**Stenkamp, 2013**). Les extraits de soie de maïs se sont également révélés efficaces dans l'inhibition du facteur de nécrose tumorale- $\alpha$  et de l'adhésion des leucocytes à la surface cellulaire (**Habtemariam, 1998**).



Comme toute plante possédant d'innombrables biens faits, la soie de maïs doit être évaluée pour sa cytotoxicité, c'est-à-dire sa toxicité vis-à-vis des cellules et entre autre, sa génotoxicité. La génotoxicité, appelée également toxicité génétique, représente la capacité de certains agents physiques, chimiques ou biologiques à provoquer l'apparition de dommages à l'ADN, qui peuvent conduire à des mutations génétiques si ces lésions ne sont pas réparées, ces agents sont qualifiés de mutagènes (**Dégremont et Cachot, 2009**).

Le but de notre travail est d'évaluer l'effet cytotoxique, génotoxique et anti-génotoxique d'une série de dilutions de l'extrait hydro-méthanolique de la soie de maïs en utilisant le test d'*Artemia salina* et d'*Allium cepa*.

# ***CHAPITRE 01***

## 1. La cytotoxicité :

L'évaluation de la cytotoxicité est le premier test qui peut apporter un aperçu fiable de la sécurité d'un produit destiné pour la consommation pharmaceutique, cosmétique, alimentaire etc.

Depuis l'interdiction de l'utilisation des animaux pour l'évaluation de la cytotoxicité d'un produit, des tests de cytotoxicité, *in vitro*, ont été mis au point comme méthode alternative à la manipulation sur les animaux (rongeurs, lapin, cochon,...). Ainsi, ces dernières années ont vu le développement d'un certain nombre de tests de toxicité dans lequel la réponse a été mesurée chez les invertébrés. Ces tests ont l'avantage d'être peu coûteux, reproductibles et faciles à réaliser (Favilla et al., 2006).

### 1.1. Le test de cytotoxicité sur *Artemia salina* :

Beaucoup de chercheurs ont fait usage d'un crustacé aquatique, *Artemia salina* (*A. salina*), pour l'analyse de la toxicité de produits synthétiques et naturels (Syahmi et al., 2010) (Figure 1).

L'évaluation de la toxicité est basée sur la mesure du pourcentage de létalité des nauplii d'*A. salina* à différentes concentrations du produit à tester. Ce test est couramment utilisés pour l'estimation de la cytotoxicité et fournit des données toxicologiques qui sont importantes pour évaluer la pertinence pharmacologique des produits naturels ou de synthèse (Hisem et al., 2011 ; Otang et al., 2013).

Le dosage de la cytotoxicité sur *A. Salina*, en mesurant la CL50 (concentration nécessaire pour provoquer 50% de létalité), a été considéré comme un outil important pour l'évaluation préliminaire de la toxicité (Syahmi et al., 2010). Cette méthode détecte des petites quantités de toxines et peut être réalisée à l'échelle de microcellules (Kamba et Hassan, 2010).



**Figure 1 :** Nauplii d'*Artemia salina* (Web 1).

## **2. La génotoxicologie :**

La génotoxicologie est une branche majeure de l'écotoxicologie qui étudie les effets génétiques des polluants environnementaux. En fait, l'ADN est une macromolécule cible pour de nombreux polluants qui peuvent entraîner des mutations génétiques, une perte de survie, des altérations des cellules, et parfois la fonction et la prolifération des cellules, conduisant au cancer. D'une part, on sait que certains composés peuvent interagir directement avec l'ADN, conduisant à la formation d'adduits à l'ADN (**Gagné, 2014**).

D'autre part, certains produits chimiques endommagent l'ADN indirectement, par exemple en augmentant les espèces réactives d'oxygène, qui endommagent l'ADN (oxoguanosine) ou par des composés radioactifs ou des rayonnements ionisants de l'atmosphère (rayonnement solaire). D'autres composés interfèrent également avec la synthèse ou réduisent l'activité de réparation, augmentant ainsi la demi-vie de l'ADN endommagé et introduisent des mutations dans le génome. Des tests pour mesurer les dommages causés à l'ADN, de complexité variable, sont fournis (**Gagné, 2014**).

## **3. La génotoxicité :**

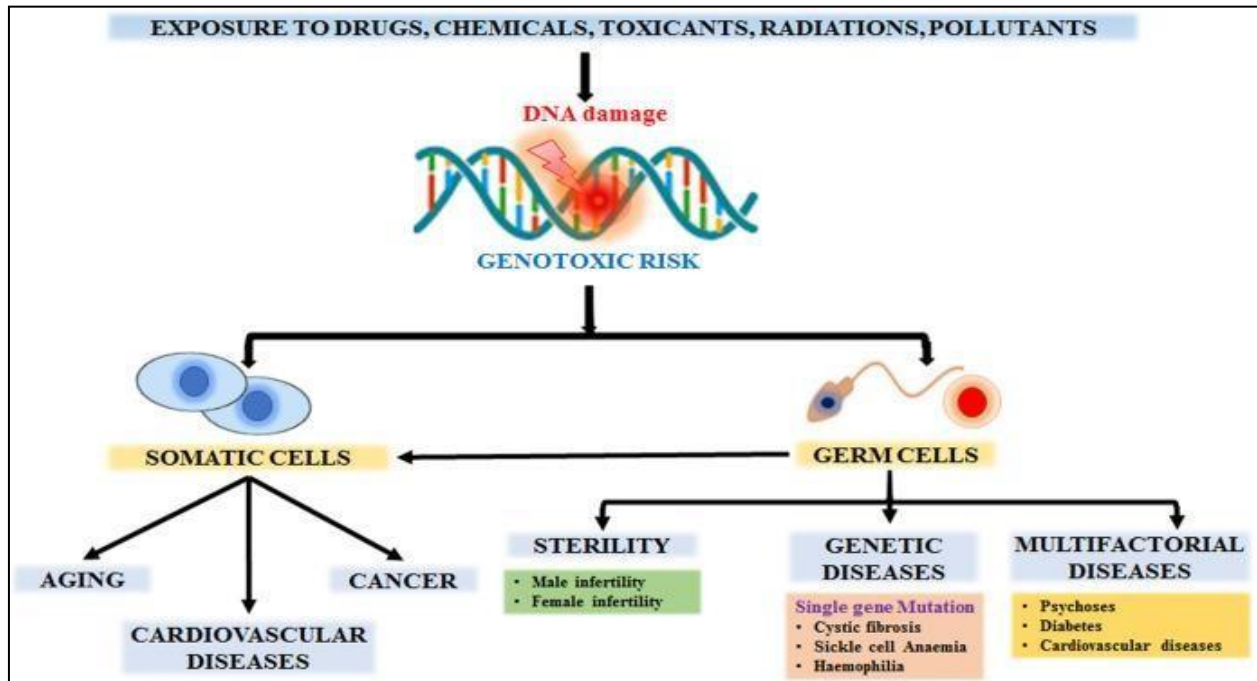
Englobe tous les moyens potentiels par lesquels le matériel génétique des organismes supérieurs peut être endommagé, avec des conséquences graves pour l'organisme et potentiellement pour leur progéniture. La Conférence internationale sur l'harmonisation recommande pour les médicaments un profil de tests de génotoxicité assez différent de celui utilisé pour les produits chimiques de l'environnement (**Gad et Sullivan, 2022**).

La génotoxicité est également définie comme étant la capacité de certains agents dits «génotoxiques » à induire des dommages à l'ADN pouvant conduire à des mutations géniques ou chromosomiques. Ces endommagements, une fois fixés dans le génome, peuvent avoir des conséquences délétères sur la santé des organismes exposés et/ou de leurs descendances : mortalité embryonnaire, malformations congénitales, infertilité, cancers, etc... (**Phillips et Arlt, 2009**).

## **4. Les risques génotoxiques :**

La génotoxicité est un terme génétique défini comme un effet néfaste sur le matériel génétique (ADN, ARN) d'une cellule, affectant son intégrité. Les substances génotoxiques sont appelées génotoxines. Les génotoxines sont des mutagènes qui comprennent les rayonnement et les produits chimiques. Ils ont trois effets principaux sur un organisme en affectant son information génétique : il peut être

cancérogène ou agent cancérigène ; mutagène qui cause une mutation, ou tératogène ou un agent qui cause des malformations congénitales (**Figure 2**). Dans la plupart des cas, il provoque des mutations dans diverses cellules et systèmes de l'organisme. Les mutations peuvent prendre différentes formes : l'information génétique peut être dupliquée, supprimée ou insérée dans une cellule de l'organisme (**Umang Shah, 2012**).



**Figure 2** : les risques génotoxiques (**Dearfield et al., 2002**).

## 5. Les agents génotoxiques :

Les agents génotoxiques sont des substances ou des facteurs qui endommagent l'ADN cellulaire. Ils sont responsables de l'altération de l'expression des gènes et des réarrangements chromosomiques qui peuvent éventuellement provoquer des changements perturbateurs entraînant des maladies (**Michel, 2011**).

Ces agents se répartissent en trois catégories : physiques, chimiques et biologiques :

### 5.1. Agents physiques :

Radiation ionisantes (rayons UV) et Non ionisantes (Rayons X). Ce sont des mutagènes électrophiles qui établissent une liaison covalente avec un site nucléophile d'une base (**Michel, 2011**).

**5.2. Agents biologiques :**

Tels que les bactéries, champignons et virus. Exemple du virus du SIDA (rétrovirus) (**Dégremont et Cachot, 2009**).

**5.3. Agents chimiques :**

Substances capables de Modifier la structure ou la complémentarité en interagissant directement avec l'ADN ou en affectant les enzymes qui participent au maintien de son intégrité. Les exemples d'agents chimiques incluent les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les amines aromatiques, les métaux lourds et les pesticides (**Pilliere et Falcy, 1991**).

**6. Génotoxicité et conséquences :****6.1. Génotoxicité et cancer :**

Le cancer (également appelé néoplasie maligne ou oncogénicité maligne) est une maladie caractérisée par une croissance incontrôlée de cellules anormales. Il résulte de l'interaction complexe entre des facteurs environnementaux, tels que les radiations, les produits chimiques, les organismes infectieux et les effets physiques, ainsi que des facteurs génétiques, tels que des mutations héréditaires, des hormones, la suppression de la fonction immunitaire et des mutations liées au métabolisme (**Figure 3**). Ces facteurs peuvent agir de manière synergique pour déclencher ou favoriser le développement d'un cancer. Les études ont démontré l'existence d'un lien entre l'exposition aux agents cancérigènes, les altérations génétiques et le cancer (**Choudhuri et al., 2021**).



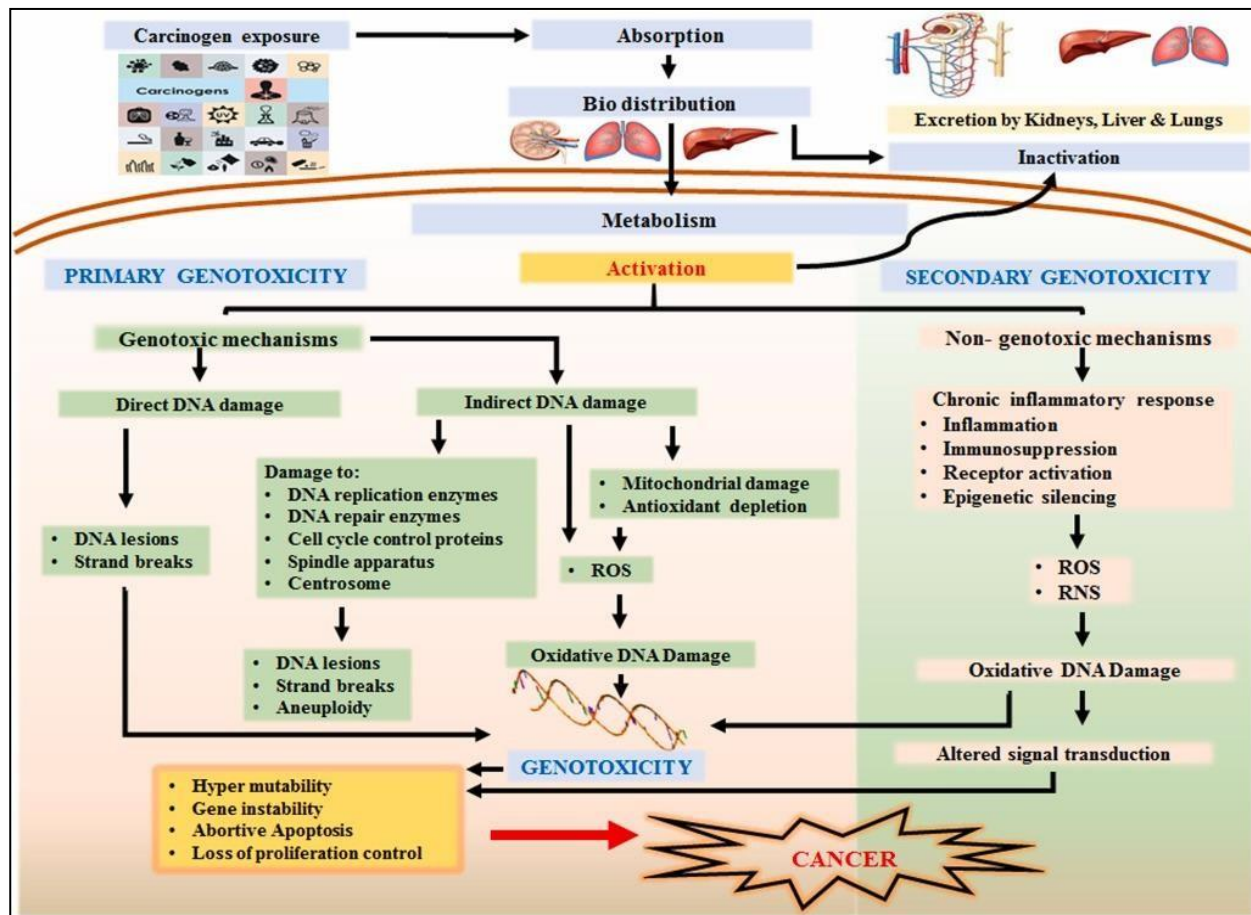


Figure 3 : Mécanismes d'action des agents génotoxiques cancérogènes (Sharma et al., 2021).

### 6.2. Génotoxicité et infertilité :

D'un point de vue biologique, le mot "infertilité" signifie que la capacité à produire une descendance est diminuée ou complètement oblitérée. Ce mot englobe à la fois la subfertilité et la stérilité absolue (Figure 4). L'infertilité est associée à des troubles du mode de vie chez les couples qui essaient de concevoir et environ 13 à 18 % d'entre eux y sont touchés (Jin et al., 2011).

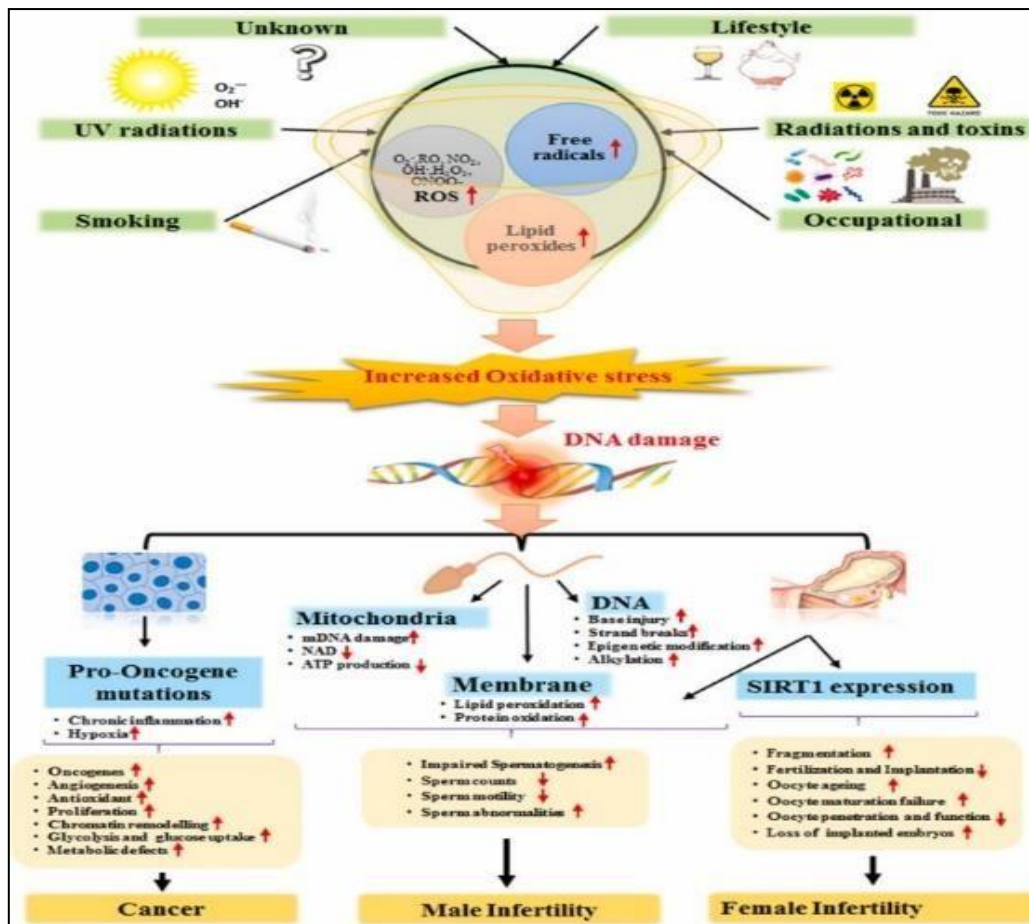


Figure 4 : Effets des agents génotoxiques sur l'infertilité et le cancer

(Sharma et al., 2021).

### 7. Les tests de génotoxicité :

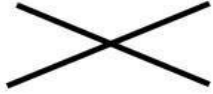
En génotoxicologie, les modèles utilisés pour les études sont généralement de nature animale ou humaine, dans de rares cas, des bactéries (Janik-Spiechowicz et al., 1998 ; Schrader et al., 1998).

Les tests de génotoxicité sont un ensemble de techniques utilisées pour identifier les produits chimiques qui provoquent des altérations génétiques, appliqués depuis longtemps pour étudier les risques mutagènes. Ces tests aident également à déterminer des altérations génétiques irréversibles, fournissent des preuves indirectes de dommages à l'ADN. Un panel de tests est généralement utilisé pour évaluer de manière exhaustive la capacité d'un produit chimique à induire une génotoxicité, car un seul test ne fournit pas assez d'informations sur tous les effets finaux (Yang et Honma, 2021).

Donc, les différents tests de génotoxicité ont pour but d'identifier les agents génotoxiques d'une part et de déterminer leurs modes d'action moléculaires et cellulaires d'autre part (activation biologique, nature des interactions avec l'ADN, modifications de bases, cassures de brins, pontage, insertions,

substitutions, ajout ou suppression de paires de bases, cassures de chromatides ou de chromosomes, perte de chromosomes entiers, etc.) (Tableau 1), (Dearfield et al., 2005).

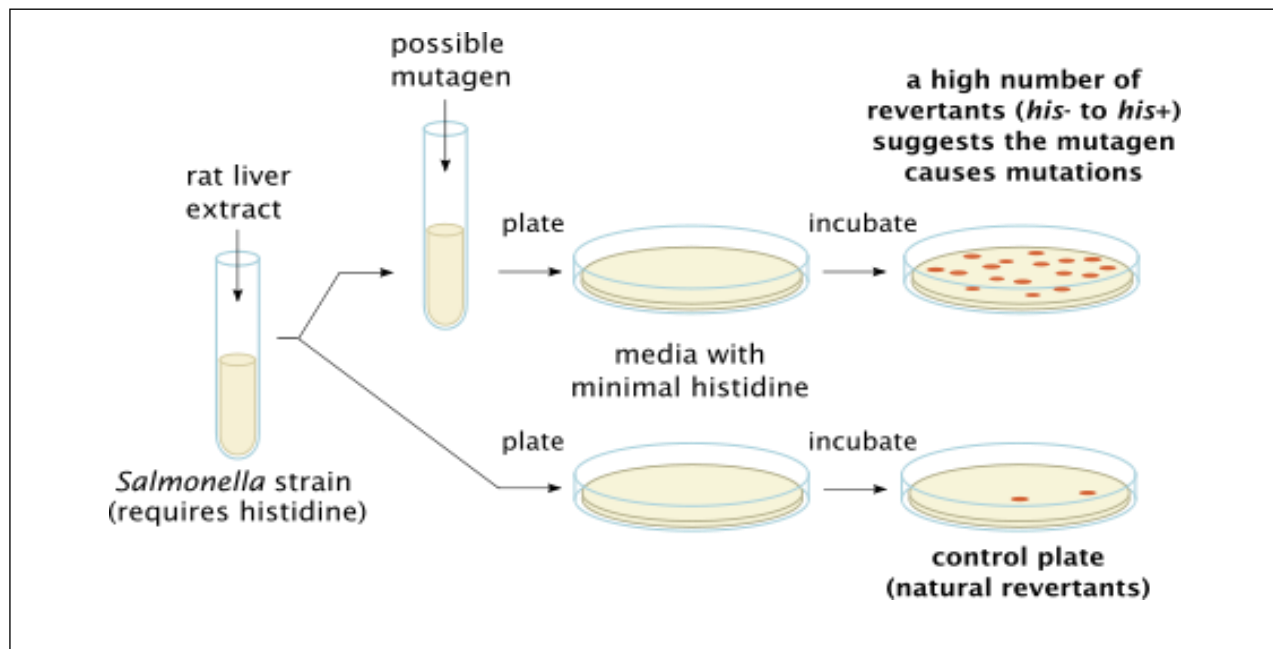
**Tableau 1** : Les différents tests de génotoxicité et types d'altérations (Thybaud, 2012).

	MUTATIONS GENIQUES		DOMMAGES CHROMOSOMIQUES	
	BACTERIES	CELLULES DE MAMMIFERES		
<b>IN VITRO</b>	<b>Test de Ames</b> <i>Salmonella typhimurium</i> TA153 TA153 TA9 TA10 TA10 et/ou <i>Escherichia coli</i>	<b>Test de Lymphome de souris</b> (locus thymidine kinase)  <b>Test HPRT</b> (locus hpert) sur lignées cellulaires		<b>Tests micronoyaux ou aberrations chromosomiques</b> sur lymphocytes humains ou lignées cellulaires
<b>IN VIVO</b>		<b>Mutations géniques</b> Animaux transgéniques Tout organe		<b>Tests micronoyaux ou aberrations chromosomiques</b> dans moelle osseuse ou sang périphérique

## 7.1. Exemples de tests de génotoxicité:

### 7.1.1. Le test d'Ames (test de mutations inverses) :

Le test d'Ames est l'un des tests de mutagenicité les plus utilisés basé sur la détection de mutation inverse chez des bactéries *Salmonella typhimurium*, auxotrophes à l'histidine. Il permet de tester plusieurs échantillons sur le court terme (Figure 5). Toutes les souches de *Salmonella* utilisées pour ce test sont porteuses d'une mutation dans un gène (hisG ; hisD) qui code pour une enzyme impliquée dans la biosynthèse de l'histidine, ce qui inhibe la croissance de ces souches sur des milieux ne contenant pas d'histidine (besoin en histidine) (Maron et Ames, 1983 ; Mortelmans et Riccio, 2000 ; Mortelmans et Zeiger, 2000).



**Figure 5 : Teste d'Ames (Maron et Ames, 1983)**

### 7.1.2. Test du micronoyau sur cellules de mammifères (TG487) :

Ce test est un outil sensible et utile pour détecter les effets génotoxiques chez les populations exposées professionnellement ou environnementalement à des produits chimiques génotoxiques. D'après le principe du test et les données disponibles, l'augmentation de la fréquence des micronoyaux (MN) dans les cellules binucléées (BNC) est principalement due aux MN produits *in vitro* pendant la période de culture (c'est-à-dire que les MN produits *in vivo* ne contribuent pas substantiellement à la fréquence des MN mesurée dans les BNC). La sensibilité du test pour la détection des MN induits dans les BNC après une exposition, *in vivo*, à un produit chimique génotoxique est limitée car la cytochalasine B (Cyt-B) qui est ajoutée relativement tard au cours de la période de culture et, par conséquent, les BNC qui sont marqués ne représentent pas toujours des cellules qui ont terminé un seul cycle cellulaire. En outre, ce retard signifie que les cellules endommagées peuvent être éliminées par apoptose et/ou que les dommages à l'ADN induits *in vivo* peuvent être réparés avant la production d'une MN en présence de Cyt-B.

Les cellules de mammifères en culture utilisées pour les tests d'aberration chromosomique peuvent être utilisées dans ce test. Les cellules qui contiennent plusieurs chromosomes, condition qui rend l'observation difficile, peuvent également être utilisées facilement. Comme la production d'un micronoyau est dépendante de la division cellulaire, une technique qui implique l'utilisation d'un

inhibiteur de polymérisation de l'actine, à savoir la cytochalasine B (Cyto B), a été mise au point pour identifier les cellules qui se divisent (Yang et Honma, 2021).

### 7.1.3. Test d'aberrations chromosomiques utilisant des cellules de mammifères (TG473) :

La recherche d'aberrations chromosomiques est une technique utilisée pour explorer les aberrations structurales et numériques (polyploïdie) des chromosomes par microscopie optique, consiste à soumettre des cellules de mammifères en culture à un traitement avec une substance d'essai (Figure 6). Ce test permet de détecter des aberrations chromosomiques transitoires, qui diffèrent des aberrations chromosomiques stables observées dans les maladies héréditaires et/ou les tissus cancéreux. Ainsi, de nombreuses cellules qui présentent des aberrations chromosomiques transitoires ont tendance à mourir. Par conséquent, ce test ne permet pas d'évaluer la mutagénicité (Yang et Honma, 2021).

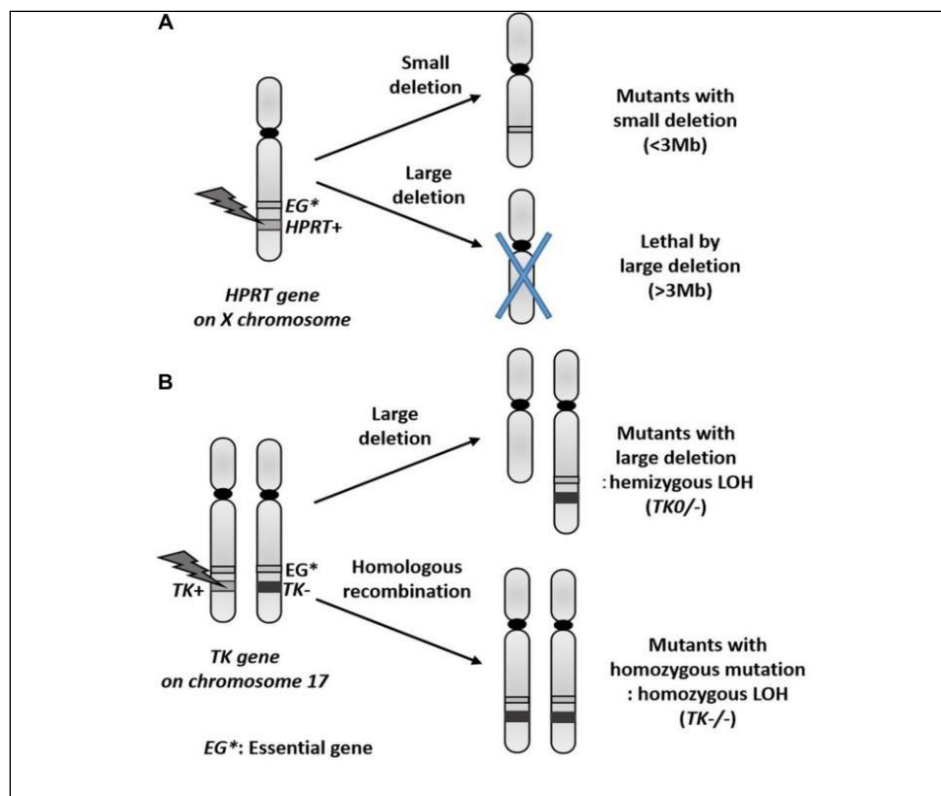
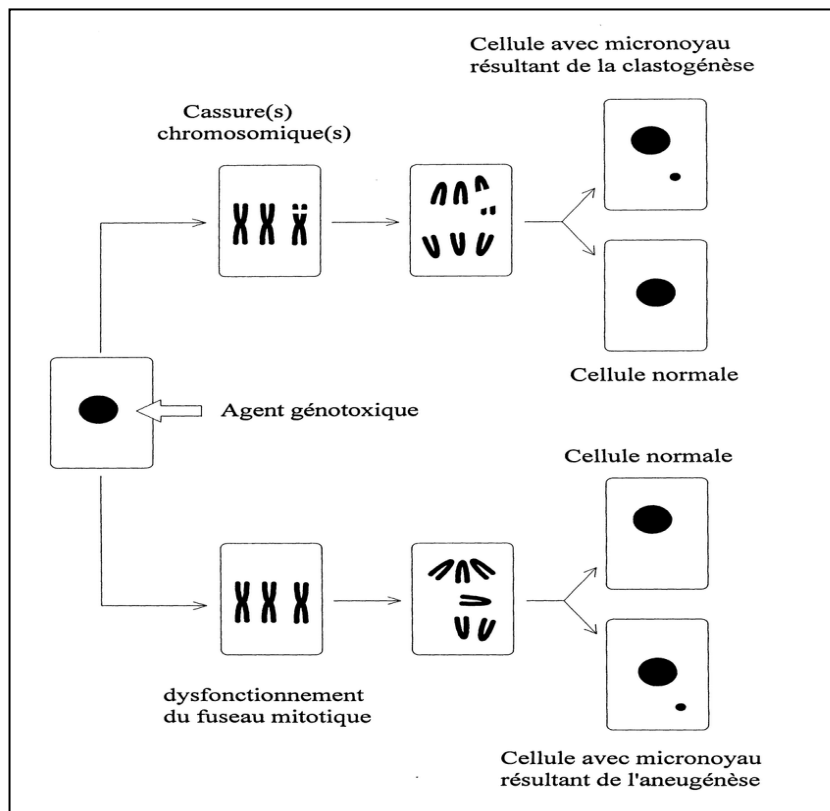


Figure 6 : Mutations possibles avec délétion (Yang et Honma, 2021).

### 7.1.4. Test du micronoyau érythrocytaire :

Le test du micronoyau, *in vivo*, chez les mammifères est utilisé pour détecter les dommages induits par la substance d'essai sur les chromosomes ou l'appareil mitotique des érythroblastes, par l'analyse des érythrocytes prélevés dans la moelle osseuse et/ou les cellules du sang périphérique des animaux,

généralement des rongeurs (souris ou rats) (**Figure 7**). Le but du test est d'identifier les substances (liquides ou solides) qui provoquent des dommages cytogénétiques entraînant la formation de micronoyaux contenant des fragments de chromosomes en retard ou des chromosomes entiers (**Fenech, 1997**).



**Figure 7 :** Schéma de la formation des micronoyaux (**Fenech, 1997**).

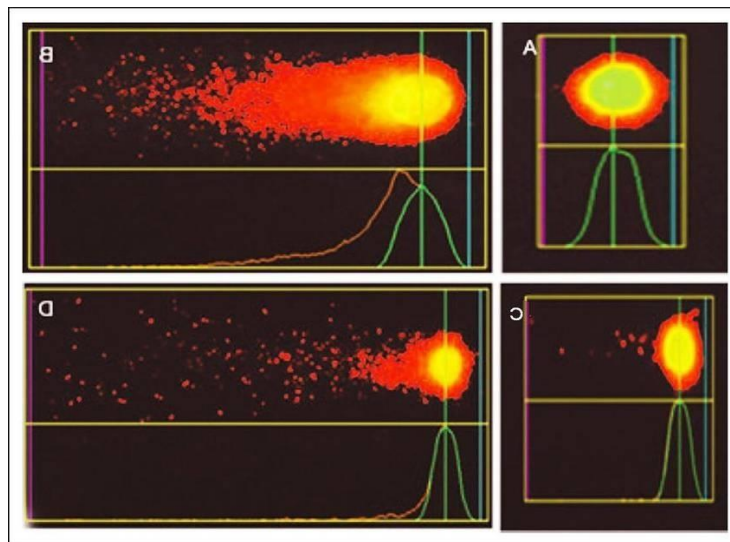
### 7.1.5. Teste des comètes :

Le test des comètes (également connu sous le nom d'électrophorèse sur gel à cellule unique) est une technique simple, sensible et rapide pour détecter les dommages et la réparation de l'ADN au niveau des cellules individuelles. Il peut être appliqué à une grande variété d'échantillons cellulaires, en fait, tout type de cellule eucaryote qui peut être obtenu sous forme de cellule unique ou de suspension



nucléaire peut être soumis à l'analyse des comètes. Il est largement utilisé dans les tests de génotoxicité, à la fois dans les études *in vitro* et *in vivo*, dans les études de biosurveillance humaine pour examiner les effets sur l'ADN des expositions environnementales ou professionnelles à des agents potentiellement dangereux, et dans les environnements cliniques pour étudier les facteurs contribuant à la maladie. Les cassures présentes dans l'ADN relâchent le superenroulement des boucles d'ADN, qui peuvent migrer sous électrophorèse pour former des images de type comète (**Figure 8**). Les dommages à l'ADN sont déterminés par l'intensité de la queue des comètes par rapport à la tête (**Collins, 2004**).

Les principaux avantages du test des comètes sont son faible coût, sa rapidité, sa simplicité, le fait qu'il nécessite un nombre relativement faible de cellules sans qu'il soit nécessaire de les cultiver, et sa grande polyvalence. En effet, des modifications de cette technique permettent de mesurer différents types d'altérations de la structure de l'ADN (par exemple, oxydation, alkylation, liaisons transversales, etc.) et la capacité de réparation de l'ADN. Une analyse récente suggère un nouveau rôle pour le test des comètes en tant qu'outil biomarqueur de risque, renforçant la preuve que le niveau de dommages de l'ADN dans les leucocytes circulants peut être prédictif du risque de maladies chroniques, y compris le cancer, et de la mortalité des individus en bonne santé. Ces résultats fournissent des preuves épidémiologiques encourageant la mise en œuvre de la technique du test des comètes dans les stratégies de santé publique préventives pour les maladies non transmissibles (**Møller et al., 2021**).

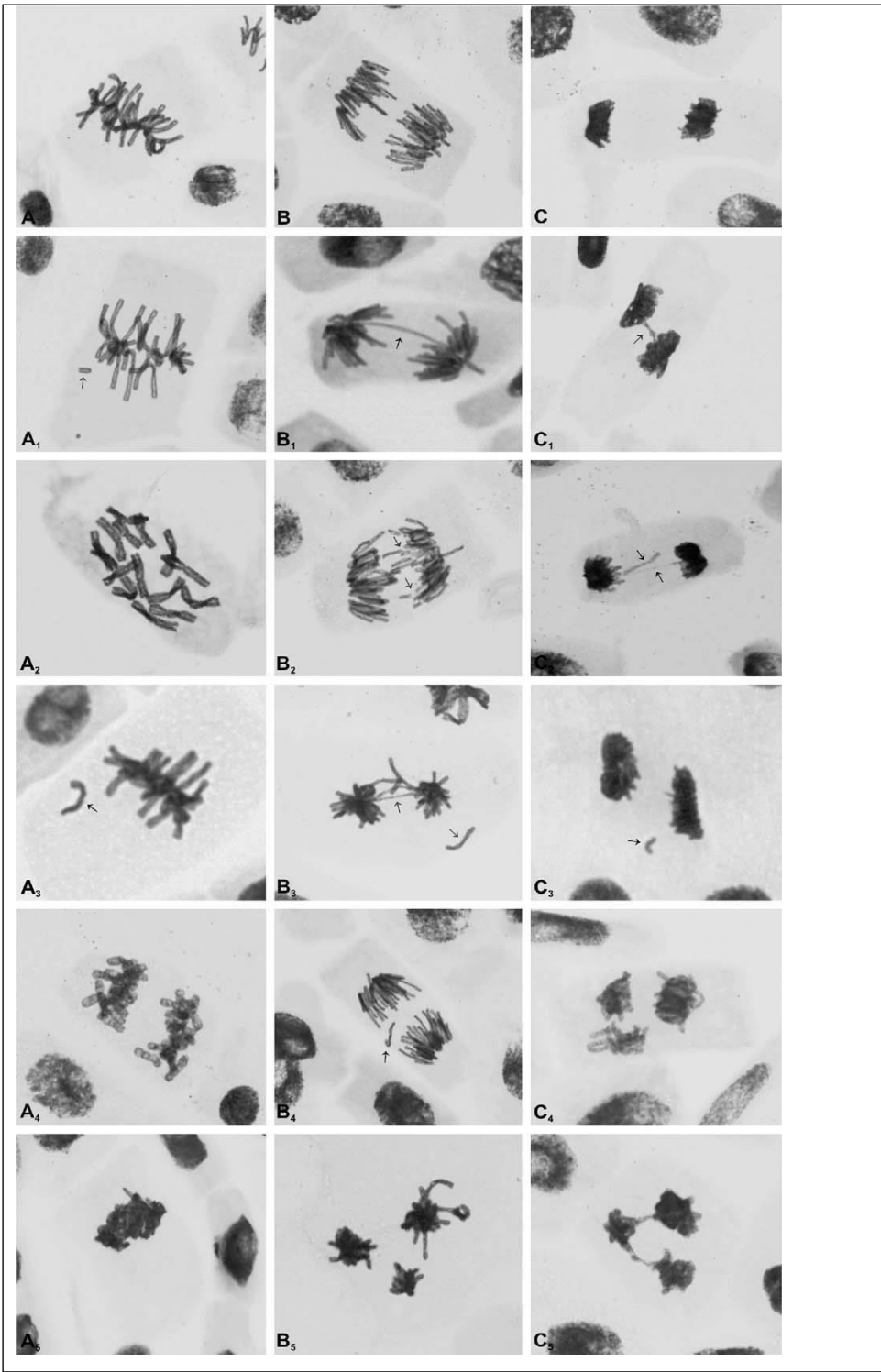


**Figure 8** : Test des comètes sur des cellules de la vessie (**Verma, 2012**).  
 .A : cellules non exposées ; B : control positif ; C : cellules exposées à 0,1  $\mu\text{mol/l}$  de BaP ; D : cellules exposées à 10  $\mu\text{mol/l}$  de BaP

**7.1.6. Test d'*Allium cepa* :**

Les plantes supérieures présentent des caractéristiques qui en font d'excellents modèles génétiques pour évaluer les mutagènes de l'environnement. fréquemment utilisées dans les études de surveillance. Toutefois, cette caractéristique n'est pas seulement due à la sensibilité de la détection des mutagènes dans différents types de plantes, mais aussi à la possibilité d'évaluer plusieurs paramètres génétiques, qui vont des mutations ponctuelles aux aberrations chromosomiques dans les cellules de différents organes et tissus, tels que les feuilles, les racines et le pollen (**Grant, 1994**).

Actuellement, parmi les espèces de plantes supérieures utilisées pour évaluer la la génotoxicité, l'*Allium cepa*, *Vicia faba*, *Zea mays*, *Tradescantia*, *Nicotiana tabacum* .... En outre, l'*A. cepa* a été considérée comme favorable à l'évaluation des dommages chromosomiques et les perturbations du cycle mitotique en raison de la présence de bonnes conditions chromosomiques, telles que des chromosomes de grande taille et en nombre réduit ( $2n = 16$ ). De plus, ce système de test a montré une grande sensibilité dans la détection les produits mutagènes. Pour ce test, on se base sur la mesure de la croissance des racines pour déterminer la valeur EC50 de l'allongement de ces dernières. Ensuite, l'échantillon est testé pour des aberrations chromosomiques et/ou des micronoyaux (**Figure 9**) (**Lemeet Marin-Morales, 2009**).



**Figure 9 :** Test de *Allium cepa* et les aberrations chromosomiques (Leme et Marin-Morales, 2009).

### 8. Importance des tests de génotoxicité :

Les autorités réglementaires du monde entier exigent des données sur le potentiel génotoxique des nouveaux médicaments dans le cadre du processus d'évaluation de leur sécurité. Les études précliniques sont généralement menées pour obtenir le profil toxicologique de base des nouvelles entités chimiques (NCE) (**Benjamin, 2013**). Les données toxicologiques sont utilisées pour évaluer l'innocuité et l'efficacité de ces nouvelles molécules, ce qui permet de prévoir et d'évaluer les risques et les avantages probables du médicament. Les tests de génotoxicité sont devenus une partie intégrante des exigences réglementaires. Ils permettent d'évaluer les dommages de l'ADN qui peuvent se manifester sous forme de mutation génétique, d'aberrations structurelles chromosomiques, de recombinaisons et de changements numériques. Ces changements sont responsables d'effets héréditaires par le fait que les mutations somatiques peuvent également jouer un rôle important dans la malignité. Ces tests ont été utilisés principalement pour la prédiction de la cancérogénicité et de la génotoxicité, car les composés, qui sont positifs dans ces tests, ont le potentiel d'être des cancérogènes et/ou des mutagènes pour l'homme (**Gopabandhu et al., 2002**).

### 9. L'antigénotoxicité :

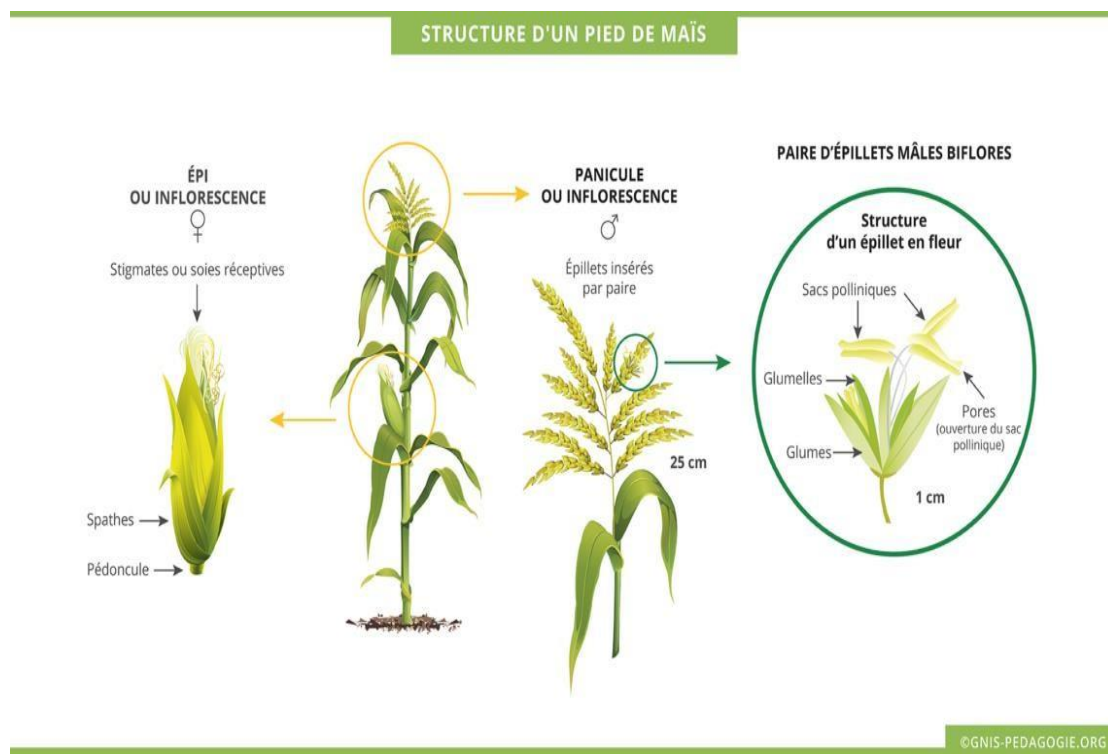
Les antigénotoxiques sont des substances naturelles ou synthétiques qui ont la capacité de protéger l'ADN contre les dommages causés par les agents génotoxiques. Ces agents peuvent être d'origine physique, chimique ou biologique. Ils agissent en réduisant les dommages à l'ADN ou en aidant les cellules à réparer les dommages existants (**De Flora et Ferguson, 2005**).

Plusieurs composés naturels ont été identifiés comme des antigénotoxiques potentiels, notamment les polyphénols, les caroténoïdes et les composés soufrés. Par exemple, les polyphénols présents dans les fruits et légumes ont montré une activité antigénotoxique en réduisant la formation de radicaux libres et en stimulant les enzymes de réparation de l'ADN (**Bhattacharya, 2011**). Des études ont également montré que certains médicaments et compléments alimentaires peuvent avoir des propriétés antigénotoxiques. Par exemple, la vitamine C et le sélénium ont été signalés comme protecteurs de l'ADN contre les dommages causés par les radiations ionisantes et les produits chimiques toxiques (**Lledó et al., 2023**). Les agents antigénotoxiques fournissent, à présent, des stratégies prometteuses pour prévenir ou traiter les maladies génétiques. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes d'action des antigénotoxiques et pour développer de nouveaux composés efficaces (**Ferguson et al., 2004**).

# **CHAPITRE 02**

### 1. Description botanique du maïs :

Le maïs (*Zea mays* Linnaeus) aussi appelé le blé d'inde fait partie de la famille des graminées. Originaire d'Amérique centrale, il a été domestiqué au Mexique il y a environ 9 000 ans puis s'est répandu sur le continent américain. Aujourd'hui, il est largement cultivé dans le monde entier. Le maïs indigène comprend 10 000 espèces regroupées en 600 à 700 genres différents dont une famille qui comprend le blé, l'avoine, l'orge et le riz. Le maïs est une plante monoïque. Il porte deux types d'inflorescences: les fleurs mâles (au sommet de la plante), groupées sur la panicule terminale ramifiée, et les fleurs femelles, associées sur un ou quelques épis insérés à l'aisselle des feuilles. Bien que le maïs soit auto fertile (**Figure 10**). Le maïs est une plante annuelle a grand développement végétatif (1 à 3 m de hauteur); elle présente une tige pleine a gros diamètre (3 à 4 cm) et des fleurs unisexuées. Les soies sont des stigmates minces qui ressemblent à des touffes de poils. Leur couleur est généralement vert clair au début, puis devient rouge, jaune ou marron clair. Leur fonction est la pollinisation. Chaque soie peut être pollinisée pour produire un grain de maïs (**Wan Rosli et al., 2010**).



**Figure 10 :** Un pied de maïs (Web 2).

Web 2 : <https://www.semae.pedagogie.org>

## 2. La soie de maïs :

La soie du maïs, aussi appelée la barbe du maïs est la matière végétale fine et filamenteuse qui pousse sous l'enveloppe des épis de maïs frais (**Figure 12**). Ces fibres fines et brillantes assurent la pollinisation et la croissance du maïs et sont également utilisées dans les pratiques thérapeutiques traditionnelles à base de plantes. La soie du maïs contient une variété de composés végétaux qui peuvent avoir divers effets sur la santé . Dans la médecine traditionnelle chinoise et amérindienne, elle est utilisée pour traiter diverses affections, notamment les problèmes de prostate, le paludisme, les infections des voies urinaires (IVU) et les maladies cardiaques, diabète et inflammations. Elle peut être utilisée fraîche, mais est souvent séchée avant d'être consommée sous forme de thé ou d'extraits (**Hill, 2019**).



**Figure 11:** La soie de maïs (**Web 3**).

**Web 3 :** [https://fr.wikipedia.org/wiki/Soie\\_de\\_ma%C3%AFs](https://fr.wikipedia.org/wiki/Soie_de_ma%C3%AFs)

## 3. Propriétés thérapeutiques de la soie de maïs :

Le maïs, entre autre la soie de maïs, constituent une excellente source de composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les saponines, les alcools, la ténascine, les stéroïdes et la vitamine E. Seuls quelques flavonoïdes phénoliques et benzoxamines ont été signalés. Ces métabolites attirent



beaucoup d'attention pour leurs activités biologiques ainsi que leur rôle écologique, en particulier dans la résistance des plantes au stress (**Mada et al., 2020**).

Il est connu que le maïs possède une valeur nutritionnelle impressionnante, mais également la soie est très riche en macro et micronutriments. Elle contient : protéines, glucides, vitamines, calcium, potassium, magnésium et sodium. Elle contient également des huiles volatiles et des stéroïdes, notamment du sitostérol et du stigmastérol, des alcaloïdes et des saponines (**Ruggeri et al., 2021**).

Grace à cette richesse, la soie de maïs possède d'innombrables vertus dont on peut citer (**Tableau 2**) :

### **3.1. Activité anti-oxydante :**

Les radicaux libres sont des molécules ou des fragments moléculaires qui ont des électrons non appariés dans leurs orbitales externes. Les radicaux libres sont hautement réactifs et peuvent favoriser des réactions oxydatives qui endommagent les protéines cellulaires, les lipides ou l'ADN, entraînant un stress oxydatif et une altération de la fonction cellulaire. Les flavonoïdes contenus dans la soie de maïs ont de bons effets antioxydants, principalement en absorbant et en piégeant la génération de radicaux libres (**Hill et al., 2019**).

### **3.2. Activité antidiabétique :**

Le stress oxydatif joue un rôle essentiel dans la progression du diabète sucré et de ses complications. La soie de maïs est un remède traditionnel utilisé pour traiter le diabète (**Zhao et al., 2012**).

### **3.3. Activité neuroprotectrice :**

Des études ont montré que les extraits de soie de maïs possèdent une activité inhibitrice vis-à-vis de l'acétylcholinestérase (AChE) et de la butyrylcholinestérase (BChE), enzymes qui dégradent l'acétylcholine, un neurotransmetteur et conduisent à la maladie d'Alzheimer (**Şenol et al., 2010**).

### **3.4. Activité diurétique :**

La soie de maïs a un effet diurétique, ce qui signifie qu'elle augmente la production d'urine. Cela peut aider à éliminer l'excès de liquide et à soulager l'enflure associée à des problèmes tels que l'hypertension artérielle, l'insuffisance cardiaque et l'œdème (**Xavier et al., 2005**).



**3.5. Activités analgésique et antispasmodique :**

La soie de maïs peut avoir des propriétés analgésiques et antispasmodiques, ce qui peut aider à soulager les douleurs abdominales, les crampes menstruelles et les douleurs liées à la cystite (Abascal et Yarnell, 2008).

**3.6. Activité anti-fatigue :**

La capacité d'endurance du corps est liée à l'énergie, donc pendant l'exercice, l'augmentation du glycogène (source d'énergie) dans le foie est nécessaire pour améliorer l'endurance de l'exercice. Des études ont montré que la soie de maïs augmente significativement la concentration de glycogène hépatique et augmente par conséquent l'activité anti-fatigue (Hu et al., 2010).

**Tableau 2 :** Activités biologiques des différents extraits du maïs (H.Nawaz et al.2018)

Partie du maïs	Solvant d'extraction	Activité
Soie de maïs	eau	Activité diurétique et kaliurétique avec une fonction glomérulaire réduite, activité anti-hépatocarcinome, anti-adipogénique, anti-obésité, antihyperglycémique, antidiabétique, abaissement des lipides, hématinique, anti-inflammatoire et analgésique
	Eau chaude	Activité antioxydante et inhibition de la formation d'anticorps IgE chez la souris
	Méthanol	Activité antioxydante, antimicrobienne, anti-hyperthyroïdisme, inhibition de la peroxydation lipidique, activité immunomodulatrice en renforçant l'immunité innée, abaissement des lipides et activité cardioprotectrice
	Éthanol	Inhibition du facteur de nécrose tumorale- $\alpha$ et de l'adhésion des leucocytes à la surface cellulaire, activation des récepteurs activateurs de la prolifération des peroxyosomes humains, induction d'enzymes antioxydantes et réduction du stress oxydatif, activité antioxydante et capture des radicaux libres, inhibition de l'uréase, anti-hyperlipidémique et diurétique
	Alcool aqueux	Activité anti-fatigue, hépatoprotectrice et rénale en termes d'inhibition de la peroxydation lipidique
	Acétone aqueux	Activité antioxydante
	Solvants de différentes polarités	Activité antioxydante en termes de capture des radicaux libres, de réduction des métaux et de blanchiment du bêta-carotène, et activité antimicrobienne
	Poudre de soie de maïs	Activité antioxydante et immunostimulante chez les poissons
Graines de maïs	Méthanol	Activité antioxydante en termes de capture des radicaux libres et de réduction des métaux
	Alcool aqueux	Activité antioxydante et anti-cataractogène contre la cataracte diabétique

Tige de maïs	Méthanol	Activité anti-inflammatoire, neuroprotectrice, hépatoprotectrice et antioxydante
Écorce de maïs	Éthanol	Activité néphroprotectrice par augmentation dose-dépendante des enzymes antioxydantes chez le rat diabétique

# ***Matériel et méthodes***



Le but de ce travail est l'évaluation des activités cytotoxique, génotoxique et antigénotoxique de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs en utilisant deux tests standards, à savoir le test d'*Artemia salina* pour déterminer l'effet cytotoxique et le le test d'*Allium cepa* pour l'effet génotoxique et antigénotoxique.

## **1. Matériel et méthode :**

### **1.1. Matériel biologique :**

#### **1.1.1. La soie de maïs :**

Nous avons choisi une partie d'une plante connue pour ses vertus médicinales, il s'agit de la soie du maïs.

##### **a. Critères de choix de la plante :**

Le choix de cette plante est basé sur une enquête ethno-pharmacologique avec usage en médecine traditionnelle, présentant des propriétés anti-oxydantes et anti-inflammatoires. Ses peptides peuvent également aider à réduire le taux de cholestérol dans le sang et à améliorer la santé digestive.

##### **b. Séchage et conservation :**

La soie du maïs, fraîchement récoltée, est laissée sécher à l'ombre dans un endroit sec et aéré. Devenue sèche, elle est récupérée dans une boîte propre pour servir ultérieurement à l'extraction (**Figure 12**).



**Figure 12:** La soie de maïs (Prise personnelle).

**1.1.2. L'Artemia salina :**

La cytotoxicité est évaluée en utilisant un test biologique simple pour la détection de substances toxiques vis-à-vis d'un petit crustacé ou un système zoologique appelé *Artemia salina* (*A. salina*) (Figure 13). La technique se base sur la détermination de la valeur de la CL50 (Meyer et al., 1982).



**Figure 13 :** L'*Artemia salina* (Meyer et al.,1982)

**1.1.3. L' Allium cepa :**

La variété d'*Allium cepa* L., est diploïde  $2n=16$  (Siluél et al., 2003). Les bulbes d'oignons utilisés ont été achetés au niveau du marché local (Figure 14).

Nous tenons à signaler que pour cette année on a eu un problème par rapport à la disponibilité d'oignon qui s'est avéré indisponible dans la période de notre travail à l'échelle nationale (*Allium cepa* L.). L'oignon qu'on a utilisé à été récupéré au niveau d'une chambre froide et qui ne répond pas aux critères souhaités : des bulbes avec un diamètre d'environ 4 cm et un poids d'environ 25g.



**Figure 14:** *Allium cepa* L. (prise personnelle)

## **1.2. Méthodes :**

### **1.2.1. Préparation de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs :**

Dans cette partie, nous avons procédé à l'extraction du maximum de composés bioactifs à partir de la soie du maïs (Michel, 2011) (Figures 15 et 16 et 18).

600 g de la poudre de la plante est macéré dans un mélange hydroalcoolique (MeOH-H<sub>2</sub>O : 70 : 30).

La macération est effectuée 2 fois avec renouvellement du solvant toutes les 24h.

La filtration et l'évaporation du solvant à l'aide du rotavapeur ont permis d'obtenir un extrait aqueux.

L'extrait est récupéré dans un flacon sombre et gardé à l'abri de la lumière dans le réfrigérateur.





**Figure 15 : macération (prise personnelle)**



**Figure 16 : filtration sur papier filtre (prise personnelle)**



**Figure 17 : Extraction hydro-méthanolique de la soie du maïs (prise personnelle).**

### **1.2.2. Le test de cytotoxicité utilisant l'*Artemia salina* :**

Le test à été réalisé selon le protocole de **Meyer et al., 1982**. Les œufs d'*Artemia salina* (environ 50 mg) ont été éclos dans une cuve rectangulaire en plastique peu profonde (22 × 32 cm), rempli d'eau de mer artificielle.

Après 48h, les œufs ont été collectés.

Dans chaque tube contenant 0,5 ml d'extrait testé et 4 ml d'eau de mer artificielle, dix nauplii ont été transférés (30 nauplii/dilution) ; puis, le volume a été ajusté avec de l'eau de mer à 5 ml par flacon.

Après 24 heures, le nombre de survivants a été compté.

La CL 50 de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs testée a été calculé par le logiciel Prism 6.



### 1.2.3. Le test de génotoxicité *Allium cepa* :

#### a. Préparation des bulbes :

Avant les tests, les bulbes d'oignon ont subi les traitements suivants (Fiskesjö, 1988; Liman et al., 2010):

- Enlever la première pelure du bulbe et ôter les racines pour permettre la poussée des nouvelles racines (Figure 18).



**Figure 18:** Elimination de la première pelure et coupure des racines du bulbe d'oignon (Prise personnelle).

- Rinçage des extrémités des bulbes avec de l'eau.

- Les extrémités des bulbes ont été immergées dans des flacons contenant 50 ml d'eau pendant 48h à 25°C dans l'étuve avec changement de ce dernier chaque 24h. Une série de onze bulbes ont été utilisé dans ce test (Figure 19).



**Figure 19** : Germination des bulbes d'*Allium cepa* après 48h (**Prise personnelle**).

- Quand les nouvelles racines des bulbes atteignent une longueur  $\geq$  à 0,5 cm et  $<$  2cm, (après élimination de celles dépassant les 2cm), les bulbes ont été ensuite réparties en 4 groupes :

**Groupe 1** : témoin négatif : un bulbe est mis dans un milieu de culture contient de l'eau distillée et un autre contenant eau plus DMSO.

**Groupe 2** : témoin positif : le milieu de culture contient l'Azide de sodium (agent mutagène)/

**Groupe 3** : groupe de teste (les différentes concentrations sont testées)

**Groupe 4** : le milieu de culture contient 100 $\mu$ l de sodium azide et 100 $\mu$ l de l'extrait testé (test antigénotoxique).

Les bulbes traités ont été placés à température ambiante, à l'obscurité, dans un endroit aéré pendant 72 heures (**Figure 20**).



**Figure 20:** Germination des bulbes d'Allium cepa après 72h (*Prise personnelle*).

La longueur des racines de chaque bulbe a été mesurée après 24, 48 et 72 h de traitement. L'eau est remplacée toutes les 24 heures.

**b. La fixation des extrémités racinaires :**

- Après la culture des bulbes, les racines ont été soigneusement nettoyées à l'eau distillée, puis les deux derniers centimètres ont été coupés à l'aide d'un ciseau pour chaque bulbe d'oignon.
- Les racines ont été fixées à 4°C, pendant 24h, dans un mélange d'éthanol à 99% et d'acide acétique glacial dans un rapport de 3:1 (v/v). Ce mélange est connu sous le nom de solution de Carnoy et est utilisé pour la fixation des tissus végétaux (**Liman et al., 2019**).

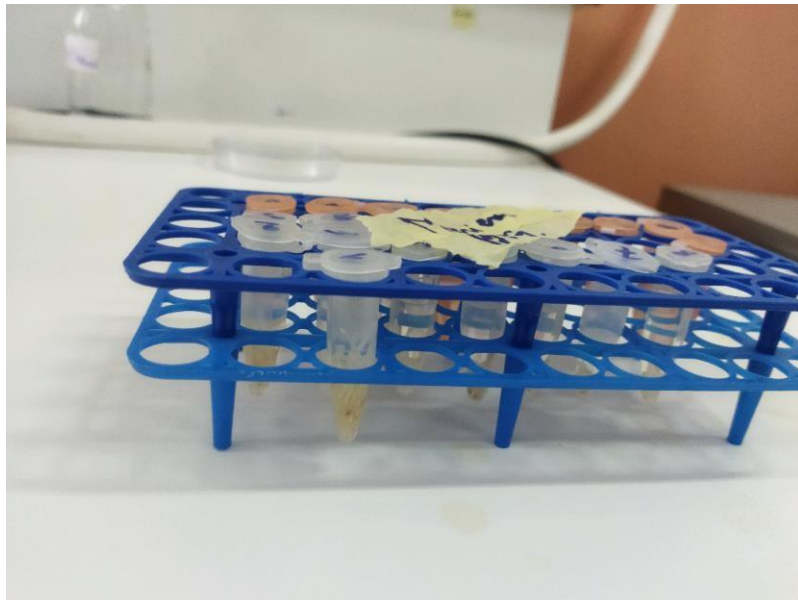
La solution de Carnoy est instable et peut se produire une estérification s'il n'est pas préparé au moment de l'utilisation. L'éthanol est connu pour précipiter et dénaturer les protéines, dissoudre certains lipides et durcir les tissus, tandis que l'acide acétique est un bon fixateur des chromosomes et précipite les protéines du noyau (Cotelle, 1999).

cette méthode de fixation des racines a permis de préserver les caractéristiques cellulaires et nucléaires des tissus, assurant ainsi la qualité des observations et des analyses à venir (**Figure 21**).



**Figure 21 :** Fixation des extrémités racinaires dans la solution de Carnoy (**Prise personnelle**).

Les extrémités racinaires sont ensuite conservées pour un long terme dans 2,5 ml d'éthanol à 70% à 4°C (**Figure 22**).



**Figure 22:** Conservation des extrémités racinaires dans l'éthanol 70% (**Prise personnelle**).



**c. La coloration des extrémités racinaires :**

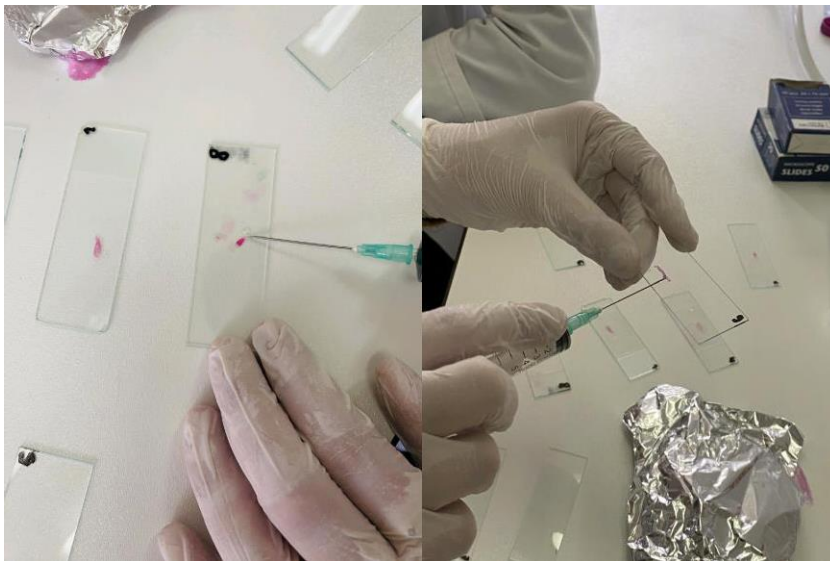
- Les extrémités racinaires sont ensuite immergées dans de l'eau distillée pendant 10 minutes, puis hydrolysées dans une solution d'HCL 1N pendant 8 minutes à 60°C, avant d'être à nouveau transférées dans de l'eau distillée pendant 15 minutes.

Ce processus est répété trois fois pour s'assurer que toutes les pectines sont détruites et faciliter l'étalement cellulaire.

- Les racines sont ensuite colorées avec le réactif Feulgen pendant 20 à 25 minutes, à l'abri de la lumière. Après la coloration, les racines sont placées dans de l'eau distillée pendant 2 minutes.

Les racines sont ensuite préparées pour l'observation microscopique. La coiffe est fragmentée en très petits morceaux. Les racines sont écrasées avec une goutte d'acide acétique glacial à 45%, puis une lamelle est placée sur le tout et pressée physiquement avec les doigts à l'aide d'un papier filtre. Pour empêcher l'évaporation de la solution.

Cette technique est largement utilisée pour l'analyse histologique des racines de plantes (**Liman, 2020**) (**Figure 23**).



**Figure 23 :** La coloration des extrémités racinaires (**Prise personnelle**).

**d. Calcul du taux de croissance :**

Le taux de croissance a été calculé pendant toutes les phases d'étude selon la formule suivante :

$$Tc = \frac{D_0 - D_t}{D_0} \times 100$$

$D_0$  = La longueur des racines avant le traitement

$D_t$  = La longueur des racines après 18, 24, 48 et 72h.

***Résultats***  
***Et***  
***Discussion***

**1. Les caractéristiques organoleptiques de l'extrait hydrométhanolique et de la macération huileuse de la soie de maïs (*Zea mays*) :**

Les caractéristiques organoleptiques de l'extrait hydrométhanolique testé sont présentées dans le (Tableau 3).

**Tableau 3 :** Caractéristiques organoleptiques de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs.

<b>Extrait hydrométhanolique</b>	<b>Caractéristiques</b>
Aspect	visqueux
Couleur	maron
Odeur	Caramélisée

**2. Evaluation de l'activité cytotoxique de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs:**

Le test de cytotoxicité utilisant l'*Artemia salina* est un test biologique rapide, peu coûteux et simple pour tester la létalité des composés chimiques et des extraits de plantes. Dans la plupart des cas, ce test est bien corrélé avec les propriétés cytotoxique et antitumorale.

Une CL50 < 100 µg/ml révèle un effet cytotoxique contrairement à une CL50 > 100 µg/ml qui veut dire qu'aucun effet cytotoxique n'est détecté.

En ce qui concerne l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs la CL50 est égale à 1679, c'est-à-dire que cet extrait ne présente aucun effet cytotoxique vis-à-vis des naupliid'*Artemia salina* (Tableau 4).

Une étude faite par **Wan Rosli et Solihah, (2016)**, visant à déterminer les composés bioactifs ainsi que l'activité cytotoxique, utilisant le test d'*Artemia salina*, de l'extrait aqueux ainsi que l'extrait méthanolique de la soie de maïs a révélée que ces derniers ne présentent aucune cytotoxicité avec des CL50 égales à 3151.34 et 1350.65 respectivement. Ce résultat confirme notre investigation vis-à-vis de l'extrait hydrométhanolique de cette dernière.

**Azevedo et al., (2022)**, ont également montré que l'extrait éthanolique de la soie de maïs ne présente aucun effet cytotoxique également.

Plusieurs études ont été faites également dans le but de déterminer l'activité antitumorale de différents extraits de la soie de maïs. Un effet apoptotique vis-à-vis des cellules responsables du cancer du sein a été démontré par **Al-Oqail et al., (2019)**. Donc les différents extraits de la soie de maïs ne présentent aucun effet cytotoxique par rapport aux cellules humaines par contre une bonne activité antitumorale est évidente.



**Tableau 4 :** Résultat de l'évaluation de l'effet cytotoxique de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs vis-à-vis des nauplii d'*Artemia salina*.

Extrait testé	Concentrations (µg/ml)	Nombre initial de nauplii	Nombre de nauplii motrs			Pourcentage de létalité	CL <sub>50</sub> (µg/ml)	Intervalle de confidentialité
<b>Extrait hydrométhanolique de la soie de maïs</b>	1000	10	1	1	2	13.33	1679	506.8 à 10600336
	500	10	2	1	0	10.00		
	250	10	1	1	0	6.66		
	125	10	2	0	1	10.00		
	62,5	10	1	1	0	6.66		
	31 ,25	10	1	0	0	3.33		
	15,62	10	0	0	0	0		
<b>Témoin</b>	/	10	0	1	0	3,33	/	/

### 3. Evaluation de l'activité génotoxique de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs:

#### 3.1. Effets de l'extrait hydrométhanolique sur la croissance des racines des bulbes de l'*A. cepa*

:

Les racines des bulbes d'oignon ont été incubées dans des milieux contenant des différentes concentrations de l'extrait à tester ainsi que les témoins : négatif (eau) et mutagène (l'azide sodium). La longueur des racines a été mesurée à t=0 et à des intervalles de temps de 18, 24, 48 et 72h de traitement. Et le taux de croissance à été calculé (**Tableau 5**).

Selon les résultats obtenus suite au traitement des racines, on note que les taux de croissance est en évolution avec le temps. Cela veut dire que l'extrait n'affecte pas la croissance des racines qui continue à augmenter de longueur tout comme pour les deux témoins négatifs, à savoir l'eau du robinet utilisée comme milieu de culture ainsi que le DMSO utilisé comme solvant pour la préparation des dilutions de l'extrait.

Ce résultat traduit l'absence d'effet perturbateur sur la croissance de ces derniers contrairement à l'effet provoqué par l'azide sodium, un agent génotoxique connu, où on note une diminution significative de la croissance des racines des bulbes (**Tableau 5**).

En ce qui concerne l'effet anti-génotoxique, là encore, on note que les racines du bulbe continuent à croître le plus normalement possible. Ce qui traduit la protection de ces derniers par l'extrait de la soie de maïs par rapport à l'effet de l'azide sodium (**Tableau 5**).

En se basant sur les résultats obtenus, on peut conclure que notre extrait ne présente pas d'effet génotoxique malgré qu'on a pas pu faire toutes les parties du test. Cette conclusion est supportée par une étude faite par **Peng et al., (2016)**, basée sur l'évaluation de l'activité génotoxique de la soie de maïs, utilisant le test du micronucleus sur des rats. Ils ont montré qu'aucun effet génotoxique n'est noté sur les cellules somatiques et germinales avec absences d'effets indésirables par rapport au comportement des rats qui sont restés tous vivants.

Tirant ainsi la conclusion que la soie de maïs, souvent utilisée dans la médecine traditionnelle, ne présente aucun danger pour le consommateur.

Suite à des problèmes techniques (qualité d'oignon et manipulation) on a pas pu faire une bonne observation microscopique afin de déterminer les taux de division cellulaires ainsi que la présence ou pas d'aberrations chromosomiques (**Figure 9**). Ces résultats auraient confirmé l'absence ou la présence de l'effet génotoxique de cet extrait.

**Tableau 5 :** Le taux de croissance des racines des bulbes d'*A. cepa* traitées par les différentes concentrations de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs ainsi que les témoins.

Echantillons	Concentrations µg/ ml	Taux de croissance %			
		18h	24h	48h	72h
<b>Bulbe 1</b>	1000	30	53,33	63,15	65
<b>Bulbe 2</b>	500	10	30	40	55
<b>Bulbe 3</b>	250	33,33	41,17	44,44	50
<b>Bulbe 4</b>	125	33,33	46,66	55,55	60
<b>Bulbe 5</b>	62,5	25	40	60	66,66
<b>Bulbe 6</b>	31,25	25	50	62,50	70
<b>Bulbe 7</b>	15,62	16,66	33,33	41,17	50
<b>Bulbe 8</b>	Eau du robinet ( <b>Témoin négatif</b> )	33,33	41,17	44,44	50
<b>Bulbe 9</b>	DMSO ( <b>Témoin négatif</b> )	33,33	46,66	55,55	60
<b>Bulbe 10</b>	Azide sodium ( <b>Témoin positif</b> )	33,33	25	20	10
<b>Bulbe 11</b>	Extrait 100µg/ml ; Azide sodium 100µg/ml <b>Effet antigénotoxique</b>	25	50	65	70

# ***Conclusion***

Les plantes médicinales sont très utiles, autant pour soulager certains maux, que pour prévenir quelques pathologies. Néanmoins, elles peuvent provoquer quelques effets indésirables allant jusqu'à graves tel que la cytotoxicité et la génotoxicité.

Notre travail a pour but d'évaluer le potentiel cytotoxique par le test d'*Artemia salina* et génotoxique par le test de l'*Allium cepa* de l'extrait hydrométhanolique de la soie de maïs.

Les résultats obtenus montrent qu'aucun effet cytotoxique n'est lié à cet extrait vis-à-vis des nauplii d'*Artemia salina*. En visant le coté moléculaire (les chromosomes), aucun effet génotoxique n'est détecté suite à la détermination du taux de croissance des racines du bulbe d'oignon.

En perspective, d'autres tests de génotoxicité sont recommandés en utilisant d'autres modèles expérimentaux afin de confirmer l'absence de génotoxicité de cet extrait pour une utilisation sûre de la soie de maïs dans le traitement de différentes maladies.

## ***Les références :***

Askin Celikand T., Aslant O.S., (2010). Evaluation of Cytotoxicity and Genotoxicity of Inula viscosa Leaf Extracts with Allium Test. Journal of Biomedicine and Biotechnology. 189252, 1- 8.

Zohoungbogbo H.P.F., Montin A., Legba E.C., Achigan-Dako E.G., (2020). Fiche technique synthétique pour la production du maïs jaune (Zea mays L.). Bibliothèque Nationale du Bénin pp: 1-5.

Zink T., Chaffin J., (1998). “Herbal health products: what family physicians need to know” American Family Physician. 58 : (5), 1133-1140.

Nawaz H., Muzaffar S., Aslam M., Ahmad S., (2018). Phytochemical Composition: Antioxidant Potential and Biological Activities of Corn in: Production and Human Health in Changing Climate . Ed: Amanullah and Shah Fahad. Pakistan.

Steenkamp V., (2013). Phytomedicines for the prostate. Fitoterapia. 74(6):545-52.

Habtemariam S., (1998). Extract of Corn Silk (Stigma of Zea mays) Inhibits Tumour Necrosis Factor- $\alpha$ - and Bacterial Lipopolysaccharide-Induced Cell Adhesion and ICAM-1 Expression. 64(4): 314-318.

Dégremont C., Cachot J., (2009). La génotoxicité, quel risque pour les espèces aquatiques . Ed : Seine-Aval. France. Pp : 4.

François Gagné., (2014). Biochemical Ecotoxicology Principles and Methods Chapter 10 – Genotoxicity 171-196 .

A. Wallace Hayes., Tao Wang., Darlene Dixon., (2022). Loomis Essentials of Toxicology (Fifth Edition) . 189-222

Shaily Umang Shah. OSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences . importance of genotoxicity and S2Aguidelines for genotoxicitytesting for pharmaceutical. (May-June 2012) . PP :43-54

(29 July 2016). OECD GUIDELINE FOR THE TESTING OF CHEMICALS .Mammalian Erythrocyte Micronucleus Test

Shayne Gad., Charles B. Spainhour., Samantha E. Gad., (2015). Mammalian Toxicology .pp:341-393

P. Møller., L. Møller., R.W. Godschalk., G.D. Jones., (2010). Assessment and reduction of comet assay variation in relation to DNA damage: studies from the European Comet Assay Validation Group .Mutagenesis. 25 pp: 109-111.

L. Forchhammer., C. Johansson., S. Loft., L. Møller., R.W. Godschalk., S.A. Langie., G.D.

Jones., R.W. Kwok., A.R. Collins., A. Azqueta., D.H. Phillips., O. Sozeri., M. Stepnik., J. Palus.,

U. Vogel., H. Wallin., M.N. Routledge., C. Handforth., A. Allione., G. Matullo., J.P. Teixeira., S.

Costa., P. Riso., M. Porrini., P. Møller., (2010) .Variation in the measurement of DNA damage by comet assay measured by the ECVAG inter-laboratory validation trial .Mutagenesis. pp:113-123.

P. Møller., S. Loft., C. Ersson., G. Koppen., M. Dusinska., A. Collins., (2014) .On the search for an intelligible comet assay descriptor .Front. Genet.(5).pp:217

A.R. Collins., A.A. Oscoz., G. Brunborg., I. Gaivao., L. Giovannelli., M. Kruszewski., C.C. Smith., R. Stetina., (2008). The comet assay: topical issues .Mutagenesis. 23 .pp: 143-151.

K.W. Kohn., L.C. Erickson., R.A. Ewig., C.A. Friedman., (1976). Fractionation of DNA from mammalian cells by alkaline elution .Biochemistry. 15 pp:4629-4637

Inter-laboratory variation in DNA damage using a standard comet assay protocol  
Mutagenesis., (2012) .27 pp: 665-672

Kira Kauffmann., Felix Werner., Alexander Deitert., Julian Finklenburg., Julia Brendt., Andreas Schiwy., Henner Hollert., (2020). Jochen Büchs .Science of The Total Environment.

Yang Luan., Masamitsu Honm., December (2021). Genotoxicity testing and recent advances .Article in Genome Instability Disease .

S. Simhadri., J. Biol Chem., (2014). Male fertility defect associated with disrupted BRCA1-PALB2 interaction in mice.

N.E. Skakkebaek., J.L. Evers., (2002). Female subfertility Lancet Pathogenesis and management of male infertility Lancet .

Kirsch-Volders M., Elhajouji A. C R Biol., (2004). Genotoxicity of chemicals at the cellular level: The role of DNA strand breaks. (5):455-467.

Jorgenson TA., Satinsky D. Mutagenicity and carcinogenicity testing of environmental pollutants. In: Lappé MA, ed. Advances in Modern Environmental Toxicology. Volume II. Princeton, NJ: Princeton Scientific Publishing Co.,

Wogan GN., Hecht SS., Felton JS., Conney AH., Loeb LA., (2004). Environmental and chemical carcinogenesis. Semin Cancer Biol. (6):473-486.

Scalbert A., Williamson G. J Nutr., (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols.

Sharma A., Sharma MK., Kumar M., (2012). Protective role of selenium against radiation and chemical induced genotoxicity. 736(1-2):92-102.

Beaudry-Rodgers KA., Glickman BW., (2011). Antimutagenic activity of synthetic and natural inhibitors of DNA repair enzymes. 728(3):107-20.

Akcha F., Ileday., (2004). Measurement of DNA.

Y. Jin., (2011). Cypermethrin has the potential to induce hepatic oxidative stress, DNA damage and apoptosis in adult zebrafish (*Danio rerio*) Chemosphere.

Sharmistha Choudhuri., Taruneet Kaur., Sapna Jain., Chandresh Sharma., Shailendra Asthana. (2021). A review on genotoxicity in connection to infertility and cancer.

W.F. Grant., (1994). The present status of higher plant bioassays for detection of environmental mutagens. 310: 175–185.

Morais Leme D., Marin-Morales M.A., (2009). *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application. Mutation Research, 682 : 71–81.

Lynnette R Ferguson., Martin Philpott., Nishi Karunasinghe., (2004). Dietary cancer and prevention using antimutagens

Inés Lledó., Blanca Ibáñez., Ana Melero., Alegría Montoro., Juan F. Merino-Torres., Nadia San Onofre., Jose M. Soriano., (2023). Vitamins and Radioprotective Effect: A Review.

Sanjib Bhattacharya., (2011). Natural Antimutagens: A Review. Research Journal of Medicinal

Plants, 5: 116-126.

Lynnette R. Ferguson ., Giorgio Bronzetti ., Silvio De Flora.,(2005). Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis.

Web 1 : [https://www.phywe.com/fr/experiences-et-ensembles/experiences-pour-l-ecole-primaire-et-le-niveau-d-orientation/l-artemie-artemia-salina\\_9497\\_10428/](https://www.phywe.com/fr/experiences-et-ensembles/experiences-pour-l-ecole-primaire-et-le-niveau-d-orientation/l-artemie-artemia-salina_9497_10428/)

Favilla M., Macchia L., Gallo A., Altomare C., (2006). Toxicity assessment of metabolites of fungal biocontrol agents using two different (*Artemia salina* and *Daphnia magna*) invertebrate bioassays. Food Chem. Toxicol, 44:1922-1931.

.Hisem D., Hrouzek P., Tomek P., Tomšick ová J., Zap omelová E., Skácelová K., Lukešová A. and Kopeck ý J., (2011). Cyanobacterial cytotoxicity versus toxicity to brine shrimp *Artemia salina*. Toxicon, 57: 76-83.

Otang W.M., Grierson D. S. and Ndip R.N., (2013). Assessment of potential toxicity of three South African medicinal plants using the brine shrimp (*Artemia salina*) assay. Afric J Pharmacy Pharm, 7(20): 1272-1279.

Syahmi A.R.M., Vijayarathna S., Sasidharan S., Latha, L.Y., Kwan Y.P., Lau Y.L., Shin L.N., Chen Y., (2010). Acute oral toxicity and brine shrimp lethality of *Elaeis guineensis* jacq., (oil palm leaf) methanol extract. Molecules.

By Ansley Hill., RD.,LD — Updated on June 12.,(2019.)

Reling M.,Hort H .,(1986). Formation if mutagens ans chemicals during water treatment chlorination , watermetage sypply .théformation bande removal chemicals metagens during drinking water traitement .

Sepehri, G.; Derakhshanfar, A.; Zade, F.Y., (2011). Protective effects of corn silk extract administration on gentamicin-induced nephrotoxicity in rat. Comp. Clin. Pathol.

Wan Rosli W.I.,Nurhana.A.R.,Farid C.G.,Mohsin S.S.J. Ann. Microsc., (2010) . Effect of sodium hydroxide (NaOH) and sodium hypochlorite (NaHClO) on morphology and mineral concentrations of *Zea mays* hairs (cornsilk)10: 4–103 Journal of food Qualiy.



Hasanudin K., Hashim P., Mustafa S. Soie de maïs ( *Stigmata maydis* ) dans les soins de santé : une revue phytochimique et pharmacologique. *Molécules*( 2012);17:9697-715.

Muanya.,( 2016). La soie de maïs répare les reins endommagés, éclate les calculs rénaux [en ligne]. <https://guardian.ng/features/health/corn-silk-repairs-damaged-kidneys-bursts-renal-stones/>.

Médicalement examiné par Ella Davar RD., CDN par Tanya Choudhary., Spécialiste Certifié ISSA en Fitness & Nutrition • 13 mars (2023).

Par Christine Ruggeri., CHHC .21 novembre( 2021).

Liu.J., Wang.C., Wang.Z., Zhang.C. Lu., S.Liu.J.,( 2011) . The antioxidant and free-radical scavenging activities of extract and fractions from corn silk (*Zea mays* L.) and related flavone glycosides. *Food Chem.* 126: 261–269.

Hu., Q.L. Zhang., L.J. Li., Y.N. Ding., Y.J. Li., F.L. Purification and anti-activity of flavonoids from corn silk. *Int. J. Phys. Sci.*,(2010) ;5:321–326.

Alam E.A., *J. Am. Sci.*, (2011). Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of Egyptian *Maydis stigma* (*Zea mays* hairs) rich in some bioactive constituents. 7: 726–729.

Ren.S.C.Liu., Z.L.Ding., X.L. Isolation and identification of two novel flavone glycosides from corn silk (*Stigma maydis*). *J. Med. Plants Res.*, (2009); 32:1009–1015.

Wang. C., Zhang. T., Liu., J. Lu, S., Zhang.C., Wang.E., Wang.Z., Zhang., Y., Liu.J ., ( 2011). Subchronic toxicity study of cornsilk with rats. *J. Ethnopharmacol.* 137:36–43.

Kan .A., Orhan.I., Coksari.G., Sener.B. In-vitro neuroprotective properties of the *maydis stigma* extracts from four corn varieties. *Int. J. Food Sci. Nutr.*,( 2011). 63:1–4.

Senol. F.S., Orhan. I., Yilmaz. G., Cicek. M., Sener.B. Acetylcholinesterase,

butyrylcholinesterase, and tyrosinase inhibition studies and antioxidant activities of 33 *Scutellaria* L. taxa from Turkey. *Food Chem. Toxicol.*, (2009);48:781–788.

Wang Y., (2019). A review on pharmacological activities and utilization technologies of corn silk. *Food Science and Human Wellness*. 8(1): 1-9.

Kowalczyk E., (2016) . Chemical composition and biological activity of extracts from wild growing and cultivated corn silk. *Food Chemistr.*194: 460-467.

Zhang Y., Jing-Jing Wang., Ming Wang., Ya-Long Feng., Jun Yu., Tian Liu.,2022. Phytochemical and pharmacological profiles of *Zea mays* L. *Journal of Ethnopharmacology*. 213: 235-246.

Kathy Abascal, Eric Yarnell ., (2008). *Botanical Medicine for Cystitis* .

Velazquez. D.V.O., Xavier. H.S., Batista. J.E.M., Castro-Chaves. C.D., (2005). *Zea mays* L. extracts modify glomerular function and potassium urinary excretion in conscious rats. *Phytomedicine*. 12:363–369.

Zhao. W., Yin .Y., Yu. Z Liu., J. Chen., (2012). Comparison of anti-diabetic effects of polysaccharides from corn silk on normal and hyperglycemia rats. *Int. J. Biol. Macromol.* 50:1133–1137.

A. Bag., S.K. Bhattacharyya., R.R. Chattopadhyay., (2008). *PHCOG REV.:* Review Article Medicinal Plants and Urinary Tract Infections.

Sanusi Bello Mada., Lawal Sani., Gloria Dada Chechet. ,(2020). Corn silk from waste material to potential therapeutic agent.

Meyer B.N., Ferrigni N.R., Putnam J.E., Jacobsen L.B., Nichols D.E., McLaughlin J.L., (1982). Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. 45(5):31-4.

Michel T., (2011). Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaë rhamnoides*). Thèse de Doctorat. Université d'Orléans.