



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf USTO-MB
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département du Vivant et de L'environnement

Travaux dirigés : Hygiène et sécurité dans le laboratoire

À l'usage des étudiants en 2^{ème} Année Master
Spécialité : Toxicologie Fondamentale et Appliquée
Présenté par : Dr. EL-HACHEMI Mohammed Fayçal
(Enseignant-chercheur à Université USTO-MB)

2021-2022

Préambule

Le biologiste travaille essentiellement en laboratoire, où il observe au microscope les phénomènes vivants, comme les bactéries ou les virus. Il réalise des cultures de cellules, isole des molécules et les étudie. Il appartient au secteur de l'environnement. Dans un laboratoire ou sur le terrain, ce scientifique spécialiste étudie et analyse les comportements et les évolutions des organismes vivants et de ce qui les compose.

Ce document présente un programme de santé et de sécurité au travail, un plan d'action précis visant à prévenir les incidents du travail et les maladies professionnelles.

Dans ce contexte l'hygiène et sécurité dans le laboratoire des produits chimiques, radioactifs ou même des organismes génétiquement modifiés reste indispensable, car elle permet d'éviter certains problèmes de santé, surtout quand il s'agit de produits dangereux ou non conformes, leur commercialisation et leur consommation doivent être strictement vérifiées. Ce type de contrôles est souvent pratiqué par des laboratoires spécialisés.

Dans la plupart des laboratoires biologiques, une loi sur la santé et la sécurité du travail dicte les provisions minimales d'un tel document.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Introduction.....	01
1/Evaluation des risques chimiques : Fiche Toxicologique.....	02
1/1/Produit chimique.....	02
1/2/Risque chimique.....	02
1/3/Fiche toxicologique de l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité).....	02
1/4/Littérature d'un produit chimique	02
1/4/1/ Le Numéro de CAS (Chemical Abstract Service)	02
1/4/2/ Numéro CE (European Community) (EINECS et ELINCS)	03
1/4/3/ Numéro d'INDEX	03
1/5/Fiche toxicologique de l'éthanol	03
1/5/1/Propriétés de l'éthanol	03
1/5/2/Production de l'éthanol.....	04
1/5/3/Présentation et étude d'une fiche toxicologique de l'éthanol de l'INRS	04
2/Les produits CMR	07
2/1/Définition	07
2/2/Agents Mutagènes.....	07
2/3/Types d'agents mutagènes.....	07
2/3/1/ Agents mutagènes physiques	07
1/Les rayonnements électromagnétiques	07
2/Les rayons UV (ultraviolets)	07
3/Rayons ultraviolets type A	08
4/Rayons ultraviolets type B	08
5/Rayons ultraviolets type C	08
6/Rayon X	08
7/Forte température	08
2/3/2/Agents mutagènes chimiques	09
1/Le Bromure d'éthidium	09

2/Ethanal	09
3/Le vinchlozoline	09
2/3/3/Symptômes des produits CMR	09
3/Les OGM : Organismes Génétiquement Modifiés.....	10
3/1/L'invention des OGM	10
3/2/Les OGM dans l'environnement	10
3/3/OGM et éthique	10
3/4/Caractéristiques du Soja	10
3/5/Production mondiale du soja OGM	11
3/6/Matière première de l'huile végétale en Algérie.....	11
3/7/Caractéristiques du Glyphosate	11
3/8/La Transgénèse	12
3/9/Caractéristiques de la bactérie <i>Agrobacterium tuméfaciens</i>	12
3/10/Enzyme de tolérance du soja OGM.....	13
4/Santé et environnement : Gestion des déchets	14
4/1/Déchet	14
4/2/Pollution et problématiques	14
4/3/Gestion des déchets	14
4/4/Types de déchets	15
4/4/1/ Déchets ménagers (DM)	15
4/4/2/ Déchets des Activités Economiques (DAE)	15
4/4/3/ Déchets dangereux (DD)	15
4/4/4/ Déchets inertes (DI)	15
4/4/5/ Les déchets biologique (DB)	16
4/4/6/ Les Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI)	16
4/5/Incinération de déchets	16
4/6/Traitement en laboratoire	17
4/6/1/Collecte et tri des déchets en laboratoire	17
4/6/2/Élimination des déchets en laboratoire	17
4/7/Confinement et prévention dans le laboratoire	17

5/Vaccination et administration d'agents antigéniques	18
5/1/Principe du vaccin	18
5/2/Types de vaccins	18
5/2/1/Méthode traditionnelle	18
5/2/2/Vaccins sous-unitaires.....	18
5/2/3/Vaccins à ARN messenger	19
5/2/4/Les vaccins à vecteurs viraux	20
5/3/Graphène	21
5/3/1/Utilisation du graphène	21
5/3/2/Graphène et vaccination	22
Conclusion	23
References bibliographiques	24
Webographie	27

Liste des abréviations

ADH : Alcool Déshydrogénase

ADN : Acide désoxyribonucléique

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

AH : Amines hétérocycles

ARN : Acide Ribonucléique

BET : Bromure d'éthidium

DM : Déchets ménagers

DAE : Déchets des Activités Economiques

DD : Déchets dangereux

DI : Déchets inertes

DB : Déchets biologique

DASRI : Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux

CAS : Chemical Abstract Service

CE : European Community

CMR : Cancérogènes – Mutagènes - Toxiques pour la reproduction

EINECS : European inventory of existing commercial chemical substances

ELINCS : European liste of notified chemical substances

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

INRS : Institut national de recherche et de sécurité

OGM : Organismes Génétiquement Modifiés

Ti : Tumor inducing

UV : Ultraviolet

Liste des figures

Figure (1) : Structure chimique de l'éthanol	03
Figure 2 : Taux du soja OGM à travers le monde.....	11
Figure 3 : Structure de la bactérie <i>Agrobacterium tuméfaciens</i>	12
Figure 4 : Développement d'une galle par la bactérie <i>Agrobacterium tuméfaciens</i>	13
Figure 5 : Remplacement de l'ADN-T par un gène d'intérêt dans la bactérie <i>Agrobacterium tuméfaciens</i>	13
Figure 6 : Pollution du milieu naturel	14
Figure 7 : Fonctionnement du vaccin ARN messager	20
Figure 8 : Fonctionnement du vaccin à vecteur viral.....	20
Figure 9 : Modélisations d'un nanotube de carbone biparoi (à gauche) et de la structure de graphène (à droite)	22

Introduction

La toxicologie regroupe l'étude des substances toxiques (ou poisons) ; leur étiologie (origine) ; les circonstances de leur contact avec l'organisme, les effets de l'exposition d'un organisme (ou d'un groupe d'organismes) à des toxiques ; les effets de l'exposition de l'environnement (écotoxicologie); les moyens de les combattre.

En laboratoire, sa partie expérimentale et règlementaire étudie et analyse expérimentalement la toxicité des produits (médicaments humains ou vétérinaires, produits phytosanitaires...) préalablement à leur commercialisation (**Leslie M. Shaw 2001**).

Ce manuel scientifique est destiné à tous les étudiants de la Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie, Département du Vivant et l'Environnement, Spécialité : Toxicologie Fondamentale et Appliquée, ainsi qu'à toutes personnes intéressées par l'étude de la toxicologie.

Ce manuel a été préparé aussi bref que possible et avec amour pour la toxicologie. Il peut être un complément du cours, comme il peut être consulté lors des séances de travaux pratiques. Il regroupe cinq parties importantes, qui sont :

- Evaluation des risques chimiques : Fiche Toxicologique
- Les produits CMR
- Les OGM : Organismes Génétiquement Modifiés
- Santé et environnement : Gestion des déchets
- Vaccination et administration d'agents antigéniques

Étant un processus dynamique, l'intoxication relève souvent d'une procédure d'urgence, mobilisant le biologiste de faire une approche diagnostique, analytique (incluant l'interprétation des résultats des analyses biologiques) et thérapeutique (traitement symptomatique, élimination des causes quand c'est encore possible).

Le toxicologue s'appuie pour cela sur les bases de données disponibles, les fiches de sécurité fournies par les fabricants de produits chimiques ou synthétiques, produites par divers organismes, et des bases de données de centre anti-poison (**Eva Oberdoerster, 2009**).

L'objectif essentiel de ce manuel est de permettre à nos étudiants de mieux comprendre l'hygiène et sécurité dans le laboratoire.

1/Evaluation des risques chimiques : Fiche Toxicologique

1/1/Produit chimique (A. D. McNaught and A. Wilkinson, 1997) :

- Toute substance manufacturée par l'Homme (copier une molécule existante dans la nature) est considérée comme molécule chimique.
- Chaque molécule présente des propriétés caractéristiques propres à elle (couleur, odeur, densité).

Exemples : (Grandjean P., Landrigan P.J, 2006)

- La soude concentrée (solution alcaline)
- Formaldéhyde (Formol) (agent antibactérien- conservation)
- Bromure d'éthidium (BET) (molécule fluorescente)
- L'azoture de sodium (Inhibiteur de nombreux enzymes).
- Les alcools

1/2/Risque chimique :

- Toute possibilité, ou probabilité d'un danger considéré comme dommage auquel on est exposé chimiquement.

1/3/Fiche toxicologique de l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité) ⁽¹⁾ :

- A pour but de décrire les informations concernant les dangers d'un produit afin d'évaluer ses risques chimiques.
- Cette fiche contient les propriétés physico-chimiques du produit, ses risques (chimiques ou toxiques), son mode de transport, son stockage et toutes les recommandations nécessaires pour son utilisation.

1/4/Littérature d'un produit chimique :

1/4/1/ Le Numéro de CAS (Chemical Abstract Service) :

- Chaque produit chimique contient un numéro propre à lui, qui le caractérise, il représente un identifiant déterminé par informatique, enregistré dans la banque de données CAS.
- Ce numéro est divisé en 3 parties : XXXXXX-XX-X (6X-2X-X)
- La partie 6X peut varier

1/4/2/ Numéro CE (European Community) (EINECS ou ELINCS) :

- EINECS (European inventory of existing commercial chemical substances) : Inventaire européen des substances chimiques commerciales "existantes".
- ELINCS (European liste of notified chemical substances): Substances chimiques "nouvelles" sur le marché européen.
- Numéro d'identification à 7 chiffres XXX-XXX-X
- (3X-3X-X) se rapportant à la législation Européenne

1/4/3/ Numéro d'INDEX

Le numéro d'identification est composé en 4 partie : XXX-XXX-XX-X (3X-3X-2X-X).
(Réglementation relative à la classification des emballages et l'étiquetage).

1/5/Fiche toxicologique de l'éthanol :

1/5/1/Propriétés de l'éthanol (Y. Marcus, 1998) :

- Type d'alcool : Alcool éthylique
- Formule : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$
- Forme : Liquide volatil
- Coloration : Incolore
- Propriété : Inflammable
- Utilisation : L'industrie agroalimentaire, pharmacie, biocarburant (bioéthanol)
- Biodégradable

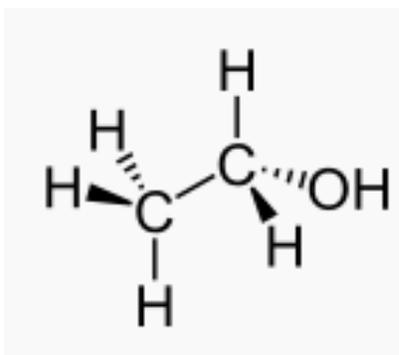


Figure (1) : Structure chimique de l'éthanol

1/5/2/Production de l'éthanol (G. A. Mills and E. E. Ecklund, 1987) :

- **En pétrochimie par hydratation de l'éthylène (C₂H₄) :**
$$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$$

- **Fermentation alcoolique :**

Sous l'influence d'enzymes produites par des micro-organismes, des substances organiques peuvent se transformer, ce type de fermentation donne de l'alcool à partir du sucre (principalement le glucose)

1/5/3/Présentation et étude d'une fiche toxicologique de l'éthanol de l'INRS ⁽¹⁾ :

FICHE TOXICOLOGIQUE		FT 48
<h1>Éthanol</h1>		CH₃-CH₂OH
<i>Fiche établie par les services techniques et médicaux de l'INRS (N. Bonnard, M. Falcy, D. Jargot, E. Pasquier)</i>		<i>C₂H₆O</i>
		Numéro CAS 64-17-5
		Numéro CE (EINECS) 200-578-6
		Numéro Index 603-002-00-5
		Synonyme <i>Alcool éthylique</i>
<h2>CARACTÉRISTIQUES</h2>		
<h3>UTILISATIONS</h3>		
<ul style="list-style-type: none">■ Solvant utilisé dans l'industrie des peintures, vernis, encres, matières plastiques, adhésifs, explosifs, parfums, cosmétiques, l'industrie pharmaceutique...■ Matière première pour la production de nombreux composés : acide acétique, acrylate d'éthyle, acétate d'éthyle, éthers de glycol, éthylamine, éthylène, éthers-oxydes notamment l'ETBE (éthyl-tert-butyl-éther)...■ Constituant de carburants : le « bioéthanol », éthanol obtenu à partir de matières premières végétales, peut être utilisé seul ou avec de l'essence ; les mélanges essence-éthanol renferment 5 à 95 % de bioéthanol selon les pays. En France, la réglementation fixe à 5,75 % le taux d'incorporation de bioéthanol dans l'essence en 2008 pour atteindre 10 % en 2010 ; toutefois la commercialisation d'un carburant renfermant 85 % de bioéthanol et 15 % d'essence sans plomb a été récemment autorisée.■ Désinfectant, biocide.■ Composant de boissons alcoolisées.		

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

L'éthanol est un liquide mobile, incolore, volatil, d'odeur plutôt agréable, décelable dès 84 ppm.

L'éthanol est miscible à l'eau, le mélange se faisant avec dégagement de chaleur et contraction du liquide : 1 vol. d'éthanol + 1 vol. d'eau donnent 1,92 vol. de mélange.

Par contre il y a expansion du liquide lorsque l'éthanol est mélangé à de l'essence.

L'éthanol est également miscible à la plupart des solvants usuels. C'est un bon solvant des graisses et il dissout de nombreuses matières plastiques.

Ses principales caractéristiques physiques sont les suivantes.

	
F – Facilement inflammable	
ÉTHANOL	
R 11 – Facilement inflammable.	
S 7 – Conserver le récipient bien fermé.	
S 16 – Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles – Ne pas fumer.	
202-578-6 – Étiquetage CE.	

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES

Dans les conditions normales, l'éthanol est un produit stable. Il possède les propriétés générales des alcools primaires (réactions d'oxydation, déshydrogénation, déshydratation et estérification).

Il peut réagir vivement avec les oxydants puissants : acide nitrique, acide perchlorique, perchlorates, peroxydes, permanganates, trioxyde de chrome...

La réaction avec les métaux alcalins conduit à la formation d'éthylate et à un dégagement d'hydrogène ; elle peut être brutale sauf si elle est réalisée en l'absence d'air pour éviter la formation de mélanges explosifs air-hydrogène.

Le magnésium et l'aluminium peuvent également former des éthylates, la plupart des autres métaux usuels étant insensibles à l'éthanol.

RÈGLEMENTATION

Rappel : les textes cités se rapportent essentiellement à la **prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale**. Les rubriques « Protection de la population », « Protection de l'environnement » et « Transport » ne sont que très partiellement renseignées.

Il existe également une réglementation économique et fiscale de l'éthanol qui n'est pas traitée dans le cadre de cette fiche (voir avec le ministère chargé des Finances, Direction générale des impôts).

HYGIÈNE ET SÉCURITÉ DU TRAVAIL

1. Règles générales de prévention des risques chimiques

- Articles R. 231-54 à R. 231-54-17 du Code du travail.
- Circulaire DRT n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

2. Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 232-5 à R. 232-5-14 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

RISQUES

RISQUES D'INCENDIE

L'éthanol est un liquide très inflammable (point d'éclair en coupelle fermée = 13 °C) dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air dans les limites de 3,3 à 19 % en volume. Les solutions aqueuses d'éthanol sont également inflammables : le point d'éclair d'une solution à 70 % est de 21 °C, celui d'une solution à 10 % est de 49 °C.

Les oxydants puissants peuvent réagir vivement avec le produit.

Les agents d'extinction préconisés sont les mousses spéciales pour liquides polaires, le dioxyde de carbone, les poudres chimiques. En général, l'eau en jet direct n'est pas recommandée car elle peut favoriser la propagation de l'incendie. Elle pourra toutefois être utilisée pulvérisée ou sous forme de brouillard en grande quantité pour éteindre un feu important ou refroidir les fûts exposés ou ayant été exposés au feu.

PROTECTION DE LA POPULATION

- Article L. 5132.2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73, articles R. 1342-1 à R. 1342-12 du Code de la santé publique :
 - étiquetage (cf. 7).

PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Installations classées pour la protection de l'environnement, Paris, imprimerie des Journaux officiels, brochure n° 1001 :

- N°s 1430 à 1434 : liquides inflammables.

TRANSPORT

Se reporter éventuellement aux règlements suivants.

1. Transport terrestre national et international (route, chemin de fer, voie de navigation intérieure)

- ADR, RID, ADN : éthanol et solutions aqueuses
N° ONU : 1170
Classe : 3
Groupe d'emballage : II ou III

2. Transport par air

- IATA

2/Les produits CMR

2/1/Définition (Stéphane Bernier, Marie Hélène Aubert and al, 2014) :

Cancérogènes (C) : Toutes substances qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent provoquer un cancer.

Mutagènes (M) : Toutes substances qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire des défauts génétiques héréditaires.

Toxiques pour la reproduction (R) : Toutes substances qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent être toxiques pour la reproduction, pouvant entraîner des possibilités de stérilité.

2/2/Agents Mutagènes (Terry A. Brown. Génomes Broché, 2004):

- Les mutagènes sont des composés chimiques ou des radiations qui changent le génome d'un organisme.
- Ces agents peuvent affecter les cellules reproductives et provoquer le cancer.

2/3/Types d'agents mutagènes :

2/3/1/ Agents mutagènes physiques :

1/Les rayonnements électromagnétiques (Maxwell, J. Clerk 1865):

- Un Champ électrique couplé à un champ magnétique, sous forme de propagation de photons qui correspond à un transfert d'énergie linéaire.
- Se déplace à une vitesse qui varie en fonction du milieu qu'il traverse ; plus le milieu est dense, plus la vitesse diminue.

2/Les rayons UV (ultraviolets) :

Invisibles à l'œil nu, les rayons ultraviolets ont été découverts en 1801 par le physicien allemand Johann Wilhelm Ritter (**J.W. Draper, 1842**)

Les rayons UV sont une lumière nocive pour la peau, subdivisés, selon leur longueur d'onde :

UV-A (400-315 nm)

UV-B (315-280 nm)

UV-C (280-100 nm)

3/Rayons ultraviolets type A (Frank R. de Gruijl, 2000) :

- Stimulent la synthèse de la mélanine.
- Accélèrent l'apparition des rides.
- Affaiblissent le système immunitaire de la peau.
- Formation de radicaux libres (des substances chimiques) qui s'attaquent aux molécules d'ADN et finissent par un cancer.

4/Rayons ultraviolets type B (Frank R. de Gruijl, 2002) :

- Brisent la double chaîne d'ADN qui perturbe la division cellulaire et conduit même à un affaiblissement du système immunitaire.
- Cela entraîne des erreurs dans le génome en provoquant un cancer cutané.

5/Rayons ultraviolets type C (Commission européenne, 2017) :

- Considérés comme les UV les plus énergétiques ainsi que les plus nocifs.
- Utilisés en laboratoire de biologie pour stériliser grâce à leur activité germicide.
- Induisent la formation de liaisons covalentes (deux atomes se partagent deux électrons H-H) entre deux thymines, deux cytosines ou entre une thymine et une cytosine.
- l'ADN devient inutilisable ce qui provoque la mort de la cellule.

6/Rayon X (Eric Whaites and Nicholas Drage, 2019) :

- Les rayons X (0,001 nanomètre et 10 nanomètres) provoquent une ionisation (changement des charges électriques d'un atome) en provoquant des coupures dans les brins d'ADN.
- La cellule effectue une fausse réparation d'ADN puis se duplique en répétant cette erreur et risque de causer des cancers dits "Radio induits"

7/Forte température :

- Exposés à une forte température (200-400°C), les composés alimentaires (créatine, acides aminés, sucres) produisent des composés chimiques cancérigènes : Amines hétérocycles (AH) (Alaejos and González, 2008)
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) résultent des acides gras (gras animal) sous l'influence de température (Jérôme NORMAND, 2007)
- Après avoir été métabolisé, les AH et les HAP endommagent notre ADN en provoquant un cancer.

2/3/2/Agents mutagènes chimiques :

1/Le Bromure d'éthidium (Nishiwaki H and Miura M, 1974) :

- Substance chimique utilisée dans les laboratoires de biologie moléculaire comme marqueur des acides nucléiques, il permet de suivre les brins d'ADN ou d'ARN dans les électrophorèses.
- On le qualifie d'agent intercalant entre les bases des acides nucléiques.
- En s'intercalant, il modifie la structure de la molécule d'ADN et perturbe sa réplication.

2/Ethanal :

- Dans l'organisme, l'alcool favorise le développement des cancers⁽²⁾, l'éthanol est transformé en éthanal (acétaldéhyde) par une l'enzyme alcool déshydrogénase (ADH) et cytochrome P450 2E1 en produisant des radicaux libres (**Helmut K. Seitz and Sebastian Mueller 2014**).
- Ces radicaux libres attaquent l'ADN en produisant un cancer.

3/Le vinchlozoline (Matthew, Mushtaq and all, 2013) :

- Pesticide pour lutter contre les champignons.
- Perturbateur endocriniens, il agit sur la fertilité masculine.
- Il agit sur la méthylation de l'ADN, ayant lieu à des sites spécifiques dénommés domaines de méthylation différentielle.
- La méthylation de l'ADN mène alors à une inactivation du gène concerné en affectant la spermatogénèse.

2/3/3/Symptômes des produits CMR :

- Perte d'appétit et de poids
- Déshydratation
- Maux de tête et fatigue
- Difficultés respiratoires
- Nausées et vomissements
- Diarrhée ou Constipation
- Apparition de nodules
- Une rétractation du mamelon
- Un saignement urinaire

3/Les OGM : Organismes Génétiquement Modifiés

3/1/L'invention des OGM :

- Les OGM (organismes génétiquement modifiés) remonte à 1953, année du décryptage de la structure en double hélice de l'ADN (**J. D. Watson and F. H. Crick, 1953**).
- Les OGM désignent principalement des plantes cultivées destinées à l'alimentation animale.
- Le but est de produire une plante qui tolère des pesticides, pour améliorer la qualité et la quantité nutritive d'un aliment.

3/2/Les OGM dans l'environnement (Alexandrakis V and Paraskakis M, 1989):

- Avec une plante OGM, on a tendance à utiliser des herbicides, puisqu'elle est résistante.
- Ces produits chimiques ne sont pas biodégradables, et peuvent polluer les sols.
- Les résidus se concentrent et touchent les nappes phréatiques.
- De nombreux insectes, qui sont non ciblés, peuvent être menacés, contrairement à ceux ciblés qui peuvent développer une résistance à l'insecticide.

3/3/OGM et éthique :

- La course aux gènes provoque un rapprochement entre la science et l'industrie qui n'est pas sans conséquences.
- Le génie génétique a été perçu comme une opportunité d'investissement, il s'est produit une adaptation des normes et des pratiques scientifiques au standard des entreprises.
- L'éveil du génie génétique provoque la formation d'une nouvelle éthique radicalement définie par le commerce.

3/4/Caractéristiques du Soja (Jean-Michel Lecerf and Claudie Fressin 1995) :

- Le soja est une plante légumineuse.
- Une plante dressée, mesurant de 60 cm à 1 m de hauteur.
- L'huile de soja est une excellente huile alimentaire, contenant une proportion assez équilibrée d'acides gras oméga-6 et oméga-3 soit 6,7. La proportion idéale étant de 5, selon l'AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments).

3/5/Production mondiale du soja OGM ⁽³⁾ :

- Les États-Unis sont les plus gros producteurs et exportateurs du soja OGM au monde.
- La culture du soja occupe plus de 1 million de kilomètres carrés dans le monde. Elle est la cause principale de la déforestation de l'Amazonie.
- La production mondiale de soja est largement dominée par trois pays : les Etats-Unis, le Brésil et l'Argentine. Ils assurent 82% de la production à travers le monde.

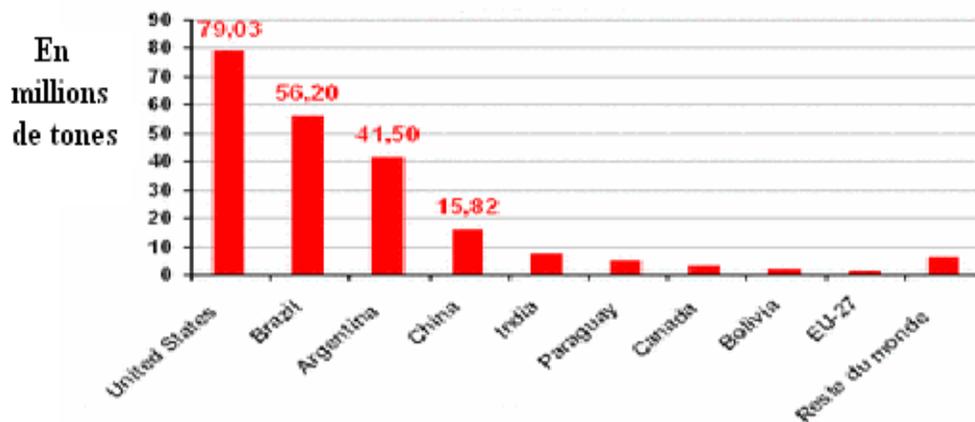


Figure 2 : Taux du soja OGM à travers le monde

3/6/Matière première de l'huile végétale en Algérie (EL-HACHEMI and all, 2014) :

- Certaines huiles brutes d'importation en Algérie, sont généralement composées d'au moins 90% d'huile de soja, renferment encore un certain nombre d'impuretés indésirables.
- Pour devenir des huiles de qualité, ces huiles nécessitent un traitement de raffinage, qui a pour but, d'éliminer les acides gras libres, les produits d'oxydation, les arômes désagréables, les colorants, les phospholipides et les métaux.

3/7/Caractéristiques du Glyphosate (Jose V. Tarazona and all, 2017) :

- Herbicide Un des plus utilisés dans le monde
- Formule : $C_3H_8NO_5P$
- Utilisation : Soja, blé, tournesol, betterave sucrière
- Avantage : Dégradable dans le sol

3/8/La Transgénèse (Louis-Marie Houdebine, 2002) :

- Le but de cette technique est d'introduire un gène étranger (transgène) dans le génome d'un organisme.
- Le transgène doit pénétrer la cellule cible.
- Le transgène doit s'intégrer dans le génome de la cellule cible.
- Le transgène doit pouvoir s'exprimer en produisant une protéine spécifique.

3/9/Caractéristiques de la bactérie *Agrobacterium tumefaciens* (N Murai and J D Kemp, 1982) :

- *Agrobacterium tumefaciens* est une bactérie du sol en forme de bâtonnet.
- Famille des *Rhizobiacée*
- Capable de se fixer naturellement sur les cellules du végétal.
- Donne naissance à une formation tumorale « **la galle** ».
- Capable d'injecter un plasmide Ti (Tumor inducing) dans une cellule végétale où il s'insère dans le génome chromosomique.

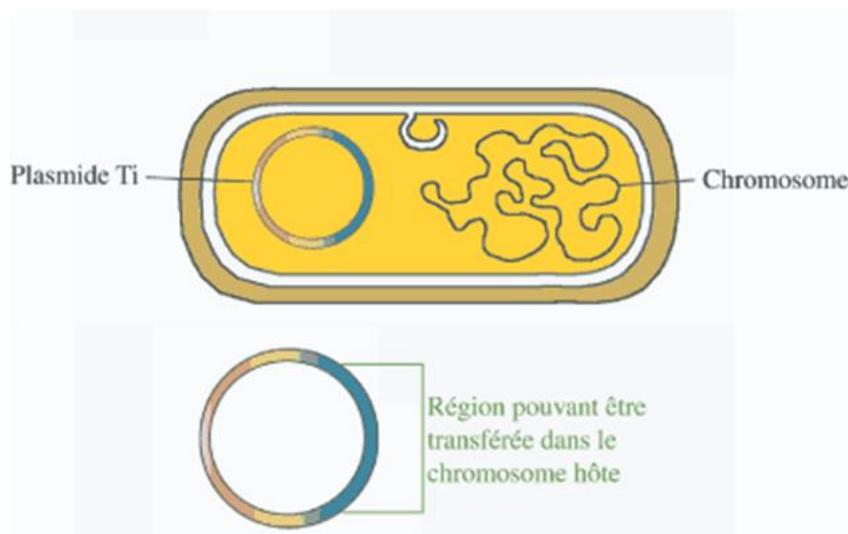


Figure 3 : Structure de la bactérie *Agrobacterium tumefaciens*

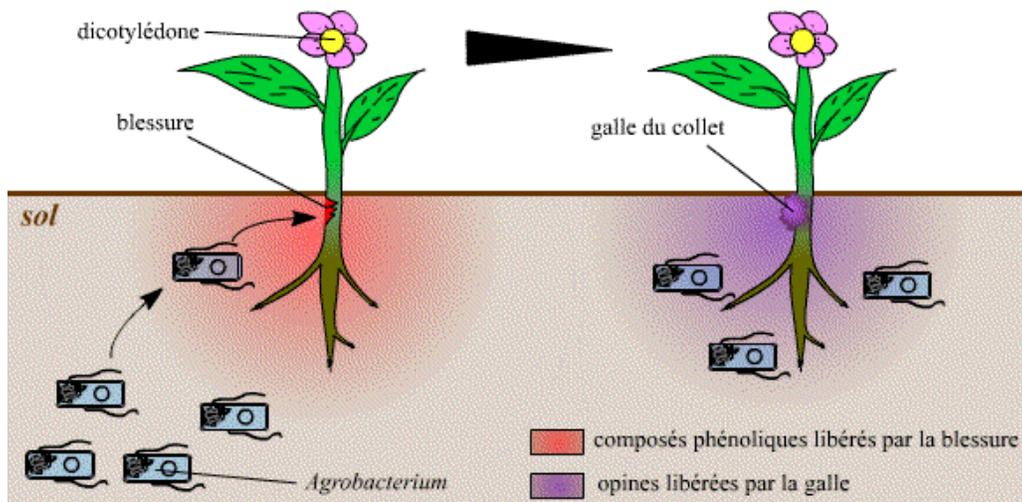


Figure 4 : Développement d'une galle par la bactérie *Agrobacterium tumefaciens*

3/10/Enzyme de tolérance du soja OGM (Sushil Chhapekar and all, 2014) :

- Le transgène est d'origine bactérienne (*Agrobacterium tumefaciens*)
- Le Soja génétiquement modifié va acquérir la particularité de pouvoir synthétiser l'enzyme **CP4EPSPS**.
- L'enzyme **CP4EPSPS** lui confère l'aptitude à tolérer le glyphosate.

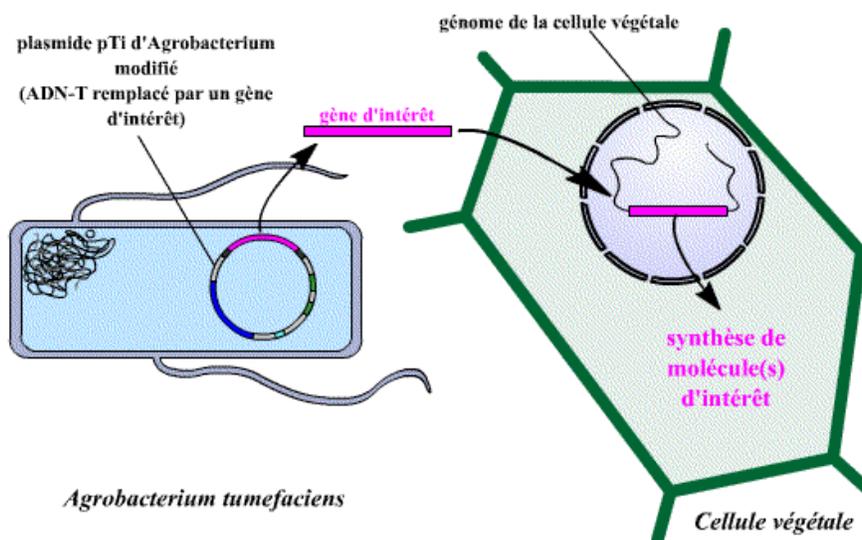


Figure 5 : Remplacement de l'ADN-T par un gène d'intérêt dans la bactérie *Agrobacterium tumefaciens*

4/Santé et environnement : Gestion des déchets

4/1/Déchet :

C'est le reste d'un produit qui ne présente plus d'utilité. Il peut être soit éliminé, ou recyclé, tout dépend de sa substance. Les déchets sont classés selon leur nature, leur origine et leur caractère plus ou moins toxique (H. Ozgunay and all, 2007).

4/2/Pollution et problématiques (Phil Brown, 1987) :

- Plus de 8 milliards de tonnes de déchets dans le monde sont produits chaque année.
- La plupart des déchets finissent en décharge sauvage.
- Considérés comme une des premières sources de maladies.



Figure 6 : Pollution du milieu naturel

4/3/Gestion des déchets :

Dans le but de réduire leurs effets sur la santé humaine et environnementale, la gestion des déchets regroupe :

- 1- Le transport
- 2- Le traitement
- 3- La réutilisation
- 4- L'élimination

4/4/Types de déchets (Saleh S. Al Arni, Mahmoud M. Elwaheidi, 2020):

4/4/1/ Déchets ménagers (DM) :

Il s'agit de déchets produits dans la vie quotidienne, ils comprennent la fraction résiduelle des ordures ménagères :

- Restes de repas
- Vieux vêtements,
- Emballages
- Electroménagers
- Meubles

4/4/2/ Déchets des Activités Economiques (DAE) :

Il s'agit de déchets d'entreprises, composés en 4 parties :

- Domaines industriels
- Domaine de la santé ; hôpitaux publics, cliniques privées
- Domaine commercial ; transport, artisanat
- Services publics ; écoles, administrations

4/4/3/ Déchets dangereux (DD) :

Il s'agit de déchets dangereux, qui contiennent des éléments toxiques qui présentent des risques pour la santé humaine et l'environnement comme :

- Peintures
- Solvants
- Colles etc

Ces déchets ont une réglementation particulière et sévère.

4/4/4/ Déchets inertes (DI) :

- Il s'agit de déchets non dégradables, ils ne sont pas dangereux, mais présentent une grande quantité de volume, tels que :
 - Briques
 - Béton
 - Terre
 - Vitres

4/4/5/ Les déchets biologique (DB) :

- Ce sont les résidus organiques (feuilles, tiges ou racines) qui restent dans le sol.
- Ces engrais verts maintiennent la fertilité des sols.
- Ils améliorent et stimulent l'activité biologique.

Parmi les avantages des déchets verts on notera qu'ils :

- Améliorent la structure du sol.
- Enrichissent le sol par des éléments nutritifs et l'améliorent pour la culture suivante.
- Fournissent l'azote (cas des légumineuses)
- Stimulent l'activité microbienne du sol
- Améliorent l'aération des sols.

4/4/6/ Les Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI) :

- Ces déchets sont contaminés par des micro-organismes pathogènes ou même par des produits biologiques.
- Ils sont généralement des produits sanguins, des déchets anatomiques humains, ou même un matériel qui été en contact avec un produit biologique.
- Toute personne qui produit des Déchets d'Activité de Soins à Risques Infectieux est tenue de les éliminer.

4/5/Incinération de déchets (Chalita Liamsanguan & Shabbir H. Gheewala 2006) :

- Elle consiste à brûler dans un four les déchets à une température qui peut atteindre les 900 °C.
- L'énergie produite est récupérée par une chaudière.
- Les fumées sont traitées par un filtre afin d'empêcher toute propagation dans l'air.
- Cette technique rejette dans l'environnement des dioxines, oxydes d'azote, oxydes de soufre et même des métaux lourds.

4/6/Traitement en laboratoire (L.F.Diaz and all, 2005) :

4/6/1/Collecte et tri des déchets en laboratoire :

Ces déchets doivent être triés et collectés correctement par :

- Des caisses en carton doublées d'un film en plastique.
- Des bacs plastiques rigides imperforables.
- Des boîtes récupératrices imperforables d'objets coupants (aiguilles).
- Des Sacs poubelle autoclavables.

4/6/2/Élimination des déchets en laboratoire :

- Les déchets sont stérilisés dans un autoclave pour assurer l'élimination des germes pathogènes.
- Après chloration (désinfection chimique), les produits liquides seront dilués et versés dans l'égout.
- Les déchets seront ramassés en fin de journée par les services municipaux pour assurer leur incinération.

4/7/Confinement et prévention dans le laboratoire :

- Les déchets d'un laboratoire sont une source de contamination. Dans le but de protéger le travailleur et l'environnement, il conviendra de respecter les conditions de manipulations afin de confiner les agents biologiques :
 - Former le personnel et le sensibiliser aux risques.
 - Contrôler la porte d'accès au laboratoire
 - Exiger un équipement de sécurité (blouses, gants, masque etc...)
 - Respecter l'hygiène dans le laboratoire.
 - Travailler sous hottes pour éviter toute contamination possible.
 - Interdire la prise d'aliments.
 - Éviter les aérosols.

5/Vaccination et administration d'agents antigéniques

5/1/Principe du vaccin :

Le vaccin est une thérapie consistant à stimuler le système immunitaire de manière à obtenir une réponse spécifique de l'organisme contre un antigène, une protection contre une maladie infectieuse potentielle. Le but d'un vaccin est que le corps puisse reconnaître un virus et apprenne à le combattre (INSTITUT PASTEUR (1952 ,

5/2/Types de vaccins :

5/2/1/Méthode traditionnelle (P.Berche, 2012) :

- La méthode traditionnelle de développement d'un vaccin de Louis Pasteur consiste à injecter en entier ou en partie une forme inactivée du virus.
- Le virus peut être cultivé au sein de cellules animales comme des œufs de poules puis désactivé dans un traitement chimique et purifié.
- Les cellules immunitaires identifient le pathogène et produisent des anticorps capables de le neutraliser.
- Les personnes qui ont un système immunitaire affaibli tolèrent moins ce type de vaccin, car le virus est encore vivant. Une fois que le virus est injecté, il déclenchera une forte et longue réponse immunitaire.
- En cas de future infection, le corps gardera des cellules mémoires pour combattre ce même virus.

5/2/2/Vaccins sous-unitaires (Bror Morein and Kai Simons, 1985) :

- Chaque virus contient une protéine virale propre à lui, l'idée est de produire dans un laboratoire cette molécule membranaire semblable à celle du virus pour l'injecter dans le corps. En cas d'infection, elle sera reconnue par l'organisme.
- Des adjuvants sont ajoutés pour augmenter l'efficacité de ce type de vaccin, car sa réaction immunitaire est généralement insuffisante.

5/2/3/Vaccins à ARN messenger (Thomas Schlake, Andreas Thess and all, 2012):

- Considéré comme l'instruction génétique qui ordonne la création des protéines virales membranaires, l'ARN messenger sera injecté dans l'organisme. Grâce à cette information génétique, les cellules humaines pourront fabriquer les spicules (antigènes) inoffensifs du virus.
- Ces antigènes seront reconnus par le système immunitaire qui produira par la suite des anticorps spécifiques.
- Le corps pourra se défendre et neutraliser le virus le jour de l'infection grâce à ses cellules mémoires qui pourront produire des anticorps.
- La production de ce type de vaccin est rapide. L'inconvénient, c'est qu'on doit bien le manipuler génétiquement, il doit aussi être conservé à basse température.

Le vaccin à ARN messenger contient (**Md. Motiar Rahman and all, 2021**) :

1 - L'ARN messenger :

C'est le principe actif du vaccin, grâce à lui, l'organisme va apprendre à se défendre contre le virus.

2 - Plusieurs types de lipides :

Ces lipides vont former une enveloppe autour de l'ARN pour lui permettre de survivre dans l'organisme et de mieux pénétrer dans les cellules.

3- Une solution saline composée de plusieurs sels :

Cette solution permet d'équilibrer le pH du vaccin et de faire en sorte qu'il ne soit ni trop acide, ni trop basique.

4- Sucre : Du sucre qui va servir de conservateur.

5- Eau : De l'eau pour permettre l'injection du vaccin.

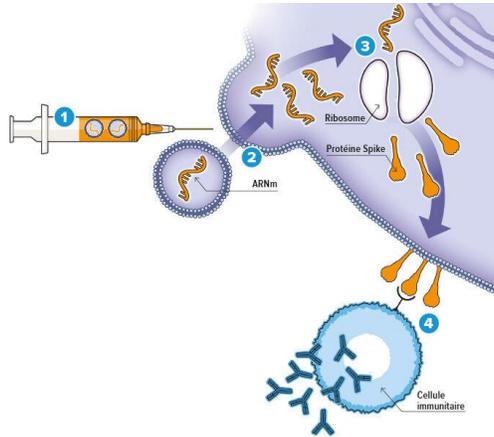


Figure 7 : Fonctionnement du vaccin ARN messager

5/2/4/Les vaccins à vecteurs viraux (Kenneth Lundstrom 2021) :

- Le matériel génétique du virus qui est l'ADN est transporté dans un autre virus vecteur qui sera injecté dans l'organisme pour provoquer une réaction immunitaire.
- Cet ADN sera transporté au noyau de la cellule humaine et transcrit en ARN messager.
- L'ARN messager pourra par la suite s'accrocher à un ribosome qui produira la protéine virale.
- Cette protéine du pathogène sera transportée à la surface des cellules humaines, ce qui provoque une réaction immunitaire.
- Les cellules humaines seront éliminées par des anticorps spécifiques.
- Des cellules mémoires seront fabriquées pour préparer l'organisme en cas de nouvelle infection du même type de virus.

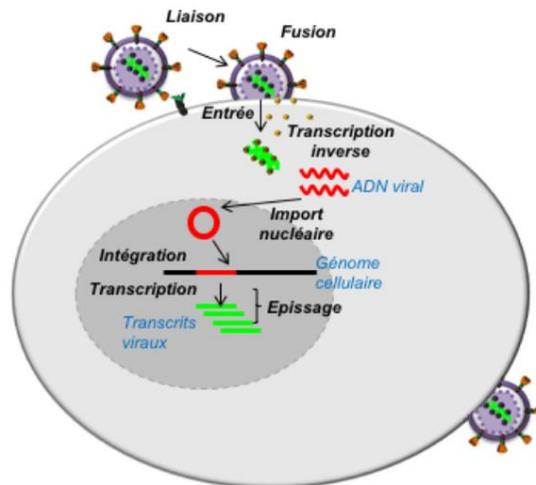


Figure 8 : Fonctionnement du vaccin à vecteur viral

5/3/Graphène (Sergey Mikhailov, 2011) :

- Découvert en 2004, le graphène est un matériau transparent, très fin, flexible, dur et imperméable.
- Une couche unique d'atomes de carbone positionnés en réseaux hexagonaux, comme un nid d'abeille.
- Il est de la taille d'un atome
- On trouve 3 millions de couches graphène dans 0.76 millimètre de graphite (minéral de carbone).
- Grâce à sa densité qui est meilleure plusieurs millions de fois que celle du cuivre. Le graphène transporte rapidement, précisément et efficacement l'électricité.
- Contrairement aux substances normales, le graphène s'étend à une basse température, et se rétrécit à une forte température.

5/3/1/Utilisation du graphène :

- Créer des membranes à base de graphène pour filtrer et purifier l'eau de mer et le rendre potable peu importe son état de saleté.
- Créer des matériaux accés légers et résistants pour pouvoir faire des constructions gigantesques.
- Il existe des tatouages temporaires à base de graphène pour pouvoir suivre l'hydratation et la température de l'individu.
- Détection des cellules cancéreuses. L'énergie atomique du graphène diffère lorsqu'il est en contact avec des cellules cancéreuses. Elles dégagent une charge négative très élevée (par spectroscopie raman).
- Fabriquer des armures très résistantes à base de deux couches de graphène (gilet pare balles)
- Les batteries à base de graphène se rechargent très rapidement et durent plus longtemps.
- Créer des appareils électroniques flexibles : smartphone, pc portable.

5/3/2/Graphène et vaccination :

Certaines études affirment que le graphène possède des propriétés physicochimiques, électriques, optiques, antivirales, antimicrobiennes pour lutter contre le Coronavirus (**A.K. Srivastava and all, 2020**).

Certains mêmes, assurent que des chercheurs espagnols ont mis en évidence la présence de l'oxyde de graphène dans certains vaccins comme celui du Covid 19. Jusqu'à présent, aucune étude ne prouve que les vaccins contiennent du graphène, l'université d'Almeria et le laboratoire Pfizer dénoncent ces fausses informations (**Pfizer, 2021**).

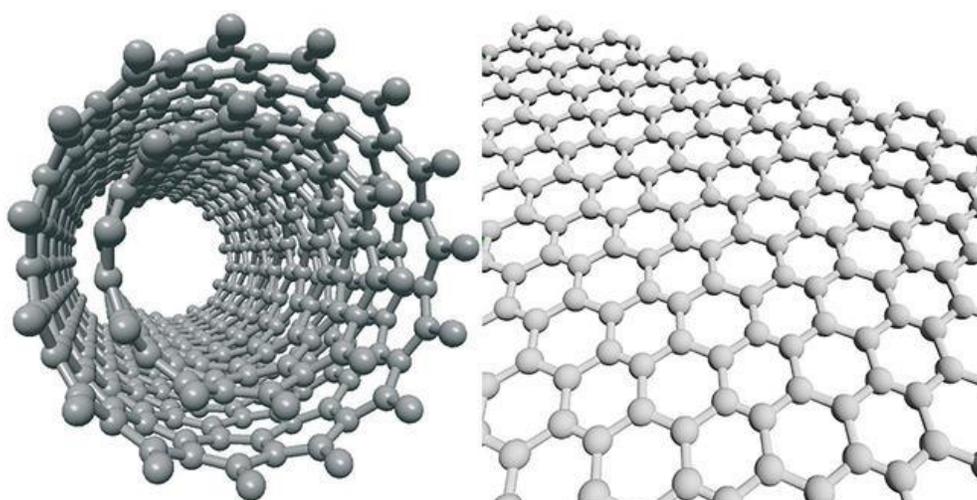


Figure 9 : Modélisations d'un nanotube de carbone biparoi (à gauche) et de la structure de graphène (à droite).

Conclusion :

Les risques d'une intoxication sont réels, tant pour l'organisme que pour l'environnement. Le toxicologue peut travailler au sein d'un laboratoire de recherche, d'un centre de toxicologie, d'un centre antipoison ou chimique, un laboratoire judiciaire ou encore d'expertise en santé. Son rôle est multiple. Etudier la composition de substances toxiques naturelles ou industrielles, analyser leurs actions et leurs effets sur les organismes, développer des méthodes d'analyses pour évaluer l'exposition aux métaux lourds, aux polluants environnementaux, chercher des moyens de contrôle et de prévention, participer au dépistage toxicologique de médicaments et de drogues illicites.

Durant le développement de toute technologie agricole ou alimentaire, il faut se pencher à chacune des étapes sur diverses questions et préoccupations qui vont du rendement du produit et de son intérêt économique à la sécurité des consommateurs et à la réaction de la société. Il est important de se demander pourquoi on procède à la mise au point d'un produit déterminé, quelles sont ses utilisations et qui décide de son utilité ? Il faut répondre à ces questions avec la plus grande transparence.

La toxicologie moderne, si elle se développe de façon appropriée, peut offrir de nombreux moyens nouveaux de contribuer à la sécurité humaine. En même temps, la rapidité avec laquelle peuvent survenir les modifications entraînées par le génie génétique peut avoir des effets sur l'environnement.

Toute généralisation à propos des OGM, produits toxiques ou antigéniques de vaccination est toutefois impossible; chaque application doit être analysée individuellement en profondeur. Il y aura moins de controverses et le débat sera plus constructif, si les applications toxicologiques sont évaluées de façon exhaustive et régulière, leurs répercussions éventuelles à court et à long termes doivent être prises en considération.

Le développement technologique intéresse directement les citoyens. Il faut prévoir davantage de possibilités d'échange d'informations entre les scientifiques, les représentants de l'industrie, et la population dans son ensemble. Les experts ont l'obligation morale d'être proactifs et de diffuser une information compréhensible par le grand public. Les avantages et les risques associés à l'utilisation des produits chimiques doivent faire l'objet d'évaluations exactes et objectives largement diffusées, et toutes les parties prenantes doivent participer à leur réalisation.

References bibliographiques :

- A. D. McNaught and A. Wilkinson. Compendium of Chemical Terminology
The Gold Book, Second Edition. Blackwell Science, 1997
- Alaejos M and González V, A Afonso. Exposure to heterocyclic aromatic amines from the consumption of cooked red meat and its effect on human cancer risk: A review. Food Additives & Contaminants: Part A 25(1), 2 – 24. (2008).
- Alexandrakis V and Paraskakis M : The side effects of insecticides on useful organisms. Proceedings of Symposium: “Agrochemical and Environment,” Chania, Dec 1989.
- A.K. Srivastava, N. Dwivedi, C. Dhand, R. Khan, N. Sathish, M.K. Gupta, R. Kumar, and S. Kumar : Potential of graphene-based materials to combat COVID-19: properties, perspectives, and prospects. Oct 21, 2020.
- Grandjean P., Landrigan P.J. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals, The Lancet, 2006.
- Bror Morein and Kai Simons : Subunit vaccines against enveloped viruses: virosomes, micelles and other protein complexes. Volume 3, Issue 2, Pages 83-93, June 1985.
- Chalita Liamsanguan & Shabbir H. Gheewala : Environmental assessment of energy production from municipal solid waste incineration. 2006
- Commission européenne, d'après avis du SCHEER, « Lampes à UV-C : un appareil qui tue les bactéries et les virus pourrait-il être mauvais pour votre santé? » 2017
- EL-HACHEMI, TSAKI Hassini , GUENACHI Khadija , TALEB Safia and Bekki Abdelkader : PROSPECTIVE STUDY OF THE IMPACT ON THE ENVIRONMENT OF A FERTILIZER COMPOST PRODUCED FROM COOKING OIL INDUSTRIAL RESIDUES: -Application to the Rehabilitation of the Ouled Boudjemaa Quarry Degraded Soils. (Bioclimatic Station for the semi-arid areas of North-Western Algeria)
- Eric Whaites, Nicholas Drage. Radiographie et radiologie dentaires, Elsevier Masson | Date de publication : 02/2019.
- Eva Oberdoerster : Toxicology Laboratory. 15-04-2009
- Frank R. de Gruijl, « Photocarcinogenesis: UVA vs UVB », Methods in Enzymology, vol. 319, p. 359-366. 2000.

- Frank R. de Gruijl, « Photocarcinogenesis: UVA vs. UVB radiation », *Skin Pharmacology and Applied Skin Physiology*, vol. 15, p 316-320. sep-oct 2002.
 - G. A. Mills and E. E. Ecklund, « Alcohols as Components of Transportation Fuels », *Annu. Rev. Energy Env.*, vol. 12 , p. 47-80, novembre 1987.
 - Helmut K. Seitz and Sebastian Mueller. *Alcohol and Cancer: An Overview with Special Emphasis on the Role of Acetaldehyde and Cytochrome P450 2E1*, 2014
 - H. Ozgunay, S. Colak, M.M. Mutlu, F. Akyuz : *Wastes problems in the environment*. vol. 16, 6/2007
 - INSTITUT PASTEUR : *SERUMS ET VACCINS*. 1952
 - J. D. Watson et F. H. Crick, « Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid », *Nature*, vol. 171, no 4356, p. 737–738, 25 avril 1953
 - Jean-Michel Lecerf and Claudie Fressin : *Nutritional aspects of soyfoods* Volume 9, Issue 3, Pages 137-144. (1995)
 - Jérôme NORMAND, « Les résidus toxiques générés lors de la cuisson de la viande bovine, Compte rendu final no 17 07 32 024, novembre 2007
 - Jose V. Tarazona, Daniele Court-Marques, Manuela Tiramani, Hermine Reich, Rudolf Pfeil, Frederique Istace, and Federica Crivellente : *Glyphosate toxicity and carcinogenicity: a review of the scientific basis of the European Union assessment and its differences with IARC*. Apr 3, 2017
 - J.W. Draper, « On a new Imponderable Substance and on a Class of Chemical Rays analogous to the rays of Dark Heat », *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. LXXX, 1842, p. 453-461
 - INSTITUT PASTEUR : *SERUMS ET VACCINS* Instructions sur le mode d'emploi des *SERUMS*, *VACCINS* et *ANTIGENES* destinés à la médecine humaine. 1952.
 - Kenneth Lundstrom : *Viral Vectors for COVID-19 Vaccine Development*. 10.3390/v13020317. Feb 19, 2021.
 - Leslie M. Shaw : *The Clinical Toxicology Laboratory : Contemporary Practice of Poisoning Evaluation*. 2001
 - L.F.Diaz, G.M.Savage, L.L.Eggerth : *Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries*. Volume 25, Issue 6, Pages 626-637. 2005
 - Louis-Marie Houdebine : *Transgenesis and medical applications*. Volume 50, Issue 6, Pages 380-387, July 2002
-

- Matthew D. Anway, Mushtaq A. Memon, Mehmet Uzumcu, Michael K. Skinner : Transgenerational Effect of the Endocrine Disruptor Vinclozolin on Male Spermatogenesis. 02 January 2013
 - Maxwell, J. Clerk "A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field". Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 155: 459–512. (1 January 1865).
 - Md. Motiar Rahman, Nan Zhou and Jiandong Huang : An Overview on the Development of mRNA-Based Vaccines and Their Formulation Strategies for Improved Antigen Expression In Vivo. 9(3): 244. Mar 2021.
 - Nishiwaki H., Miura M., Imai K., Ohno R., & al. Experimental studies on the antitumor effect of ethidium bromide and related substances. Cancer Research, 34:2699, 1974.
 - N Murai and J D Kemp : T-DNA of pTi-15955 from Agrobacterium tumefaciens is transcribed into a minimum of seven polyadenylated RNAs in a sunflower crown gall tumor ; 10(5): 1679–1689, 11 Mar 1982.
 - Saleh S. Al Arni, Mahmoud M. Elwaheidi : Concise Handbook of Waste Treatment Technologies. December 9, 2020
 - Sergey Mikhailov : Physics and Applications of Graphene: Experiments. 2011.
 - Stéphane Bernier, Marie Hélène Aubert, André Brendel, Brigitte Diers et al. 150 fiches pratiques de sécurité des produits chimiques au laboratoire - 4e éd. – 2014
 - Sushil Chhapekar, Sanagala Raghavendrarao, Gadamchetty Pavan, Chopperla Ramakrishna, Vivek Kumar Singh, Mullapudi Lakshmi Venkata Phanindra, Gurusamy Dhandapani, Rohini Sreevathsa & Polumetla Ananda Kumar : Transgenic rice expressing a codon-modified synthetic CP4-EPSPS confers tolerance to broad-spectrum herbicide, glyphosate. Published: 24 December 2014.
 - Terry A. Brown. Génomes Broché, 2004
 - Thomas Schlake,* Andreas Thess, Mariola Fotin-Mleczek, and Karl-Josef Kallen : Developing mRNA-vaccine technologies. 9(11): 1319–1330. Nov 1, 2012.
 - P. Berche : Louis Pasteur, from crystals of life to vaccination. Volume 18, Pages 1-6, Supplement 5, October 2012.
 - Pfitze : VACCINE INFORMATION FACT SHEET FOR RECIPIENTS AND CAREGIVERS ABOUT COMIRNATY (COVID-19 VACCINE, mRNA) AND PFIZER-BIONTECH COVID-19 VACCINE TO PREVENT CORONAVIRUS DISEASE 2019 (COVID-19). Revised: 22 September 2021.
-

- Phil Brown : Popular Epidemiology: Community Response to Toxic Waste-Induced Disease in Woburn, Massachusetts. Science, Technology, & Human Values. Vol. 12, No. 3/4, Special Issue on the Technical and Ethical Aspects of Risk Communication, pp. 78-85. (Summer - Autumn, 1987).
- Y. Marcus, The Properties of Solvents, Chichester, Angleterre, John Wiley & Sons, coll. « Solution Chemistry » (no 4), 1998.

Webographie :

1- www.INRS.fr

2- <https://www.cancer-environnement.fr/> Cancer environnement > Expositions environnementales > Acétaldéhyde

3- www.planetoscope.com (statistiques en temps réel)
